

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar
Curso de Agronomia



Dissertação

**Projeto informacional e conceitual de transplantadora modular para
mudas de tabaco**

César Silva de Moraes

Pelotas, 202

César Silva de Morais

Projeto informacional e conceitual de transplantadora modular para mudas de tabaco

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado (DER-FAEM-UFPEL)

Coorientador: Prof. Dr. Fabricio Ardais Medeiros (DER-FAEM-UFPEL)

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

M827 Moraes, César Silva de

Projeto informacional e conceitual de transplantadora modular para mudas de tabaco / César Silva de Moraes ; Antônio Lilles Tavares Machado, orientador ; Fabricio Ardais Medeiros, coorientador. — Pelotas, 2021.

100 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Mecanização do tabaco. 2. Projeto modulas de máquinas. 3. Agricultura familiar. I. Machado, Antônio Lilles Tavares, orient. II. Medeiros, Fabricio Ardais, coorient. III. Título.

CDD : 630.2745

César Silva de Moraes

Projeto informacional e conceitual de transplantadora modular para mudas de tabaco

Dissertação apresentada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 29/03/2021

Banca examinadora:

Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado (Orientador)

Doutor em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Mauro Fernando Ferreira

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Roger Toscan Spagnolo

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

Agradecimentos

Aos meus pais Eracema Silva de Moraes e Otacílio Cláudio de Moraes, exemplos de amor, compreensão, dedicação, tolerância e sabedoria, que me deram muita força e auxílio, possibilitando a conclusão desta etapa.

Agradeço a minha família, especialmente a meus irmãos Amarildo Silva de Moraes e Eraldo Silva de Moraes pela paciência, amizade, ajuda e amor. Que torceram e deram forças para conclusão.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado pela orientação, paciência, disponibilidade, seriedade e amizade e ao coorientador Prof. Dr. Fabricio Ardais Medeiros pelos ensinamentos, atenção e amizade.

Agradeço aos demais professores integrantes do NIMEq, Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis, Prof. Dr. Mauro Fernando Ferreira e Prof. Dr. Roberto Lilles Tavares Machado pela amizade adquirida nesse período.

Aos colegas e amigos, Nixon Rosa Westerdorf, Rihan Cardoso Centeno, Henrique Carlos Hadler Troger, pelo tempo de grande amizade companheirismo, e em especial a Tiago Vega Custódio e Douglas da Silva Rosa, pela valiosa contribuição na realização deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos e irmãos do coração Diogo Melo Wonglon e Edegar Mateus Bortowski, pela amizade, atenção, companheirismo e ajuda concedida durante todos os anos de nossa amizade, os quais foram importantes em todas as conquistas, inclusive esta.

A todos os bolsistas e colaboradores do Departamento de Engenharia Rural que de alguma forma colaboraram para a realização desse trabalho.

Muito obrigado a todos que de certa forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Resumo

MORAIS, César Silva de. **Projeto informacional e conceitual de transplantadora modular para mudas de tabaco**. 2021.101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

As propriedades produtoras de tabaco (*Nicotiana*) da região sul do estado do Rio Grande do Sul possuem no total aproximadamente uma área média de 16,4 ha, onde a cultura do tabaco é destinados de 2 a 4 ha. A importância econômica desta cultura para a região é pronunciada, visto que, gera um aporte de recursos anuais ao estado da ordem de R\$2.57 bilhões. Embora seja um cultivo de importância econômica, ainda carece de maior emprego de maquinário para a sua produção, pois muitas atividades são executadas manualmente, o que leva a um grande dispêndio de tempo e energia por parte destes produtores. Os agricultores familiares, que produzem tabaco na região sul do Rio Grande do Sul, possuem falta de equipamentos e tecnologias que auxiliem a execução das tarefas exigidas neste cultivo. Por meio deste trabalho, buscou-se identificar as necessidades e carências dos agricultores familiares que produzem tabaco, a fim de balizar o projeto de uma transplantadora de mudas que agilize e facilite o trabalho de implantação desta cultura. Com isso, o objetivo do trabalho foi desenvolver o conceito de uma transplantadora de tabaco acoplada a uma plataforma multifuncional, baseado na metodologia denominada “Modelo de Fases”, utilizado pelo NIMEq - UFPel nos projetos de máquinas dedicados a agricultura familiar. Esta metodologia é composta por quatro etapas, sendo aplicadas neste trabalho as fases de projeto informacional e conceitual para desenvolver uma máquina que transplante mudas de tabaco. Dessa forma, a aplicação das duas fases permitiu projetar a concepção de um mecanismo de transplante de mudas, caracterizado para atender as necessidades dos produtores, assim minimizando a exigência de mão de obra, bem como, bem como a implementação de um processo mecanizado que seja acessível aos produtores de tabaco.

Palavras Chaves: Mecanização do tabaco. Projeto modular de máquinas. Agricultura familiar.

Abstract

MORAIS, César Silva de. **Informational and conceptual design of a modular transplanting machine for tobacco seedlings**. 2021. 101f. Dissertation (Master Degree in Agronomy) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

The tobacco-producing properties (*Nicotiana*) in the southern region of the state of Rio Grande do Sul have a total area of approximately 16.4 ha, where the cultivation of tobacco is destined for 2 to 4 ha. The economic importance of this culture for the region is pronounced, since it generates an annual contribution of R \$ 2.57 billion to the state. Although it is an economically important crop, it still needs greater use of machinery for its production, as many activities are carried out manually, which leads to a large expenditure of time and energy on the part of these producers. Family farmers, who produce tobacco in the southern region of Rio Grande do Sul, have a lack of equipment and technologies to help them carry out the tasks required in this cultivation. Through this work, we sought to identify the needs and needs of family farmers who produce tobacco, in order to guide the project of a seedling transplant that speeds up and facilitates the work of implanting this culture. With that, the objective of the work was to develop the concept of a tobacco transplanting machine coupled to a multifunctional platform, based on the methodology called "Phase Model", used by NIMEq - UFPel in the projects of machines dedicated to family farming. This methodology is composed of four stages, in which the phases of informational and conceptual design are applied in this work to develop a machine that transplants tobacco seedlings. Thus, the application of the two phases allowed the design of a seedling transplantation mechanism, characterized to meet the needs of producers, thus minimizing the demand for labor, as well as, as well as the implementation of a mechanized process that is accessible to tobacco producers.

Keywords: Mechanization of tobacco. Modular design of machines. Family farming.

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mudas de tabaco no sistema <i>floating</i> | 16 |
| Figura 2 - Dimensões dos canteiros..... | 17 |
| Figura 3 - Transplante de mudas de tabaco com o uso da transplantadora manual..... | 20 |
| Figura 4 - Protótipo da Transplantadora desenvolvida por Weiss 1998..... | 20 |
| Figura 5 - Transplantadora multiuso Budny..... | 21 |
| Figura 6 - Transplantadora de mudas autopropelida Yanmar PH 1.WA..... | 22 |
| Figura 7 - Transplantadora Checchi & Magli..... | 23 |
| Figura 8 - Transplantadora De Cloet..... | 23 |
| Figura 9 - Transplantadora Spapperi..... | 24 |
| Figura 10 - Máquina transplantadora aperfeiçoada..... | 25 |
| Figura 11 - Máquina acionada manualmente para realizar o transplante de mudas de tabaco..... | 26 |
| Figura 12 - Equipamento distribuidor plantador de mudas..... | 26 |
| Figura 13 - Transplantadora de mudas por sistema de bicos..... | 27 |
| Figura 14 - Modelo do processo de projeto..... | 31 |
| Figura 15 - Fluxograma da fase do projeto informacional..... | 33 |
| Figura 16 - Construção da matriz da casa da qualidade (QFD)..... | 36 |
| Figura 17 - Fluxograma da fase do projeto conceitual..... | 37 |
| Figura 18 - Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto..... | 41 |
| Figura 19 - Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com o tamanho da unidade familiar, área agriculturável e área destinada ao cultivo do tabaco, em ha..... | 43 |
| Figura 20 - Quantidade de pés de Tabaco cultivado..... | 43 |
| Figura 21 - Tipo de relevo característico das propriedades que cultivam tabaco..... | 44 |
| Figura 22 - Tipos de preparo do solo para o cultivo do tabaco..... | 45 |
| Figura 23 - Altura do camalhões confeccionada pelos produtores..... | 46 |
| Figura 24 - Distância entre linhas dos camalhões de tabaco..... | 46 |
| Figura 25 - Número de membros da falia que disponibiliza mão de obra no cultivo do tabaco..... | 47 |
| Figura 26 - Fatores mais importantes na hora da escolha de uma máquina agrícola (aquisição)..... | 48 |
| Figura 27 - Importância de o equipamento realizar o transplante de outras culturas..... | 49 |
| Figura 28 - Principais características de uma transplantadora na opinião dos agricultores..... | 50 |
| Figura 29 - Quadro de requisitos de clientes do projeto classificados por fases do ciclo de vida do produto..... | 52 |
| Figura 30 - Valoração dos requisitos dos clientes através do Diagrama de Mudge..... | 54 |
| Figura 31 - Matriz da casa da qualidade, resultado do relacionamento dos requisitos de clientes com os requisitos de projeto..... | 57 |
| Figura 32 - Hierarquização dos requisitos do projeto no terço superior..... | 58 |
| Figura 33 - Hierarquização dos requisitos do projeto no terço intermediário..... | 58 |

| | |
|---|----|
| Figura 34 - Hierarquização dos requisitos do projeto no terço inferior. | 59 |
| Figura 35 - Especificações de projeto consideradas mais importantes (terço superior)..... | 60 |
| Figura 36 - Especificações de projeto consideradas importantes (terço intermediário). | 60 |
| Figura 37 - Especificações de projeto menos importantes (terço inferior)..... | 61 |
| Figura 38 - Resultado da terceira análise de transformação dos requisitos. | 63 |
| Figura 39 - Entradas e saídas de material, energia e sinal do sistema técnico..... | 64 |
| Figura 40- Função global do sistema técnico. | 65 |
| Figura 41 - Diagrama de blocos da função parcial FP1, derivada da função global..... | 65 |
| Figura 42 - Diagrama de blocos da função parcial FP2, derivada da função global..... | 67 |
| Figura 43 - Diagrama de blocos da função parcial FP3, derivada da função global..... | 67 |
| Figura 44 - Diagrama de blocos da função parcial FP4, derivadas da função global..... | 67 |
| Figura 45 - Classificação das subfunções de FP2, através da classificação dos requisitos de projetos hierarquizados..... | 69 |
| Figura 46 - Função elementar F6 com subfunções desdobradas. | 70 |
| Figura 47 - Função Elementar F9 com subfunções desdobradas..... | 71 |
| Figura 48 - Função elementar F11 com subfunções desdobradas. | 71 |
| Figura 49 - Função Elementar F5 com subfunções desdobradas..... | 71 |
| Figura 50 - Função Elementar F1 com subfunções desdobradas..... | 72 |
| Figura 51 - Função Elementar F2 com subfunções desdobradas..... | 72 |
| Figura 52 - Função Elementar F7 com subfunções desdobradas..... | 72 |
| Figura 53 - Funções e subfunções, descrição e detalhamento destas e definição dos materiais, energia e sinais envolvidos em cada função. | 78 |
| Figura 54 - Matriz morfológica dos princípios de solução.)..... | 82 |
| Figura 55 - Concepção 1 da Transplantadora de mudas de tabaco..... | 83 |
| Figura 56 - Concepção 2 da transplantadora de mudas de tabaco..... | 84 |
| Figura 57 - Concepção 3 da transplantadora de mudas de tabaco..... | 85 |
| Figura 58 - Concepção 4 da transplantadora de mudas de tabaco..... | 86 |
| Figura 59 Concepção 1 acoplada ao módulo da Transplantadora de mudas de tabaco..... | 87 |
| Figura 60 - Concepção 4 acoplada ao módulo da Transplantadora de mudas de tabaco. | 89 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Quadro de requisitos de projeto obtidos classificados segundo a proposta de Fonseca | 54 |
| Tabela 2 - Ordenação decrescente de importância dos requisitos de clientes conforme 10 classes... | 55 |
| Tabela 3 - Matriz de avaliação das concepções..... | 89 |

Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|---------|---|
| CAD | <i>Computer Aided Design</i> |
| NIMEq | Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícola |
| PPGSPAF | Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar |
| UFPel | Universidade Federal de Pelotas |
| UFSC | Universidade Federal de Santa Catarina |
| NeDIP | Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos |
| NIMEq | Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas |
| USPTO | United States Patent and Trademark Office |
| INPI | Instituto Nacional da Propriedade Industrial |
| EPO | European Patent Office |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| PDP | Processo de Desenvolvimento de Produtos |
| Rc | Requisito do cliente |
| Rp | Requisito do projeto |
| QFD | Quality Function Deployment |
| F | Função |
| FP1 | Função Parcial 1 |
| FP2 | Função Parcial 2 |
| FP3 | Função Parcial 3 |
| FP4 | Função Parcial 4 |

Sumário

| | | |
|------|---|----|
| 1. | Introdução | 11 |
| 2. | Objetivos | 13 |
| 2.1. | Objetivo geral | 13 |
| 2.2. | Objetivos específicos..... | 13 |
| 3. | Revisão de literatura..... | 14 |
| 3.1 | Cultivo do tabaco | 14 |
| 3.2 | Transplante de mudas | 15 |
| 3.3 | Máquinas para transplante de mudas | 19 |
| 3.4 | Metodologias de projeto de máquinas agrícolas | 28 |
| 4. | Metodologia..... | 32 |
| 4.1 | Fase 1: projeto informacional..... | 32 |
| 4.2 | Fase 2: Projeto Conceitual..... | 37 |
| 5. | Resultados e discussão..... | 40 |
| 5.1 | Pesquisa de informações sobre o tema do projeto | 40 |
| 5.2 | Identificação das necessidades dos clientes | 41 |
| 5.3 | Estabelecimento dos requisitos dos clientes..... | 51 |
| 5.4 | Estabelecer os requisitos de projeto | 53 |
| 3.1. | Hierarquização dos requisitos de projeto | 54 |
| 5.6 | Estabelecimento dos das especificações de projeto | 59 |
| 5.7 | Verificação do escopo do problema..... | 61 |
| 5.8 | Estabelecimento da estrutura funcional | 63 |
| 5.9 | Pesquisar princípios de solução | 79 |
| 5.10 | Combinar princípios de solução..... | 82 |
| 5.11 | Seleção e avaliação das concepções | 87 |
| 6. | Conclusões..... | 91 |
| | Referências..... | 92 |
| | Anexos..... | 97 |

1. Introdução

Hoje, no Brasil, o tabaco é a segunda cultura agrícola não alimentar mais cultivada, devido ao seu alto valor comercial e grande gama de produtos, subprodutos e derivados, sendo o cigarro o mais conhecido. Os três estados que compõem a região sul, juntos, são responsáveis por 94% da área cultivada, tendo 149.350 famílias produtoras com 297.460 hectares plantados e 685.983 mega-kilos de tabaco produzido, correspondendo a 97% da produção nacional (AFUBRA 2019).

O cultivo do tabaco, apesar de ser uma cultura agrícola de grande valor agregado, é estritamente produzido por agricultores familiares, pois proporciona boa rentabilidade financeira em pequenas áreas. O cultivo em áreas extensas, se restringe devido à dificuldade em utilizar a mecanização nas operações de manejo, exigindo o emprego de mão de obra. Dentre as operações, a maior exigência ocorre durante o transplante das mudas e a colheita das folhas, por serem operações delicadas, que, se feitas de forma inadequada, tem reflexo direto na qualidade final do produto, desvalorizando-o durante a classificação, realizada pela empresa que faz a compra do mesmo.

O aumento do nível de escolaridade dos filhos dos produtores tem feito com que eles optem por outras alternativas de renda que não exijam o emprego de mão de obra tão árdua quanto a necessária para realização de atividade no campo, o que, muitas vezes, faz com que essas pessoas saiam da sua propriedade, buscando remuneração nos centros urbanos, ocasionando o êxodo rural. Em contra ponto, a chegada da tecnologia e o aumento do alcance do sinal de internet as zonas rurais, tem, de certa forma retardado a saída destes jovens das propriedades, fazendo com que busquem alternativas para produzir melhor, voltando cada vez mais a necessidade de mecanizar as operações das etapas de cultivo, reduzindo a exigência de mão de obra.

A necessidade de mecanizar os processos e tratamentos culturais dentro da lavoura de tabaco sempre foi um desafio à indústria de máquinas agrícolas, devido à dificuldade no desenvolvimento de uso de mecanismos e princípios de solução, referentes aos componentes do equipamento para que esse consiga realizar a operação sem causar perdas de produtividade e qualidade.

O transplante das mudas é uma das operações mais delicadas no cultivo do tabaco, devido a fragilidade das mudas que exigem maior emprego de mão de obra e maior cuidado para que o desenvolvimento seja satisfatório, pois uma muda danificada ou mal condicionada no solo, tem influência no seu desenvolvimento, podendo acarretar falhas e perdas de qualidade e produtividade.

O desenvolvimento de uma transplantadora de mudas de tabaco é necessário ao produtor de tabaco, pois este equipamento, além de reduzir a exigência de mão de obra, diminui a penosidade, devido a postura incorreta e esforço repetitivo imposto a pessoa, durante a jornada de trabalho em toda a etapa de transplante e também buscando uma operação que traga qualidade e uniformidade no condicionamento da muda no solo, visando um transplante adequado e resultando um melhor vigor produtivo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo geral

Obter o conceito de um equipamento que realize transplante de mudas de tabaco, atendendo as necessidades técnicas e boas práticas de cultivo, visando um melhor vigor produtivo da cultura, suprimindo a necessidade de mão de obra durante o manejo e transplante de mudas.

2.2. Objetivos específicos

Aplicar a metodologia de projeto no desenvolvimento do conceito de um equipamento agrícola modular.

Desenvolver o conceito de um módulo transplantador de mudas, a ser acoplado em uma plataforma multifuncional, a qual foi desenvolvida por Milech (2019).

Buscar e desenvolver princípios de solução de mecanismos que tornem o conceito do módulo de transplante agronomicamente eficaz e economicamente viável ao produtor de tabaco.

3. Revisão de literatura

3.1 Cultivo do tabaco

O tabaco no Brasil é cultivado majoritariamente nos três estados da Região Sul e amplamente produzido por Agricultores Familiares. São 150.240 produtores em propriedades, com área média de 16,4 ha, localizadas em 704 municípios desta região, totalizando 298.795 hectares plantados com a produtividade de 2,03 t.ha⁻¹ (SINDITABACO, 2018). Os agricultores caracterizam-se, na sua maioria, pelo cultivo de, em média, 30 a 60 mil pés, sendo que a população de plantas vem a ser de 15,0 a 16,5 mil pés de tabaco por hectare (COTRIN 2016).

Silveira (2015), destaca que a partir de 1985, o cultivo iniciou um processo de mudanças técnicas no modo de produção e cura do tabaco, contribuindo para o aumento da produtividade. Foram introduzidas melhorias do manejo do solo, produção de mudas com o uso de sementes geneticamente melhoradas e o emprego do sistema de canteiro de bandejas flutuantes em piscina de água. Também foram introduzidas melhorias no controle e uso de agroquímicos, e a partir dos anos 2000, ocorreu substituição das estufas convencionais de andaimes com as folhas costuradas em varas, para estufas do tipo LL "*Loose Leaf*" (folhas soltas) de estrados ou grampos com sistema de ventilação forçada. Essa técnica, reduziu sobremaneira o tempo e mão de obra durante o período de colheita e cura das folhas.

Apesar de ser um cultivo com grande evolução de produtividade e manejo com emprego de tecnologias que visam obter maior qualidade final do produto, por incentivo e interesse das empresas de processamento do tabaco, que financiam os insumos e estruturas físicas para as propriedades, emprega grande quantidade de mão de obra em todas as etapas: plantio, tratamentos culturais, colheita, armazenamento, seleção, classificação e condicionamento para expedição à empresa. (SILVEIRA 2015).

Apesar do sistema de cultivo ter evoluído, ainda necessita de grande emprego de mão de obra e devido a dificuldade de mecanizar as operações de transplante, capina, pulverização individuais das plantas e principalmente colheita.

Troian (2013) realizou entrevistas com jovens que trabalham junto às famílias no cultivo do tabaco. Constatou que o emprego de mão de obra intensa e o medo de contaminações, têm levado muitos jovens a buscar outras atividades dentro da propriedade, ou até mesmo, sair a procura de emprego nas zonas urbanas, o que vem provocando a redução de mão de obra e dificultando a produção.

A necessidade de suprir a falta de mão de obra ou amenizar os esforços, tem feito os produtores buscarem no mercado ou inventar soluções de equipamentos principalmente para as operações de transplante e colheita. Entretanto ainda há grande carência de equipamentos e tecnologias que atendam o cultivo em terrenos acidentados, assim fazendo com que o agricultor busque outras formas de preparo do solo e manejo da cultura, possibilitando o uso de equipamentos (BARTZ 2017).

Avaliando os custos totais de produção do tabaco, verifica-se o custo de mão de obra encontra-se em torno de 25,7%. Os valores que mais se destacam são o transplante e colheita, totalizando respectivamente R\$ 480,00 e R\$ 960,00. O total do custo da mão de obra em um hectare de tabaco representa um valor de R\$ 2.240,00, levando em consideração que um valor unitário referente à mão de obra, na época do estudo, de R\$ 80,00 por pessoa/dia (TRINDADE 2015).

3.2 Transplante de mudas

O cultivo do tabaco, ao longo do tempo, obteve melhorias significativas em seus processos tecnológicos. Nos últimos 50 anos a fumicultura nacional, buscou ambiental, por meio de um melhor manejo e conservação do solo, minimizando a erosão e mantendo a fertilidade com a utilização de métodos como o cultivo mínimo e o plantio direto, onde a cultura de cobertura é dessecada ou acamada, permitindo que, o solo permaneça com cobertura, minimizando a erosão e reduzindo a evaporação da água devido a menor exposição aos raios solares (BELING, 2006).

O tabaco é semeado entre os meses de maio a junho, sendo sua semente extremamente pequena, onde cada grama contém cerca de 16.000 sementes (BRASIL, 2009), tal fato que dificulta a semeadura, mas a maioria dos produtores utiliza a semente peletizada, com tamanho do grão entre 1 e 1,5 mm, facilitando a individualização da semente que é colocada nas bandejas do sistema *float*. Esse

sistema consiste basicamente na produção de mudas em bandejas de isopor ou poliestireno expandido (EPS), onde é adicionado substrato e posteriormente as sementes, mantendo a bandeja sobre uma fina camada de água e devidamente protegida através de um sistema de estufa de plástico, conforme tem-se na Figura 1.



Figura 1 - Mudanças de tabaco no sistema *floating*.

Fonte: Milech (2019).

Enquanto as mudas ainda estão em processo de desenvolvimento, o solo começa a ser preparado, sendo que, dependendo do tipo de solo, existe a necessidade de escarificação antes da confecção dos canteiros. Os canteiros são recomendados pois proporcionam melhor aeração do solo, favorecendo o desenvolvimento das raízes e facilitando a absorção de água e nutrientes (BELING, 2006).

O preparo do solo é um dos principais pontos para a implantação e desenvolvimento de uma cultura a ser transplantada, pois é o ambiente final que a muda vai se desenvolver e produzir. Um solo mal preparado, dificulta o desenvolvimento radicular, reduzindo a capacidade de absorção de nutrientes e estabilidade física da planta SILVA (2014).

Heemann (2009) descreve os processos de atividades de cultivo do tabaco, do preparo do solo, confecção das mudas e transplante. O início do preparo do solo

que ocorre em duas épocas dependendo do sistema de plantio a ser utilizado: direto ou convencional.

O preparo do solo, em plantio direto, começa a ser realizada logo após o término da colheita do tabaco, nos meses de março/abril ou após a colheita do milho “safrinha”, quando este é colhido até maio, O solo é subsolado e gradeado para posterior confecção dos canteiros. Em seguida é feita a semeadura semeada da planta de a cobertura utilizando-se alguma forrageira, obtendo-se uma cobertura do solo por palhada e realizando o transplante nos meses de julho a setembro, conforme a região, devido a condições climáticas (HEEMANN 2009).

O preparo do solo convencional normalmente é realizado nos dias ou semanas que antecedem a realização do transplante, onde o agricultor realiza a aração, gradagem, confecção dos canteiros, adubação e transplante simultaneamente (HEEMANN 2009).

