

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Gessieli Possebom

**CONCEPÇÃO DE MECANISMO DOSADOR PARA A SEMEADURA  
FLORESTAL MECANIZADA**

**Tese de doutorado**

Santa Maria, RS, Brasil  
2022

**Gessieli Possebom**

**CONCEPÇÃO DE MECANISMO DOSADOR PARA A SEMEADURA FLORESTAL  
MECANIZADA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia Agrícola**.

Orientador: Prof. Airton dos Santos Alonço (Dr. Eng.)

Santa Maria, RS, Brasil  
2022

Possebom, Gessieli  
CONCEPÇÃO DE MECANISMO DOSADOR PARA A SEMEADURA  
FLORESTAL MECANIZADA / Gessieli Possebom.- 2022.  
97 p.; 30 cm

Orientador: Airton dos Santos Alonço  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2022

1. Engenharia Agrícola 2. Eucalyptus sp. 3.  
Semeadura direta 4. Metodologia de projeto I. dos Santos  
Alonço, Airton II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Revisão: Elivélton Krummel – Marca texto Assessoria

Copyright © 2022 - Todos os direitos autorais reservados a Gessieli Possebom

É permitida a reprodução desde que citada a fonte.

Declaro, GESSIELI POSSEBOM, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

**POSSEBOM, G. Concepção de mecanismo para a semeadura florestal mecanizada.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, 2022. 100 p.

E-mail da autora: gessielip@hotmail.com

**Gessieli Possebom**

**CONCEPÇÃO DE MECANISMO DOSADOR PARA A SEMEADURA FLORESTAL  
MECANIZADA**

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Engenharia Agrícola**.

**Aprovado em 15 de setembro de 2022:**

\_\_\_\_\_  
Airton dos Santos Alonço, Dr. Eng. (UFSM)  
(Presidente/ Orientador)

\_\_\_\_\_  
Tiago Rodrigo Francetto, Dr. Eng. (UFSM)

\_\_\_\_\_  
Mauro Fernando Ferreira, Dr. Eng. (UFPel)

\_\_\_\_\_  
Ulisses Benedetti Baumhardt, Dr. Eng. (UFTocantins)

\_\_\_\_\_  
Nirlene Fernandes Cechin, Dr<sup>a</sup>. Eng. (UNIPAMPA)

Santa Maria, RS  
2022

## DEDICATÓRIA

A minha mãe **Elda**, meu suporte diário, e a minha avó **Alfonsa** (*in memoriam*),  
exemplo de força.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho ocorreu, devido especialmente ao auxílio, compreensão e apoio de diversas pessoas, às quais de antemão, agradeço. De forma especial, deixo meus agradecimentos:

À **Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)**, ao **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA)** e ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pela oportunidade de ensino de qualidade, além do apoio financeiro concedido.

Ao **Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG)** pela disponibilidade de estrutura e suporte necessário para a realização do estudo.

Ao meu orientador, Professor Dr. **Airton dos Santos Alonço**, por me proporcionar a oportunidade de seguir na pesquisa. Pela amizade construída, confiança, conselhos, paciência e por todos ensinamentos compartilhados de forma tão prestativa e dedicada.

Aos amigos e antigos colegas do LASERG, em especial à **Luana Knierim, Mayara Torres Mendonça, Rômulo Bock e Tiago Gonçalves Lopes**, por tornarem ainda melhores os dias no LASERG, pelo amparo e ajuda quando mais precisei, pelo apoio incomensurável, incentivo e companheirismo de sempre.

Aos professores **Tiago Rodrigo Francetto, Mauro Fernando Ferreira, Ulisses Benedetti Baumhardt e Nirlene Fernandes Cechim**, por aceitarem constituir banca em minha defesa.

A secretária do PPGEA, **Luciana Nunes**, por ser um exemplo de profissional, realizando seu trabalho de forma maestral para que tudo ocorra da melhor forma possível.

A parceria construída junto às empresas **Procampo e FAU**, especialmente ao **Fernando e Adriano**, por acreditarem no trabalho e generosamente auxiliarem no desenvolvimento da pesquisa. Agradeço pela disponibilidade de tempo e por toda a paciência para que o trabalho fosse realizado da melhor forma possível. Estendo os agradecimentos também, a todos os colaboradores de ambas as empresas por não medirem esforços na execução do trabalho, seja a campo ou no escritório.

A toda minha família, especialmente aos meus pais **Domingos Ary Possebom**, **Elda Maria Ferla Possebom** e **Gessica Possebom**, pelo incentivo, exemplo de força e por não medirem esforços em prol do meu bem-estar.

A todos os meus amigos, pelo apoio, conselhos e amparo nos momentos de incertezas. Sem vocês, o caminho até aqui teria sido muito mais difícil.

“Se não puder voar, corra;  
Se não puder correr, ande;  
Se não puder andar, rasteje;  
Mas continue em frente de qualquer jeito”

Martin Luther King

## RESUMO

### CONCEPÇÃO DE MECANISMO DOSADOR PARA A SEMEADURA FLORESTAL MECANIZADA

AUTORA: Gessieli Possebom  
ORIENTADOR: Airton dos Santos Alonço

O objetivo foi desenvolver o projeto informacional e conceitual de um mecanismo dosador para a semeadura florestal mecanizada, gerando uma concepção que atenda aos requisitos dos clientes e usuários do produto. A fim de embasar o desenvolvimento desse estudo, foram realizados três experimentos de análise do potencial germinativo e sobrevivência de péletes de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. urograndis*, em laboratório, viveiro e a campo. As análises laboratoriais e em viveiro demonstraram elevado índice de germinação para as três espécies. A campo, a semeadura em profundidade na área de agricultura, para as espécies *E. urophylla* e *Eucalyptus urograndis*, apresentaram índices de germinação e sobrevivência satisfatórios, ressaltando o potencial de utilização destas espécies nas condições estudadas. A partir desses resultados, iniciou-se a metodologia de projeto no Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas/LASERG- UFSM. O planejamento do projeto teve por objetivo coletar informações preliminares para o desenvolvimento do produto, o projeto informacional buscou identificar os requisitos dos clientes a partir das necessidades dos mesmos, além da definição dos requisitos e especificações de projeto e o projeto conceitual buscou os princípios de solução e seleção do mecanismo dosador proposto. Como resultado, após enfatizar a importância do estudo, os três primeiros requisitos dos clientes hierarquizados foram “Ser capaz de realizar a individualização dos péletes”, “Espaçamento entre péletes adequado” e “Depositar a semente na profundidade de 2 – 3 cm”. No projeto conceitual, a concepção gerada foi um disco dosador do tipo rolo, possuindo um alvéolo, com cavidade num formato semi-esférico, tendo como referência o diâmetro médio de 2,2mm para a função da individualização das sementes.

**Palavras-chave:** Engenharia agrícola. *Eucalyptus* sp.. Semeadura direta. Metodologia de projeto.

## ABSTRACT

### DESIGN OF DOSING MECHANISM FOR MECHANIZED FOREST SEEDING

AUTHOR: Gessieli Possebom

ADVISOR: Airton dos Santos Alonço

The objective was to develop the informational and conceptual design of a metering mechanism for mechanized forestry sowing, generating a design that meets the requirements of customers and users of the product. In order to support the development of this study, three experiments were carried out to analyze the germination potential and survival of *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* and *E. urograndis* pellets, in laboratory, nursery and field. Laboratory and nursery analyzes showed a high germination rate for the three species. In the field, deep sowing in the agricultural area, for the species *E. urophylla* and *Eucalyptus urograndis*, showed satisfactory germination and survival rates, highlighting the potential for using these species under the conditions studied. From these results, the project methodology was initiated in the Laboratory of Research and Development of Agricultural Machines/LASERG-UFSM. The project planning aimed to collect preliminary information for the development of the product, the informational project sought to identify customer requirements from their needs, in addition to the definition of project requirements and specifications and the conceptual project sought the solution principles and selection of the proposed metering mechanism. As a result, after emphasizing the importance of the study, the first three requirements of the hierarchical clients were "Being able to perform the individualization of the pellets", "Proper pellet spacing" and "Depositing the seed at a depth of 2 – 3 cm". In the conceptual project, the design generated was a roller-type metering disc, having an alveolus, with a cavity in a semi-spherical shape, having as a reference the average diameter of 2.2 mm for the function of individualization of the seeds.

**Keywords:** Agricultural engineering. *Eucalyptus sp.* Direct seeding. Project methodology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução das exportações de celulose no Rio Grande do Sul.....	21
Figura 2 - Evolução da área plantada por gênero no Rio Grande do Sul.....	22
Figura 3 - Indivíduos de <i>Eucalyptus grandis</i> em um povoamento florestal de aproximadamente 7 anos.....	23
Figura 4 - Indivíduos de <i>Eucalyptus urophylla</i> em um povoamento florestal de aproximadamente 7 anos.....	24
Figura 5 - Indivíduos de <i>Eucalyptus urograndis</i> em um povoamento florestal de aproximadamente 7 anos.....	25
Figura 6 - Sementes de <i>Eucalyptus urograndis</i> sem revestimento.....	26
Figura 7 - Péletes de <i>Eucalyptus urograndis</i> .....	28
Figura 8 - Evolução da área plantada por espécie no Rio Grande do Sul.....	29
Figura 9 - Processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.....	38
Figura 10 - PDMA, com ênfase nas fases abrangidas pelo estudo em questão.....	43
Figura 11 - Fluxo da metodologia de projeto.....	44
Figura 12 - Posicionamento dos requisitos no diagrama de Mudge.....	56
Figura 13 - Representação do QFD utilizado para hierarquização.....	57
Figura 14 - Cronograma de marcos de desenvolvimento do projeto.....	63
Figura 15 - Desdobramento dos fatores de influência no projeto.....	65
Figura 16 - Diagrama de Mudge utilizado para hierarquização dos requisitos dos usuários/clientes.....	70
Figura 17 - Respostas dos usuários em relação a dor ou desconforto na semeadura manual.....	72
Figura 18 - Hierarquização dos requisitos de projeto utilizando o QFD.....	74
Figura 19 - Semeadora manual de uma linha para hortaliças.....	78
Figura 20 - Detalhe do mecanismo dosador, tipo rolo presente na semeadora manual de uma linha para hortaliças.....	78
Figura 21 - Semeadora manual de uma linha para sementes graúdas.....	79
Figura 22- Semeadora manual de uma linha com adição de fertilizante.....	80
Figura 23 - Detalhamento da semeadora selecionada.....	81
Figura 24 - Concepção de disco dosador do tipo rolo para a semeadura mecanizada de péletes de Eucalipto, vistas em perspectivas (A e B) e detalhe do alvéolo (C).....	83
Figura 25 – Representação das vistas frontal e seção do alvéolo.....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação da rotação e rendimento do eucalipto em diferentes países.....	25
Tabela 2 - Atributos típicos de produtos industriais.....	50
Tabela 3 - Ferramentas de auxílio utilizadas na execução do projeto.....	52
Tabela 4 - Grau de importância e peso para hierarquização do diagrama de Mudge.....	56
Tabela 5 - Pesos para a relação atribuída aos requisitos no QFD. ....	58
Tabela 6 - Equipe de projeto vinculada ao desenvolvimento do projeto. ....	60
Tabela 7 - Orçamento para a execução do projeto. ....	64
Tabela 8 - Nível de importância atribuído ao desenvolvimento do estudo proposto.....	67
Tabela 9 - Necessidades dos clientes da concepção de mecanismo. ....	68
Tabela 10 - Requisitos dos clientes/usuários vinculados as necessidades originais.....	69
Tabela 11 - Diagrama de Mudge utilizado para hierarquização dos requisitos dos usuários/clientes.....	71
Tabela 12 - Requisitos do projeto de acordo com os requisitos dos usuários. ....	72
Tabela 13 - Especificações de projeto de acordo com o resultado do QFD.....	75