Os tipos de solo mais adequados para o cultivo do tabaco são os arenosos e de média fertilidade, com porosidade e boa drenagem. Solos baixos e úmidos geralmente de regiões de várzea não são recomendados por predispor as plantas a doenças e ocasionarem folhas de cor escura (VOGT, 1997).

As dimensões dos camalhões podem mudar de acordo com a variedade do cultivo, disponibilidade de área, disponibilidade de máquinas e implementos para preparo do solo e das orientações técnicas. Em média, os canteiros devem apresentar dimensões de 1,10 a 1,30 m de largura, com altura média de 0,40 a 0,50 m, deixando um vão entre canteiros de cerca de 0,30 a 0,35 m (Figura 2).

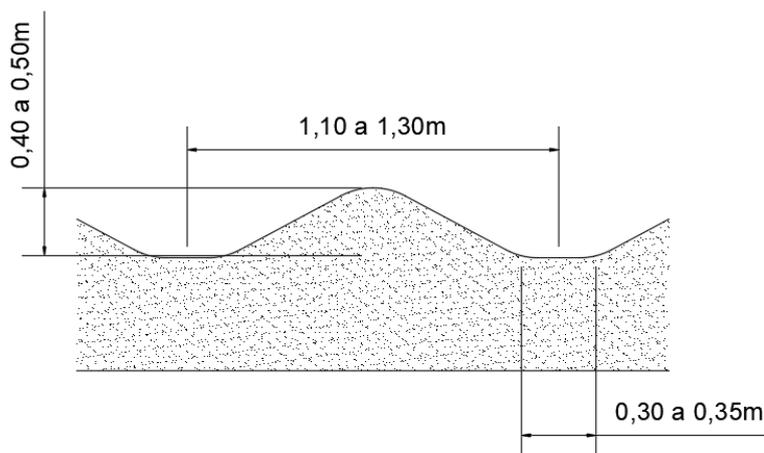


Figura 2 - Dimensões dos canteiros.

Fonte: Milech (2019).

O transplante das mudas é uma das operações mais delicadas no cultivo do tabaco, devido à fragilidade das mesmas, exigindo maior mão de obra, e cuidados para que o desenvolvimento seja satisfatório, pois uma muda danificada ou mal condicionada no solo, apresentará influência no seu desenvolvimento, podendo acarretar falhas e perdas de qualidade e produtividade (SILVA, 2014).

Segundo Heemann (2009), o transplante das mudas deve ocorrer com boa umidade no solo, o que acontece normalmente logo após as precipitações adequadas. Além disso, deve-se escolher fazer o transplante em dias nublados e sem vento, utilizando mudas saudáveis. Caso as condições pluviométricas não sejam ideais o recomendado é aplicação de água após a muda ser acondicionada no solo.

Heemann (2009) descreve três formas de transplante realizadas no tabaco: transplante manual, transplante com transplantadora manual, e transplante mecanizado. O transplante manual ainda é utilizado por alguns agricultores sendo a forma que exige maior mão de obra, pois necessita de várias operações a serem realizadas em etapas, sendo elas: a primeira etapa é realizada por meio da marcação das covas, onde uma pessoa passa com um marcador, marcando a posição das plantas. Posteriormente vem uma segunda pessoa com as bandejas largando as mudas nas posições marcadas. Finalizando o processo uma terceira pessoa com uma espátula ou enxada, cava e adiciona as plantas no solo (HEEMANN 2009).

Transplante com transplantadora manual, é o sistema mais utilizado, devido a facilidade de uso, baixo custo de aquisição do equipamento, e redução da mão de obra. Esse sistema necessita de duas pessoas para realizar o trabalho. Uma pessoa com a transplantadora, com covador tipo saraquá abre a cova e uma segunda pessoa transportando a bandeja com as mudas, coloca a muda no tubo condutor, da transplantadora, que conduz a mesma até a cova. Esse sistema se torna muito mais eficiente que o anterior por permitir melhor ergonomia aos trabalhadores, pois os mesmos não necessitam se agachar para covar e acondicionar as mudas, acarretando maior eficiência de transplante. Comparativamente aos sistemas o tempo de transplante manual, é de 8 dias de trabalho, enquanto que no sistema que utiliza transplantadora manual, o tempo de

trabalho seria de 160% mais rápido para o transplante da mesma quantidade de mudas, (HEEMANN 2009).

O sistema de transplante mecanizado ainda é recente e, pouco utilizado, devido ao alto custo do equipamento e dificuldade de realizar o transplante em terrenos acidentados. Este sistema é utilizado somente por agricultores que cultivam em terrenos planos necessitando no mínimo duas pessoas. Devido a máquina ser acoplada ao trator, necessitando de uma pessoa operando o trator e outra operando o equipamento.

Almeida (2016) comparou a eficiência e desempenho operacional do transplante de mudas de alface mecanizado em sistemas de transplante de preparo do solo convencional e transplante direto sobre cobertura de palha de milho (*Pennisetum glaucum*) tendo como parâmetro de avaliação um canteiro transplantado manualmente, avaliando o desempenho operacional em duas velocidades de deslocamento do conjunto mecanizado (0,75 e 1,1 kmh⁻¹). Demonstrou que o transplante mecanizado apresenta um rendimento operacional de, em média, 54% em relação ao transplante manual.

3.3 Máquinas para transplante de mudas

Analisando as necessidades de sistemas mecanizados para, agricultores de base familiar, Oldoni (2007) constatou através de entrevistas e aplicação de questionários a grupos de agricultores da região abrangida pelos municípios de Pelotas, Turuçu, Arroio do Padre, Canguçu e Morro Redondo, que 11,8% das necessidades em máquinas e implementos agrícolas destes produtores é de uma transplantadora de hortaliças.

Em pesquisa por equipamentos desenvolvidos e disponíveis no mercado, se verifica que existem poucos equipamentos disponíveis, e com características peculiares em relação ao alto custo de aquisição, baixa capacidade e ineficiência de trabalho em locais acidentados, como citado por (HEEMANN, 2009). Isto impossibilita a utilização pela maioria dos produtores de tabaco, os quais ainda preferem as transplantadoras manuais (Figura 3).



Figura 3 - Transplante de mudas de tabaco com o uso da transplantadora manual.

Fonte: Heemann (2009).

Um protótipo de transplantadora de mudas foi desenvolvido por Weiss (1998) que se adequa às características das pequenas propriedades, sendo capaz de transplantar mudas de cebola, tabaco, repolho e tomate, produzidas em bandejas de sistema "float" tracionada por um trator de rabiças ou motocultivador (Figura 4).



Figura 4 - Protótipo da Transplantadora desenvolvida por Weiss 1998.

Fonte: Weiss (1998).

Entre as transplantadoras disponíveis no mercado se tem a "Transplantadora Multiuso Budny" fabricada e comercializada pela empresa catarinense Budny Industria e Comércio Ltda. Possui capacidade de transplantar mudas de base cônicas ou piramidais de tabaco, tomates, couve, abobrinhas,

brócolis e outras com características similares com altura adequada entre 12 e 30 cm, espaçamentos de 25 a 50 cm entre plantas, podendo ser modulável de 1 a 6 linhas independentes entre si. Deve ser acoplado aos três pontos de engate do trator, com potência mínima requerida especificada pelo fabricante de 14,7kW. A transplantadora é especificada pelo fabricante, para solos bem preparados, limpos e nivelados. Por ser um equipamento com mecanismos de abertura do sulco tipo "sapata não tem capacidade de abertura do sulco na presença de restos culturais ou palha, vem a ser inviável no plantio direto ou cultivo mínimo (Figura 5).

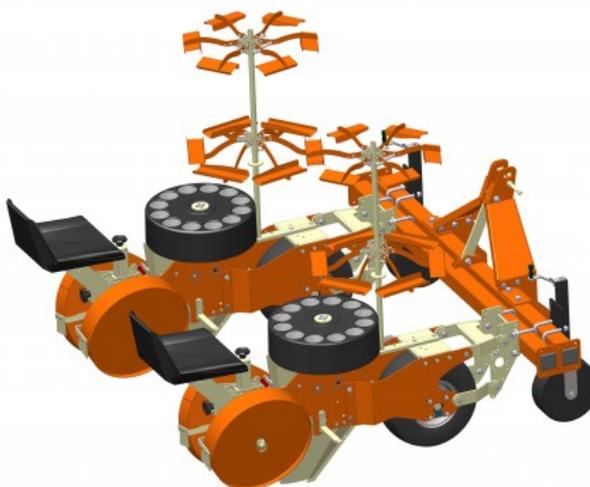


Figura 5 - Transplantadora multiuso Budny.

Fonte: Budny

O PH 1 WA, do fabricante Yanmar é um equipamento com tecnologia japonesa capaz de fazer uma linha de transplante por vez, tendo a capacidade realizar o transplante de varias linhas de mudas no canteiro, alterando a posição de a bitola dos rodados, que possibilita alterar o seu posicionamento transversal ao longo do . Apesar de ser uma máquina autopropelida, o operador tem que fazer a alimentação dos copos no carretel, que dosam as mudas. O acondicionamento da muda no solo é feito por um covador tipo "saraquá", que capta a muda na base do copo no carretel dosador e leva até o solo, abrindo a cova e liberando a muda, que posteriormente é pressionada nas raízes por rodas compactadoras e, expulsando o ar no solo. Este sistema de covador permite o transplante em diversas condições de preparo do solo, possibilitando o transplante em plantio direto. Por ter um sistema de suspensão independentemente e automático, permite que o equipamento se ajuste mantendo regularmente a profundidade de deposição da

muda, e a máquina nivelada, independentemente da inclinação do solo. Entre as regulagens, permite o espaçamento de 20 a 50 cm de distância entre plantas, sendo um elemento propulsor um motor a gasolina de 1,7 kW de potência (Figura 6).



Figura 6 - Transplantadora de mudas autopropelida Yanmar PH 1.WA.

Fonte: YANMAR Solis

Existem outras transplantadoras utilizadas no transplante de tabaco, i produzidas por empresas voltadas para fabricação de equipamentos especificamente para o cultivo do tabaco, entretanto não são fabricadas no Brasil. As mais conhecidas são três marcas italianas: Checchi & Magli, De Cloet e Spapperi, que possuem um portfólio completo em equipamentos de preparo do solo, transplante, capina, poda da flor, desbrote, pulverização e colheita de tabaco. As transplantadoras fabricadas por estas empresas apresentam estruturas físicas e dimensionais semelhantes, mas com sistemas de dosagem e acondicionamento das mudas diferentes.

A transplantadora Checchi & Magli tem por característica para a dosagem e acondicionamento, um sistema de corrente com pinças, no qual o operador encaixa a muda, na pinça, conduzindo e puncionando a no solo (Figura 7).



Figura 7 - Transplantadora Checchi & Magli

Fonte: Checchi & Magli

A transplantadora De Cloet tem por característica de dosagem um carretel de copos onde são colocadas as mudas e o acondicionamento no solo é feito por sistema de “sapata”, que abre o sulco que recebe a muda conduzida por um tudo vindo do dosador (Figura 8).



Figura 8 - Transplantadora De Cloet

Fonte: De cloet

A transplantadora Spapperi tem por característica a dosagem e deposição por meio de duas rodas paralelas com caçambas que trabalham como saraquás entre elas, recebendo a muda dosada do carretel na parte superior da roda, conduzindo-a até o solo (Figura 9).



Figura 9 - Transplantadora Spapperi

Fonte: Spapperi

Uma das primeiras transplantadoras de mudas para o tabaco com patente encontrada foi registrada por Frederic L. Cox em 1945 (Figura 10), que consistia em uma máquina de tração animal composta um por um sulcador tipo sapata, que abria o sulco onde o operador, posicionava-se sentado em cima da máquina, colocando manualmente a muda no solo. Posteriormente o sulco era fechado com duas pás que cobriam e condicionavam a muda no solo. O equipamento também era dotado de um reservatório que adicionava água ou fertilizante em forma líquida no sulco.

Em pesquisa aos bancos de registro de equipamentos de transplante, não se encontra muitas máquinas com o registro em vigor. Existe uma diversidade de mecanismos registrados, onde na sua maioria, são relativos a dosagem e abastecimento de mudas. Por se tratarem mecanismos complexos com certo nível de automação ainda não se encontra incorporados em máquinas disponíveis para comercialização. As máquinas de transplante encontradas e registradas no banco de patentes INPI. Entre as escolhidas e mais importantes, estão as Patentes de depósito: Máquina Transplantadora Aperfeiçoada de Antônia Vittoria Abalsamo, 2015 (Figura 10). Esta máquina permite, dentre outros, o transplante de mudas de palmas forrageiras, toletes e mudas de cana, batata salsa, batata doce, não se limitando ao segmento de hortaliças. Como a maioria dos equipamentos encontrados no mercado, a invenção se destaca, ainda, por atuar de maneira semiautomática (podendo ser totalmente automatizada mediante adoção de um sistema de alimentação de mudas), reunindo uma solução conjunta de adubação

líquida, conjunto de irrigação e fertilização (que podem ser fornecidos na forma de Kit).

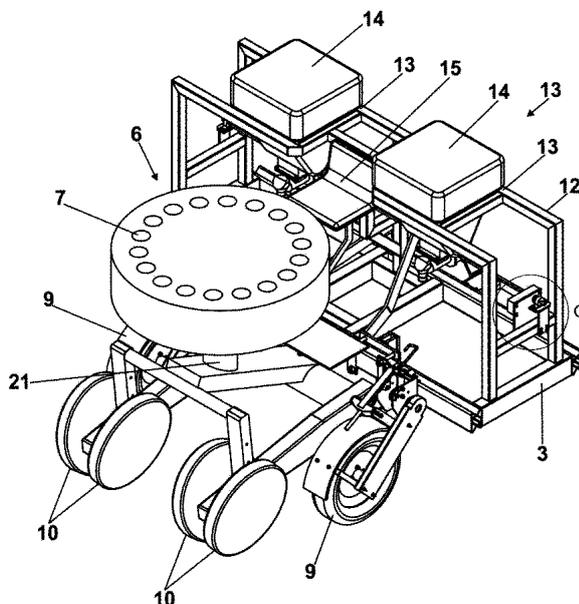


Figura 10 - Máquina transplantadora aperfeiçoada

Fonte: Abalsamo (2015).

A máquina acionada manualmente para realizar o transplante de mudas de tabaco, de Luiz Carlos Antônio, chamada Plantadeira de mudas 2006, (Figura 11) Trata-se de um equipamento de baixo custo, constituído de um rotor de disco com 8 tubos em cada extremidade, com pontas em formato de saraquá e sistema de alavanca, que, em contato com solo, punciona a cova e com movimento de rolagem do rotor as alavancas liberam a muda no solo. Esse rotor é fixado em um par de rabiças, que empurrado por uma pessoa é conduzido pelo camalhão realizando transplante das mudas, essas são dosadas manualmente por uma segunda pessoa que deposita uma na entrada do tubo que conduz a muda até solo.

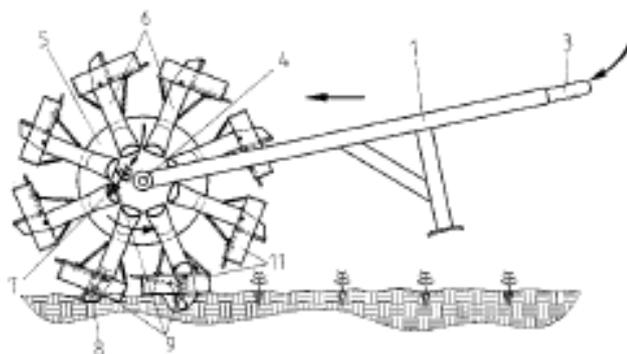


Figura 11 - Máquina acionada manualmente para realizar o transplante de mudas de tabaco.

Fonte: Antonio (2006).

Equipamento distribuidor plantador de mudas de, Alexandre Eloi Marks (2016) (Figura 12), trata-se de uma transplantadora de mudas de uma ou mais linhas, fixadas a um chassi porta ferramenta acoplada ao sistema de engate de três pontos do trator. O equipamento é dotado de um sistema de abertura de sulco do tipo sapata realizando a dosagem e distribuição de mudas por um sistema de hastes com pinças de borracha, presas em um elevador de corrente. O operador posiciona a muda na pinça e essa conduz a muda até o sulco, depositando na parte posterior da sapata. Após a liberação da muda pela pinça, o sulco é fechado e compactado por um par de rodas compactadoras, que tem por finalidade também controlar a profundidade e acionar os mecanismos da transplantadora.

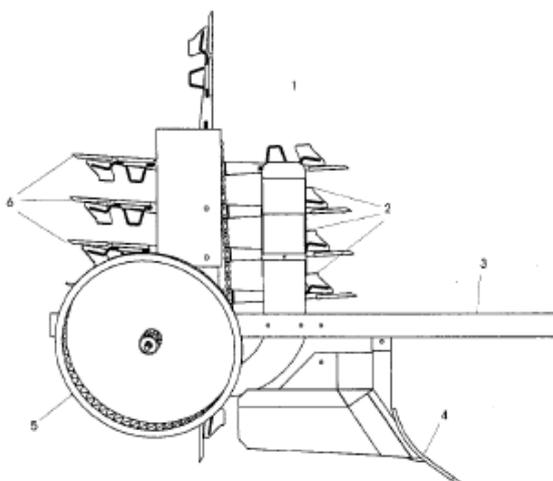


Figura 12 - Equipamento distribuidor plantador de mudas.

Fonte: Marks 2016.

A transplantadora de mudas por sistema de bicos de, Leonardo Streher Matté (2019) possui uma linha, acoplada ao sistema de engate de três pontos do trator, também podendo ser tracionada por micro tratores e tração animal (figura 13). O equipamento é dotado de um sistema de abertura do solo composto por quatro bicos tipo saraquá, fixos equidistantes em dois discos excêntricos, que giram conforme o deslocamento no solo, sendo acionados por um par de rodas auxiliares de cada lado do equipamento também responsáveis pelo acionamento dos mecanismos e controle de profundidade.

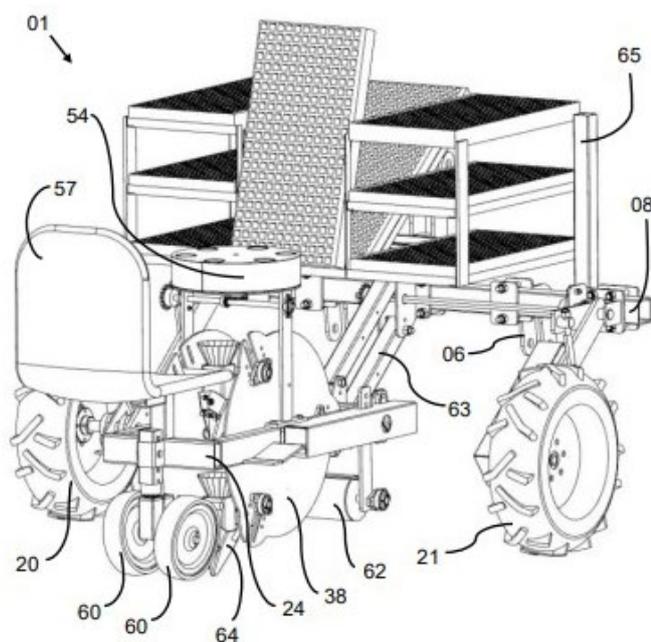


Figura 13 - Transplantadora de mudas por sistema de bicos.

Fonte: Matté (2019).

3.4 Metodologias de projeto de máquinas agrícolas

Com a evolução dos sistemas de produção agrícolas onde, culturas com seu potencial genético melhorado, produtos com grande tecnologia e valor agregado fazem com que, o agricultor busque equipamentos mais eficientes, onde ele possa reduzir o custo, utilizando culturas de potencial produtivo maior e fazer operações nessas culturas com maior precisão, buscando não onerar sua produção.

Com essa tendência de mercado, as indústrias de máquinas agrícolas vêm se adaptando, buscando evoluir seus projetos, agregando tecnologias e aumentando as dimensões dos equipamentos a fim de atender a exigência de reduzir jornadas de trabalho, abrangendo maior área cultivada dentro de janelas de cultivo cada vez mais reduzidas. Essa tendência tem, por consequência, máquinas de dimensões maiores, com alto custo de aquisição e manutenção, exigindo potência de acionamento cada vez maior, tal fato impossibilita aquisição destes equipamentos pelos agricultores de pequenas propriedades com escala de produção reduzida. Por tanto, isso reflete uma lacuna de equipamentos de baixa potência que sejam adequados a realidade dos agricultores de pequenas propriedades, realizando as tarefas necessárias e com eficiência. (TEIXEIRA, 2009; MACHADO *et al.*, 2010b; STEFANELLO, 2013).

As empresas de máquinas agrícolas, principalmente de pequeno porte, são as que normalmente produzem equipamentos destinados aos agricultores de pequena escala. Na maioria dos casos, são estabelecimentos que evoluíram de oficinas sediadas em comunidades agrícolas, que atendiam aos agricultores na manutenção e conserto de máquinas e ferramentas, que passaram a fabricar artesanalmente, com base em equipamentos disponíveis no mercado e utilizados pelos agricultores, fazendo adaptações que melhoravam a sua eficiência, atendendo a necessidade dessa comunidade. Elas evoluíram para pequenas fábricas, normalmente de administração familiar, onde os métodos de fabricação e dimensionamento são feitos de forma empírica, sem muito conhecimento de métodos de projeto e fabricação eficientes de conhecimento consagrado e eficiente (TEIXEIRA, 2009; STEFANELLO, 2013).

Devido ao conhecimento de engenharia e fabricação aprimorados com o uso métodos de desenvolvimento de produto, voltados a pequena indústria de

equipamentos destinados a agricultura familiar e de pequena escala, o NIMEq/UFPel vem trabalhando no uso da metodologia do modelo de fases, buscando o desenvolvimento de máquinas e equipamentos que atendam às necessidades, agregando parâmetros de engenharia mais refinada com baixo custo e disponibiliza ao agricultor soluções que desempenhem suas funções com eficiência. (Reis (2003), Medeiros (2013), Teixeira (2014), Spagnolo (2014), Stefanello (2015), Custódio (2015) e Oldoni (2016)).

Dentre as diversas metodologias utilizadas para o desenvolvimento tecnológico de produtos, o método adotado para o desenvolvimento de projeto de máquinas agrícolas é o modelo de fases, abordando o projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Como resultado de cada fase citada, obtêm-se, como ganhos, as especificações de projeto, a concepção do produto, o layout definitivo e a documentação do produto, respectivamente, como ponto principal a grande redução de custos de pós-venda, antecipando e prevenindo erros de projeto e falhas de fabricação (FORCELLINI, 2003; ROMANO, 2003; ROZENFELD *et al.*, 2006).

Essa metodologia foi desenvolvida pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (NeDIP), pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que avaliou alguns modelos de processo de projeto para chegar ao Modelo de Fases (MARIBONDO, 1999).

A metodologia apresentada é dividida em quatro fases (projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado), que são subdivididas em etapas, que, por sua vez, são novamente divididas em tarefas, abrangendo um melhor detalhamento do projeto. Essa metodologia conceitua em três níveis de projeto de maneira categórica, simplificando e resumindo suas funções e características da seguinte forma:

Fases: correspondem aos estágios mais abrangentes do processo de projeto. Guardam em si, um alto grau de abstração para o desenvolvimento do problema devido, principalmente a abrangência de seus objetivos. Em outras palavras, representam as missões principais a serem desenvolvidas pela equipe de projeto na busca das soluções mais adequadas à demanda inicial.

Etapas: compreendem cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma fase. Guardam em si, um nível de abstração menor no desenvolvimento do problema de projeto, quando comparadas com os estágios das fases. Este fato (menor nível de complexidade) permite uma melhor visualização do problema em estudo. Em outras palavras, corresponde ao desdobramento das missões principais em ações mais realizáveis em busca das soluções mais adequadas à demanda inicial.

Tarefas: correspondem a cada um dos estágios em que se pode dividir o desenvolvimento de uma etapa. São geralmente utilizadas com o objetivo de reduzir o nível de complexidade das informações contidas nos estágios das etapas. Este fato auxilia a aclarar, ainda mais, o desenvolvimento do problema de projeto. Em outras palavras, correspondem as ações específicas a serem desenvolvidas pela equipe de projeto na busca das soluções mais adequadas à demanda inicial.

A intenção com este desdobramento é deixar o “como fazer” mais claro e mais fácil de entender e utilizar.

Através do modelo de fases da Figura 14, pode-se observar o fluxo de informações entre as etapas, assim como o resultado obtido em cada uma delas e os momentos de tomada de decisão (OLDONI, 2012).

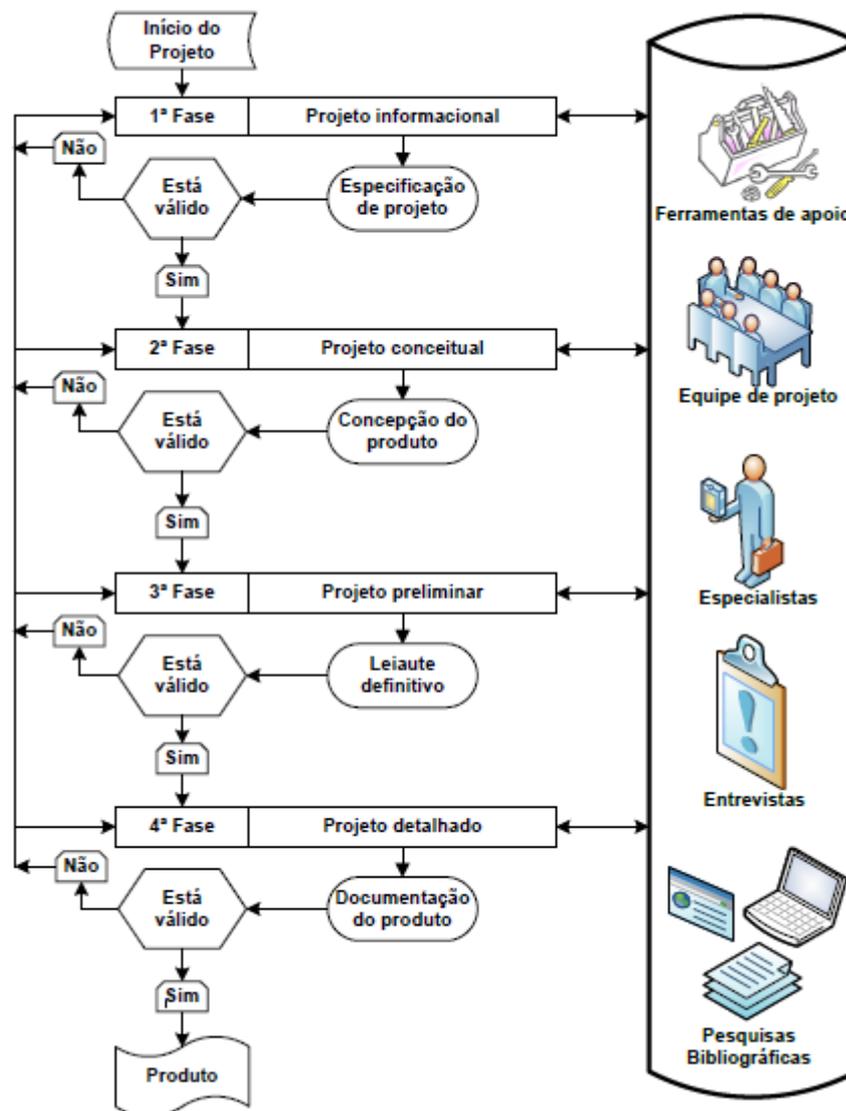


Figura 14 - Modelo do processo de projeto.

Fonte: Oldoni (2012).

Conforme os objetivos do projeto, o presente trabalho teve o seu desenvolvimento nas duas primeiras fases (informacional e conceitual), com o detalhamento da metodologia no próximo capítulo.

4. Metodologia

A metodologia utilizada encontra-se fundamentada no Modelo de Fases, desenvolvido e empregado com êxito no projeto de máquinas pelo Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos da Universidade Federal de Santa Catarina (NeDIP - UFSC), sendo adotado como base nos projetos de máquinas agrícolas desenvolvidos pelo NIMEq – UFPel. Ao longo do tempo a equipe do NIMEq - UFPel, tem feito adaptações à metodologia de projetos voltados à agricultura familiar aqui desenvolvidos.

Neste trabalho, realizaram-se as duas primeiras fases, quais sejam: projeto informacional e projeto conceitual. Foi realizado com o auxílio de uma equipe de projeto, constituiu-se de docentes e discentes do NIMEq da UFPel. A participação de integrantes com conhecimento e experiências distintas, por sua multidisciplinaridade gera tomadas de decisões com uma visão mais ampla projeto.

Os fluxogramas dos projetos informacional (Figura 15) e conceitual (Figura 16) foram adaptados e desenvolvidos em um formato que permitiu etapas que apresentassem falhas na execução, podendo ser revistas a partir do ponto de discordância ou com necessidades de alterações, sem necessidade de se refazer todas as etapas das fases anteriores já elaboradas.

4.1 Fase 1: projeto informacional

Na fase do projeto informacional é realizada a análise do problema proposto, ou seja, transplante de tabaco com equipamento acoplado a uma plataforma multifuncional, levantando-se em conta as necessidades dos clientes e os atributos do projeto, a fim de, definirem-se as especificações de projeto da máquina.

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas as etapas e tarefas da fase de projeto informacional para definir as especificações de projeto, conforme proposto na Figura 15.

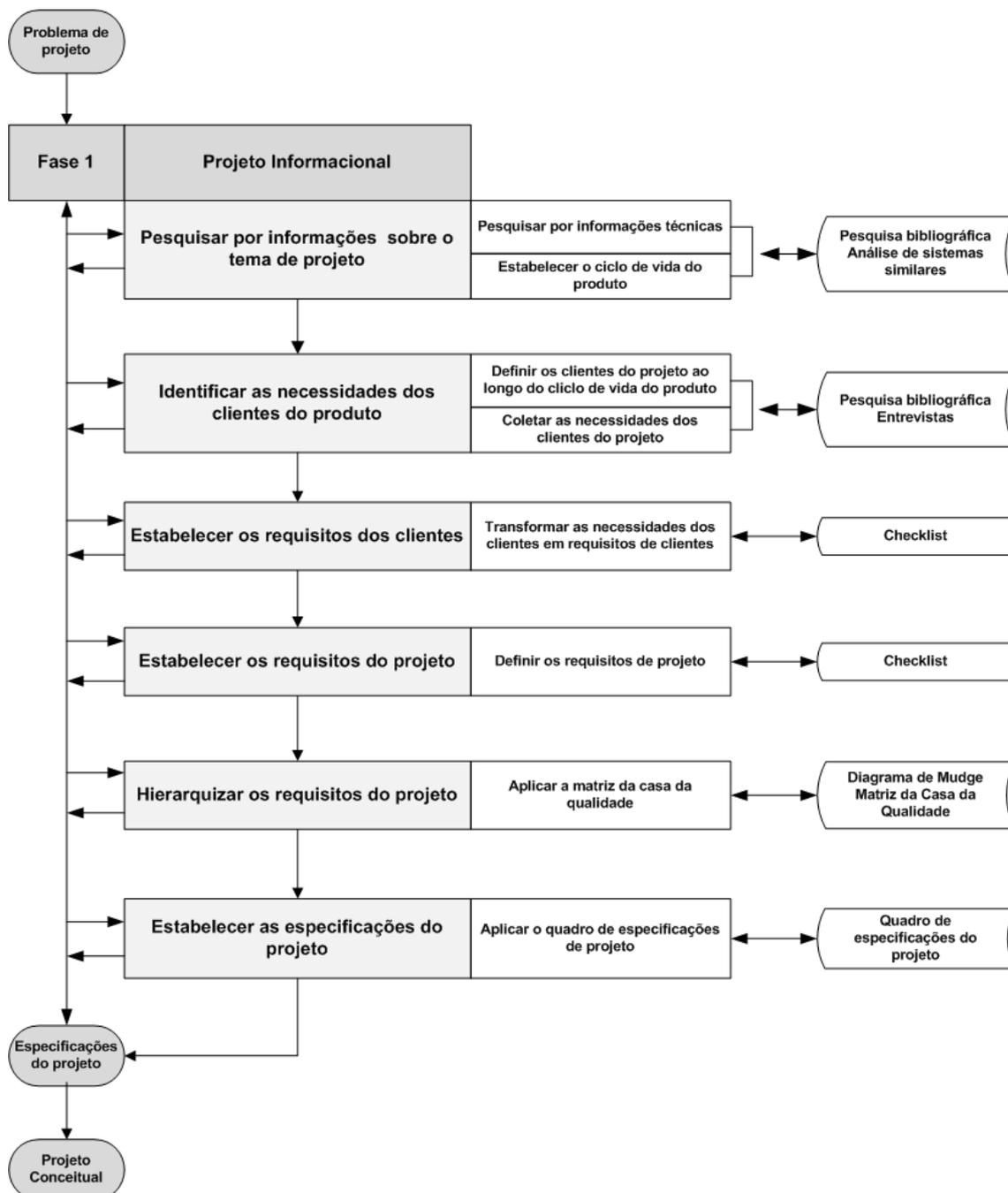


Figura 15 - Fluxograma da fase do projeto informacional.

Fonte: Adaptado de Reis (2003).

O projeto informacional, iniciou com a etapa de pesquisar por informações sobre o tema do projeto, a partir do problema que deu origem à necessidade de desenvolver um novo produto. Consistiu em analisar os detalhes do problema, buscando as informações necessárias para o entendimento do mesmo, e pela busca do máximo de informações, que auxiliaram a equipe de projeto na resolução

e tomada de decisão sobre os pontos que originaram as necessidades do novo produto.

Para a coleta de informações montou-se um banco de dados com informações advindas de: pesquisa de material bibliográfico, análise de produtos e máquinas que desempenham funções semelhantes ao produto em estudo à ser projetado, utilização de entrevistas aos clientes do produto sobre os problemas e necessidades e busca por registro de patentes de equipamentos e mecanismos, que pudessem interferir restringindo funcionalidades do projeto. Após a esta coleta de informações foi estabelecido o ciclo de vida do produto conforme proposto por (ROZENFED et al., 2006).

Para a busca das necessidades dos clientes do produto, procura-se identificar os que são envolvidos direta ou indiretamente ao longo do ciclo de vida do produto (clientes internos, intermediários e externos).

Dando sequência na segunda etapa, se fez a transformação das necessidades de clientes em especificações de projeto, que são as informações completas, em requisitos com valores de metas atribuídos. Após foi executada a identificação dos clientes do produto, conforme a classe que se enquadravam em Clientes externos; intermediários ou internos, conforme o ciclo de vida do produto. Os clientes externos são as pessoas que irão utilizar o produto. Clientes intermediários são os responsáveis pela venda, distribuição e *marketing* do produto. E os clientes internos são os envolvidos pelo projeto, fabricação e produção dos produtos (FORCELLI, 2003).

Com os clientes do produto definidos, fez-se a coleta das suas necessidades, que geralmente são feitas por entrevistas, consultas bibliográficas e análise de sistemas similares (REIS, 2003). As necessidades dos clientes têm, como característica, a aplicação de linguagem coloquial ao público, diferente da linguagem de engenharia, visando ao entrevistado uma melhor compreensão da pergunta e alternativas impostas (Apêndice A). Após a conclusão dos questionários, esses necessitaram ser transformados em uma linguagem de engenharia (requisitos de clientes) com características qualitativas para o produto, conforme proposto por BACK et al. (2008), ROZENFELD et al. (2006) e FORCELLINI (2003).

Para as entrevistas, considerou-se um número de amostras para coleta dos dados, o qual foi estimado por meio da Equação 1, proposta por (LEVIN,1987).

Equação 1 – Equação para determinação do número de amostras.

$$n = \frac{N \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{\hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) \cdot E^2}$$

Onde,

n = número de indivíduos da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ = valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado;

p = proporção populacional de indivíduos que pertence a categoria que estamos interessados em estudar;

q = proporção populacional de indivíduos que não pertence à categoria que estamos interessados em estudar ($q = 1 - p$);

N = tamanho da população;

E = margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a proporção amostral e a verdadeira proporção populacional (p).

A terceira etapa, transformação das necessidades dos clientes em requisitos dos clientes, ocorreu a transformação dos requisitos coletados como desejo dos clientes, descrevendo-se cada uma das necessidades com uma frase composta pelos verbos *ser*, *ter* e *estar*, seguidas de um ou mais substantivos quando o requisito fosse uma função que o produto deveria desempenhar. (SPAGNOLO, (2015), STEFANELLO,(2013)).

Na quarta etapa foram estabelecidos os requisitos de projeto, convertendo-os em características mensuráveis, com expressões padronizadas, indispensáveis para guiar a execução do projeto estabelecendo-se uma lista de atributos para cada um dos requisitos dos clientes, a fim de facilitar a compreensão e caracterização de cada requisito. Num segundo momento, os requisitos dos clientes foram confrontados com uma classificação abrangente dos atributos do produto. Obtendo uma lista ampla de requisitos do projeto, os quais foram verificados, se apresentavam propriedades consideradas desejáveis de projeto que são: validade, completeza, operacionalidade, não redundância, concisão e praticabilidade. Procurou-se nesta lista, apresentar requisitos relacionados a todos os clientes

envolvidos ao longo do ciclo de vida do produto, (como na fabricação, montagem, uso e no descarte). Outros foram consequência dos objetivos do projeto, contidos no problema do mesmo, gerando assim, a possibilidade de avaliação dos requisitos que foram hierarquizados na quinta etapa.

Na quinta etapa se realizou a hierarquização dos requisitos do projeto, aplicando a ferramenta da matriz da casa da qualidade ou primeira matriz do QFD (*Quality Function Deployment* - Desdobramento da Função Qualidade). O QFD é uma ferramenta que relaciona os requisitos dos clientes ponderados com a aplicação do diagrama de Mudge e os requisitos de projeto com os de projeto, hierarquizando-os, assim, transformam-se em requisitos de qualidade, ou seja, requisitos que visam qualificar o projeto. Para cada uma dessas características é atribuído um valor meta, a forma de sua avaliação e condições indesejáveis (Custódio, 2015; Spagnolo, 2014; Stefanello, 2013).

A forma de relacionar os requisitos de usuários (clientes) versus requisitos de projeto (campo 3), pode ser compreendida através da Figura 16, que contém um esquema de construção do QFD explicando cada parte da matriz.

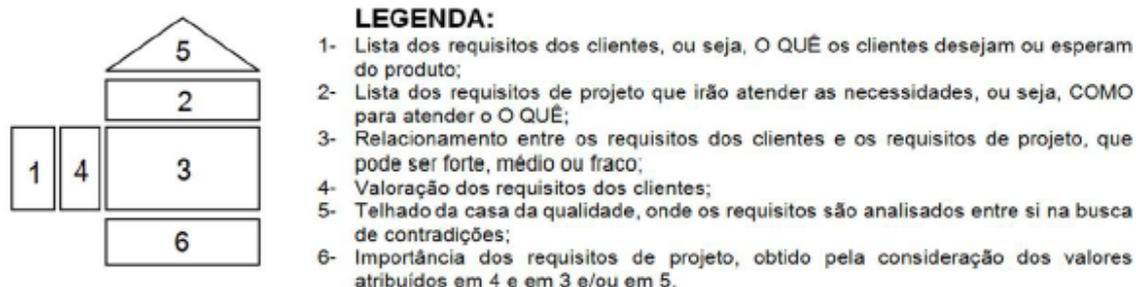


Figura 16 - Construção da matriz da casa da qualidade (QFD).
Fonte: Stefanello (2013).

De posse da hierarquização dos requisitos de clientes comparados com os requisitos de projeto (sem telhado), classificou-se e dividiu-se os mesmos em três terços (superior, intermediário e inferior). Posteriormente, determinou-se os requisitos que foram tomados como referência para continuação do projeto.

Finalizando a fase de projeto informacional, foram determinadas as especificações de projeto, as quais foram divididas em três terços (superior, intermediário e inferior) em ordem decrescente de importância. Onde a esses requisitos, foram aplicados os valores metas a serem atingidos, além da definição

da forma de avaliação e condições indesejáveis, quando não alcançados os valores metas estipulados.

4.2 Fase 2: Projeto Conceitual

Após a obtenção dos resultados do projeto informacional com as especificações de projeto determinadas, seguiu-se para o desenvolvimento do projeto conceitual conforme o fluxograma a seguir apresentado na Figura 17.

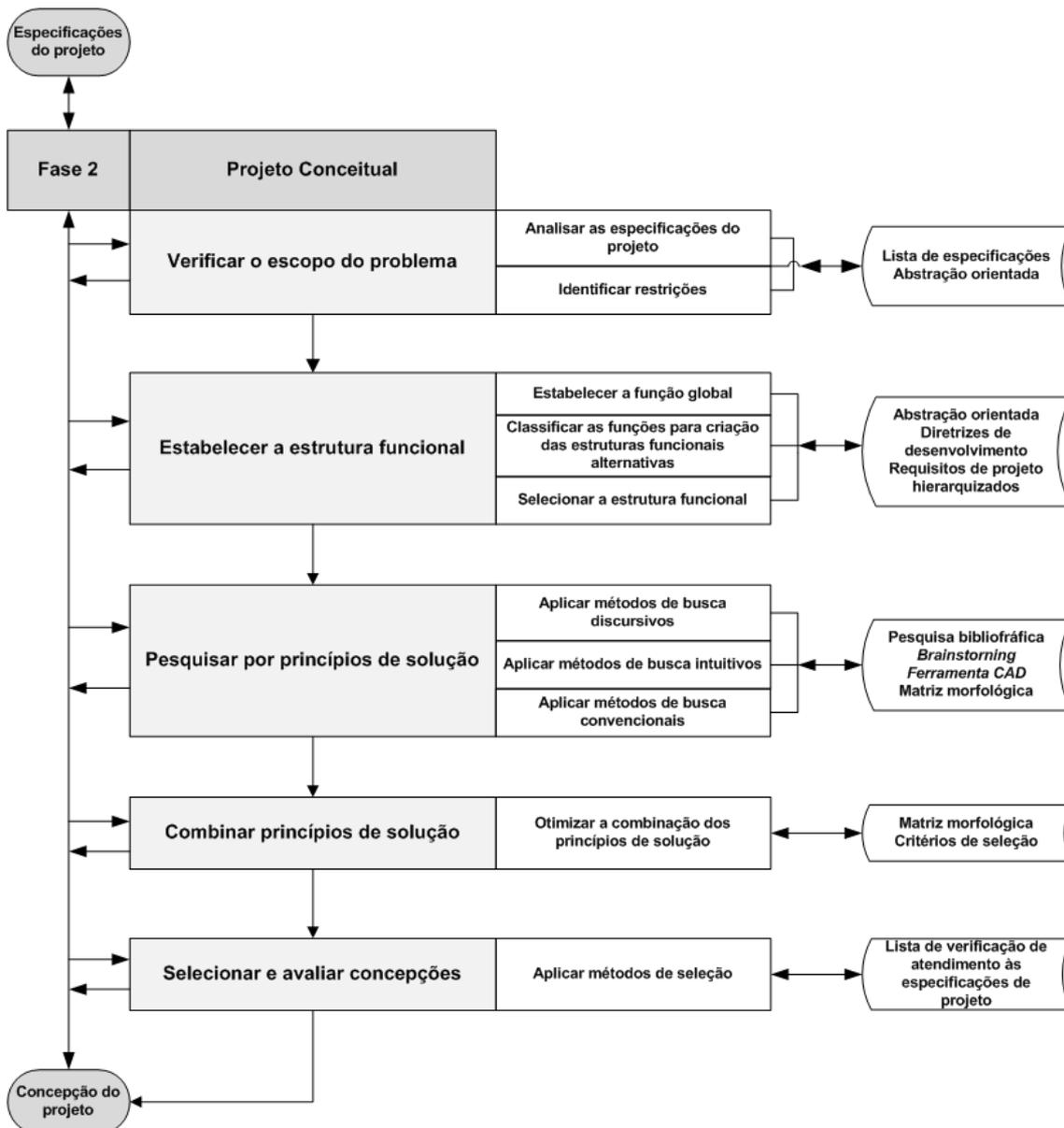


Figura 17 - Fluxograma da fase do projeto conceitual.

Fonte: Adaptado de Reis (2003).

Dando sequência aos resultados do projeto informacional, se verificou o escopo do problema, analisando-se os resultados do QFD, tornando assim, a análise das especificações de projeto sem interferências particulares, visando a omissão dos requisitos sem relação direta com a função do produto e suas restrições essenciais.

Os requisitos de projeto verificados no escopo do problema, onde estes apresentam características quantitativas, foram convertidos em requisitos com aspectos qualitativos no sentido de se ter uma generalização e assim, chegou-se à obtenção do problema do projeto por meio da criação de uma frase com as funções da máquina, sem a inclusão de soluções.

Com os requisitos estabelecidos posteriormente, iniciou-se a elaboração da função global, que definiu a função principal que a máquina irá desempenhar. Nessa etapa, confeccionou-se as estruturas funcionais com as funções necessárias, bem como, seus fluxos de material, sinal e energia, que se originaram dos desdobramentos das funções parciais, dos diagramas de blocos das subfunções alternativas e de suas subfunções elementares.

Dentre as funções parciais obtidas, a que apresentou maior número de funções foi escolhida como referência para identificação de cada uma das funções elementares.

Identificada a função parcial que melhor descreveu a função global da máquina, foram classificadas conforme sua hierarquia, as subfunções elementares, indicando seu grau de importância. Para esta classificação foi utilizada a metodologia CHS (Classificação Hierárquica das Subfunções), tendo como objetivo, definir o processo hierárquico de desdobramento das funções elementares da função parcial, visando reduzir o grau de interferência que algumas subfunções elementares apresentavam entre si.

Cada subfunção foi comparada com cada requisito de projeto dos terços superior e intermediário, identificando quais subfunções possuíam alguma relação com os requisitos de projeto e assim, cada subfunção obteve uma classificação na ordem decrescente quanto ao seu grau de importância.

Para o melhor entendimento, as funções que formaram a estrutura funcional foram detalhadas por meio do quadro de detalhamento das funções, no qual foram

descritas as entradas e saídas de material, sinal e energia, além de definidas as ações realizadas por cada função.

A partir do detalhamento das funções, iniciou-se a busca e pesquisa por princípios de solução através de métodos discursivos, intuitivos e convencionais em patentes, máquinas e mecanismos existentes no mercado. Estes princípios de solução foram organizados em uma matriz morfológica, de acordo com as funções que cada um desempenha.

Para cada uma das subfunções da estrutura funcional, foi atribuído um princípio de solução, por meio da combinação de cada um destes princípios de solução, foram geradas quatro concepções da máquina com todas as funções necessárias para funcionamento.

As concepções obtidas foram avaliadas aplicando-se a matriz de avaliação que compara cada uma das concepções, verificando o atendimento dos requisitos de clientes. Para tanto, foi escolhida uma das concepções como referência, atribuiu-se o valor zero para todos os requisitos de clientes analisados nesta concepção referência. As demais concepções foram comparadas com a concepção de referência quanto ao atendimento dos requisitos de clientes, atribuindo-se:

O valor +2 quando a concepção em avaliação atende muito melhor;

O valor +1 quando a concepção em avaliação atende melhor;

O valor 0 quando a concepção em avaliação atende igualmente;

O valor -1 quando a concepção em avaliação atende pior;

O valor -2 quando a concepção em avaliação atende muito pior.

O somatório das pontuações em relação aos atendimentos aos requisitos de clientes, foi multiplicado pelos valores de referência encontrados no campo 4 (Figura 16). A concepção que apresentou a maior pontuação na aplicação da matriz de avaliação foi selecionada.

A última etapa do projeto conceitual determinou-se a representação geométrica e informações dos mecanismos que possibilitarão a fabricação da concepção do protótipo na etapa de projeto preliminar.

5. Resultados e discussão

Neste item, são apresentados resultados e discussões relativos à aplicação da metodologia nas duas primeiras fases: informacional e conceitual da metodologia, para o desenvolvimento do projeto da transplantadora, obtendo como resultado, as especificações de projeto e as concepções do produto, respectivamente.

5.1 Pesquisa de informações sobre o tema do projeto

Como ponto inicial para o desenvolvimento de um projeto, a partir da identificação da necessidade de um produto, iniciou-se a busca pela coleta de informações, referências bibliográficas, informações técnicas de equipamentos semelhantes, análise de sistemas e produtos similares.