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Síntese comparativa entre metodologias de projeto. ....	36
Quadro 2 - Fases do processo de desenvolvimento de produto segundo diferentes autores. .....	37
Quadro 3 - Carta de projeto para o desenvolvimento de produto. ....	60

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 OBJETIVO.....	18
1.2 METAS.....	18
1.3 HIPÓTESE .....	18
1.4 CONTRIBUIÇÕES DA TESE .....	19
1.5 CONTEÚDO DA TESE .....	19
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>20</b>
2.1 PLANTIOS FLORESTAIS.....	20
2.1.1 O setor florestal.....	20
2.1.2 O gênero <i>Eucalyptus</i> .....	22
2.1.3 Sementes peletizadas.....	26
2.1.4 Implantação de povoamentos florestais com <i>Eucalyptus</i> .....	28
2.1.5 Semeadura direta .....	30
2.2 PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO .....	34
2.2.1 Metodologias de projeto .....	35
2.2.2 Planejamento do projeto.....	39
2.2.3 Projeto informacional.....	39
2.2.4 Projeto conceitual .....	41
2.2.5 Projeto preliminar e detalhado.....	41
2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	42
<b>3 METODOLOGIA DE PROJETO: DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO DE MECANISMO PARA SEMEADURA DE PÉLETES DE EUCALIPTO</b> .....	<b>42</b>
3.1 INTRODUÇÃO.....	42
3.2 METODOLOGIA.....	42
3.3 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	45
3.3.1 Atividade 1.1 – Carta de projeto .....	46
3.3.2 Atividade 1.2 – Equipe de projeto .....	46
3.3.3 Atividade 1.3 – Plano de comunicações .....	46
3.3.4 Atividade 1.4 – Declaração do escopo do projeto.....	46
3.3.5 Atividade 1.5 – Estrutura de decomposição do projeto.....	46
3.3.6 Atividade 1.6 – Riscos do projeto .....	46
3.3.7 Atividade 1.7 – Plano de entregas e marcos do projeto .....	46
3.3.8 Atividade 1.8 – Recursos do projeto .....	47
3.4 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL.....	47
3.4.1 Atividade 2.1 – Fatores de influência no projeto .....	47
3.4.3 Atividade 2.3 – Identificação das necessidades dos clientes/usuários .....	48
3.4.4 Atividade 2.4 – Identificação dos requisitos dos clientes/usuários .....	48
3.4.5 Atividade 2.5 – Estabelecimento dos requisitos do projeto .....	49
3.4.6 Atividade 2.6 – Estabelecimento das especificações de projeto .....	51
3.5 FASE 3 – PROJETO CONCEITUAL .....	51
3.5.1 Atividade 3.1 – Definição da função global .....	51
3.5.2 Atividade 3.2 – Busca de princípios de solução .....	51
3.5.3 Atividade 3.3 – Seleção e especificação do princípio de solução escolhido .....	52
3.5.4 Atividade 3.4 - Proposição e descrição da concepção .....	52
3.6 FERRAMENTAS PARA O PROJETO .....	52
3.6.1 F1 – Consulta a equipe de projeto .....	53
3.6.2 F2 – Experimento .....	53

3.6.3 F3 – Consulta a banco de dados, fornecedores e normas.....	53
3.6.4 F4 – Questionários .....	54
3.6.5 F5 – Visitas técnicas .....	55
3.6.6 F6 – Diagrama de Mudge .....	56
3.6.7 F7 – QFD.....	57
3.6.8 F8 – <i>Brainstorming</i> .....	58
3.6.9 F9 – Seleção convencional .....	58
3.6.10 F10 – Julgamento de viabilidade.....	58
<b>4 DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO DE MECANISMO PARA A SEMEADURA MECANIZADA DE SEMENTES PELETIZADAS DE <i>EUCALYPTUS</i></b>	
.....	<b>59</b>
4.1 INTRODUÇÃO.....	59
4.2 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	59
4.2.1 Atividade 1.1 – Carta de projeto .....	59
4.2.2 Atividade 1.2 – Equipe de projeto .....	60
4.2.3 Atividade 1.3 – Plano de comunicações .....	60
4.2.4 Atividade 1.4 – Declaração do escopo do projeto.....	61
4.2.5 Atividade 1.5 – Estrutura de decomposição do projeto.....	61
4.2.6 A 1.6 – Riscos do projeto .....	61
4.2.7 Atividade 1.7 – Plano de entregas e marcos do projeto .....	62
4.2.8 Atividade 1.8 – Recursos do projeto .....	64
4.3 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL.....	64
4.3.1 Atividade 2.1 – Fatores de influência no projeto .....	64
4.3.2 Atividade 2.2 – Definição de clientes/usuários .....	66
4.3.3 Atividade 2.3 – Identificação das necessidades dos clientes/usuários .....	66
4.3.4 Atividade 2.4 – Identificação dos requisitos dos clientes/usuários .....	69
4.3.5 A 2.5 Estabelecimento dos requisitos do projeto.....	72
4.3.6 A 2.6 – Estabelecimento das especificações de projeto .....	75
4.4 FASE 3 - PROJETO CONCEITUAL.....	76
4.4.1 A 3.1 – Definição da função global .....	76
4.4.2 A 3.2 – Busca de princípios de solução .....	77
4.4.3 A 3.3 – Seleção e especificação do princípio de solução escolhido.....	80
4.4.3 A 3.4 Proposição e descrição da concepção.....	82
<b>RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>86</b>
APÊNDICE A – Questionário de importância do desenvolvimento da concepção de mecanismo.....	94
APÊNDICE B – Questionário para coleta de necessidades dos clientes/usuários .....	96

## 1 INTRODUÇÃO

A implantação de povoamentos que visam ao aproveitamento econômico consolida-se gradativamente, na medida em que possibilita, um retorno econômico ao produtor. No ano de 2020, a produção primária florestal somou R\$ 23,6 bilhões no Brasil, 3,4% mais que em 2016, segundo a pesquisa Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). Do valor da produção total, os produtos madeireiros representaram 90% sendo que a madeira produzida a partir de áreas plantadas para fins comerciais cresceu 5% nesse mesmo ano.

No cenário nacional, segundo dados do último levantamento da Associação Gaúcha de Empresas Florestais (AGEFLOR, 2020), as regiões Sul e Sudeste concentram grande parte da produção florestal do país. Juntas, as duas regiões responderam por 70,6% do valor de produção nacional em 2020, impulsionadas pelo segmento de florestas plantadas.

Ainda, segundo dados do IBGE (2020), para a produção madeireira, o plantio de *Eucalyptus* e *Pinus* representou 95,8% das áreas de cultivo de florestas plantadas para fins comerciais no país. A maior representatividade é do gênero *Eucalyptus*, que somam 7,4 milhões de hectares no país em 2020, ou 80,2% do total nacional.

Apesar disso, em função da atratividade, a implantação através de mudas ocasiona demasiado custeio desta operação que, aliada a massiva escassez de mão de obra capacitada para o plantio, onera a operação. Somado a isso, os elevados custos para execução são o principal empecilho e fator motivacional a pesquisas que visem encontrar alternativas com um custo mais baixo (BELLEMO, 2017). Em estudo desenvolvido pelo Instituto Centro de Vida (ICV, 2011), o custo para implantação florestal através de mudas é mais de quatro vezes superior em comparação a utilização de sementes, para a mesma área.

Outrossim, as condições ergonômicas muitas vezes desfavoráveis, com excessivo deslocamento, por vezes realizado com cargas acima dos limites estabelecidos por normas, associado às posturas inadequadas que podem apresentar uma elevada repetitividade, são capazes de ocasionar no agravamento das dores e desconfortos dos trabalhadores (FIEDLER, VENTUROLI E MINETTI, 2006; FIEDLER, et al. 2007; VOSNIAK, 2009; POSSEBOM et al. 2016). Estas são algumas das

condições que exercem influência sobre o fato de o produtor optar pelo uso de sementes.

Entretanto, o uso de sementes de espécies nativas, apresenta inúmeros benefícios inerentes ao uso de variedades adaptadas as condições locais (HÜLLER, 2011; SANTOS, 2012; MARIANO, 2012). Por outro lado, a irregularidade no crescimento em decorrência do uso de matrizes sem melhoramento genérico representa uma incerteza no que concerne à produtividade e, conseqüentemente, ao retorno econômico. Ainda, a heterogeneidade das sementes restringe o plantio manualmente ou a lanço, o que eleva a quantidade de sementes e, conseqüentemente, o custo de implantação.

Em vista disso, o uso do *Eucalyptus* se destaca. Este fato está relacionado à reduzida idade de corte (entre 5 e 7 anos), a baixa exigência nutricional em comparação a outras arbóreas, a forma do tronco homogênea, favorecendo a utilização da madeira para fins comerciais, a alta densidade da madeira e composição química condizente com as exigências da indústria de celulose e papel, além de elevada capacidade de rebrota que permite o manejo da espécie por mais de um ciclo (AGEFLOR, 2016).

Entretanto, como já mencionado, a implantação de povoamentos florestais com esta espécie, ocorre unicamente com o transplântio de mudas, previamente produzidas em viveiros, sendo inexpressivos os estudos relacionados à resposta dos péletes de sementes de *Eucalyptus* em campo.

O principal entrave decorre do reduzido tamanho das sementes, o que pode ter influência direta na germinação e desenvolvimento a campo (DOUST, ERSKINE E LAMB, 2006; FERREIRA et al. 2009; SANTOS, 2012). Contudo, se forem estabelecidas condições mínimas capazes de favorecer o desenvolvimento e viabilizar a germinação dessas sementes, torna-se mais uma alternativa viável para o estabelecimento de plantios florestais.

Além disso, quando em condições topográficas favoráveis, a semeadura direta mecanizada possibilitaria ainda a otimização do tempo de implantação, em comparação ao processo manual; a redução do custo inicial de implantação, uma vez que ocorreria a substituição de mudas por sementes; a redução da necessidade de mão de obra e, conseqüentemente, do custo envolvido, concomitantemente à uniformização da distribuição das sementes.

Contudo, a principal dificuldade refere-se ao inexistente sistema preciso de semeadura mecanizada, que seja capaz de dosar essas sementes de tamanho reduzido, o que evitaria o conseqüente desperdício. Portanto, este trabalho parte do pressuposto de que é possível o desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a semeadura florestal mecanizada que seja capaz de aliar a otimização do processo, além de possibilitar melhores condições ergonômicas.

### **1.1 OBJETIVO**

O presente estudo tem como objetivo desenvolver o projeto informacional e conceitual de um mecanismo para a individualização de péletes de eucalipto e conseqüente semeadura florestal mecanizada.

### **1.2 METAS**

- Realizar testes germinativos em laboratório e testes de emergência em viveiro e no campo a fim de avaliar o potencial dos péletes das sementes perante a semeadura direta;
- Identificar as necessidades dos clientes relacionadas ao processo de semeadura florestal, abrangendo as técnicas, os procedimentos, os equipamentos, dentre outros itens que estão relacionados com a eficácia da operação;
- Identificar os fatores do projeto que podem ser relacionados com a ergonomia e que contemplem as leis, as normas e as diretrizes, como também as questões inerentes à usabilidade, à segurança e ao conforto.
- Desenvolver um projeto de mecanismo que apresente a satisfatória capacidade operacional.

### **1.3 HIPÓTESE**

A partir dos problemas existentes relacionados ao assunto e, após serem expostos os objetivos, geral e específicos, é possível definir a hipótese central como segue:

“Se na implantação de povoamentos florestais busca-se conceitos de máxima eficiência e otimização de processos, mas ainda não foi projetado um mecanismo específico para a semeadura mecanizada, então, o projeto de um mecanismo designado para esse fim, em suas fases informacional e conceitual, possibilitará uma melhoria em termos materiais e humanos e, contribuirá para o melhor rendimento operacional na execução desse processo produtivo.”

#### **1.4 CONTRIBUIÇÕES DA TESE**

Este estudo apresenta as seguintes contribuições:

- Contribuir para um sólido embasamento em relação ao *Eucalyptus sp.*, especialmente no que diz respeito a germinação de sementes e sobrevivência de plântulas quando submetidas a análises laboratoriais, em viveiro e em diferentes condições de campo;
- O desenvolvimento de um mecanismo para semeadura direta mecanizada desses péletes de sementes de *Eucalyptus*, em suas fases informacional e conceitual, com detalhes em restrições, necessidades dos usuários, requisitos de projeto e princípios de solução, a fim de oferecer aos projetistas pormenores para a possível execução ou seguimento do projeto;
- A partir das propostas das concepções, possibilitar a otimização do processo de semeadura, apresentando uma alternativa viável para as áreas passíveis de mecanização.

#### **1.5 CONTEÚDO DA TESE**

O conteúdo da tese foi estruturado em oito tópicos, os quais são descritos a seguir:

1 INTRODUÇÃO: Constituinte desse segmento, foi apresentada uma contextualização geral da tese com vistas a abranger o problema de pesquisa. Posteriormente são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos, a hipótese e finalizando a estrutura da tese, aqui exposta.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. A fim de embasar o desenvolvimento da tese, neste tópico são abordados conceitos de plantios florestais, o setor florestal, o gênero *Eucalyptus* e sua relação com a implantação de povoamentos florestais e o processo

de semeadura direta. Ainda é exposto o viés da metodologia de projeto de desenvolvimento de produto, abrangendo as fases de planejamento, projeto informacional e projeto conceitual.

3 METODOLOGIA DE PROJETO: Apresenta-se a metodologia de projeto a ser utilizada no desenvolvimento da concepção do mecanismo para a semeadura de péletes de sementes de *Eucalyptus*, descrevendo o planejamento do produto, o projeto informacional e projeto conceitual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO: Apresenta-se o desenvolvimento do projeto do produto, com a aplicação da metodologia proposta.

5 CONCLUSÕES: Apresenta-se as conclusões da tese, com base no desenvolvimento e resultados obtidos ao longo do desenvolvimento do trabalho.

6 RECOMENDAÇÕES FUTURAS: Apresenta-se as recomendações para futuros trabalhos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS: Apresenta-se as referências utilizadas para o desenvolvimento deste trabalho.

8 APÊNDICES: Apresenta-se os apêndices utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Este tópico visa abranger especialmente dois aspectos gerais de fundamental importância para este trabalho: plantios florestais, conceitos, sua relação com a semeadura direta, bem como, os fatores influenciadores desse processo; e definições pertinentes ao projeto de desenvolvimento de produto.

### **2.1 PLANTIOS FLORESTAIS**

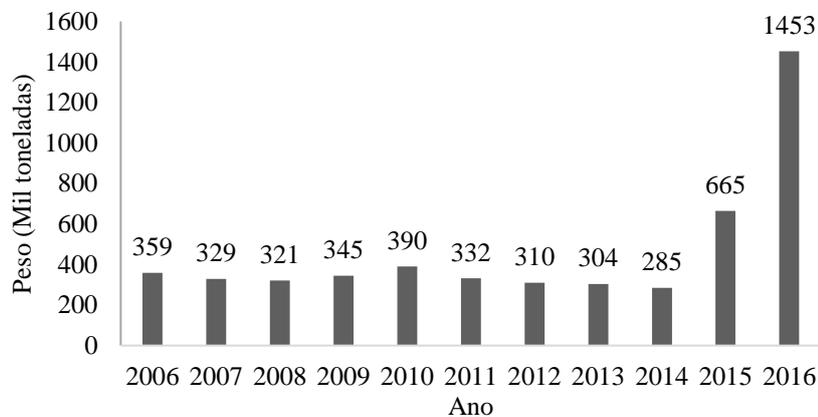
#### **2.1.1 O setor florestal**

Até 2050, o consumo de madeira no planeta deve triplicar e o mundo precisa plantar árvores como recurso renovável para enfrentar o desafio de demanda crescente. Madeiras originadas de povoamentos comerciais vêm aumentando a sua participação no consumo, em um movimento oposto ao que ocorre com as florestas nativas. Florestas plantadas têm o importante papel de reduzir a pressão sobre ambientes naturais e

contribuir para a redução das emissões de gases causadores do efeito estufa e no sequestro de carbono (AGEFLOR, 2017).

No Rio Grande do Sul (RS), a indústria de base florestal constitui uma atividade responsável por 4% do Produto Interno Bruto (PIB) estadual, sendo geradora de 7% dos empregos, 3% da arrecadação de impostos e 2% do valor de venda dos produtos florestais exportados. No ano de 2016, as exportações do setor de base florestal do RS apresentaram crescimento de 49,2% em relação a 2015, cuja taxa é devido a resina, painéis, e principalmente a celulose (Figura 1).

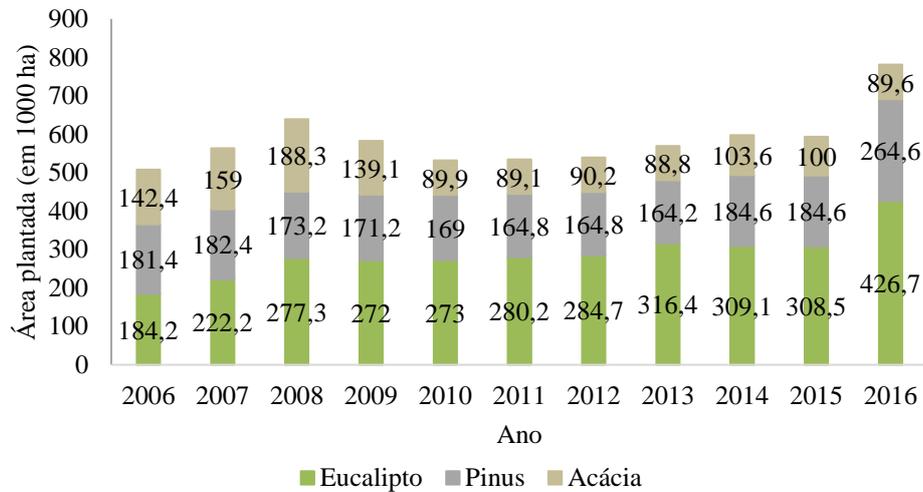
Figura 1 - Evolução das exportações de celulose no Rio Grande do Sul.



Fonte: SECEX, FEE/Adaptado: RDK Logs- 2017.

Ainda segundo a AGEFLOR, no RS existem aproximadamente 780,9 mil hectares cultivados com florestas plantadas, o que corresponde a 2,7% dos 28,2 milhões de hectares do território gaúcho. Deste total, os plantios de eucalipto representavam, em 2016, 54,6%, enquanto que o pinus e a acácia representam 33,9% e 11,5%, respectivamente. Na Figura 2 é possível observar a evolução da área plantada com as principais espécies, corroborando a melhor representatividade do gênero *Eucalyptus*.

Figura 2 - Evolução da área plantada por gênero no Rio Grande do Sul.



Fonte: AGEFLOR/Adaptado: RDK Logs – 2017.

### 2.1.2 O gênero *Eucalyptus*

O *Eucalyptus* é uma Angiospermae, pertencente à família botânica *Myrtaceae*. Popularmente conhecido por eucalipto, é originário da Austrália, onde cobre 90% da área do país, formando densos maciços florestais. São mais de 700 espécies reconhecidas botanicamente, com elevado número também de híbridos. Dentre as espécies, o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*, além do híbrido *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) são as principais espécies plantadas em climas tropicais e subtropicais, como a região Sul do país (SBS, 2006).

O *Eucalyptus grandis* (Figura 3) é uma árvore capaz de atingir de 45 a 55 m de altura e de 1,2 a 2 m de diâmetro a altura do peito (DAP). A densidade básica da madeira é de 0,700 a 0,800 g/cm<sup>3</sup>, com característica de ser facilmente trabalhada. Utilizada intensivamente, na Austrália e na República Sul Africana, como madeira de construção, quando oriunda de plantações de ciclo longo. Apesar do excelente crescimento, normalmente sua madeira apresenta problemas de empenamento, contrações e rachaduras do desdobro, aspectos que levam a menor utilização para serraria (FERREIRA, 2019).