Após a coleta de informações referenciais ao produto, se definiu os clientes de projeto envolvidos ao longo de todo ciclo de vida, identificados conforme a Figura 18.

| Fases do ciclo de vida | Clientes envolvidos no ciclo de vida da máquina | | |
|---|---|--|----------|
| | Internos | Intermediários | Externos |
| Projeto (Dimensionamento, cálculo, desenho e planejamento) | Equipe de projeto | | |
| Produção (Compras, fabricação, montagem e testes) | Equipe de projeto e terceiros | | |
| Comercialização (<i>Marketing</i> , armazenagem, distribuição e venda) | | Equipe de marketing, venda e pós-venda | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| <p style="text-align: center;">Uso</p> <p>(Operação, regulagem e manutenção)</p> | | <p style="text-align: center;">Assistência técnica e equipe de projeto</p> | <p style="text-align: center;">Produtores de tabaco</p> |
| <p style="text-align: center;">Retirada</p> <p>(Descarte, reciclagem e reutilização)</p> | | | <p style="text-align: center;">Produtores de tabaco, oficinas, revendas e desmanches</p> |

Figura 18 - Identificação dos clientes ao longo do ciclo de vida do produto.

5.2 Identificação das necessidades dos clientes

Com a identificação dos clientes, verificou-se a necessidade de coletar informações junto aos clientes externos, que no caso, são identificados como os produtores de tabaco, que irão realmente fazer uso do equipamento, onde se foi até eles para se realizar entrevista com questionamentos mais específicos sobre o sistema de cultivo e quais as dificuldades e empecilhos que o sistema pode impor na realização de trabalho pelo produto nesse tipo de operação dentro do cultivo. E, também, analisar a forma que esses clientes realizam a tarefa e que tipo de maquinário envolvido. Para identificação das necessidades dos clientes externos, foram realizadas entrevistas (Anexo 1), junto aos produtores de tabaco. O número da amostra representativa da população a entrevistar foi estimado através a Equação 1, proposta por Levin (1987).

Os clientes externos foram representados por agricultores de base familiar, produtores de tabaco do município de Camaquã, com propriedades localizadas nas regiões dos Distritos de Bandeirinha, Bonito, Capela Velha e Santa Auta, que se localizam na região da encosta do planalto, com o relevo acidentado constituído por coxilhas e colinas. Nessa região se encontra a maioria dos produtores de tabaco do município, totalizando, segundo SINDITABACO (2019), 2370 produtores. Através da Equação 1, para uma confiabilidade estatística de 90%, obteve-se a necessidade de amostragem mínima de 27 produtores para a realização das entrevistas, conforme a seguir.

$$n = \frac{2370 \times 1 \times 0,1 \times (1,645)^2}{1 \times 0,1 \times (1,645)^2 + (2370 - 1) \times 0,1^2} = 26,76 \cong 27 \text{ entrevistas}$$

Os questionários foram elaborados, buscando de forma sucinta, extrair o máximo de informações dos produtores com maior clareza e detalhamento, tendo o cuidado para evitar perguntas de cunho muito técnico e pessoal, sendo de fácil compreensão do produtor, onde algumas perguntas foram elaboradas baseadas na forma paramétrica característica utilizada pelos produtores, como exemplo a área plantada de tabaco, geralmente é conhecida entre os produtores pelo número de pés cultivados, sendo que, em um hectare, são cultivados aproximadamente 16.000 pés de tabaco. Tornando a coleta de informações que viessem de acordo com a intenção de aquisição do produto, métodos e princípios de trabalho usados na etapa de cultivo, e principalmente, possíveis fatores que os produtores acreditam ser necessários para o bom funcionamento da máquina.

Com as entrevistas realizadas, obteve-se dados que foram organizados em planilhas eletrônicas, onde a partir destes, gerou-se gráficos que demonstram, de maneira mais clara, sua devida distribuição em cada questionamento feito aos produtores relacionados as dimensões das propriedades, área cultivada, quantidade de tabaco cultivado, tipo de relevo, características do solo, forma de cultivo, preparo do solo e opiniões dos entrevistados.

Entre os produtores entrevistados, analisa-se conforme a Figura 19, que aproximadamente 60% dos produtores têm propriedades entre 11 e 20 ha, corroborando com a média dos produtores do estado Rio Grande do Sul, que são de 16,4 ha segundo SINDITABACO (2018), e com dados similares obtidos por Custódio (2015) e Milech (2019), na região sul do estado. De acordo com a lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, um dos requisitos para se enquadrar como uma unidade familiar, é que a propriedade tenha até 04 módulos fiscais, que no caso desta região, seria uma área de no máximo 64 ha, visto que o módulo fiscal neste local é de 16 ha, sendo que somente 6 dos entrevistados possuem área maior de 20 ha (chegando a 50 ha).

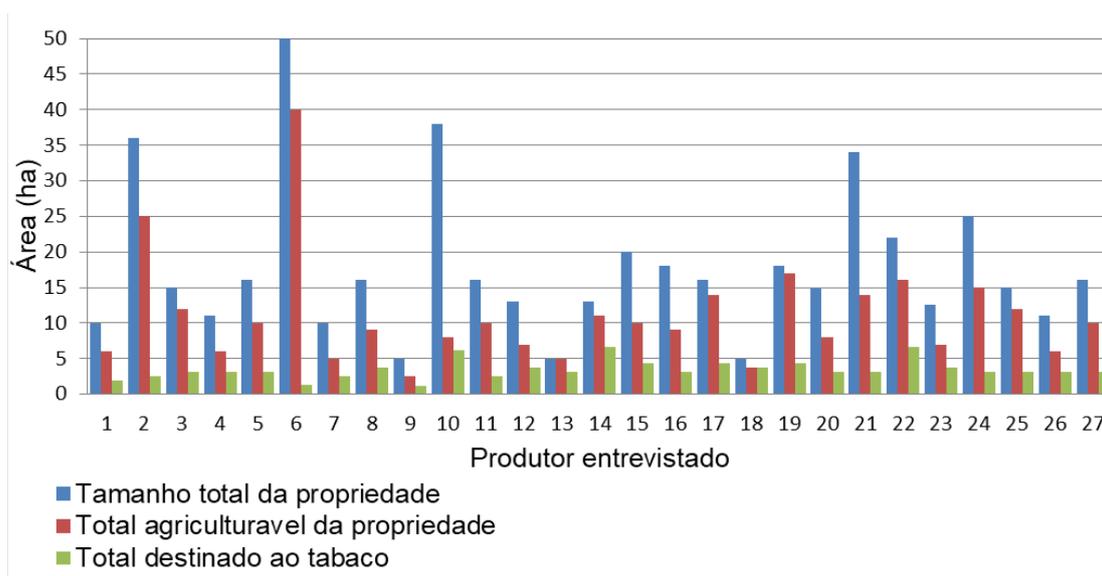


Figura 19 - Número de agricultores familiares entrevistados de acordo com o tamanho da unidade familiar, área agricultável e área destinada ao cultivo do tabaco, em ha.

A média de área cultivada de 3,46 ha, ocupando uma média de 37% da área cultivada pela propriedade, que permite produzir outras culturas como milho, hortaliças, frutas e pastagem para o gado leiteiro, utilizadas como segunda fonte de renda. Entre estas propriedades, a área agricultável fica em torno de 63% do total da propriedade, tendo restante das áreas ocupadas com as infraestruturas, áreas de campo, áreas de preservação e matas ciliares.

Nas áreas destinadas ao tabaco, 40% dos produtores cultivam entre 40 e 50 mil pés tabaco, 22% cultivam entre 16 e 39 mil pés, 37% cultivam mais de 51 mil pés de tabaco (Figura 20).

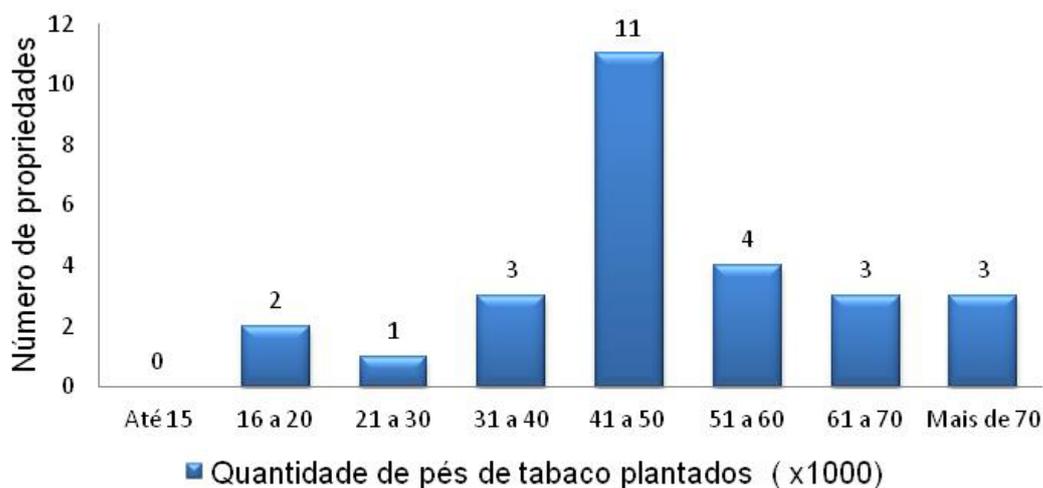


Figura 20 - Quantidade de pés de Tabaco cultivado.

Uma das informações relevantes que foram buscadas é em relação ao tipo de terreno. As características da topografia das lavouras de tabaco, na totalidade, estão localizadas na região da encosta do planalto, característica de transição da planície costeira da laguna dos patos com o planalto, essa região se caracteriza por ser, de uma topografia variada considerada de coxilha, onde encontramos uma inclinação do terreno que varia de 5 a 40%. Este perfil se encontra em 90% das propriedades, onde 7% tem os dois tipos de terreno, coxilha e morro, e 11% cultivam em terrenos de várzea.

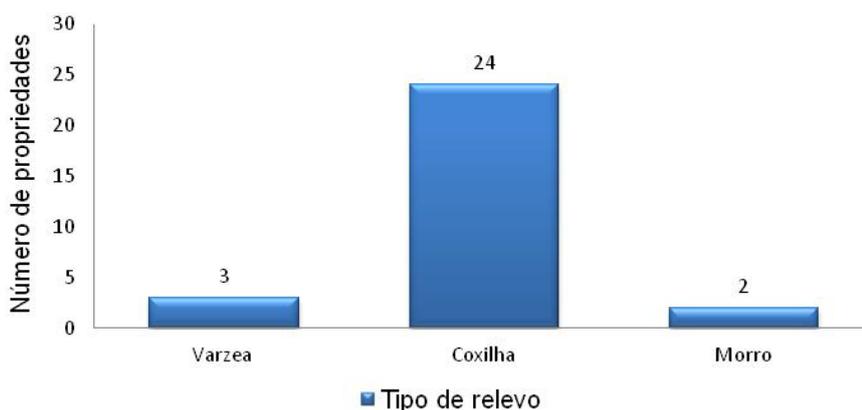


Figura 21 - Tipo de relevo característico das propriedades que cultivam tabaco.

Devido ao trabalho abordar o projeto de uma transplantadora, uma das principais informações a serem abordadas, são em relação ao tipo de plantio, e também, o tipo de cultivo, preparo do solo e dimensões do canteiro, pois essas características irão influenciar, ao longo do projeto conceitual, na escolha de sistemas e componentes a serem utilizados no *layout* do conceito final do equipamento a ser desenvolvido.

Entre os agricultores entrevistados, obteve-se a informação de três tipos de cultivo, conforme Figura 22: plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo. Entre os tipos de preparo do solo, a maioria dos produtores, que são 33%, utilizam o sistema de plantio direto ou sobre cobertura de palha. É considerado plantio direto, pelos agricultores, o preparo antecipado de solo, onde após a colheita do tabaco se faz o plantio de milho safrinha ou pastagem (gado leiteiro), e após colheita desse milho ou retirada do gado da pastagem, 60 a 90 dias antes do transplante da nova safra de tabaco, se faz o preparo do solo, deixando preparado

os camalhões, sendo semeado alguma gramínea de cobertura. A maioria dos produtores utiliza azevém (*Lolium multiflorum*), aveia (*Avena sativa*), ou milheto (*Pennisetum glaucum*), como cultura de cobertura do solo e, entre 10 a 15 dias antes do transplante das mudas, se faz a dessecação e o acamamento dessa cobertura.

O sistema de preparo do solo convencional ainda é utilizado por 29% dos entrevistados, sistema que consiste em, após a colheita do tabaco ou depois da retirada de alguma cultura antecessora, o solo fica em pousio. Até 10 a 15 dias antes do transplante das mudas, se faz o preparo primário, aração ou subsolagem; preparo secundário gradagem e confecção dos camalhões. Aproximadamente 25% dos produtores realizam os dois tipos de preparo, direto e convencional, sendo que, alguns estão migrando parcialmente do sistema convencional para o sistema direto, ou que utilizam parte da área destinada ao tabaco, com outra cultura, que é retirada dias antes do transplante do tabaco, geralmente sendo o uso da área como pastagem. E uma pequena parte dos produtores utiliza o sistema de cultivo mínimo, que consiste em fazer reforma dos camalhões da safra anterior, ou fazer preparo do solo, utilizando somente o encanteirador conhecido pelos agricultores como “papa-terra”.

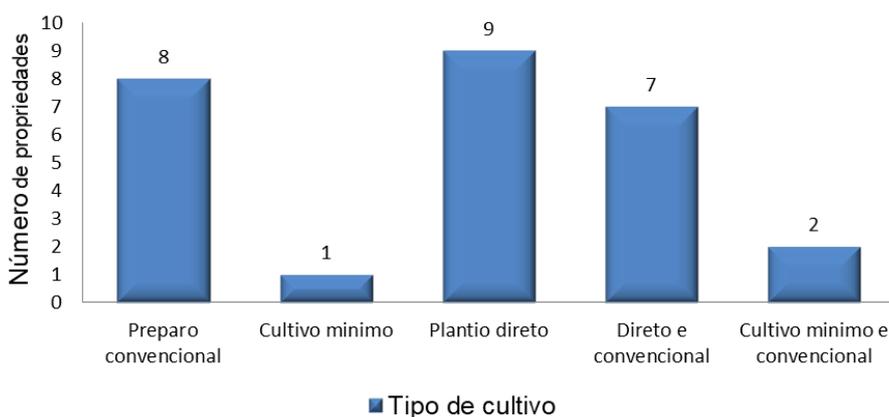


Figura 22 - Tipos de preparo do solo para o cultivo do tabaco.

Conforme o avaliado, em relação ao tipo de preparo do solo utilizado, foi questionada a dimensão dos canteiros (Figura 23), onde mais de 66% dos produtores confeccionam camalhões com altura próxima a 0,3 metros de altura,

que é considerada a mais satisfatória, sendo uma altura mínima razoável para a postura na colheita e máxima para drenagem e armazenamento de água no solo. Parte dos produtores, por questões peculiares, 15% utilizam altura 0,2 metros devido à grande inclinação do terreno, que aumenta a drenagem do solo pelo risco de acontecer alguma estiagem, também pelo uso inadequado do encanteirador. Outros 15% confeccionam camalhões com 0,4 metros de altura, pelo fato de facilitar a postura na colheita devido a casos de produtores que tem dificuldade ou algum tipo de lesão na coluna.

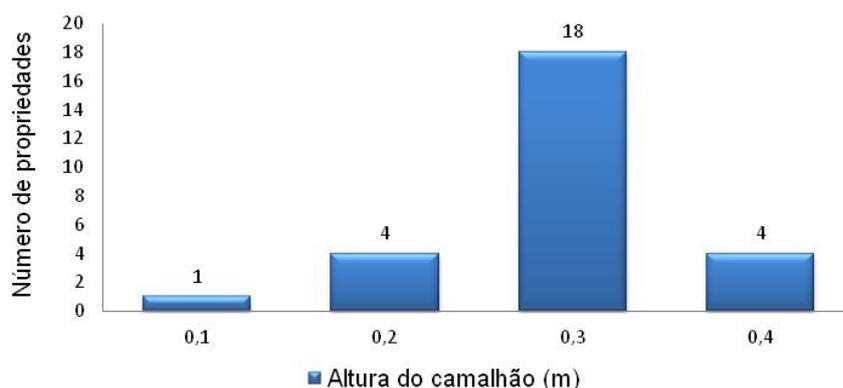


Figura 23 - Altura do camalhões confeccionada pelos produtores.

Outra característica importante entre as dimensões dos camalhões é a largura ou distância entre linhas (Figura 24). Praticamente, a grande maioria dos entrevistados utiliza a distância entre linhas de 1,1 a 1,3 metros, onde entre a linha de um camalhão e outro não tem precisão exata, podendo variar entre essas medidas citadas, cerca de 0,1 metros, conforme as condições do solo e do equipamento.

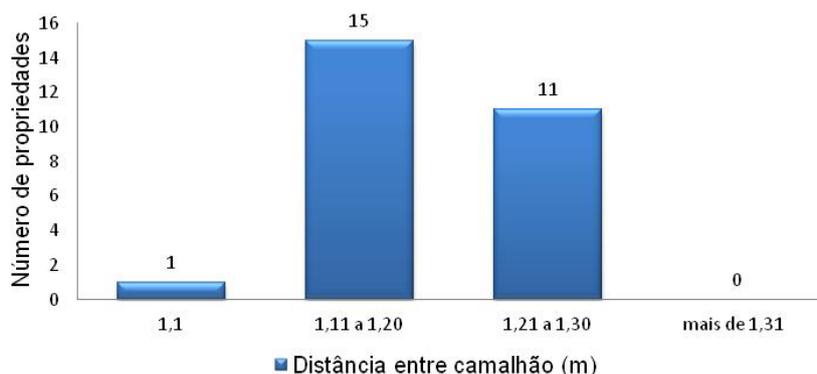


Figura 24 - Distância entre linhas dos camalhões de tabaco.

A largura da base do camalhão não é apresentada graficamente, pois estes, no total, têm de largura de base de 0,6 a 0,7 metros, com caminho de passeio para o trânsito de pessoas e equipamentos de 0,5 a 0,6 metros.

Esses dados dimensionais corroboram com dados obtidos por Milech 2019 e Cutódio 2015, onde ambos pesquisaram produtores de tabaco da região Sul do Rio grande do sul, não apresentando diferenças características significantes para ser levado em consideração no projeto do equipamento que possa realizar a operação em ambas as regiões.

Também foi perguntado aos produtores, qual a mão de obra utilizada no momento do transplante de mudas (Figura 24), onde 63% tem na propriedade, a mão de obra de duas pessoas no momento do transplante das mudas. Nos casos, onde 33% tem a disponibilidade de 3 ou 4 pessoas da mesma família, fator que caracteriza a mão de obra no momento do transplante de mudas, seja exclusiva dos membros que residem na propriedade, sendo estes o casal de produtores com 1 ou 2 filhos, ou em alguns casos, a ajuda de um patriarca que ainda tem condições de auxiliar os demais membros da família. E no caso de um dos entrevistados, que somente uma pessoa realiza o trabalho na operação de transplante, devido à pouca quantidade de pés plantados, aproximadamente 18.000 pés de tabaco, e o cônjuge exercer uma atividade fora da propriedade.

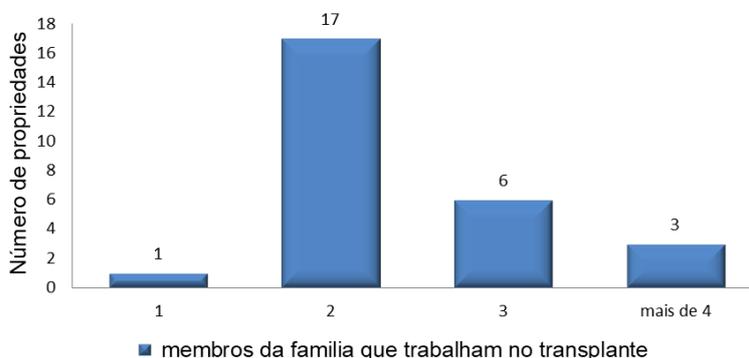


Figura 25 - Número de membros da família que disponibiliza mão de obra no cultivo do tabaco.

Foi questionado de maneira geral, quando o produtor faz a aquisição de uma máquina ou equipamento agrícola, quais são os fatores que ele considera importante na hora da escolha (Figura 26). A resposta da maioria dos entrevistados, cerca de 70%, respondeu que leva em consideração o fator qualidade do produto,

pois do ponto de vista deles, este produto deve ter confiabilidade, baixa incidência de quebras, boa fabricação, bom acabamento e peças usuais de fácil reposição. Seguido por 59% dos entrevistados, que consideram o fator de uma boa assistência técnica com um pós-venda que seja eficiente no suporte ao produtor, para efetuar concertos e reposições de peças, em um menor espaço de tempo possível, evitando um grande número de horas durante a operação. Já 48% responderam, que o preço é um fator importante, devido as formas de financiamento disponíveis aos produtores e ao alto custo dos insumos disponibilizados pelas empresas em pacotes aos produtores, que impactam na margem de lucro líquida. Apenas 18% dos produtores, avalia que o emprego de tecnologia (exemplo: automação) seja um fator importante, isso se deve ao baixo índice de escolaridade e conhecimento mais tecnificado na realização do cultivo do tabaco, onde estes consideram importante o equipamento realizar a operação que se propõem.



Figura 26 - Fatores mais importantes na hora da escolha de uma máquina agrícola (aquisição).

Ao serem questionados, no caso específico de aquisição de uma transplantadora de mudas para o tabaco, qual seria a importância do equipamento realizar o transplante de mudas de outras culturas, como expressado na Figura 27, 11% dos entrevistados acham muito importante e 44% importante. Esses entrevistados alegam que o equipamento teria maior uso dentro da propriedade, sendo que, alguns produzem hortaliça como fonte alternativa de renda, onde essas também são produzidas em mudas e transplantadas ao solo. Outros responderam que o equipamento poderá facilitar a implantação de outros cultivos como forma de diversificação de culturas futuras.

Com a intenção de futuramente poder realizar a implantação de alguma cultura, 25% dos produtores, acham mediamente importante poder realizar o transplante de outras culturas, apesar de não cultivar alguma cultura que possa necessitar o uso da transplantadora.

Dos demais entrevistados, 7% acham pouco importante e 11% não acham importante, que o equipamento realize o transplante de outras culturas. Esses, em sua maioria, são produtores de leite e de grãos e não tem a intenção de ter outras culturas que haja necessidade do uso do equipamento para transplante das mesmas.

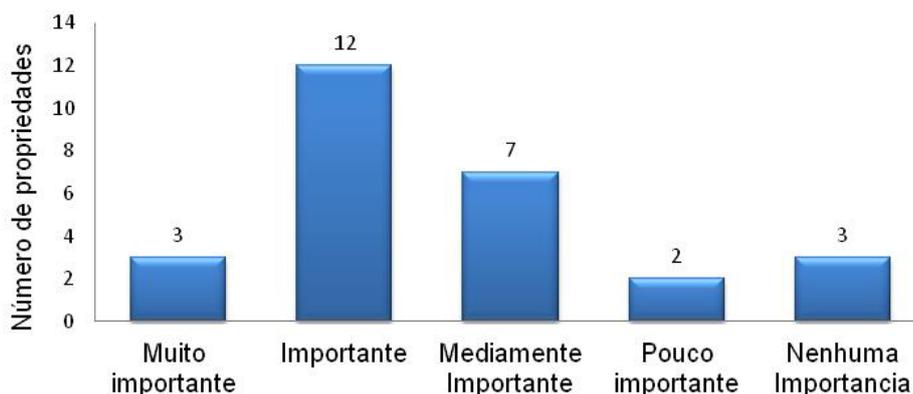


Figura 27 - Importância de o equipamento realizar o transplante de outras culturas.

Por fim, buscou-se informações, na forma de uma questão de múltipla escolha, sobre os requisitos de cliente, que o produtor considera importantes em uma transplantadora de mudas. Tais informações são relevantes para utilização como referência no sentido de se estabelecer os requisitos de projeto, estes são apresentados na Figura 28.