Figura 3 - Indivíduos de *Eucalyptus grandis* em um povoamento florestal de aproximadamente 7 anos.



Fonte: CMPC, 2019.

O *Eucalyptus urophylla* (Figura 4), é considerado desde 1986 em estudo desenvolvido por Rodrigues; Vastano Júnior; Silva, como a espécie (dentre as inúmeras do gênero introduzidas no Brasil) que apresenta a maior estabilidade genética em todas as áreas onde foi testada. É considerada como uma das espécies de maior potencial para reflorestamento devido a seu crescimento em quase todo o Brasil. A espécie tem se mostrado resistente a alguns fungos causadores de ferrugem, sendo esta considerada uma importante característica atrativa da espécie. Sua madeira tem densidade mediana e cor clara, com cerne de rosa a marrom e pode ser utilizada para fabricação de celulose, painéis de fibras, serraria, postes, dormentes e carvão.

Figura 4 - Indivíduos de *Eucalyptus urophylla* em um povoamento florestal de aproximadamente 7 anos.



Fonte: CMPC, 2019.

As características atrativas dos diferentes gêneros impulsionam o desenvolvimento de híbridos. Segundo Lopes (2009), o híbrido *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*) (Figura 5), apresenta as condições básicas essenciais para desenvolvimento no Brasil e absorve menos água do solo quando comparado a muitas espécies nativas no Brasil. Ainda, segundo o mesmo autor, esses aspectos potencializam o uso do eucalipto, sendo este recomendado para recuperar solos erodidos e degradados como os de pastos e campos que perderam sua cobertura vegetal há muitos anos.

Para Ferreira (2019), a utilização do híbrido *urograndis* abrange aspectos de crescimento e desenvolvimento essenciais oriundos do *E. grandis* e a resistência a condições extremas, do *E. urophylla*, tornando-se uma espécie extremamente promissora para plantios florestais.

Figura 5 - Indivíduos de *Eucalyptus urograndis* em um povoamento florestal de aproximadamente 7 anos.



Fonte: CMPC, 2019.

No Brasil, independente da variedade, a madeira de eucalipto produzida em ciclos curtos é utilizada para diversos fins, como lenha, carvão, móveis, caixotaria, construções, fabricação de dormentes, serraria e laminação. Entretanto, a adaptação diferenciada do eucalipto na região Sul, fez o gênero se destacar no cenário de espécies produtoras de celulose. O tempo de rotação reduzido quando em comparação a espécies utilizadas em demais países como África do Sul, Chile, Portugal e Espanha, associado a produtividade elevada, potencializam o uso do eucalipto para esse fim (Tabela 1).

Tabela 1 - Comparação da rotação e rendimento do eucalipto em diferentes países.

<b>Espécie</b>	<b>País</b>	<b>Rotação (anos)</b>	<b>Produtividade (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>)</b>
<i>Eucalyptus sp.</i>	Brasil	7	44
<i>Eucalyptus sp.</i>	África do Sul	8 a 10	20
<i>Eucalyptus sp.</i>	Chile	10 a 12	25
<i>Eucalyptus sp.</i>	Portugal	12 a 15	12
<i>Eucalyptus sp.</i>	Espanha	12 a 15	10

Fonte: BRACELPA, 2011.

Na forma natural, as sementes de eucaliptos apresentam dimensões reduzidas (média de 0,5 mm), o que dificulta o controle do número de sementes depositadas para semeadura (Figura 6). A utilização de semente em excesso, resulta em excedente também de plântulas nas embalagens e gera a necessidade de raleio,

elevando os custos de produção em função da mão de obra, além do desperdício de sementes (CIAVATTA, SILVA E SIMÕES, 2014).

Figura 6 - Sementes de *Eucalyptus urograndis* sem revestimento.



Fonte: MF Rural, 2019. Escala: 1 cm

Na tentativa de evitar esses desperdícios, o uso de peletização de sementes vem sendo utilizado. Devido à importância atribuída a esse processo, no tópico a seguir é apresentada uma abordagem exclusivamente em relação a esse tema.

### **2.1.3 Sementes peletizadas**

Por peletização entende-se o revestimento de sementes com material seco e rígido, visando torná-las maiores, sem aspereza e sem deformações, facilitando o seu manuseio. Esse termo não faz parte oficialmente do dicionário da língua portuguesa, mas é popularmente conhecido como sementes pelotizadas, bolotizadas ou piluladas, que seriam os corretos, mas não são utilizados; pois esta denominação é adaptada do inglês (LOPES E NASCIMENTO, 2012).

O interesse crescente por sementes peletizadas se baseia principalmente na técnica de semeadura de precisão, sendo que os estudos se concentram em

sementes de hortaliças e leguminosas. No eucalipto, sementes revestidas ou peletizadas facilitam a manipulação e reduzem custos, pela eliminação dos desbastes e pelo aproveitamento de um número muito maior de sementes, uma vez que permite sua individualização. Além disso, pode aumentar a viabilidade das sementes, por agregar aditivos capazes de favorecer a germinação (SANTOS, 2016).

Segundo Pereira et al. (2011), o custo de sementes peletizadas é superior às não revestidas, porém as vantagens associadas a peletização favorecem o uso e custo-benefício. Dentre eles se destacam a redução ou eliminação da operação de desbaste, a rapidez e eficiência de semeadura, a possibilidade de se utilizar semeadoras de precisão e a redução dos impactos que as sementes sofrem durante a semeadura.

A facilidade de semeadura, é tido por Silva, Santos e Nascimento (2002) considerada como o diferencial do processo, pois em estudo desenvolvido pelos autores, para semear manualmente as sementes peletizadas, os operários gastaram o tempo médio de 2:12 minutos por bandeja, e 3:42 minutos para semear sementes nuas<sup>1</sup>, o que corresponde a um gasto a mais de 68% de mão-de-obra. Observou-se ainda, naquelas bandejas semeadas com sementes nuas, que algumas células continham mais de uma semente, o que é um aspecto negativo, pois além de um maior gasto de sementes há a necessidade de se realizar, posteriormente, o desbaste nas células com mais de uma plântula.

Em espécies florestais, várias pesquisas envolvem a peletização de nativas, a exemplo do estudo desenvolvido por Oliveira et al. (2010) com *Schizolobium amazonicum*, *Enterolobium contortisiliquum* e *E. schomburgkii*, Pozitano (2011) utilizando *Senna macranthera*, Nascimento (2011) com *Guazuma ulmifolia*, Montanhim (2013) com *Bowdichia virgilioides* e, Rosso (2013) com *Mabea fistulifera*.

Com relação ao uso de peletização em sementes florestais de espécies exóticas, especificamente o eucalipto, essa técnica é comumente observada pois as suas sementes além de diminutas, apresentam uma alta qualidade genética e um elevado valor, entretanto vinculado unicamente a utilização destes péletes para a

---

<sup>1</sup> Nesse estudo, os autores avaliaram o desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. Para tal, os autores verificaram que para semear manualmente uma bandeja de 128 células, utilizando sementes peletizadas, os operários gastaram em média 2 minutos e 12 segundos. Em contrapartida, gastaram 3 minutos e 42 segundos para semear sementes nuas, o que correspondeu a um gasto a mais de 68% de mão-de-obra.

produção de mudas (WALKER et al. 2011). Na Figura 7 estão apresentadas as sementes peletizadas com dimensões de aproximadamente 2mm.

Figura 7 - Péletes de *Eucalyptus urograndis*.



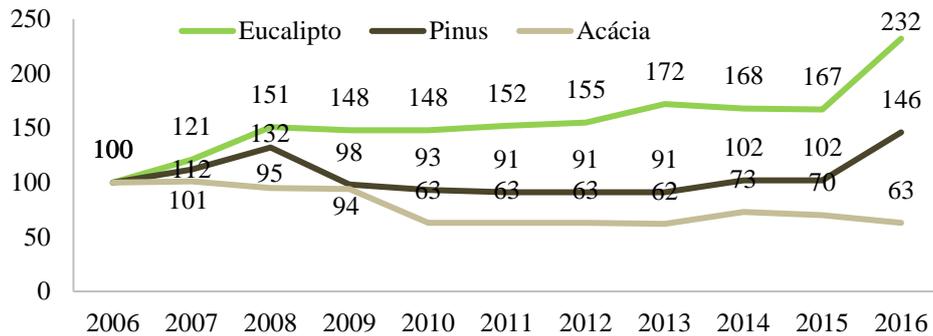
Fonte: Autor.

Dessa forma, apesar do intenso uso de péletes de eucalipto para produção de mudas, a literatura carece de estudos que relacionem e avaliem a germinação e o estabelecimento de povoamentos florestais provenientes desses produtos. Muito se discute o desenvolvimento de mudas em viveiros e a campo, porém é inexpressivo a relação direta com as sementes, bem como a viabilidade destas, tornando-se uma real necessidade de pesquisa.

#### **2.1.4 Implantação de povoamentos florestais com *Eucalyptus***

Nos últimos dez anos a área plantada com eucalipto apresentou crescimento, grande diferencial em relação ao pinus cuja área manteve estável e a acácia que apresentou redução da área de produção, conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8 - Evolução da área plantada por espécie no Rio Grande do Sul.



Fonte: AGEFLOR/Adaptação RDK Logs, 2017.

A implantação de povoamentos florestais com vistas ao retorno econômico, de modo mais específico em relação a utilização do eucalipto, comumente ocorre pelo plantio de mudas. Alvarenga (2004) afirma que o plantio de mudas é o método mais utilizado para implantação de florestas no Brasil. As principais vantagens são a garantia da densidade de plantio, alta sobrevivência, e espaçamento regular obtido, o que facilita os tratamentos silviculturais.

Castro (2013) afirmou de estudar a estratégia de sombreamento, utilizou um consórcio entre mudas e sementes na implantação florestal. Essa técnica reduziu custos, por economizar mudas, além de redução de operações de transplante e, como consequência, houve a redução do custo total final.

Bellemo (2017), ao realizar a semeadura direta em uma densidade estimada de 1.820 indivíduos/ha, obteve um custo de R\$ 1.793,57 por hectare, valor inferior ao estimado por Brancalion, Gandolfi e Rodrigues (2015) de R\$6.441,50 a R\$ 10.080,65 ha<sup>-1</sup>, referente aos custos para implantação e manutenção inicial por plantio tradicional, na densidade de 1.666 indivíduos ha<sup>-1</sup> (espaçamento 3,0m x 2,0m) com tecnologia em área mecanizável.

Entretanto, para Coelho (2010), onde se espera uma rapidez maior na instalação da floresta, sem considerar profundamente os custos de implantação, o mais indicado é o plantio convencional de mudas florestais, principalmente se for baseado no modelo de sucessão secundária.