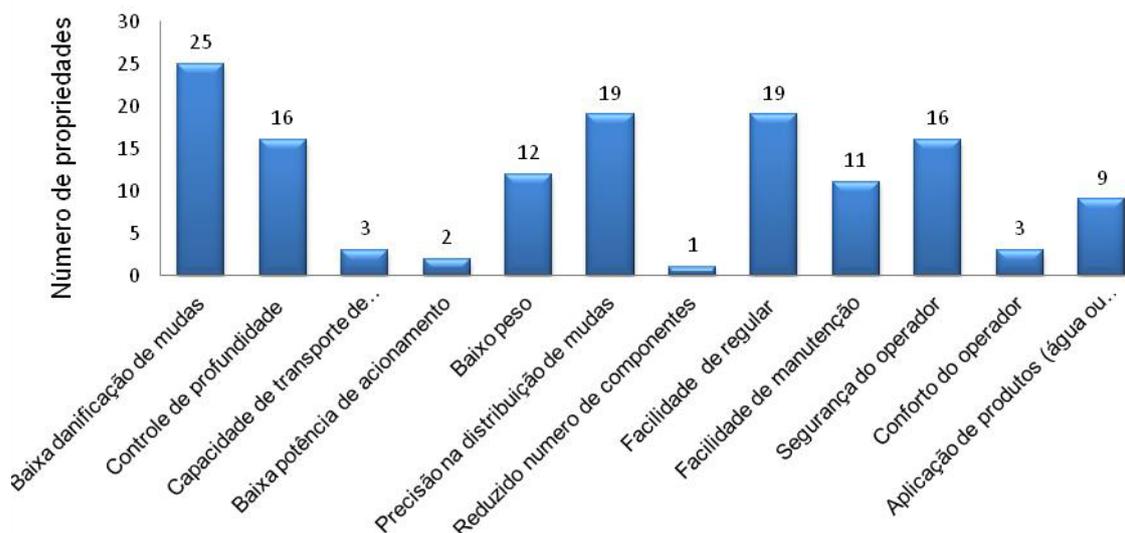


Figura 28 - Principais características de uma transplantadora na opinião dos agricultores.

Foram escolhidos pelos produtores 12 características, onde foram apontadas as mais importantes no seu julgamento. A característica mais importante escolhida foi a baixa danificação de mudas, pois é um fator decisivo para o desenvolvimento da cultura, já que, uma muda com danos mecânicos de manuseio pode acarretar um desenvolvimento insatisfatório e ser passível da muda estar a sujeita ao ataque de agentes patógenos. Segunda característica mais desejada de acordo com os entrevistados foi precisão na distribuição de mudas, onde se alega, que uma distribuição uniforme das mudas favorece o melhor desenvolvimento e competição de espaço entre plantas, visando o melhor aproveitamento de área plantada.

a terceira característica mais escolhida foi a facilidade de regulagem, onde na maioria dos agricultores a regulagem de uma máquina deve ser facilitada de forma mais sucinta e com uso de ferramentas simples.

A quarta característica mais importante escolhida diz respeito ao controle da profundidade, esta característica no ponto de vista do agricultor é importante devido a fragilidade da muda, no caso da muda ficar muito rasa no solo, pode sofrer desidratação e se a profundidade for maior que o recomendado esta poderá estar suscetível a doenças de caule.

A quinta característica que os entrevistados julgarão o mais importante foi a segurança do operador, sexta baixo peso, sétima facilidade de manutenção. Todas

estas são características de média importância no ponto de vista dos agricultores, onde aproximadamente a metade destes as citaram com pouca relevância. As características consideradas por eles como principais, são as que se relacionam em sim com a qualidade da operação de transplante.

A injeção de insumos, foi a oitava característica mais desejada, citada pelo ponto de vista de 33% dos produtores, pois estes consideram que em alguma ocasião é necessária a aplicação de água, ou fertilizante em meio líquido, para auxiliar na nutrição da muda nos primeiros dias após o transplante.

A nona característica apontada como importante por alguns produtores, diz respeito à capacidade de transporte de mudas, a qual permitiria maior autonomia de trabalho com poucas paradas para reabastecimento.

A ergonomia, baixa potência de acionamento e reduzido número de componentes, são requisitos, que são vistos com pouca importância devido ao tempo de uso durante ano e, não ser um problema de custo de aquisição e operacional.

5.3 Estabelecimento dos requisitos dos clientes

As necessidades dos clientes são, transformados em requisitos de cliente, por meio da conversão das necessidades descritas de uma linguagem informal para linguagem de engenharia, mais compacta e apropriada ao entendimento da equipe de projeto. De posse dos requisitos dos clientes, estes foram distribuídos ao longo do ciclo de vida do desenvolvimento do produto (Figura 29).

| FASES DO CICLO DE VIDA | | REQUISITOS DOS CLIENTES |
|------------------------|-----------|---|
| Projeto | | 1. Ter Precisão na distribuição de mudas 2. Ter injeção de insumos 3. Ter capacidade de transporte de mudas |
| Produção | | 4. Ter reduzido número de componentes |
| Comercialização | | |
| Uso | Regulagem | 5. Ser fácil de regular |
| | Operação | 6. Ter baixa danificação de mudas |
| | | 7. Ter controle de profundidade |
| | | 8. Ter baixo peso |

| | | |
|--|------------|--------------------------------------|
| | | 9. Ter baixa potência de acionamento |
| | | 10. Ser segura |
| | | 11. Ser ergonômica |
| | Manutenção | 12. Ser de fácil manutenção |

Figura 29 - Quadro de requisitos de clientes do projeto classificados por fases do ciclo de vida do produto.

Para definir os requisitos de projeto, cada um dos requisitos de cliente foi vinculado a atributos propostos por Fonseca (2000), a fim de, se obter o seu melhor esclarecimento, dificultando desta forma que mais de um requisito venha a desempenhar a mesma função. Os atributos são listados a seguir:

1. Ter baixa danificação de mudas: Para que a distribuição, deposição e acondicionamento das mudas, não causem danificações como: quebra de caule raízes e esmagamento, mantendo a integridade física da muda durante o processo de transplante.

2. Ter precisão na distribuição de mudas: Para que a dosagem consiga manter a deposição das mudas e tenha precisão de manter a padronização de distância entre mudas ajustadas pelo operador.

3. Ser fácil de regular: possuir acesso facilitado aos pontos de regulagem; ter necessidade de poucas ferramentas para executar a tarefa, e que estas sejam comuns.

4. Ter controle de profundidade: manter uma profundidade de deposição uniforme, para não causar falhas no condicionamento da muda, permitindo ao operador a realização de variações nas regulagens do equipamento.

5. Ser seguro: Ter partes móveis protegidas; posicionamento adequado do operador com segurança; comunicação através de pictogramas de segurança em todos os locais que possuem risco de acidentes.

6. Ter baixo peso: adequar-se as condições da fonte de potência, na capacidade de levante (se for o caso).

7. Ser de fácil manutenção: com partes fáceis de desmontar; minimização do número de ferramentas; baixo custo da manutenção; facilidade na limpeza; pontos de lubrificação fáceis de encontrar e de acessar.

8. Ter injeção de insumos: aplicar insumos como água ou fertilizantes dosados separadamente à cada cova de muda depositada.

9. Ter capacidade de transporte de mudas: ter a capacidade de transportar várias bandejas de mudas, dando maior autonomia de trabalho com menor número de paradas para o reabastecimento,

10. Ser ergonômica: propiciar ao operador conforto, com posição de trabalho adequada, reduzindo o esforço, e fadiga de movimentos repetidos.

11. Ter baixa potência de acionamento: a potência requerida para a operação, deverá ser compatível com a faixa de potência da plataforma que seja necessária para o acionamento dos mecanismos utilizados atualmente não onerando demasiadamente a operação.

12. Ter reduzido número de componentes: utilizando-se de princípios de solução simples, que utilizem peças padronizadas de fácil aquisição no mercado, diminui os custos de fabricação, facilitam a manutenção e montagem, bem como, a aceitação do produto no mercado.

O item **comercialização do produto: (ciclo de vida do produto)** não será contemplado, devido ao custo do equipamento não ser um fator relevante ao cliente, onde este preconiza a qualidade e eficiência no desempenho, e também, devido ao equipamento ser um módulo acoplado a uma plataforma de multifunção, desenvolvida por Milech (2019) que caracteriza esse item no amplo espectro da máquina conforme suas funções.

5.4 Estabelecer os requisitos de projeto

Foram selecionados 15 requisitos de projetos pela equipe, sendo que, estes requisitos surgiram a partir da análise dos requisitos dos clientes e pela classificação proposta por Fonseca (2000), assim sendo utilizados posteriormente no QFD (Tabela 1).

Tabela 1 - Quadro de requisitos de projeto obtidos classificados segundo a proposta de Fonseca

| IDrc | Requisito Usuario | IDrp | Requisito de projeto | Mensuração |
|-------|---------------------------------------|-------|------------------------------|----------------------|
| RC-1 | Ter precisão na distribuição de mudas | RP-1 | Uniformidade de distribuição | Falhas e múltiplos % |
| | | RP-2 | Distribuição variável | Numero de regulagens |
| RC-2 | Ter baixa danificação de mudas | RP-3 | Danificação mudas | Mudas danificadas % |
| RC-3 | Ter capacidade de transporte de mudas | RP-4 | Capacidade de transporte | unidades |
| | | RP-5 | armazenamento liquido | L |
| RC-4 | Ter injeção de insumos | RP-6 | Vazão insumo | L/h |
| RC-5 | Ter controle de profundidade | RP-7 | Varição da profundidade | mm |
| RC-6 | Ser seguro | RP-8 | Proteção de partes moveis | % |
| RC-7 | Ser ergonômico | RP-9 | Custo de produção | R\$ |
| RC-8 | Ter baixo custo | RP-10 | Custo de operação | R\$/ha |
| RC-9 | Ser de fácil manutenção | RP-11 | Custo de manutenção | R\$/ ano |
| RC-10 | Ser fácil de regular | RP-12 | Intervalo de manutenção | horas |
| RC-11 | Ter peças padronizadas | RP-13 | Tempo de regulagem | min |
| RC-12 | Ter baixa potência de acionamento | RP-14 | Peças padronizadas | % |
| RC-13 | Ter reduzido numero de componentes | RP-15 | Potência de acionamento | kW |
| RC-14 | Ter baixo peso | RP-16 | Massa | kg |
| | | RP-17 | Volume total módulo | m ³ |

3.1. Hierarquização dos requisitos de projeto

Na Figura 31, os requisitos de clientes foram hierarquizados através da aplicação do diagrama de Mudge. Onde os requisitos que foram escolhidos agricultores, tivessem uma avaliação com melhor senso critico pela equipe de projeto, onde o confrontamento dos requisitos tonassem os critérios de hierarquização imparciais ao, aos desejos pontuais de escolha das necessidades doproduto.

| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Somatório | % |
|---------------------------------------|----|------------|------------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-----------|-------|
| Ter baixa danificação de mudas | 1 | 1 A | 1 C | 1 A | 1 C | 1 C | 1 A | 1 A | 1 C | 1 B | 1 C | 1 C | 1 B | 45 | 14,85 |
| Ter precisão na distribuição de mudas | 2 | 2 B | 2 B | 2 C | 2 C | 2 C | 2 A | 2 A | 2 C | 2 C | 2 C | 2 C | 2 B | 46 | 15,18 |
| Ser fácil de regular | 3 | 4 B | 3 A | 3 B | 3 A | 8 C | 9 C | 10 C | 11 B | 3 B | 3 A | 14 B | 9 | 2,97 | |
| Ter controle de profundidade | 4 | 4 B | 4 B | 4 C | 8 A | 9 A | 4 A | 4 B | 4 C | 4 C | 14 B | 28 | 9,24 | | |
| Ser seguro | 5 | 5 B | 5 C | 8 B | 9 B | 5 A | 5 B | 5 C | 5 B | 5 A | 21 | 6,93 | | | |
| Ter baixo peso | 6 | 7 B | 8 C | 9 C | 10 C | 11 C | 12 C | 13 C | 14 C | 0 | 0,00 | | | | |
| Ser de fácil manutenção | 7 | 8 C | 9 C | 10 B | 7 A | 7 C | 7 A | 7 A | 11 | 3,63 | | | | | |
| Ter injeção de insumos | 8 | 9 B | 8 B | 8 C | 8 C | 8 C | 8 A | 38 | 12,54 | | | | | | |
| Ter capacidade de transporte de mudas | 9 | 9 A | 9 C | 9 C | 9 C | 9 B | 41 | 13,53 | | | | | | | |
| Ser ergonômico | 10 | 10 A | 10 B | 10 B | 10 A | 21 | 6,93 | | | | | | | | |
| Ter baixa potência de acionamento | 11 | 12 A | 11 A | 14 B | 9 | 2,97 | | | | | | | | | |
| Ter reduzido numero de componentes | 12 | 13 B | 14 C | 6 | 1,98 | | | | | | | | | | |
| Ter peças padronizadas | 13 | 13 A | 9 | 2,97 | | | | | | | | | | | |
| Ter baixo custo | 14 | 19 | 6,27 | | | | | | | | | | | | |
| Total | | 303 | 100 | | | | | | | | | | | | |

Perguntas:

1. Qual dos requisitos é o mais importante? (Nº requisito)
R: O número anterior a letra representa o requisito mais importante.

2. Quanto mais importante é o requisito? (letra requisito)
R: A letra representa o quanto mais importante é o requisito.

Significado das letras:

A = Um pouco mais importante
B = Medianamente mais importante
C = Muito mais importante

Figura 30 - Valoração dos requisitos dos clientes através do Diagrama de Mudge.

Na Tabela 1, foram classificados os requisitos de clientes mais importantes na ordem decrescente. Entre os requisitos analisados, ter precisão na distribuição (15,18%), ter baixa danificação de mudas (14,85%), ter capacidade de transportar mudas (13,53%), ter injeção de insumos (12,54%), ter controle de profundidade (9,24%), ser seguro (6,93%) e ser ergonômico (5,00%) foram os melhores classificados.

Após a avaliação da equipe de projeto, verificou que os requisitos ser seguro, ser ergonômico e ter peças padronizadas, por não terem valorações significantes, não devem ser avaliados junto aos requisitos de projeto no uso do QFD, pois não foi visto correlação de importância relevante entre os requisitos de projeto e se constatou que esses requisitos devem ser previstos como requisitos independentes, que devem já estar presentes dentro do conceito da concepção na fase do projeto conceitual e também no entendimento da equipe.

Tabela 2 - Ordenação decrescente de importância dos requisitos de clientes conforme 10 classes.

| Ordem | Requisito | Classe | Hierarquização (%) |
|--------------|---------------------------------------|---------------|---------------------------|
| 1° | Ter precisão na distribuição de mudas | 10 | 15,18 |
| 2° | Ter baixa danificação de mudas | 10 | 14,85 |
| 3° | Ter capacidade de transporte de mudas | 9 | 13,53 |
| 4° | Ter injeção de insumos | 9 | 12,54 |
| 5° | Ter controle de profundidade | 7 | 9,24 |
| 6° | Ter baixo custo | 5 | 6,27 |
| 7° | Ser de fácil manutenção | 3 | 3,63 |
| 8° | Ser fácil de regular | 2 | 2,97 |
| 9° | Ter baixa potência de acionamento | 2 | 2,97 |
| 10° | Ter reduzido número de componentes | 2 | 1,98 |
| 11° | Ter baixo peso | 1 | 0,00 |

Analisando os requisitos de cliente ranqueados conforme o grau de importância, verificou-se que os 5 primeiros itens ranqueados, foram os ligados a funcionalidade do equipamento como vistos a seguir: O requisito que foi avaliado ser o mais importante, é ter precisão na distribuição de mudas, por ser uma função que resultará em uma boa uniformidade de desenvolvimento das plantas ao longo

do ciclo vegetativo do tabaco e também acarretará em um melhor desempenho na aplicação do equipamento de colheita mecanizada.

Ter baixa danificação de mudas é o segundo requisito de cliente mais importante, por ser uma característica fundamental que a máquina deverá ter no seu funcionamento, evitando que ocorra danificação, que pode acarretar problemas no desenvolvimento e redução na produtividade.

O terceiro item em destaque, ter capacidade de transporte de mudas, se torna fundamental para o equipamento ter maior autonomia de trabalho e menor mão de obra, pois o equipamento pode operar somente com uma pessoa, sem a necessidade de ter outra transportando bandejas durante o percurso na operação de transplante.

O requisito ter injeção de insumos, ficou em quarto lugar, com uma importância bem significativa, onde se levou em consideração o relato dos produtores a necessidade de aplicação de água nas covas em condições de umidade baixa do solo e prevendo aplicação de algum tipo de fertilizante conforme o manejo escolhido pelo agricultor.

Ter controle de profundidade, ficou como o quinto lugar, mesmo sendo atrelada a funcionalidade, junto do primeiro e do segundo requisito, este obteve menor importância devido a variação na profundidade das raízes e do caule no solo não acarretarem problemas de desenvolvimento da planta.

Os requisitos posteriores ao quinto lugar, ligados ao projeto econômico, construtivo e operacional como: Ter baixo custo, Ser de fácil manutenção, Ser fácil de regular, Ter baixa potência de acionamento, Ter reduzido número de componentes, Obtiveram valores bem inferiores em grau de classificação.

O requisito Ter baixo peso obteve pontuação zero na hierarquização, devido ter a menor importância na avaliação em relação aos outros requisitos avaliados.

Após hierarquização dos requisitos de clientes e transformação dos mesmos em requisitos de projeto, foi desenvolvida a matriz da casa da qualidade (Figura 31), evidenciando resultados sem o telhado (relação entre requisitos de cliente e requisitos de projeto).

O uso da avaliação pelo telhado não foi realizada por opção da equipe e por resultados de trabalhos anteriores, SPAGNOLO (2014), CUSTÓDIO (2015), ROSA (2017), MILECH (2019), onde esses não obtiveram alterações significativas na

hierarquização dos requisitos de projeto, entre as três partes dos terços, somente com alterações entre os requisitos dentro dos terços, não acarretando alterações significativas nos resultados das etapas posteriores.

| | importância | importância | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------|------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|-----------------|-------|---------------------|
| | | Uniformidade de distribuição | Distribuição variável | Danificação mudas | Capacidade de transporte | armazenamento líquido | Vazão insumo | Variação da profundidade | Proteção de partes móveis | Custo de produção | Custo de operação | Custo de manutenção | Intervalo de manutenção | Tempo de regulagem | Peças padronizadas * | Potência de acionamento | Numero de peças | Massa | Volume total módulo |
| Ter precisão no transplante de mudas | 10 | 5 | 5 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ter baixa danificação de mudas | 10 | 5 | 3 | 5 | 1 | | | 5 | | 1 | 1 | | | | 1 | | 1 | | |
| Ter capacidade de transporte de mudas | 9 | | | | 3 | 5 | | | | 1 | 3 | | | | | 1 | | 5 | 5 |
| Ter injeção de insumos | 9 | 1 | 1 | | | 5 | 5 | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Ter controle de profundidade | 7 | 1 | | 5 | | | | 5 | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Ter baixo custo | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | | 1 | 1 | 5 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5 | 5 | 5 | 3 | 1 |
| Ter de fácil manutenção | 3 | | | | | | | | | 3 | 3 | | 5 | 5 | | | 3 | 1 | 1 |
| Ter fácil de regular | 2 | 5 | 5 | 3 | | | 5 | 5 | 3 | 3 | 1 | | | 5 | 1 | | 1 | | |
| Ter baixa potência de acionamento | 2 | | | | 1 | 1 | | 5 | | 5 | | 1 | | | | 5 | | 5 | |
| Ter reduzido numero de componentes | 2 | 1 | 5 | 1 | | 1 | 1 | 3 | 3 | 5 | | 5 | | 5 | 5 | | 5 | 1 | 1 |
| Ter baixo peso | 1 | | | | 5 | 5 | | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 5 | | 5 | |
| | | 133 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Importância do Requisito | | 4 | 9 | 2 | 16 | 9 | 15 | 3 | 18 | 1 | 8 | 13 | 17 | 14 | 12 | 11 | 7 | 5 | 6 |

Figura 31 - Matriz da casa da qualidade, resultado do relacionamento dos requisitos de clientes com os requisitos de projeto.

Os requisitos de projeto foram classificados segundo a matriz QFD de avaliação, sem a correlação do telhado, apresentando a listagem dos requisitos de projeto classificados conforme a aplicação da matriz casa da qualidade. Os requisitos foram divididos em: terço superior (requisitos mais importantes), terço médio (requisitos importantes) e terço inferior (requisitos menos importantes) conforme propõe Fonseca (2000).

Como resultado do terço superior (Figura 33), dos requisitos de projeto mais importantes do QFD, o requisito que se tornou mais importante é o custo de produção do equipamento, por ser considerado um módulo acoplado a uma plataforma, o seu valor de produção e aquisição para o cliente deve estar dentro de uma porcentagem a proporção do conjunto plataforma/módulo, que possa se tornar viável o custo de aquisição. Na sequência dos requisitos, três se assemelham aos resultados da hierarquização dos requisitos de cliente, onde, os requisitos danificação das mudas, variação da profundidade e uniformidade são o segundo, terceiro e quarto requisito mais importante, que levam o foco do conceito ser voltado a precisão do acondicionamento da muda no solo. Os últimos dois requisitos mais

importantes são a massa e o volume do módulo, onde esses requisitos têm limitações dimensionais, em função da capacidade da plataforma não tendo interferência capacidade de transporte de massa, nas partes fixas da estrutura e capacidade de trafegabilidade.

| Hierarquização QFD sem telhado | Requisito de projeto |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1º | Custo de produção |
| 2º | Danificação das mudas |
| 3º | Variação da profundidade |
| 4º | Uniformidade de distribuição |
| 5º | Massa |
| 6º | Volume total módulo |

Figura 32 - Hierarquização dos requisitos do projeto no terço superior.

No terço médio (Figura 34) ficaram hierarquizados os requisitos: em sétimo o número de peças que leva e consideração custo de produção da máquina, e na sequência os requisitos considerado de importância operacional, custo de operação em oitava posição, posteriormente o requisito de distribuição variável, que engloba a facilidade de se proporcionar várias relações de regulagens entre plantas. Em décimo requisito em importância, capacidade armazenar insumo.

| Hierarquização QFD sem telhado | Requisito de projeto |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 7º | Número de peças |
| 8º | Custo de operação |
| 9º | Distribuição variável |
| 10º | Armazenamento de insumo |
| 11º | Potência de acionamento |
| 12º | Peças padronizadas* |

Figura 33 - Hierarquização dos requisitos do projeto no terço intermediário.

E finalizando o hierarquizados no terço inferior (Figura 35) os requisitos operacionais décimo terceiro e décimo quarto, como custo de manutenção e tempo de regulagem, em décimo quinto vazão de insumo, se levando em consideração que a quantidade de insumo dosado, não é necessário ter tanta precisão. Aa capacidade de transportar mudas, o intervalo de manutenção e proteção das partes

móveis, foram os últimos requisitos considerados com menor grau de importância pela aplicação da ferramenta QFD.

| Hierarquização QFD sem telhado | Requisito de projeto |
|--------------------------------|---------------------------|
| 13° | Custo de manutenção |
| 14° | Tempo de regulagem |
| 15° | Vazão insumo |
| 16° | Capacidade de transporte |
| 17° | Intervalo de manutenção |
| 18° | Proteção de partes moveis |

Figura 34 - Hierarquização dos requisitos do projeto no terço inferior.

5.6 Estabelecimento dos das especificações de projeto

Para o estabelecimento das especificações de projeto foram determinados valores considerados metas para cada requisito atingir, bem como sua unidade física ou econômica, aliada a forma como cada requisito e sua meta serão avaliados. Também foi descrito as condições consideradas indesejáveis no alcance das metas de todos os requisitos dos terços, superior (Figura 36), intermediário (Figura 37) e Inferior (Figura 38).

| Requisitos | Valor Meta | Forma de Avaliação | Condições Indesejáveis |
|-----------------------------|------------------------|---|---|
| 1. Custo de produção | ≤ R\$ 5.500,00 | Soma dos valores gastos com material, processos e mão-de-obra | Comprometimento da qualidade e desempenho, redução de elementos |
| 2. Danificação de mudas | ≤ 5% mudas danificadas | Teste de campo | Mudas com raízes e caules cortados e amassados. Custo com componentes e materiais alternativos. |
| 3. Variação da profundidade | 4 a 8 cm | Teste a campo | Aumento no custo de fabricação; aumento do número de mecanismos e regulagens; manutenção |

| | | | |
|---------------------------------|---|---|--|
| 4. Uniformidade de distribuição | $\leq 10\%$ da distância determinada entre mudas | Teste a campo | Aumento no custo de fabricação; aumento do número de mecanismos e regulagens; manutenção |
| 5. Massa total | $\leq 0,4$ t | Simulação em software e no laboratório e pesagem direta | Custo de produção elevado considerando utilização de materiais e componentes mais leves; redução da capacidade operacional |
| 6. Volume total do módulo | $\leq 1,0$ m largura $\leq 1,5$ m Altura $\leq 2,5$ m Comprimento | Simulação em software e no laboratório | Custo de produção elevado considerando utilização de materiais e componentes mais leves; redução da capacidade operacional |

Figura 35 - Especificações de projeto consideradas mais importantes (terço superior).

| Requisitos | Valor Meta | Forma de Avaliação | Condições Indesejáveis |
|-----------------------------|------------------------------------|--|--|
| 7. Número de peças | ≤ 300 | Simulação em software e a laboratório | Custo de produção elevado considerando utilização de materiais e componentes mais complexos |
| 8. Custo de operação | \leq R\$ 200,00.ha ⁻¹ | Teste de campo | Aumento no número de pessoas, redução da capacidade operacional |
| 9. Distribuição variável | Entre 0,40 e 0,8m | Teste a campo | Aumento de regulagens e número de componentes, acarretando um acréscimo do custo de fabricação. |
| 10. Armazenamento de insumo | $\geq 0,25$ m ³ | Teste a campo | Comprometer o desempenho, alteração das dimensões, redução de funções e autonomia, aumento de massa |
| 11. Potência de Acionamento | ≤ 10 kW | Determinação em laboratório e teste de campo | Diminuição das dimensões das peças, transferência do centro de gravidade, aumento do custo de fabricação |
| 12. Peças Padronizadas | $\leq 50\%$ | Simulação em software e a laboratório. Teste de laboratório | Aumento de componentes a serem fabricados e do custo de fabricação |

Figura 36 - Especificações de projeto consideradas importantes (terço intermediário).

| Requisitos | Valor Meta | Forma de Avaliação | Condições Indesejáveis |
|---------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| 13. Custo de manutenção | \leq R\$ 300,00 ano ⁻¹ | Em laboratório | Usar ferramentas e materiais de baixa qualidade na manutenção, danificação da máquina |
| 14. Tempo de regulagem | \leq 20min. | Cronometragem em laboratório | Qualidade das regulagens, aumento do custo de produção |
| 15. Vazão de Insumo | De 0,15 a 0,56 kg.m ⁻² | Ensaio em laboratório | Aumento de regulagens e número de componentes, acarretando um acréscimo do custo de fabricação |
| 16. Capacidade De transporte de mudas | \geq 0,25 ha | Simulação em software e a laboratório. Teste de campo | Aumento da potência requerida para tracionar, comprometer desempenho, redução de autonomia |
| 17. Intervalo de Manutenção | \geq 6 meses | Teste de campo | Redução da vida útil da máquina. Custo de produção elevado |
| 18. Proteção das partes moveis | \geq 80% | Simulação em software e a laboratório | Aumento do número de componentes e custo de fabricação |

Figura 37 - Especificações de projeto menos importantes (terço inferior).

Com as especificações de projeto definidas a próxima fase foi o desenvolvimento do projeto conceitual, onde as especificações serviram de base inicial.

5.7 Verificação do escopo do problema

A partir da análise das especificações, pode-se constatar que o problema de projeto se constituiu em desenvolver uma máquina de transplante de mudas de tabaco, de forma modular a ser acoplada em uma plataforma multifuncional, para

realização das operações mecanizadas da cultura do tabaco, melhorando a qualidade de operação sem prejudicar a produtividade da cultura implantada.

Nessa tarefa, inicialmente deve-se eliminar as preferências pessoais, o que foi realizado por meio da aplicação do QFD. A seguir estão listados os requisitos de projeto hierarquizados do terço superior e terço médio para elaboração do escopo do problema.

- ✓ **Danificação de mudas**
- ✓ **Variação de profundidade**
- ✓ **Uniformidade de distribuição**
- ✓ **Distribuição variável**
- ✓ **Armazenamento de insumo**
- ✓ **Massa total**
- ✓ **Volume total do módulo**
- ✓ **Número de peças**
- ✓ **Peças padronizadas**
- ✓ **Potência de acionamento**

Na terceira análise os requisitos de projeto, que apresentavam características quantitativas, foram transformados em requisitos com características qualitativas e reduzidos ao essencial, conforme apresentado na Figura 39.

| | | |
|------------------------------|---|---|
| Danificação de mudas | Integridade das mudas | Mudas transplantadas sem danos, com precisão. |
| Variação de profundidade | | |
| Uniformidade de distribuição | Precisão no transplante | |
| Distribuição variável | | |
| Armazenamento de insumo | Características dimensionais, massa e capacidades pré-definidas | Acoplar módulo a estrutura, sem interferência dimensional, com menor número de componentes e exigência de potência. |
| Massa total | | |
| Volume total do módulo | | |
| Número de peças | Menor número de peças | |
| Peças padronizadas | | |
| Potência de acionamento | Potência de acionamento | |

Figura 38 - Resultado da terceira análise de transformação dos requisitos.

A quarta tarefa se consistiu em generalizar os requisitos qualitativos da tarefa anterior, obtendo os seguintes:

- ✓ Mudas transplantadas sem danos, com precisão;
- ✓ Acoplar módulo a estrutura, sem interferência dimensional, com menor número de componentes e exigência de potência;

A quinta tarefa se consistiu em formular o problema a partir da generalização dos requisitos qualitativos.

- ✓ Transplantar mudas sem danificação, com precisão.

5.8 Estabelecimento da estrutura funcional

Com o intuito de sintetizar aquilo que realmente se desejava do produto, foi extremamente importante para a equipe de projeto, a elaboração da função global, que serviu como ponto de partida para o processo de elaboração das estruturas funcionais que o produto deve apresentar.

Por meio da formulação do escopo do problema e a definição dos estados iniciais e finais referentes a material, energia e sinal, foi possível declarar a função global como: **Transplantar mudas de tabaco sem danificação e com precisão**, no qual o verbo “transplantar” possui o sentido de acondicionar as mudas de tabaco no solo, mantendo sua integridade para o melhor desenvolvimento e facilitando operações posteriores de manejo. A fim de facilitar o entendimento da estrutura global, das funções parciais e elementares e seus respectivos diagramas de blocos, a Figura 40 apresenta as entradas e saídas de cada função, bem como suas simbologias.

| Convenção | Entrada | Saída |
|---|--|---|
| Material → | Solo, mudas | Solo, Mudas Transplantads |
| Energia → | Energia potencial Plataforma, potencial gravitacional, energia humana, energia cinética, | Dissipação de energia mecânica, energia sonora, fluxo de massa (mudas e insumo) e dissipação de energia por meio do atrito dos mecanismos em contato com solo |
| Sinal - - - - → | Regulagens, acionamentos e observações do operador durante o transplante | Verificação da dosagem das mudas, dosagem do insumo regulagem da profundidade e condicionamento das mudas no solo |
|  | Fronteira do sistema periférico | |

Figura 39 - Entradas e saídas de material, energia e sinal do sistema técnico.

Fora da fronteira do sistema da função global (Figura 41), encontram-se três fatores que interagem com a função global, onde na esquerda encontra-se o operador da máquina, fonte de potência externa. Na parte inferior temos o ambiente que foi compreendido pelos fatores solo, teor de água no solo e a cobertura vegetal que interagem direta e indiretamente com a máquina.

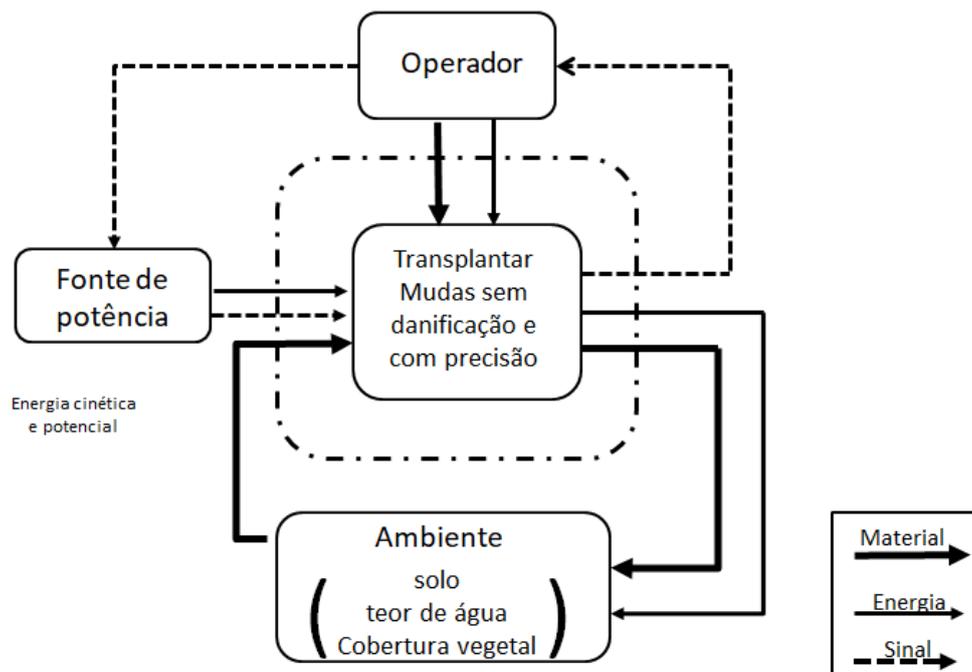


Figura 40- Função global do sistema técnico.

Pelo fato da função global estar expressa de forma abstrata, ou seja, em um nível mais amplo de entendimento, realizou-se a decomposição em quatro funções parciais, FP1 (Função Parcial 1), FP2 (Função Parcial 2), FP3 (Função Parcial 3) e FP4 (Função Parcial 4), Figuras 42, 43, 44 e 45 respectivamente. Estimulando desta forma a criatividade dos integrantes da equipe de projeto e assim, promovendo diferentes formas de atender função global.

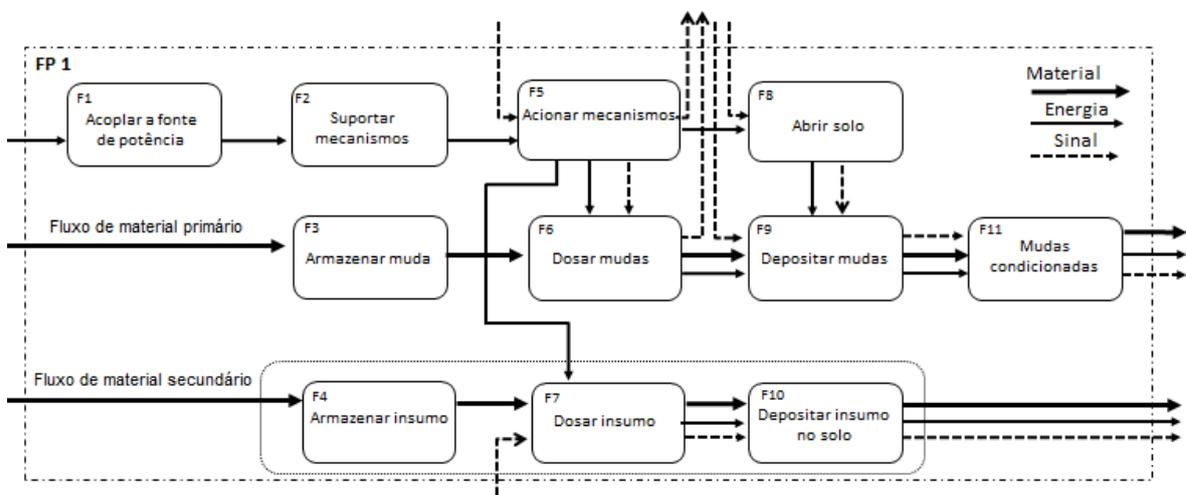


Figura 41 - Diagrama de blocos da função parcial FP1, derivada da função global.

A partir do desdobramento da função global em funções parciais, estas foram decompostas em subfunções elementares denominadas F1 (acoplar a fonte de potencia), F2 (suportar mecanismos), F3 (armazenar muda), F4 (armazenar insumo), F5 (acionar mecanismos) F6 (dosar muda), F7 (dosar de insumo), F8 (abrir solo), F9 (depositar mudas), F10 (depositar insumo no solo), F11 (mudas condicionadas no solo).

A identificação de cada uma das subfunções, conforme metodologia, foi estabelecida de acordo com a função parcial com maior número de funções, assim sendo, foi tomada como referência a FP1. Nesta, observa-se um nível de desdobramento complexo, pois possui uma disposição das funções de forma cronológica de funcionamento, mantendo-se como fluxo principal material (muda) e um fluxo secundário de material (insumo), sendo este considerado secundário por ser um sistema de aplicação de material opcional sendo um módulo que pode ser desacoplado, caso não havendo necessidade de uso.

Com intuito de abstrair, a fim de aumentar o nível de abrangência funcional da máquina a FP1 obteve 11 funções elementares para a solução do escopo do problema. As demais funções parciais foram elaboradas a partir desta, por meio da combinação das funções elementares. Para elaboração destas foram montadas por meio da supressão de algumas funções, pela junção de funções em uma única ou pela reorganização cronológica destas.

A FP2 (Figura 43) apresentou a supressão das funções elementares abrir solo (F8) ocorrendo a junção entre as funções na (F9) depositar muda para executar uma única função conjuntamente.

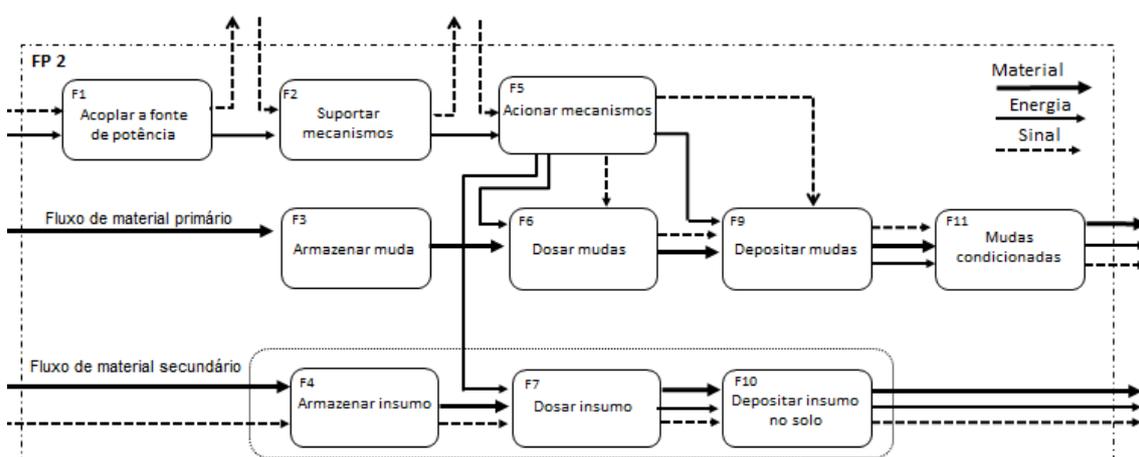


Figura 42 - Diagrama de blocos da função parcial FP2, derivada da função global.

Na FP3 (Figura 44) as funções elementares apresentam a mesma disposição cronológica de realização que a FP1, no entanto ocorreu a junção da função (F10) depositar insumo, sendo agregada a função (F9) depositar mudas, essas as duas funções executadas simultaneamente.

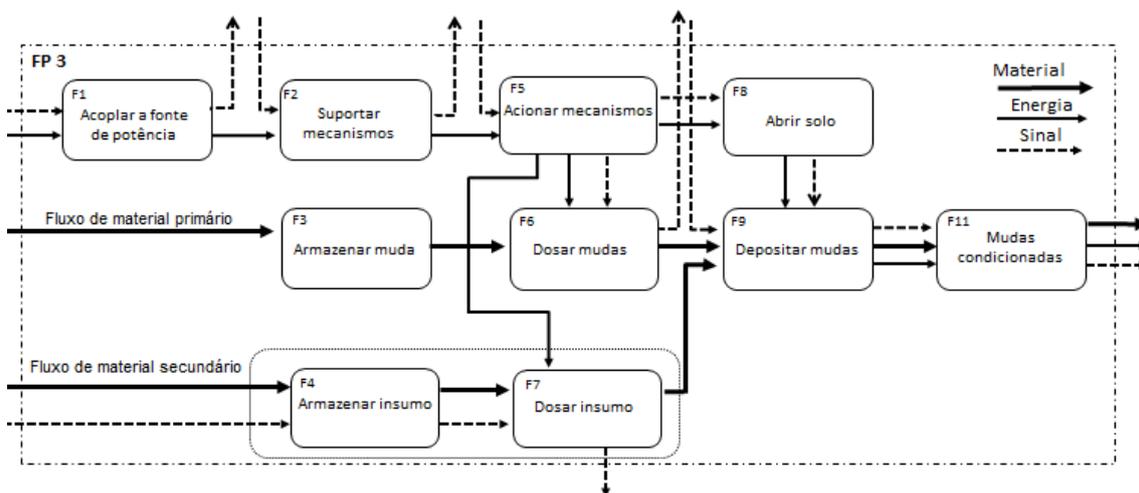


Figura 43 - Diagrama de blocos da função parcial FP3, derivada da função global.

Já na FP4 (Figura 45) além da junção das funções em uma única função F9 depositar mudas, verifica-se uma reorganização cronológica de algumas funções dosar muda (F6) e abrir solo (F8), onde as funções entram em funcionamento concomitantemente, sendo um layout mais enxuto do sistema, porém tornando o sistema de mecanismos mais complexo.

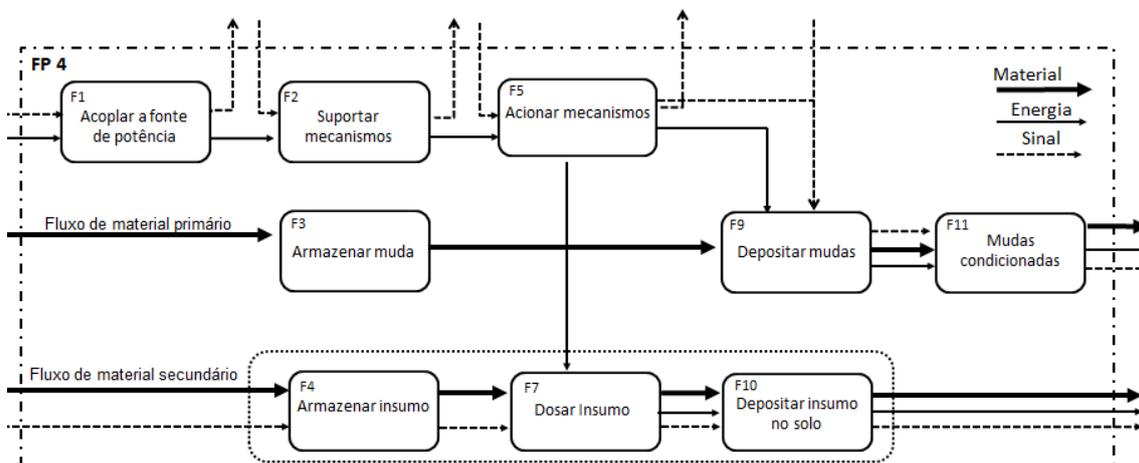


Figura 44 - Diagrama de blocos da função parcial FP4, derivadas da função global.

A equipe de projeto constatou que as funções elementares F6 (Dosar muda) e F9 (Depositar mudas) são de extrema importância, pois abrange o principal requisito de projeto, cuidado com a danificação das mudas, levantadas por meio do questionário aplicado, sendo estas as mais complexas e de maior custo.

Sendo assim, a complexidade da função dosar mudas estar suprimida e conjugada a função F9 a função parcial FP4 foi descartada, restando às funções FP1, FP2 e FP3. Após a identificação de cada uma das funções elementares a equipe de projeto selecionou a FP2, sendo a função que se adequou melhor a função global do projeto. A união das funções, abrir solo e depositar mudas possibilita a redução de mecanismo e o desenvolvimento de um único dispositivo com a função de abrir o solo e depositar a muda ao mesmo tempo, Com a função parcial selecionada a equipe de projeto aplicou a metodologia CHS para obter a prioridade de desenvolvimento das subfunções elementares.

A seguir estão classificadas as subfunções da função parcial FP2, por meio da relação de atendimento destas aos requisitos de projetos dos dois terços superiores hierarquizados por meio do QFD (Figura 46).

| Hierarquização QFD | Requisito de projeto | Subfunções atendentes | Classificação das subfunções |
|--------------------|------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| 1º | Custo de produção | F5, F6, F9 | 1º - F9 e F6 |
| 2º | Danificação das mudas | F3, F6, F9, F11 | (6) |
| 3º | Variação da profundidade | F9, F11 | 2º - F5 e |
| 4º | Uniformidade de distribuição | F5, F6, F9, F11 | F11(5) |
| 5º | Massa | F1, F2, F3, F4 | 3º -F1, F3, F4, |
| 6º | Volume total módulo | F1, F2, F3,F4 | , (5) |
| 7º | Distribuição variável | F5, F6 | 4º - F2 (3) |
| 8º | Armazenamento de líquido | F4 | |
| 9º | Potência de acionamento | F1, F5, F6, F9, F11 | 5º - F7 e F10 (2) |

| | | |
|-----|--------------------------|--------------------------|
| 10° | Custo de manutenção | F5, F6, F7, F9, F10, F11 |
| 11° | Vazão insumo | F7, F10 |
| 12° | Capacidade de transporte | F1, F2, F3, F4 |

Figura 45 - Classificação das subfunções de FP2, através da classificação dos requisitos de projetos hierarquizados.

As subfunções dosar muda (F6) e depositar muda F9 com 6 pontos foram classificadas como as principais função elementares de FP2, pois se relaciona com o maior número de requisito de projeto, e por serem determinantes no fluxo de material (mudas), sendo responsáveis pelo controle precisão na deposição e integridade da muda, sendo considerada pela equipe as subfunções com maior grau de importância para o início do desenvolvimento do diagrama de blocos.

Acionar mecanismos (F5) e condicionar mudas, com 5 pontos foram às terceira e quarta funções elementar com o segundo maior grau de importância para o desenvolvimento das funções alternativas, pois F5 é uma função que interage com vários requisitos de projeto e está diretamente relacionada com a eficácia no acionamento e precisão dos mecanismos ativos da máquina, e a função F11 por ser a última função e responsável por estabelecer o a fixação da muda no momento do transplante.

Acoplar a fonte de potência (F1), armazenar muda (F3), e armazenar insumo (F4) foram avaliadas recebendo a mesma pontuação, o quarto lugar com 4 pontos, quanto ao grau de importância para o desenvolvimento de suas funções, devido a complexidade de ser acoplada a uma plataforma autopropelida (F4), e as limitações dimensionais de volume e massa que a plataforma irá impor ao projeto.

As subfunções suportar mecanismos (F2) em quarto lugar com 3 pontos, devido o grau de importância no desenvolvimento de suas funções a estrutura responsável por suportar todos os mecanismos.

Em último lugar, apresentando menor grau de importância, ficaram as subfunções dosar insumo (F7) e depositar insumo (F10) devido a menor complexidade, pela possibilidade de uso sazonal.

Esta classificação foi essencial, pois o desdobramento de algumas funções elementares demonstraram serem dependentes umas das outras gerando interferências entre si, necessitando desta forma de um nivelamento pelo seu grau de importância na relação com os requisitos de projeto.

De posse da classificação das subfunções, iniciou-se o desenvolvimento do diagrama de blocos pela subfunção F6 dosar muda, que apresentou maior grau de importância, com desdobramento com diferentes subfunções elementares, demonstrando o trabalho que cada mecanismo escolhido irá desempenhar de forma sequencial, ou seja, uma função ocorre após a outra (Figura 47).

As setas horizontais e verticais que entram e saem nos diagramas de blocos são referentes ao fluxo de energia, material e sinal, que são necessários para realização da função global. As setas tracejadas representam a existência de sinal entrando e saindo nas funções elementares, demonstrando que estas necessitam de regulagem durante seus processos, as setas contínuas e finas que algumas funções possuem, constituem a entrada e saída de energia e as setas contínuas e grossas representam a entrada e saída de material em algumas funções na realização das suas atividades.

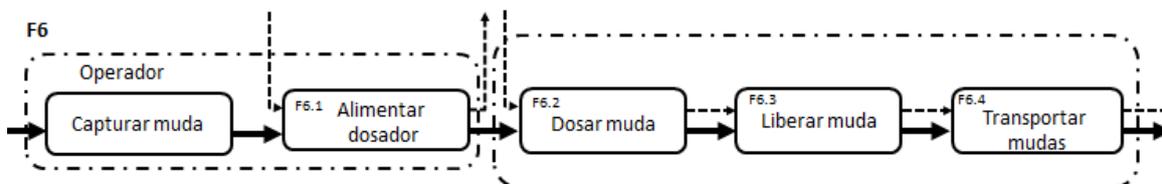


Figura 46 - Função elementar F6 com subfunções desdobradas.

Posteriormente foi realizado o desenvolvimento do diagrama de blocos da função F9 (depositar muda), função elementar que apresentou o segundo maior grau de importância e originou as funções elementares.