Ao comparar diferentes técnicas de implantação florestal no Cerrado, Cava et al. (2016) recomendam o uso da semeadura direta em linha para restauração florestal ativa, pois dentre as vantagens, apresentou menor custo de implantação (R\$ 2.100 ha<sup>-1</sup>), em relação ao plantio de mudas (R\$ 3.300 ha<sup>-1</sup>), com a densidade de indivíduos semelhantes.

### 2.1.5 Semeadura direta

A semeadura direta é um processo pelo qual as sementes são distribuídas diretamente no campo (ALVARENGA, 2004) e, foi a primeira técnica artificial utilizada para implantar florestas.

Diversos estudos estão sendo realizados na tentativa de viabilizar a técnica da semeadura direta, tanto na recuperação de sistemas degradados, como para povoamentos com fins econômicos, com espécies arbóreas nativas e exóticas. A exemplo: Brum et al. (1999); Mattei et al. (2001); Finger et al. (2003) com o uso de *Pinus*, Pompéia et al. (1989) em estudo para recuperação de encostas degradadas e, Santos Júnior (2000); Ferreira (2002); Almeida (2004), na implantação de matas ciliares.

Outros trabalhos relacionados a técnica de semeadura direta e que merecem destaque são os de Engel, Parrota (2001); Camargo, Ferraz e Imakawa (2002); Mattei e Rosenthal (2002); Almeida (2004); Alvarenga (2004); Meneghello e Mattei (2004); Santos Júnior et al. (2004); Araki (2005); Malavasi et al. (2005); Carrasco et al. (2007); Ferreira et al. (2007); Soares (2007); Ferreira et al. (2009); Malavasi et al. (2010).

Em estudo desenvolvido por Araki, (2005), o método de semeadura direta se apresenta, segundo o autor, como uma alternativa promissora de implantação de povoamentos florestais, especialmente em relação a facilidade de aplicação e reduzido custo, mas ressalta a necessidade e relevância de aprimoramento para otimizar seu uso.

Isernhagen (2010); Cole (2011); Aguirre (2012); Castro (2013); Brancalion, Gandolfi e Rodrigues (2015), corroborando com o estudo de Araki (2005), concluíram que a semeadura direta é uma técnica de suma importância para a implantação florestal, sendo que quando executada nas melhores condições de espécie e solo, apresenta-se como uma ferramenta extremamente viável. Segundo Mariano (2012), o interesse na utilização deste método é devido a uma série de vantagens, dentre elas, o fato de se evitar as operações de viveiro e mão de obra envolvida nesse processo.

A atratividade da semeadura direta se relaciona, ainda, ao êxito no estabelecimento de espécies com dificuldade para se produzir mudas, à facilidade de transporte e armazenamento, disponibilidade imediata para uso, possibilidade de mecanização das atividades de semeadura, além da possibilidade do crescimento e

desenvolvimento dos indivíduos ocorre de forma natural, sem as limitações de crescimentos impostas por recipientes e melhor adaptada às condições de degradação da área, em relação aos indivíduos transplantados como mudas ou estacas (FLORES-AYLAS, 1999; ENGEL E PARROTTA, 2001; MINAMI, 2010; COLE et al. 2011; BRANCALION, GANDOLFI E RODRIGUES, 2015).

Segundo Cole et al. (2011), as vantagens da sementeira direta estão além das facilidades de implantação, trata-se de uma técnica viável economicamente. Em estudo desenvolvido pelo autor, os custos estimados (sem considerar custo de manutenção) para o plantio de mudas desenvolvidas em viveiros nos mesmos locais de plantio foram 10 vezes mais altos e de 10 a 30 vezes superiores após o acréscimo dos custos de manutenção, variando dependendo dos objetivos do plantio e tipo de vegetação inicial existente na área.

Corroborando com essa afirmação, dentre os métodos de propagação para 160 espécies arbóreas testadas pela Mineração do Rio do Norte na área de recuperação das minas, o método de sementeira direta foi o que apresentou o menor custo e foi considerado o mais adequado para 21% das espécies estudadas, pois apresentou taxas de sobrevivência acima de 75% (PARROTTA E KNOWLES, 2008).

Em outro estudo, Camargo, Ferraz e Imakawa (2002) testaram a sementeira direta como técnica de recuperação em sítios com diferentes graus de distúrbios: solos desnudos, pastagem, florestas secundárias e florestas maduras na Amazônia Central, e concluíram que a germinação foi diferente de acordo com o sítio e a espécie, além das sementes apresentarem particularidades quanto ao sistema de sementeira utilizado (a lanço ou em profundidade).

A sementeira a lanço ou em superfície consiste no espalhamento das sementes sobre a área a ser implantada. A rapidez do processo e o baixo custo são as principais vantagens, mas apresenta também falta de controle da densidade de plantio e predação de sementes em grande quantidade (BARNETT E BAKER, 1991). Segundo Silva et al. (2012), esse método é menos eficiente, pois estando as sementes na superfície do solo, a germinação e o estabelecimento de plântulas são dificultados. Doust, Erskine e Lamb (2006), avaliando diversos tratamentos de sementeira para recuperação de florestas tropicais na Austrália, constataram que o método de sementeira em superfície foi ineficaz, resultando em baixo estabelecimento e desperdício de sementes.

Na sementeira em profundidade, ocorre a deposição da semente no sulco e posterior recobrimento. Segundo Brant (2015) e Santos (2015), a taxa de emergência das sementes de espécies de recobrimento é influenciada pela profundidade de sementeira, com percentuais mais elevados na sementeira de 0,5 a 2 cm, quando em comparação a profundidade de 4 a 7 cm.

Doust, Erskine e Lamb (2006), ao avaliar diferentes técnicas de sementeira, concluíram que os tratamentos em que as sementes foram semeadas em profundidade apresentaram maiores taxas de estabelecimento quando em comparação as semeadas na superfície, indicando que a condição de sementeira em profundidade favorece as condições de germinação por manipular as características físicas básicas do solo.

Cava et al. (2016), ao comparar diferentes técnicas para restauração em pastagens abandonadas no Cerrado, recomenda o uso da sementeira direta em linha, pois apresentou densidade de indivíduos condizentes com o objetivo proposto, rápida cobertura do terreno e, menor custo de implantação (R\$ 2.100,00 ha<sup>-1</sup>), em relação ao plantio de mudas (R\$ 3.300,00 ha<sup>-1</sup>).

Entretanto, para Chazdon (2016), áreas de pastagens abandonadas podem persistir dominadas por gramíneas por muitos anos, resultando em uma densa camada de cobertura, sendo uma barreira para o estabelecimento de novos indivíduos, pressupondo a necessidade de preparo prévio da área anteriormente ao processo de sementeira.

Para Almeida (2004) a sementeira em profundidade apresenta vantagem na germinação e, quando realizada de forma mecanizada, a eficiência, especialmente em solos com boa drenagem, é ainda maior. Um dos grandes problemas para a realização da sementeira mecanizada de espécies florestais, quando se trabalha com diferentes espécies, é o fato de que elas possuem sementes de formatos e tamanhos distintos.

A heterogeneidade de sementes pode ser observada ainda dentro da mesma espécie, especialmente em arbóreas nativas provenientes de matrizes sem melhoramento genético, o que torna incerto o estabelecimento do povoamento florestal, uma vez que a taxa de germinação dessas espécies muitas vezes, é reduzida.

Para sementeira direta de *Senna multijuga*, *G. ulmifolia* e *C. floribundus* (três espécies nativas) Bellemo (2017) evidenciou taxa de germinação de 4%, 58% e 61%,

respectivamente, em condições de laboratório. Segundo o mesmo autor, o reduzido percentual de germinação pode ser devido a menor qualidade e viabilidade das sementes, uma vez que não passam por estágios de melhoramento genético. O uso dessas espécies indica a necessidade de densidade de semeadura superior, elevando os custos de implantação e retrabalho, reduzindo a eficiência.

Para Figueiredo et al. (2011) ao estudar o efeito das variações biométricas no desenvolvimento inicial de eucalipto em campo, foi evidenciado que o aumento da porcentagem de sobrevivência das plântulas decorre em mudas provenientes de sementes de melhor padrão de qualidade. Da mesma forma, para Ataíde et al. (2010) o aumento da porcentagem de sobrevivência das mudas de eucalipto em campo e as maiores taxas de crescimento iniciais decorrem do uso de sementes de alta qualidade em viveiro.

A seleção de sementes de alta qualidade para a semeadura direta é de fundamental importância para assegurar a germinação e a sobrevivência em campo, pois estas estarão sujeitas a condições ambientais estressantes como condições climáticas desfavoráveis, exposição a patógenos e predadores como formigas cortadeiras e animais roedores (BALANDIER et al. 2009). Outros fatores, como o tamanho das sementes e condições de solo (umidade, textura, relevo), também influenciam no sucesso da semeadura direta (FERREIRA et al. 2009; BRANCALION et al. 2010).

Outro fator importante para o desenvolvimento das plantas na semeadura em profundidade, é a água. Por ser o principal constituinte dos vegetais, uma redução no teor de água no solo pode causar danos drásticos no metabolismo da planta (TAIZ, ZEIGER, 2004), além de redução do crescimento e a morte (LOPES, 2009).

A deficiência hídrica pode afetar a germinação, o vigor das plântulas, o crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando na diminuição do desenvolvimento da área foliar, afetando a produção final do povoamento florestal (MARCOS FILHO, 2005; YAMASHITA et al. 2009; GHADERI- FAR et al. 2010 e NASCIMENTO, 2011).

Martins, Pereira e Lopes (2014), ao avaliar a germinação de cinco variedades de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. urophylla*, *E. grandis* e *E. robusta*), sob estresse hídrico e salino, observaram que houve acréscimo de germinação com a disponibilidade hídrica, favorecendo a implantação florestal e o desenvolvimento de povoamentos nessas condições.

Dessa forma, há a necessidade de melhores informações sobre os tipos de ambiente e os estádios sucessionais em que a semeadura direta pode ser efetivamente aplicada (COLE et al. 2011), bem como, da análise as situações em que o uso deste método seja viável (FERREIRA, 2002; SANTOS JÚNIOR, 2004).

## **2.2 PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO**

Devido ao presente estudo abordar o desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a semeadura mecanizada de sementes florestais, mais especificadamente, péletes de eucalipto. Desta forma, inicialmente se faz necessário abordar alguns conceitos relacionados ao desenvolvimento de produto.