Na Figura 48 a Funções elementares F9 apresenta uma funcionalidade do sistema de deposição da muda de forma sequencial, como escolhido na função parcial FP2. Onde realizará abertura do solo, na sequência controle de profundidade que a será depositada.

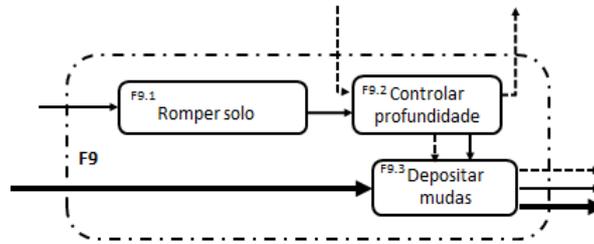


Figura 47 - Função Elementar F9 com subfunções desdobradas.

A função que apresentou o terceiro maior grau de importância foi a F11 (condicionar muda) e o diagrama de blocos da função foi representado pela Figura 49. As Funções elementares apresentam somente duas funções, cobrir muda e compactar solo, sendo as últimas funções realizadas pela transplantadora, mas de grande importância na fixação da muda.

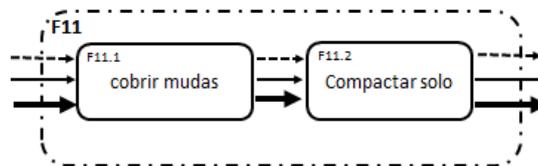


Figura 48 - Função elementar F11 com subfunções desdobradas.

Em quarto lugar quanto ao seu grau de importância ficou a subfunção F5 (acionar mecanismos), (Figura 50). Responsável pelo acionamento de todos os mecanismos, que necessitam de acionamento mecânico, e controlar a dosagem das mudas e insumo e realizar a deposição da muda.

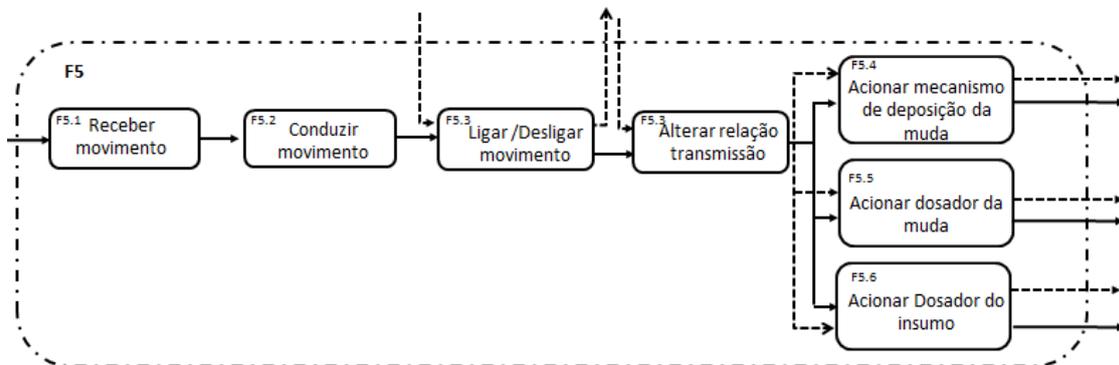


Figura 49 - Função Elementar F5 com subfunções desdobradas.

A Subfunção F1 (Acoplar a fonte de potência), conforme Figura 51, foi classificada em quinto lugar quanto ao seu grau de importância e o desdobramento da função em diagramas de blocos, geraram as funções elementares responsáveis

por acoplar a transplantadora a plataforma autopropelida, conectar e transmitir potência e movimento aos mecanismos da transplantadora.

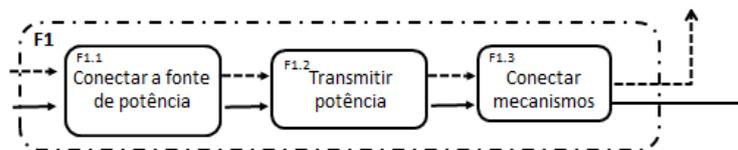


Figura 50 - Função Elementar F1 com subfunções desdobradas.

A subfunção parcial F2 (Figura 52) (suportar mecanismos) classificada em sexto lugar em grau de importância, sendo responsável por conectar, suportar e transportar, os mecanismos e funções, responsáveis pelo funcionamento.



Figura 51 - Função Elementar F2 com subfunções desdobradas.

A subfunção F7, (Figura 53) é uma das últimas ranqueadas, juntamente com a função F10, por não ser menos importantes, mas devido a ser uma função secundária da transplantadora podendo não ser utilizada dependendo da ocasião, não sendo necessária a aplicação do insumo, que devido a avaliação não sendo uma função vital para o funcionamento da máquina.

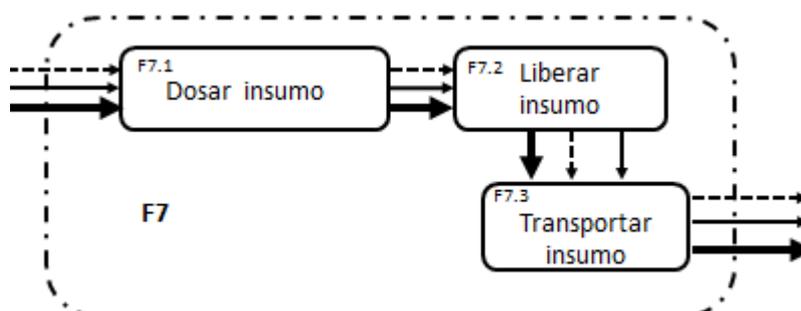


Figura 52 - Função Elementar F7 com subfunções desdobradas.

Por meio da Figura 54 apresenta-se o detalhamento de cada uma das funções da estrutura funcional, com o intuito de melhorar o entendimento da mesma. Também estão dispostos as entradas e saídas de material, sinal e energia envolvidos em cada uma das funções.

| Função | Detalhamento da função | Materiais (Entrada/Saída) | Energia (Entrada/Saída) | Sinal (Entrada/Saída) |
|--------------------------------------|---|----------------------------------|---|--|
| F1 – Acoplar fonte de potência | | | | |
| F1.1 – Conectar fonte de potência | Elemento de ligação entre a fonte de tração (operador) e a máquina, necessário para o deslocamento e a operação do equipamento. | | Energia potencial | Energia mecânica oriunda plataforma, sendo distribuída aos componentes derivados do sistema de transmissão de torque / energia primários |
| F1.2 – Transmitir potência | Mecanismo de transmissão da potência para o chassi e rodas. | | Energia potencial | Energia mecânica oriunda plataforma, sendo distribuída aos componentes derivados do sistema de transmissão de torque / energia primários |
| F1.3 – conectar mecanismos | Mecanismo de interligação entre estrutura do chassi e mecanismo transmissor de potência. | | Energia potencial necessária para suportar todos os mecanismos da máquina | Acionamento e regulagens da fonte de potência / Sinal para o sistema posterior |
| F2 – Suportar mecanismos | | | | |
| F2.1 – Suportar linha de transplante | Mecanismo de sustentação física do sistema de transplante | | Energia potencial necessária para suportar todos os mecanismos da máquina | |
| F2.2 – Suportar bandejas demudas | Local para colocação das bandejas de muda | Muda | Energia potencial necessária para suportar os mecanismos da máquina | |

| | | | | |
|--|---|--------|---|--|
| F2.3 – Suportar reservatório de insumo | Local para colocação do insumo | Insumo | Energia potencial necessária para suportar os mecanismos da máquina | |
| F2.4 – Suportar dosadores | Elemento de suporte do mecanismo de dosagem das mudas | | Energia potencial necessária para suportar os mecanismos da máquina | |
| F2.5 – Suportar mecanismos de deposição | Suporte dos elementos responsáveis por suportar condicionadores da máquina | | Energia potencial necessária para suportar os mecanismos da máquina | |
| F2.6 – Transportar mecanismos de condicionamento | Dispositivo que permita o transporte do equipamento até o local desejado, bem como, permitir o deslocamento durante a operação da máquina | | Energia potencial necessária para suportar os mecanismos da máquina | |
| F3 – Armazenar muda | | | | |
| F3.1 – | Dispositivo suporte para bandejas de mudas | | Energia potencial necessária para suportar os mecanismos da máquina | |
| F4 – Armazenar Insumo | | | | |

| | | | | |
|------------------------------------|--|--|---|--|
| F4.1 – Ligar e desligar | Dispositivo responsável por ligar e desligar os dosadores e mecanismos responsáveis por exercer trabalho durante o transplante | | Energia mecânica oriunda da plataforma, sendo distribuída aos componentes derivados do sistema de transmissão de torque / energia primários | Liga/Desliga |
| F5 – Acionar mecanismos | | | | |
| F5.1 – Receber movimento | Fonte primária de transmissão de torque / energia para os diversos mecanismos da máquina | | Energia mecânica oriunda do sistema de transmissão de torque / energia / Energia cinética para os mecanismos diversos do sistema de transplante | Acionamento e monitoramento / Sinal para os mecanismos do sistema de transplante |
| F5.2 – conduzir movimento | Mecanismos que possibilitarão a transmissão de potência ao sistema de transplante | | Energia mecânica oriunda do sistema de transmissão de torque / energia / Energia cinética para os mecanismos diversos do sistema de transplante | Acionamento e monitoramento / Sinal para os mecanismos do sistema de transplante |
| F5.3 – Ligar / Desligar movimento | Dispositivo responsável pela liberação e interrupção do movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulação e monitoramento |
| F5.4 – Alterar relação transmissão | Dispositivo responsável por alterar o movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulação e monitoramento |

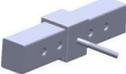
| | | | | |
|--|---|--------|---|---|
| F5.5 acionar Mecanismo de deposição da muda | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F5.6 – Acionar dosador de muda | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F5.7 – Acionar dosador de insumo | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F6 – Dosar muda | | | | |
| F6.1 Alimentar dosador | Operador, responsável por adicionar mudas ao dosador | Muda | | |
| F6.2 – Dosar Muda | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores | Muda | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F6.3 – Liberar muda | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | Muda | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F7 – Dosar Insumo | | | | |
| F7.1 – Dosar Volume | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores | Insumo | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F7.2 – Liberar volume | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | Insumo | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |

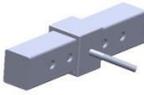
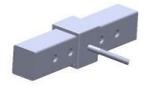
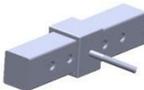
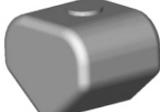
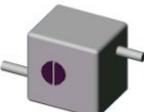
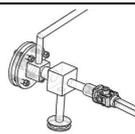
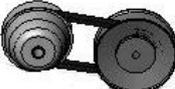
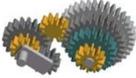
| | | | | |
|--------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------------|--|
| F7.3 – Transportar volume | Dispositivo responsável pelo movimento dos dosadores e mecanismos de deposição | Insumo | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F9 – Depositar muda | | | | |
| F9.1 – Abrir solo | Dispositivo responsável por abrir solo para deposição da muda | Muda /solo, Insumo/solo | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F9.2 – Controlar profundidade | Dispositivo responsável por controlar a profundidade | | Energia cinética e energia potencial | Acionamento, regulagem e monitoramento |
| F9.3 – Depositar muda | Dispositivo responsável por conduzir a muda até o solo | Muda | Energia cinética e energia potencial | |
| F10 – Depositar insumo no solo | Dispositivo responsável por conduzir a insumo até o solo | Insumo | Energia cinética e energia potencial | |
| F11- Condicionar muda no solo | | | | |
| F11.1 – Cobrir muda | Dispositivo responsável pelo fechamento da cova com a muda depositada | Solo | Energia cinética e energia potencial | |
| F11.2 – Compactar solo | Dispositivo responsável por adensar o solo expulsando o excesso de ar nas raízes da muda | Solo | Energia cinética e energia potencial | |

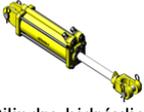
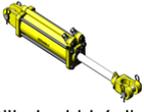
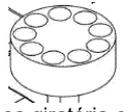
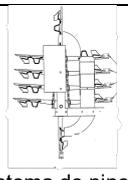
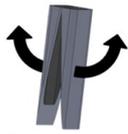
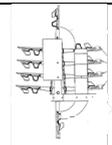
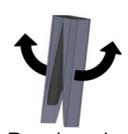
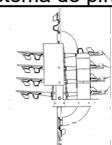
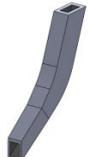
Figura 53 - Funções e subfunções, descrição e detalhamento destas e definição dos materiais, energia e sinais envolvidos em cada função.

5.9 Pesquisar princípios de solução

Na Figura 55 foram apresentados os princípios de solução originados da pesquisa bibliográfica, análise de sistemas técnicos existentes e do *brainstorming* que foram desenhados através da ferramenta CAD, servindo de apoio para a elaboração da matriz morfológica. Buscou-se o maior número de princípios de solução disponíveis comercialmente para reduzir os custos envolvidos no projeto. Na matriz morfológica (Figura 55), cada uma das linhas representa uma função elementar da estrutura funcional selecionada anteriormente. Já as colunas apresentam os princípios de solução correspondentes a cada uma das linhas.

| Função Elementar | Descrição da função | Princípios de solução | | | |
|------------------|---------------------------------|---|--|--|---|
| F1.1 | Conectar fonte de potência |  Chassi modulado |  Barra porta ferramenta |  Cabeçalho acoplamento 3 pontos |  Acoplamento barra de tração |
| F1.2 – | Transmitir potência |  Motor Hidráulico |  Sistema roda dentada e corrente |  Eixo cardã |  Roda de acionamento |
| F1.3 | Conectar mecanismos | |  Junta cruzeta |  Sistema pantográfico |  Braço pivotante |
| F2.1 | Suportar linha de transplante |  Tubo perfurado |  Tubo com suporte deslizante |  Tubo com abraçadeira |  Barra com suporte deslizante |
| F2.2 | Suportar bandejas demudas |  Tubo seção quadrada |  Tubo seção circular |  Tubo seção retangular | |
| F2.3 | Suportar reservatório de insumo |  Chassi autopropelido | | | |

| | | | | | |
|------|--|---|---|--|---|
| F2.4 | Suportar Dosadores |  Tubo perfurado |  Tubo com suporte deslizante |  Tubo com abraçadeira |  Barra com suporte deslizante |
| F2.5 | Suportar mecanismos de deposição |  Tubo perfurado |  Tubo com suporte deslizante |  Tubo com abraçadeira |  Barra com suporte deslizante |
| F2.6 | Suportar mecanismos de condicionamento |  Tubo perfurado |  Tubo com suporte deslizante |  Tubo com abraçadeira |  Barra com suporte deslizante |
| F3.1 | Armazenar muda |  Estrutura de gavetas | | | |
| F4.1 | Armazenar Insumo |  Tanque de polímero |  Tanque de fibra |  Tanque metálico | |
| F5.1 | Receber movimento |  Junta cruzeta |  Eixo cardã | | |
| F5.2 | Conduzir movimento |  Sistema de roda dentada e corrente |  Engrenagens cônicas |  Engrenagens cilíndricas |  Caixa de cambio |
| F5.3 | Ligar / Desligar movimento |  Caixa de cambio |  Esticador de correia acionado por alavanca |  Embreagem acionada por alavanca | |
| F5.4 | Alterar relação transmissão |  Pólias variadoras |  Caixa Norton |  Engrenagens cilíndricas |  Sistema de roda dentada e corrente |

| | | | | | |
|------|--|--|--|--|---|
| F5.5 | Acionar Mecanismo de deposição da muda |  Cilindro hidráulico |  Engrenagens cilíndricas |  Engrenagens conica | |
| F5.6 | Acionar dosador de muda |  Sistema de coroa corrente |  Eixo cardã |  Engrenagens cilíndricas | |
| F5.7 | Acionar dosador de insumo |  Cilindro hidráulico |  Sistema de coroa corrente |  Engrenagens cilíndricas | |
| F6.1 | Alimentar dosador |  Operador | | | |
| F6.2 | Dosar Muda |  Mesa giratória com copos dosadores |  Copos presos em esteira |  Copo único dosador |  Sistema de pinças |
| F6.3 | Liberar muda |  Tubo telescópico |  Puncionador |  Sistema de pinças | |
| F6.4 | Transportar muda |  Tubo telescópico |  Puncionador |  Sistema de pinças | |
| F7.1 | Dosar Volume |  Registro de gaveta |  Registro de esfera |  Registro de eletrovalvula | |
| F7.3 | Transportar volume |  Tubo flexível |  Tubo telescópico |  Tubo flexível sanfonado |  Tubo rígido |

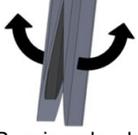
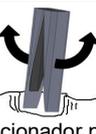
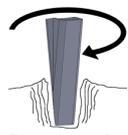
| | | | | | |
|-------|--------------------------|---|--|---|---|
| F9.1 | Abrir solo |  Disco duplo |  Disco e haste sulcadora |  Sulcador tipo sapata |  Puncionador de perfil retangular |
| F9.2 | Controlar profundidade |  Tubo com braçadeira deslizante |  Barra perfurada |  Alavanca com chapa perfurada |  Manipulo com rosca sem fim |
| F9.3 | Depositar muda |  Puncionador perfil cilíndrico |  Puncionador perfil quadrado |  Puncionador calha | |
| F10 | Depositar insumo no solo |  Tubo flexível |  Puncionador conico |  Puncionador calha |  Puncionador |
| F11.1 | Cobrir muda |  Rodas dupla em V |  Discos recobridores |  Recobridor aiveca |  Disco concavo |
| F11.2 | Compactar solo |  Rodas duplas |  Rodas dupla em V |  Roda de borracha |  Rodas de aço |

Figura 54 - Matriz morfológica dos princípios de solução.).

5.10 Combinar princípios de solução

A partir dos princípios de soluções encontrados, estes foram analisados e combinados, procurando a compatibilidade dos dispositivos entre si e tendo, associado ao atendimento das especificações do projeto. Desta forma foram constituídas quatro concepções.

A concepção 1 (Figura 56) corresponde a uma máquina capaz de realizar o transplante de mudas, por conjunto de abertura do solo para realização de plantio direto, com disco de corte de palha, haste sulcadora para abertura do solo e deposição do insumo por um tubo na parte posterior da haste. Tendo um conjunto de disco duplo

para deposição da muda, e o condicionamento da muda realizado por duas rodas compactadoras na parte posterior da máquina.

A dosagem da muda é realizada, por um sistema de copos cônicos de fundo móvel, fixado em uma esteira em formato elíptico, que realiza a deposição das mudas nos copos, onde a muda é transportada até o tubo condutor que realiza a deposição da muda junto aos disco duplos. O suporte das bandejas de mudas é composto por sistema giratório, com capacidade de 4 bandejas inclinadas, de modo a facilitar o alcance do operador na retirada da muda e deposição no dosador.

A transmissão de acionamento da transplantadora é realizada por meio de rodas laterais controlam a altura e suportam a massa da máquina, e transmitem o movimento para uma caixa de acionamento responsável por ligar e desligar a transmissão e troca de relação dos dosadores de mudas e insumo.

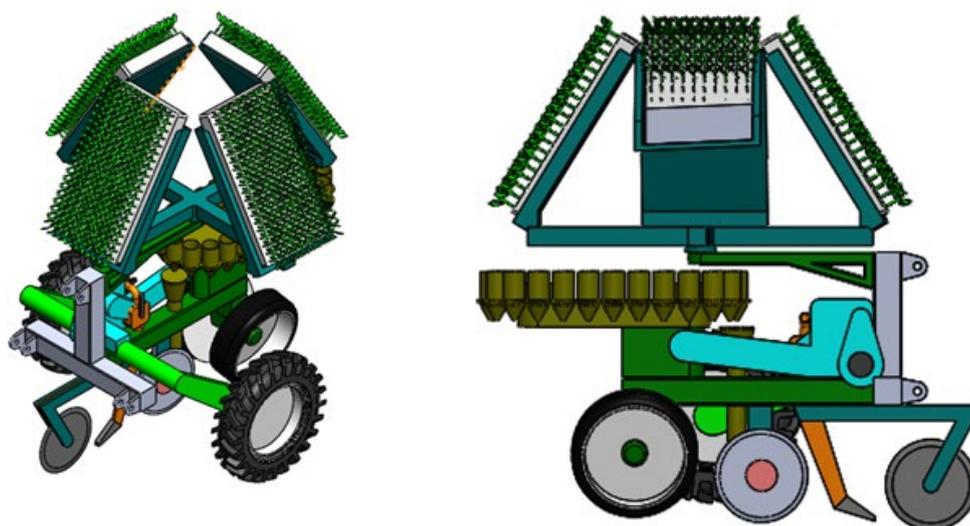


Figura 55 - Concepção 1 da Transplantadora de mudas de tabaco.

A concepção 2 (Figura 57) realiza o transplante de mudas, com auxílio de sistema de puncinador acionado por uma sistema de braços pantográficos, que realizam a abertura do solo e de palha para plantio direto e convencional de solo mobilizado, depositando a muda e o insumo na mesma cova simultaneamente e o condicionamento da muda realizado por duas rodas compactadoras na parte posterior da máquina.

A dosagem da muda é realizada, por um sistema de mesa giratória com copos de fundo fixo, conduzindo a muda até um orifício liberando muda por um tubo até o

puncionador que capta a muda conduzindo até o solo. O suporte das bandejas mudas é composto por uma mesa inclinada, a facilitar o alcance do operador na retirada da muda e deposição no dosador.

A transmissão de acionamento da transplantadora é realizada por meio de rodas laterais controlam a altura e suportam a massa da máquina, e transmitem o movimento para uma caixa de acionamento responsável por ligar e desligar a transmissão e troca de relação dos dosadores de mudas e insumo.

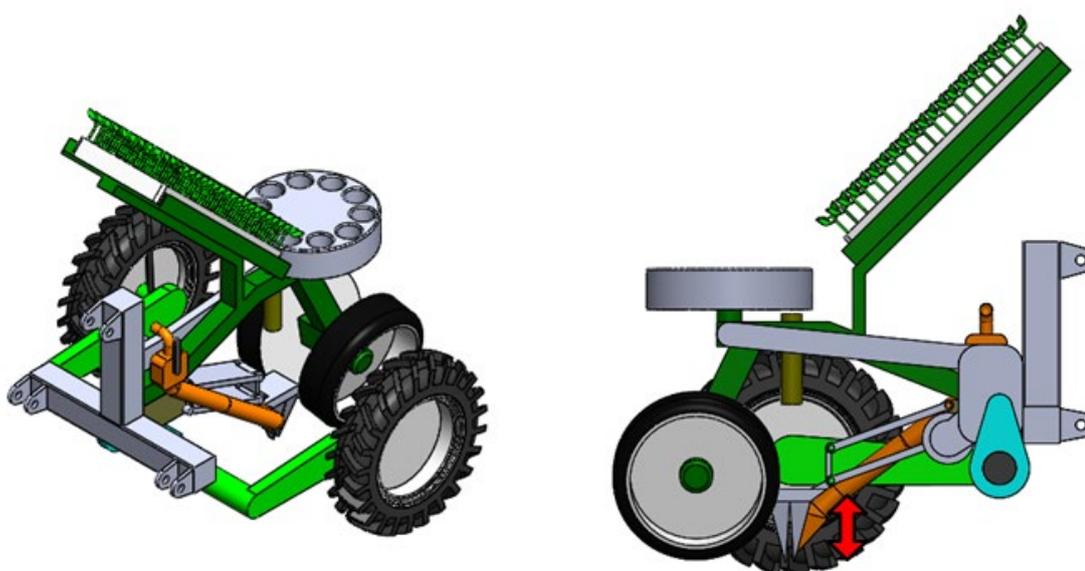


Figura 56 - Concepção 2 da transplantadora de mudas de tabaco.

A concepção 3 (Figura 58) realiza o transplante de mudas com auxílio de sistema de puncionador tipo saraquá acionado por um sistema de pivotante, que realizam a abertura do solo e de palha para plantio direto e convencional de solo mobilizado, depositando a muda na cova e o insumo é depositado na parte posterior, junto as rodas condicionadoras no momento do condicionamento da muda.

A dosagem da muda é realizada por um sistema de mesa giratória com copos de fundo cônico, com abertura acionada, liberando a muda por um tubo até o puncionador que capta a muda conduzindo até o solo. O suporte das bandejas mudas é composto por uma mesa inclinada, de modo a facilitar o alcance do operador na retirada da muda e deposição no dosador.

A transmissão da transplantadora é realizada por uma caixa de transmissão acionada por um motor hidráulico com potência vinda da unidade hidráulica da plataforma, onde aciona e distribui o movimento para os dosadores de muda e insumo. O controle de profundidade e suporte de massa da máquina é realizado por uma roda frontal em conjunto com as rodas condicionadoras.

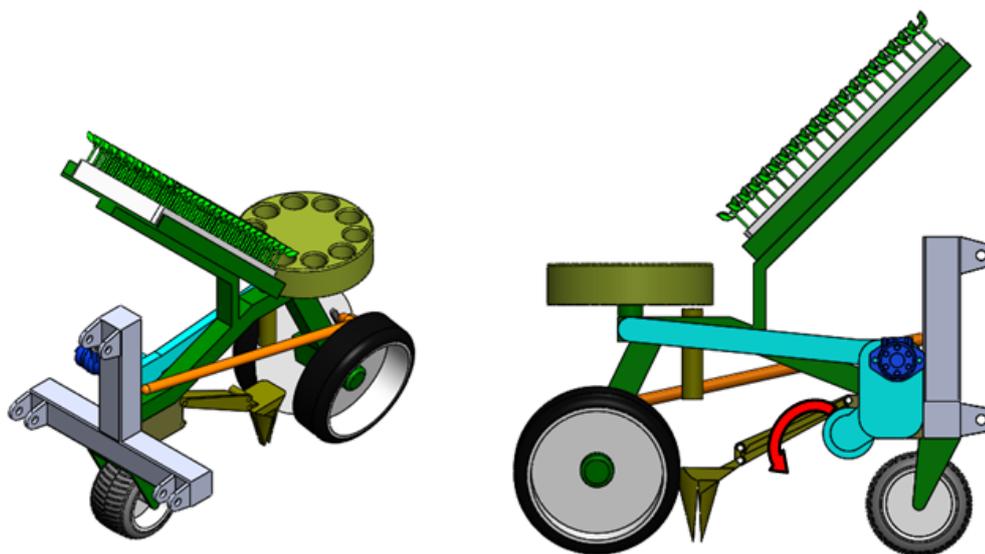


Figura 57 - Concepção 3 da transplantadora de mudas de tabaco.

A concepção 4 (Figura 59) realiza o transplante de mudas, por sistema de puncionador tipo saraquá, semelhante aos anteriores, com princípio de acionamento feito pelo puncionador, fixo na lateral por um disco onde este realiza movimentos de biela manivela, engastado a um tubo telescópico pivotado na extremidade superior ao chassi próximo ao ponto de captação da muda, depositando a muda na cova e o insumo é dosado sobre a muda na parte posterior, junto as rodas condicionadoras no momento do condicionamento da muda.

A dosagem da muda é realizada, por um sistema de copos cônicos de fundo móvel, fixado em uma esteira em formato elíptico, liberando a muda por um tubo telescópico até o puncionador que capta a muda conduzindo até o solo. O suporte das bandejas das mudas é composto por uma mesa inclinada, com duas abas laterais, com capacidade de transportar três bandejas dispostas, com inclinação lateral a facilitar o alcance do operador na retirada da muda e deposição no dosador.

A transmissão da transplantadora é realizada por uma caixa de transmissão acionada por um conjunto de corrente e rodas dentadas, ligadas a tomada potência da plataforma, onde aciona e distribui o movimento para os dosadores de muda e insumo. O controle de profundidade da muda é feito por uma roda frontal que copia o perfil do solo, onde está suportado o mecanismo de acionamento do puncionador. O suporte de massa da máquina é realizado pelas rodas condicionadoras.

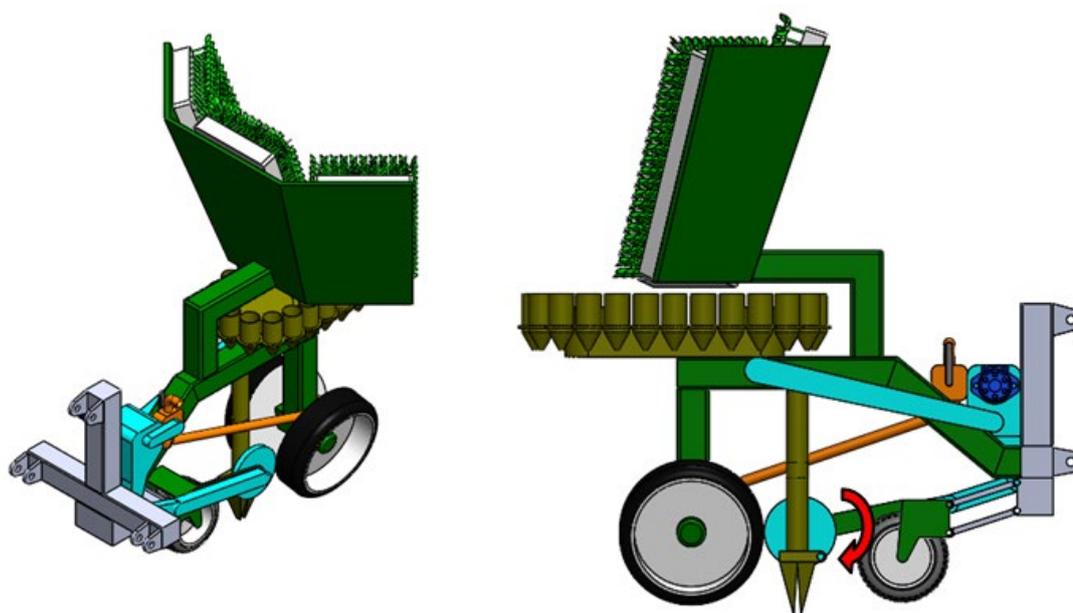


Figura 58 - Concepção 4 da transplantadora de mudas de tabaco.

Na Figura 60, com a transplantadora (5) acoplada a plataforma multifuncional (1), são representados os sistemas e funções, periféricos que devido as funcionalidades de combinações de princípios sendo escolhido de forma definitiva, como sistema de acoplamento (2) da transplantadora ao chassi da plataforma, devido à complexidade de ligação dos componentes. Tanque de insumo (3), devido a natureza do insumo a ser líquida a equipe decidiu por acoplar um tanque de uso comercial a base superior do chassi. Plataforma do operador (4) pelo motivo de segurança e ergonomia do operador, o acento fica fixado a uma plataforma acoplada fixa ao chassi, mantendo operador seguro de partes moveis e de movimentos instáveis da máquina. Armazenamento e transporte das bandejas de muda (6) definido um sistema de transporte, um sistema de várias gavetas fixadas a suporte de acoplamento da transplantadora, sendo a forma de transporte que ocupa menor volume.

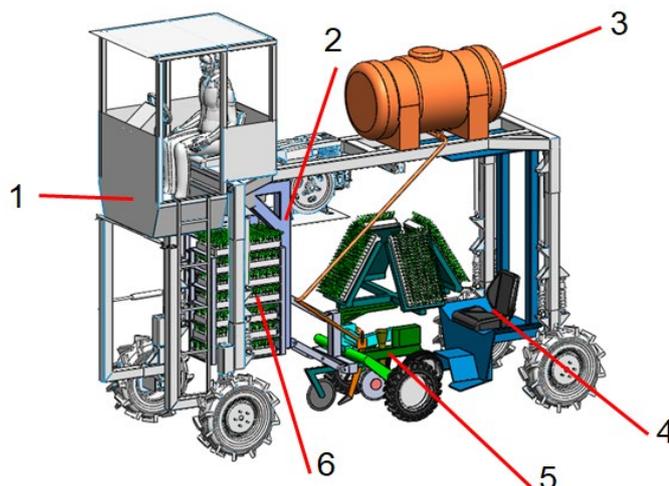


Figura 59 - Concepção 1 acoplada ao módulo da Transplantedora de mudas de tabaco.

5.11 Seleção e avaliação das concepções

A matriz de avaliação das concepções desenvolvidas está representada na Tabela 3, sendo a concepção 1 definida pela equipe de projeto como a referência para seu preenchimento. Os resultados obtidos pelas concepções 2, 3 e 4 foram -1, 9 e 27, respectivamente. Sendo assim, a relação das concepções quanto a adequação aos critérios técnicos advindos dos requisitos de clientes e de posse dos resultados da matriz de avaliação, a concepção 4 foi a selecionada, devido a melhor pontuação apresentada.

Na análise do atendimento dos requisitos de clientes (requisitos técnicos) em relação às concepções, verificou-se que alguns requisitos apresentaram 0 para as 3 concepções avaliadas, indicando que as mesmas atendem igualmente aos requisitos técnicos, em relação a concepção de referência, como no caso dos requisitos, ter injeção de insumos, ter reduzido número de componentes, ter baixo custo.

Os requisitos de “ter baixa danificação de mudas” e “ter precisão na distribuição de mudas”, obtiveram um ponto nas três concepções em relação a referência por ser avaliado que princípio de solução disco duplo pode exercer a tipo de danificação ou imprecisão na deposição da muda em relação aos mecanismos das demais concepções, ser fácil de regular, na concepção 2 e 3 obtiveram -1 ponto em relação as demais, pelo fato da complexidade dos mecanismos de deposição das mudas no solo, terem maior dificuldade de regulagem.

No requisito de cliente ter controle de profundidade concepção 3 obteve 1 ponto em relação à concepção de referência, e a concepção 4 obteve 2 pontos, visto que, a roda frontal na frente da máquina, torna mais eficientes o controle de profundidade e a concepção 4, por o mecanismo de abertura do solo estar ligada roda e deforma independente da estrutura da máquina se avalia por melhor precisão de controle de profundidade.

Já no requisito ter baixo peso, avaliou-se que as demais concepções são mais leves que a de referência devido aos componentes, sendo que concepção 2 obteve 1 ponto e as concepções 3 e 4 apresentaram 2 pontos em relação as demais concepções, por não apresentarem as rodas de acionamento e suporte laterais tornando as concepções mais leves.

Na análise do requisito ser de fácil manutenção, as concepções 2, 3 e 4 obtiveram -1 ponto. Esta pontuação foi devido aos mecanismos punccionadores serem mais complexos, exigindo maior manutenção em relação aos mecanismos de hastes e discos sulcadores.

O requisito ter capacidade transporte de mudas, devido plataforma ter o sistema para transporte de mudas, a equipe avaliou os suportes de badeira que operador retira a muda para colocar no dosador, as concepções 2 e 3 obtiveram -1 ponto, devido ao suporte portar somente um badeira de cada vez.

Por fim, o requisito de cliente ter baixa potência de acionamento, em relação à concepção de referência, as concepções obtiveram pontuações em relação a concepção de referência pela equipe avaliar que o uso de disco de corte e haste sulcadora apresentar maior exigência de potência onde a concepção 2 obteve 1 ponto e as 3 e 4, 2 pontos em relação as concepções 1 e 2 por não apresentarem as rodas de acionamento e suporte laterais, tornando as concepções avaliadas, por exigirem menor potência de acionamento pela plataforma.

Tabela 3 - Matriz de avaliação das concepções.

| Critérios técnicos (Requisitos de clientes) | Classe requisito de cliente | Concepção de referencia | Concepção 2 | Concepção 3 | Concepção 4 |
|--|-----------------------------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Ter baixa danificação de mudas | 10 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Ter precisão na distribuição de mudas | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ser fácil de regular | 2 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| Ter controle de profundidade | 7 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| Ter baixo peso | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| Ser de fácil manutenção | 3 | 0 | -1 | -1 | -1 |
| Ter injeção de insumos | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ter capacidade de transporte de mudas | 9 | 0 | -1 | -1 | 0 |
| Ter baixa potência de acionamento | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 |
| Ter reduzido numero de componentes | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ter baixo custo | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 0 | -1 | 9 | 27 |

A equipe de projeto, após avaliar os resultados obtidos na análise comparativa das concepções, constatou não ser necessário aperfeiçoar a concepção selecionada, pois não houve princípios de soluções a serem incorporados a concepção final.

A concepção selecionada, concepção 4, conforme Figura 61 adéqua-se as necessidades dos clientes, pois não apresenta restrições quando aplicado a matriz de avaliação, assim realizando o atendimento dos requisitos de clientes e apresentando viabilidade técnica quanto a sua produção.

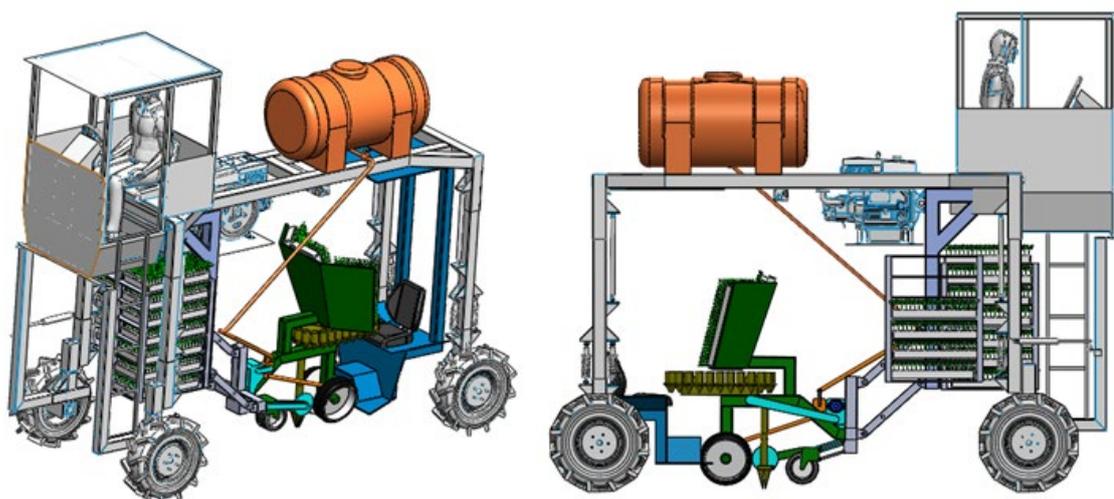


Figura 60 - Concepção 4 acoplada ao módulo da Transplantadora de mudas de tabaco.

A concepção 4, desenvolvida e selecionada no presente trabalho, busca reduzir os danos causados aos agricultores, pelo excesso de esforço físico aplicado no transplante manual, por meio do de abertura de cova, condicionamento da muda no solo e transporte das bandejas e aplicação de insumo , oportunizando condições de

aumento nas suas produções, o qual é limitado pela baixa mão de obra e oferta de equipamentos, além de proporcionar uma melhor qualidade de vida.

O resultado do conceito da transplantadora desenvolvido, em comparação as demais máquinas pesquisadas, além de ser um projeto que visa a redução de mão de obra, tem por característica ser o conceito de equipamento modular que é acoplado a uma plataforma multifuncional (Milech 2019), que tornar a fabricação mais simplificada e torna a usabilidade do conjunto mais dinâmico, que em relação a escolha de componentes a serem acoplados, conforme a necessidade de uso do agricultor, comparados a transplantadoras convencionais que são disponibilizadas como implementos agrícolas.

6. Conclusões

Por meio da metodologia de projeto utilizada, no presente trabalho, foi possível desenvolver a concepção de uma unidade para o transplante de mudas destinada ao acoplamento em uma plataforma autopropelida, capaz de transplantar mudas de tabaco e realizar aplicação de insumos reesposáveis de hidratação e nutrição da planta após o transplante.

A concepção apresenta projeto simples sendo viável tecnicamente e apresenta simplicidade na sua construção, variabilidade espacial, aliada a multifuncionalidade na sua utilização.

Foi possível estabelecer o projeto de uma concepção de máquina para transplante de mudas que apresenta características ergonômicas satisfatórias, se comparado, aos métodos manuais empregados atualmente pelos agricultores.

Referências

Abalsamo, Antonia Vittoria. **Máquina transplantadeira aperfeiçoada.** BR 102015013701-0 11jun 2015, 22 nov 2016.

ALMEIDA, S. V. de, **Desempenho operacional de transplante manual e mecanizado da cultura da alface.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2016 ix, 58 f.

Antônio, Luís Carlos. **Plantadeira de Mudas.** Pi 0602043-7 A 26 Mai 2006, 22 jan 2008.

ASSOCIAÇÃO DOS FUMICULTORES DO BRASIL. AFUBRA. **Dados sobre a fumicultura.** 2018. Disponível em: <www.afubra.org.br>. Acesso em: 20 de ago. 2018

BARTZ, L. S., **Introdução da mecanização no cultivo de fumo em São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul.** Trabalho de conclusão (TCC) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Ciências Econômicas, Porto Alegre, 2017 39f.

BACK, N.; OGLIARI, A. DIAS, A.; SILVA, J. C. **Projeto integrado de rodutos: planejamento, concepção e modelagem.** Barueri: Manole, 2008. 648 p.

BELING, Romar Rudolfo. **A história de muita gente: um exemplo de liderança: Afubra 50 anos.** Santa Cruz do Sul: Afubra, 2006. 200p.

BUDNY, Tratores e implementos, Disponível em: <http://www.budny.com.br/produtos/setor-agricola/transplantadeira-multiuso>. acessado em 22 Ago 2018.

CHECCHI&MAGLI. Disponível em: <http://www.checchiemagli.com/eng/transplanters/sistema-wolf/wolf/prd/id-8.html>. Acessado em: 22 Ago 2018

COTRIM, Décio Souza; CANEVER, Mario Duarte. **A caracterização dos agricultores familiares que cultivam tabaco no Território Centro-Sul/RS.** *Redes*, v. 21, n. 3, p. 239-257, 2016.

CUSTÓDIO, Tiago Vega. **Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência: Projeto informacional e conceitual.**

2015. 118f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

DeCLOET. Disponível em: <http://www.decloet.it/en/products/transplanting.html>
Acessado em: 22 Ago 2018

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. 2000. 180f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FORCELLINI, Fernando Antônio. **Projeto conceitual**. Apostila. Florianópolis: Nedip, UFSC, 2003.

HEEMANN, F. **O cultivo do fumo e condições de saúde e segurança dos trabalhadores rurais**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2009.

HEEMANN Fabiane. **O Cultivo de Fumo e as Condições de Saúde e de Segurança dos Trabalhadores Rurais**. 2009. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção). UFRGS, Porto Alegre: 2009

JORNAL Arauto. **Clima propicia plantio de fumo**; disponível em: <http://jornalarauto.com.br/Pages/1955/Clima-propicia-plantio-de-fumo#.W3-kjs5Kit8>
acessado em: 23/08/2018.

LEVIN, Jack. **Estatística Aplicada a Ciências Humanas**. 2. ed. São Paulo: Harbra, 1987. 392 p.

MACHADO, A.L.T.; REIS, A.V.; MACHADO, R.L.T. Tratores para agricultura familiar: Guia de referência. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2010. 124p.

MARIBONDO, J.; BACK, N. ; FORCELLINI, F. A. Diretrizes para o desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 15., 1999, Águas de Lindóia. **Anais...** Águas de Lindóia: COBEM, 1999. p. 22-26.

Marks, Alexandre Eloi. **Equipamento distribuidor plantador de mudas**. MU 8602134-6 U 03 out 2006, 20 mai 2008.

Matté, Leonardo Streher. **Transplantadora de mudas por sistema de bicos**. BR 202019009854-1 U2 14 mai 2019, 07 jan 2020.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de uma semeadora adubadora para plantio direto com sistema de sulcador rotativo acoplado em tratores de rabiças**. 2013. 253f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

MILECH, Fábio Brongar. **Colhedora de tabaco voltada a agricultura familiar: projeto informacional e conceitual**. 2019. 168f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

OLDONI, A. **Colhedora–beneficiadora de cebolas para a agricultura familiar: Projeto informacional e conceitual**. 2012. 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

REIS, Ângelo Vieira Dos. **Desenvolvimento de concepções para a dosagem e deposição de precisão para sementes miúdas**. 2003. 277f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

ROMANO, Leonardo Nabaes. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. 2003. 321f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

ROSA, Douglas. **Máquina de tração humana para o controle de plantas espontâneas através da aplicação de calor: Projeto informacional e conceitual**. 2018. 112f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos De; SILVA, Sergio Luis Da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo, SP. Saraiva, 2006.542 p

Santos, V. Trindade dos. **Análise do custo de produção do tabaco Virginia em uma pequena propriedade rural no município de Tunas - RS**. TCC (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Socioeconômico. Curso de Ciências Contábeis

Silveira, R. L. L. da **A cultura do tabaco na Região Sul do Brasil: dinâmica de produção, organização espacial e características socioeconômicas** *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 19, n.2, p. 23-40, maio/ago. 2015.

SINDITABACO - SINDITABACONEWS. **Perfil Socioeconômico**, 2018. Disponível em: < <http://www.sinditabaco.com.br/sobre-o-setor/perfil-socioeconomico/> >. [Acesso em 20 out, 2018].

SPAGNOLO, Roger Toscan. **Máquina para o controle de plantas espontâneas pela aplicação de calor**. 2014. 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

SPAPPERI. Disponível em: <https://www.spapperi.com/en/> acessado em : 22 ago 2018.

STEFANELLO, G **Desenvolvimento de semeadora de precisão à tração humana para milho e feijão**. 2015. 205f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

STEFANELLO, G **Semeadora de tração humana: Projeto informacional e conceitual**. 2013. 84f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

TEIXEIRA, Sandro Silva. **Projeto conceitual de uma semeadora de milho e feijão voltada para a agricultura familiar de base ecológica**. 2008. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

TEIXEIRA, Sandro Silva. **Desenvolvimento de uma semeadora de precisão voltada para a agricultura familiar de base ecológica**. 2014. 164f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

TROIAN, Alessandra; DAL SOGLIO, Fábio Késsler. 13495 - **Jovens rurais entre a diversificação e o monocultivo: o caso de produtores de tabaco de Arroio do Tigre/RS..** *Cadernos de Agroecologia*, [S.l.], v. 8, n. 2, nov. 2013. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13495>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

WEISS, A. **Desenvolvimento e adequação de implementos para a mecanização agrícola conservacionista em pequenas propriedades**. 1998. 209 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

VOGT. Olgário P. **A produção de fumo em Santa Cruz do Sul, RS** : 1849
- 1993. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1997. 283 p

Yanmar Solis. Disponível em : https://www.yanmar.com/br/agri/vegetable_replant/ph1-wa/. Acessado em 23/08/2018.

Anexos

Anexo 1 - Questionário aplicado aos agricultores familiares



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE AGRONOMIA ELISEU MACIEL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA RURAL



Questionário:

Responda e assinale as alternativas apresentadas conforme solicitado

01 - Qual a localidade e cidade onde está localizada a propriedade rural?

02 - Qual o tamanho da propriedade?

03 - Qual a área utilizada para a agricultura (lavoura)?

04 - Quantos hectares são destinados ou número de pés de tabaco plantados?

05 - Qual as dimensões do camalhões:

Altura do camalhão:

Largura do camalhão:

Largura entre linhas:

06 - Qual o tipo de solo? (marcar as alternativas necessárias para caracterizar o solo)

- argiloso
- arenoso
- com pedras
- de várzea
- de coxilha
- de morro
- outro especificar:

07 - Quantas pessoas você acha adequado para trabalhar na tarefa de transplante com uma transplantadora de mudas?

- 1 pessoa
- 2 pessoas
- 3 pessoas
- mais pessoas, quantas:

08 - Você daria preferência a uma máquina que transplantasse mudas de tabaco em que tipo de preparo do solo:

- preparo convencional do solo
- sistema cultivo mínimo
- sistema plantio direto na palha com pré-camalhão
- Outro sistema, qual:

09 - Quais são, as principais características de uma boa transplantadora de mudas para cultura do tabaco (**Assinale no máximo CINCO alternativas**):

- baixa danificação das mudas
- enterrio total do caule no solo no transplante
- alta capacidade de carregamento de mudas para transplantar
- baixa necessidade de potência de acionamento

- baixo peso (massa)
- precisão na distribuição das mudas
- reduzido número de componentes
- facilidade de regulagem
- facilidade de manutenção
- segurança ao(s) operador(es)
- conforto ao(s) operador(es)
- colocação de outro produto junto no transplante (água/fertilizante)
- outra característica, qual:

10 - Como você considera a possibilidade de uma transplantadora de mudas para tabaco, transplantar outras culturas, com pequenas alterações?

- muito importante
- importante
- mediamente importante
- pouco importante
- nenhuma importância

11 – Se fosse lançada no mercado uma nova transplantadora de mudas você aumentaria o número de pés transplantados?

- sim
- não
- não sou agricultor/produtor
- não sei

12 - Quais os fatores mais importantes na hora da escolha de uma máquina agrícola (**Assinale no máximo DUAS alternativas**):

- preço
- qualidade
- prazo de entrega
- assistência técnica
- tecnologia empregada
- outro - especificar:

OBRIGADO POR SUA COLABORAÇÃO!