Os projetos, de modo geral apresentam cinco características básicas (PMI, 2004), sendo elas:

- a) Temporários: projetos são temporários porque possuem início e fim bem definidos, entretanto, isso não significa que sua duração é curta, muitos deles duram vários anos. Uma pessoa ou organização chega ao fim de um projeto quando seus objetivos são alcançados ou quando se torna claro que esses objetivos não serão ou não poderão mais ser atingidos.
- b) Únicos: um projeto pode ser chamado de único porque seu resultado sempre será exclusivo, mesmo que tal produto ou serviço já tenha sido desenvolvido uma infinidade de vezes.
- c) Planejados, executados e controlados: Independentemente do tamanho do que será feito, tudo exige planejamento, execução e controle.
- d) Restringidos: todo projeto tem restrições de tempo, de custos e de pessoal. A complexidade da gestão de projetos vem justamente do fato de se ter que lidar, da melhor forma possível, com essas restrições.
- e) Executados por pessoas: independente da finalidade requerida, os projetos necessitam de equipe de profissionais para serem executados.

Dentro da engenharia, o projeto é considerado um processo sistemático, no qual os engenheiros aplicam seus conhecimentos científicos para construir máquinas, equipamentos ou processos, cujas funções atendam aos requisitos técnicos e restrições estabelecidas pelas necessidades dos usuários (RODRIGUES et al. 2015).

Roosenburg e Eekels (1995), citados por Reis (2003), definem o processo de projeto de produtos como um processo mental orientado, no qual problemas são

analisados, objetivos são definidos e ajustados, propostas de solução são desenvolvidas e a qualidade destas são medidas.

De acordo com Pahl e Beitz (1988), os projetos podem ser classificados em três tipos: projeto original, projeto adaptativo e projeto de variantes. Projeto original é aquele que envolve a elaboração de princípio de solução original para um sistema; projeto adaptativo adapta-se a sistemas conhecidos com a intenção de mudar as tarefas para as quais foram inicialmente projetados, mantendo os princípios de solução; o projeto de variante varia conforme o tamanho ou o arranjo de certos aspectos de um sistema escolhido, a função original e o princípio de solução do sistema não mudam.

Segundo Santos e Forcellini (2003), o desenvolvimento de produtos é o processo pelo qual uma organização transforma as informações técnicas em informações para a fabricação de um produto comercial. O processo de desenvolvimento do produto é onde todo o conhecimento individual, grupal e organizacional é consolidado e transformado em ação até a materialização em produto final, correspondente à fase de concepção até a comercialização deste.

Este produto, de acordo com Ferreira (1997), é projetado numa evolução sistemática de modelos, onde um mais detalhado e concreto substitui outro mais simples e abstrato, até a viabilização física do objeto projetado.

Dessa forma, metodologias de projeto são empregadas para o desenvolvimento de projetos com o objetivo de fornecer subsídios para a seleção da mais indicada aos objetivos deste trabalho.

### **2.2.1 Metodologias de projeto**

Alonço (2004), faz referência ao que compreende a metodologia de projeto e aponta que se constitui de determinados procedimentos que orientam os projetistas, passo a passo, sobretudo as formas pelas quais procedem, bem como os recursos que devem ser utilizados para auxiliar em determinados tipos de problemas de projeto. Ademais, entende-se que esses modelos são usualmente apresentados na forma de fluxogramas das atividades de projeto, identificando o “o que” os projetistas devem fazer, desde a identificação do problema até a documentação final do produto.

Várias metodologias de projeto são encontradas na literatura e proporcionam melhorias que servem de estrutura básica aos projetistas. Embora cada uma apresente suas especificidades, de uma forma geral, elas são bastante similares.

Normalmente, as diferenças ocorrem na terminologia empregada pelos autores e no detalhamento das fases do processo de projeto (OGLIARI, 2007).

O Quadro 1, elaborada por Alonço (2004), traz uma síntese de modelos propostos por: Back (1983), Ullman (1992), Pahl e Beitz (1996) e Hubka e Eder (1996), enquanto o Quadro 2 apresenta a visão de diferentes autores para as fases do processo de desenvolvimento de produto, retratada por Romano (2003).

Quadro 1 - Síntese comparativa entre metodologias de projeto.

	PROJETO INFORMACIONAL	PROJETO CONCEITUAL	PROJETO PRELIMINAR	PROJETO DETALHADO
Autor	BACH (1983)			
Fases	Estudos de viabilidade		Projeto preliminar	Projeto detalhado
Saídas	Conjunto de soluções possíveis		Solução otimizada	Descrição do produto
Autor	ULLMAN (1992)			
Fases	Planejamento e desenvolvimento de especificações	Projeto conceitual	Projeto de produto	
Saída	Especificações de projeto	Concepções	Produto final	
Autor	PAHL; BEITZ (1996)			
Fases	Planejamento e desenvolvimento da tarefa	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Projeto detalhado
Saída	Lista de requisitos	Concepção do produto	Leiaute definido do produto	Documento do produto
Autor	HUBKA; EDER (1996)			
Fases	Elaboração do problema atribuído	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Detalhamento
Saída	Especificações do projeto	Estrutura de órgãos concepção	Leiaute dimensional	Descrição do sistema técnico

Fonte: Alonço, 2004.

Quadro 2 - Fases do processo de desenvolvimento de produto segundo diferentes autores.

AUTORES	FASES						
	ELABORAÇÃO DO PROJETO				IMPLEMENTAÇÃO		
	1	2	3	4	5	6	7
Baxter (1998)	Especificação do projeto	Projeto conceitual	Projeto de configuração	Projeto detalhado	Projeto para fabricação		
Magrab (1997)	Definição do produto	Geração de projetos viáveis	Avaliação dos projetos	Projeto do produto e do processo	Manufatura e montagem		
Pahl e Beitz (1996)	Clarificação da tarefa	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Projeto detalhado			
Hubka e Eder (1996)	Definição do problema	Projeto conceitual	Projeto preliminar	Detalhamento	Protótipo e testes		
Clausing (1995)	Conceito		Projeto		Preparação	Produção	
Ulrich e Eppinger (1995)	Desenvolvimento do conceito		Projeto nível de sistema	Projeto detalhado	Teste e melhorias	Produção e lançamento	
Schulmann (1994)	Estudos preliminares	Criação	Execução tridimensional (modelos)	Realização (aperfeiçoamento técnico, protótipos e custos)	Industrialização		
Ullman (1992)	Planejamento (desenvolvimento da especificação)	Projeto conceitual	Projeto do produto (documentação)		Produção		
Wheelwright e Clark (1992)	Projeto do produto e projeto do processo de manufatura				Produção piloto	Lançamento	
Pugh (1991)	Especificação do projeto de produto	Projeto conceitual	Projeto detalhado		Manufatura		
Andreassen e Hein (1987)	Investigação da necessidade	Princípio do produto	Projeto do produto		Preparação da produção	Produção	
Bonsiepe (1984)	Definição do problema	Anteprojetos geração de alternativas	Projeto (avaliação, decisão, escolha)	Realização	Análise final da solução		
Back (1983)	Estudo da viabilidade		Projeto preliminar	Projeto detalhado, revisão e testes	Planejamento da produção	Planejamento de marketing	
Barroso Neto (1982)	Definição do produto	Anteprojetos geração de alternativas	Projeto	Construção do protótipo	Produção experimental		
Bomfim, Nagel e Rossi (1977)	Compreensão da necessidade	Processos de solução e análise	Desenvolvimento		Implantação		
Archer (1974)	Pesquisa preliminar	Estudos e exequibilidade	Desenvolvimento do desenho do produto	Desenvolvimento do(s) modelo(s)	Estudos de comercialização	Desenvolvimento da produção	Planejamento da produção
Cain (1969)	Investigação	Concepção do projeto	Projeto do produto	Desenvolvimento do produto	Teste	Documentação para produção	

Fonte: Romano (2003).

Ainda, segundo Romano (2003), fica evidente que na grande parte dos métodos, o objetivo da primeira fase é o estabelecimento das especificações de projeto a ser desenvolvido. Na segunda fase, o propósito é o desenvolvimento de concepções para a solução do problema proposto – fase denominada normalmente, de projeto conceitual. Na terceira fase, a maioria dos modelos busca a definição da configuração do produto (*layout*) e, por fim, a quarta fase tem por objetivo o detalhamento final do produto. Alguns modelos apresentam estas duas fases sob uma mesma etapa.

Nesse sentido, esse mesmo autor elaborou um modelo de referência envolvendo todas as fases, atividades e ferramentas necessárias ao desenvolvimento do produto, denominado como PDMA (Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas). O PDMA é composto por três macrofases, o Planejamento, a Projetação e a Implementação. A primeira é composta pela fase de planejamento do projeto; enquanto a segunda pelas etapas de projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado e; por fim, a terceira, denominada de implementação, compreende a preparação da produção, lançamento e validação (Figura 9).

Figura 9 - Processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.



Fonte: Romano (2003).

Para Ogliari (2007) a divisão da projetação mostra-se pertinente, também abordada em quatro processos, sendo eles, o Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Preliminar e Projeto Detalhado. Segundo Alonço (2004), a fase de projeto conceitual é uma das mais importantes no desenvolvimento de produto, pois

além de necessitar importantes decisões, apresenta as maiores oportunidades de criação e os custos de mudança são baixos.

### **2.2.2 Planejamento do projeto**

Considerada uma das partes mais importantes no desenvolvimento do produto, o planejamento e gerenciamento das atividades é essencial, para direcionar a satisfação dos objetivos. Por meio das atividades de planejamento, são estabelecidos os trabalhos necessários, suas relações, custos, restrições, entre outras informações, que irão orientar e conduzir as ações e decisões gerenciais ao longo da execução do projeto e formarão base para as medições e ações corretivas que se fizerem necessárias aos rumos do projeto (BACK et al. 2008).

### **2.2.3 Projeto informacional**

O objetivo da fase de projeto informacional é, a partir da análise detalhada do problema de projeto, identificar as necessidades dos vários clientes do produto, e transformá-las num conjunto de objetivos ou metas que o produto deve atender, denominadas de especificações técnicas do projeto, que compõem uma lista de objetivos a que o produto a ser projetado deve atender (MENEGATTI, 2004; SANTOS, 2004; REIS E FORCELLINI, 2009).

O projeto informacional é constituinte de uma série de atividades, as quais variam de acordo com a metodologia empregada. Antes de especificar as principais de forma detalhada, ressalta-se a utilização de algumas ferramentas para obtenção dos objetivos. Dentre as ferramentas empregadas para o desenvolvimento da fase informacional, destacam-se o Diagrama de Mudge e o desdobramento da função qualidade ou casa da qualidade.

Diagrama de Mudge – é uma matriz em que as colunas e as linhas são compostas pelos requisitos de clientes, formando uma matriz quadrada, nela são comparados os requisitos das linhas com todos os das colunas, considerando o grau de importância entre eles (NOVAES, 2005). Essa valoração, segundo Reis (2001 apud ALONÇO, 2004), é fundamental na aplicação do QFD.

Desdobramento da Função Qualidade (QFD) - é um sistema que traduz as necessidades dos clientes em requisitos técnicos apropriados, permitindo a introdução dos desejos nos produtos e serviços (GUAZZI, 1999). De acordo com Back et al. (2008), o QFD é fundamentado na preocupação de que os produtos devem ser

projetados para refletir os desejos, gostos e expectativas dos usuários. Os autores destacam que o QFD não é um método de elicitación das necessidades propriamente ditas, mas é usado para a documentação e visualização das necessidades levantadas pelos métodos anteriores, auxiliando no processamento das mesmas e suas sucessivas transformações em requisitos de usuários e de projeto, priorização dos requisitos de projeto e sua transformação final em especificações de projeto.

De posse de tais ferramentas, as principais atividades abrangidas pelo projeto informacional são:

*Necessidades dos clientes:* são os atributos que o cliente deseja encontrar no produto, aparecendo sob a forma de declarações diretas, geralmente expressas em linguagem subjetiva (REIS, 2003; REIS E FORCELLINI, 2009). Romano (2003) salienta que para saber quais são as necessidades dos clientes/usuários, primeiramente, deve-se identificar os clientes. Back et al. (2008) valem-se do termo usuário para representar todas as pessoas e organizações que, de alguma forma, têm interesse ou que serão afetadas pelo produto ao longo de seu ciclo de vida. O autor ainda considera que a identificação e coleta das necessidades dos usuários é a atividade mais crítica de todo o processo, visto que essas necessidades são a voz do consumidor, a qual deve ser atendida como primeira prioridade.

*Requisitos dos clientes:* necessidades do cliente expressas em linguagem de engenharia (REIS, 2003). A conversão das necessidades dos clientes em requisitos visa a transformar a linguagem “bruta” do cliente em uma linguagem mais técnica (MENEGATTI, 2004), facilitando a visualização e adoção destas pelos planejadores e membros da equipe do projeto (BACK et al. 2008). Conforme Fonseca (2000), os requisitos dos clientes são expressões padronizadas, mas que podem não conter elementos físicos mensuráveis, indispensáveis para guiar a execução do projeto.

*Requisitos do projeto:* é a conversão dos requisitos do cliente em requisitos do projeto. Sempre que possível, os requisitos de projeto devem conter expressões associadas a unidades de medida, apresentando, de forma física, as condições relacionadas ao projeto (MENEGATTI, 2004). Esta atividade é uma qualidade, um atributo com grandezas definidas do produto, ou seja, é um requisito mensurável (BACK et al. 2008; REIS, 2003).

*Especificações do projeto:* modelo de produto obtido ao final do Projeto Informacional. Este modelo consiste numa lista dos objetivos que o produto a ser projetado deve atender (ROOZENBURG E EEKELS, 1995 apud REIS, 2003). Back et

al. (2008) consideram esta atividade como de grande importância, pois além de propiciar o entendimento e a descrição do problema na forma funcional, fornece a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e de todas as tomadas de decisão realizadas nas próximas etapas do projeto.

#### **2.2.4 Projeto conceitual**

É considerada como a fase mais importante no processo de projeto de um produto, onde as decisões tomadas influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes. No projeto conceitual, a partir da identificação e esclarecimento de uma necessidade, são tomadas as decisões a respeito da concepção do produto, buscando satisfazer essa necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto (FERREIRA, 1997; REIS, 2003; SANTOS, 2004, SANTANA et al. 2004). De acordo com Novaes (2005), nesta fase são geradas soluções físicas para atender às necessidades dos clientes do projeto.

De modo semelhante ao abordado pelo projeto informacional, para o desenvolvimento da concepção, é necessária a utilização de ferramentas que embasarão a tomada de decisão. Dentre elas:

*Brainstorming (tempestade de ideias)* – método desenvolvido por Osborn na década de 1930 e que possui grande aceitação (BACK et al. 2008). Este método utiliza ideias imparciais e especula amplamente acerca de associações, ou seja, recordações e combinações de pensamentos que até então não eram percebidas pelo contexto atual ou simplesmente despercebidas pelo pensamento consciente (PAHL et al. 2005).

#### **2.2.5 Projeto preliminar e detalhado**

A fase de projeto preliminar é caracterizada por estabelecer o *layout* final do protótipo, sendo para isso, analisadas, detalhadamente, todas as informações das etapas anteriores, especialmente a viabilidade econômica. No projeto detalhado ocorre a finalização das especificações dos componentes, detalhamento e posterior preparação da produção.

Estas fases são de extrema importância para a metodologia de projeto, entretanto, devido ao cronograma estabelecido, não será abordado o seu desenvolvimento.

## **2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A apresentação dessa revisão bibliográfica buscou abranger os fatores acerca dos plantios florestais, relacionando com a semeadura mecanizada, bem como as definições de projeto de desenvolvimento de produto. Esta fundamentação teórica serve para embasar e fundamentar o desenvolvimento deste estudo que será exposto nos próximos capítulos.

## **3 METODOLOGIA DE PROJETO: DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO DE MECANISMO PARA SEMEADURA DE PÉLETES DE EUCALIPTO**

### **3.1 INTRODUÇÃO**

Este tópico possui por objetivo apresentar a metodologia de projeto para o desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a semeadura mecanizada de péletes de eucalipto. Para as condições estudadas, os péletes de eucalipto apresentaram-se potencialmente aptos para a semeadura direta em campo, e assim, segundo a proposta deste trabalho, torna-se essencial buscar alternativas para otimizar esse processo através da mecanização.

Entretanto, para o sucesso do estabelecimento florestal pelo uso de péletes de sementes, é de fundamental importância a manutenção de condições básicas para a germinação. Condições estas que devem ser priorizadas, nas primeiras fases do processo de projeto, ou seja, projeto informacional e conceitual, uma vez que é nestas fases que são decididas as necessidades dos clientes, requisitos do projeto, princípios de solução, entre outros.

Dessa forma, foi desenvolvido neste capítulo aspectos detalhados do planejamento do produto, projeto informacional e projeto conceitual para o desenvolvimento da concepção de mecanismo adequada para os objetivos propostos.

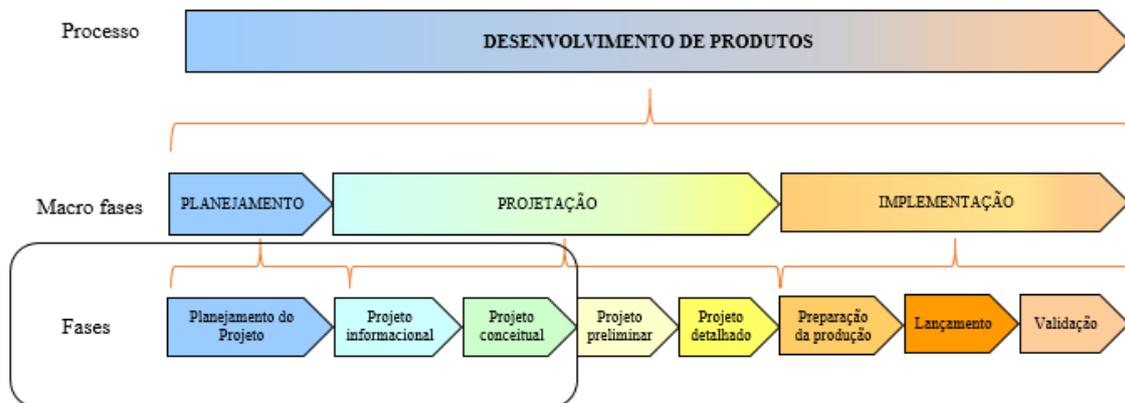
### **3.2 METODOLOGIA**

O desenvolvimento do planejamento do produto, assim como o projeto informacional e conceitual, apresentados na sequência, foi realizado no Laboratório

de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (LASERG), vinculado à Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

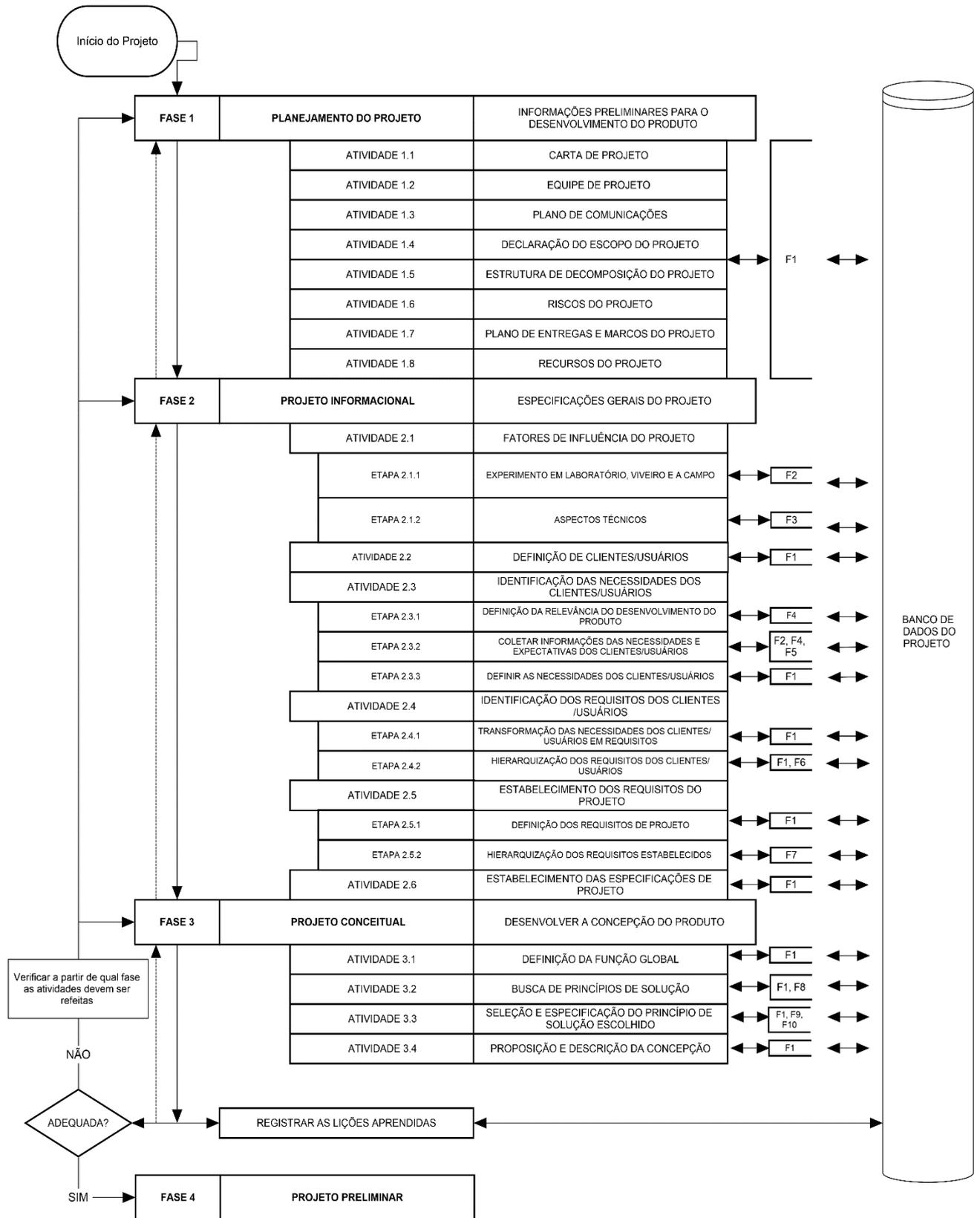
A metodologia de projeto empregada foi baseada, principalmente, no Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – PDMA e Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – PRODIP, elaborado e descrito por Romano, (2003), sendo selecionadas as atividades que se apresentavam mais adequadas para o objetivo de estudo. Ainda, buscou-se fundamentação nas metodologias de projeto propostas por Pahl e Beitz (1996), Maribondo (2000), Reis (2003) e Alonço (2004) e realizadas algumas modificações e adaptações, em comparação aos métodos apresentados pela literatura citada, uma vez que o objetivo deste estudo não foi o de desenvolver um produto final, mas um princípio de solução em forma de concepção. Assim, por se tratar de uma concepção com as particularidades inerentes do projeto, associado ao tempo de execução, limitou o desenvolvimento do projeto até a fase conceitual (Figura 10).

Figura 10 - PDMA, com ênfase nas fases abrangidas pelo estudo em questão.

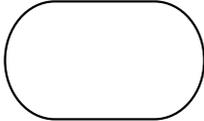
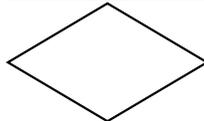
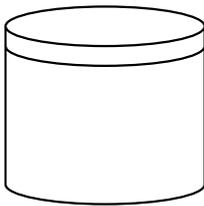
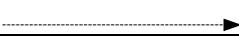


Na Figura 11 é apresentado o fluxograma das fases, atividades e ferramentas empregadas para o desenvolvimento do projeto e na sequência, descrita de forma detalhada.

Figura 11 - Fluxo da metodologia de projeto.



Legenda:

<b>Símbolos básicos</b>	<b>Significado no processo de projeto</b>
	Início ou fim do processo de projeto
	Processo, ação ou atividade a ser executada
	Avaliação dentro do processo de projeto
	Armazenamento de dados ou informações
	Ferramenta do projeto a ser empregada
	Seqüência do processo de projeto
	Retorno dentro do processo de projeto
<b>Ferramentas</b>	
F1	Consulta a equipe de projeto
F2	Experimento
F3	Consulta a banco de dados, fornecedores e normas
F4	Questionários
F5	Visitas técnicas
F6	Diagrama de Mudge
F7	QFD
F8	Brainstorming
F9	Método de seleção convencional
F10	Julgamento de viabilidade

### 3.3 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO

O planejamento do projeto, como já mencionado na revisão de literatura, tem por objetivo a coleta de informações preliminares para o desenvolvimento do produto. Para tanto, foi realizada uma série de atividades, as quais estão descritas a seguir. Importante ressaltar que para a realização das atividades que compõe essa fase, foram utilizadas consultas a equipe de projeto, aqui definido como ferramenta 1 (F1) e descrita no tópico 4.6.1.

A seguir, estão apresentadas as atividades que compõe a fase 1 (A1):

### **3.3.1 Atividade 1.1 – Carta de projeto**

Apresenta os objetivos do produto a ser desenvolvido.

### **3.3.2 Atividade 1.2 – Equipe de projeto**

Definição dos membros da equipe de desenvolvimento.

### **3.3.3 Atividade 1.3 – Plano de comunicações**

Apresenta a forma como será realizada a comunicação entre a equipe de projeto e os clientes/usuários, bem como as informações primordiais.

### **3.3.4 Atividade 1.4 – Declaração do escopo do projeto**

Aborda a justificativa do projeto, características e restrições do produto.

### **3.3.5 Atividade 1.5 – Estrutura de decomposição do projeto**

A principal função é a apresentação detalhada das atividades a serem desenvolvidas, de modo que o primeiro nível representa o processo mais geral, e os mais baixos representam os mais específicos. Esse sistema em níveis auxilia a separação das diferentes etapas do projeto, além de facilitar a identificação das etapas.

### **3.3.6 Atividade 1.6 – Riscos do projeto**

Para essa atividade é importante realizar a identificação da fonte de risco e, em termos do dano possível, o grau de probabilidade de ocorrência. Posteriormente, implementar estratégia de resposta ao risco e monitoramento dos defeitos das estratégias no projeto.

### **3.3.7 Atividade 1.7 – Plano de entregas e marcos do projeto**

Apresenta as atividades a serem desenvolvidas, relacionando com um cronograma de execução.

### **3.3.8 Atividade 1.8 – Recursos do projeto**

Descrição dos materiais a serem utilizados, bem como, o orçamento previsto para execução.

## **3.4 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL**

O projeto informacional teve como meta estabelecer as especificações gerais de projeto, com base nas necessidades dos usuários. A seguir são apresentadas as atividades e ferramentas realizadas a fim de atingir tal objetivo.

Atividades da fase 2 (A2):

### **3.4.1 Atividade 2.1 – Fatores de influência no projeto**

A identificação dos fatores que influenciam no projeto pode ser considerada uma das atividades mais importantes no desenvolvimento do projeto. Dessa forma, definiu-se duas etapas, com vistas a abranger informações relacionadas à resposta dos péletes a campo, bem como, aspectos técnicos para o desenvolvimento da concepção. Estas foram:

- Etapa 2.1.1 – Viabilidade de operação de semeadura a campo. Buscou através de testes preliminares, determinar o potencial de germinação, emergência e sobrevivência das sementes peletizadas de eucalipto. As informações obtidas foram utilizadas para o desenvolvimento do projeto. Foi utilizado a ferramenta F2 (Teste de germinação e sobrevivência), descrita no tópico 4.6.2.
- Etapa 2.1.2 – Aspectos técnicos, como procedimentos operacionais, além de inovação tecnológica, por meio a consulta a banco de dados, fornecedores e normas (F3, descrita no tópico 4.6.3). Essa busca tem por objetivo auxiliar na definição do produto, parâmetros inerentes ao desenvolvimento, bem como, a relação de novos conceitos (ALONÇO, 2004).

### **3.4.2 Atividade 2.2 – Definição de clientes/usuários da concepção de mecanismo proposto**

A definição dos clientes/usuários do produto é de suma importância, pois trata-se do real público interessado no desenvolvimento do projeto. A elaboração ocorreu a partir de consulta a equipe de projeto, ferramenta F1 (4.6.1).

### **3.4.3 Atividade 2.3 – Identificação das necessidades dos clientes/usuários**

Esta atividade teve por objetivo a identificação das necessidades dos clientes/usuários finais do referido produto, com o intuito de distinguir parâmetros que influenciam na tomada de decisão sobre a concepção do projeto. No processo de projeto e desenvolvimento de máquinas agrícolas, as informações necessárias para o estabelecimento de concepções advêm de áreas multidisciplinares, sendo de grande relevância. Conforme Bellé et al. (2012), atribuir uma especial atenção às informações oriundas do campo, ou seja, dos usuários finais destas máquinas, auxiliando a equipe de projeto na visualização das reais condições de utilização destes equipamentos. Para isso, foram estabelecidas três etapas:

- Etapa 2.3.1 – Definição da relevância do desenvolvimento do estudo, afim de aprofundar o embasamento e justificativa do mesmo. Para tal foi aplicado um questionário (Ferramenta F4, descrita no tópico 4.6.4).
- Etapa 2.3.2 – Coletar informações das necessidades e expectativas dos clientes/usuários sobre o desenvolvimento do produto, sendo utilizado visitas técnicas (Ferramenta F5, descrita em 4.6.5) e questionários (F4).
- Etapa 2.3.3 – Definir as necessidades dos clientes/usuários, com base nas necessidades coletadas, sendo realizado através de consulta a equipe de projeto (F1).

### **3.4.4 Atividade 2.4 – Identificação dos requisitos dos clientes/usuários**

Nesta atividade, as necessidades dos clientes/usuários foram transformadas em requisitos e posteriormente hierarquizados. Para tal, dividiu-se em duas etapas:

- Etapa 2.4.1 – Transformação das necessidades dos clientes/usuários em requisitos. Nesta etapa cada necessidade foi analisada pela equipe de projeto (F1) e utilizando uma linguagem técnica, transformada em requisito dos usuários/clientes.

- Etapa 2.4.2 – Hierarquização dos requisitos dos clientes. Uma vez definidos os requisitos, estes passaram por um processo de valoração e hierarquização através do diagrama de Mudge (F6, descritos no tópico 4.6.6) pela consulta a equipe de projeto (F1).

### **3.4.5 Atividade 2.5 – Estabelecimento dos requisitos do projeto**

Os requisitos dos usuários, após o processo de valoração, foram desdobrados em requisitos de projeto, sendo muito importante estabelecer uma ordem de prioridade em relação aos requisitos. Para isso, foram realizadas duas etapas:

- Etapa 2.5.1 – Definição dos requisitos de projeto, com base nos atributos típicos de produtos industriais. Essa atividade foi executada através de consulta a equipe de projeto (F1), a partir da classificação proposta por Fonseca (2000) e adaptada por Back et al. (2008), na qual os requisitos são agrupados em atributos básicos, atributos do ciclo de vida e atributos específicos, apresentados na Tabela 2.

Segundo Maribondo (2000) essa atividade tem como função estabelecer as características de engenharia acerca de parâmetros, funções e grandezas físicas, com relação ao produto, cujo desenvolvimento é almejado.

Tabela 2 - Atributos típicos de produtos industriais.

<b>Classes de atributos</b>	<b>Atributos</b>	<b>Comentários</b>
Atributos básicos	Funcionalidade	Funções, operações, desempenho, eficiência
	Ergonomicidade	Ergonomia de uso
	Esteticidade	Aparência, estilo, cores
	Segurança	Princípios de segurança, proteção, atos inseguros
	Confiabilidade	Taxas de falhas, redundâncias
	Legalidade	Atendimento às leis de segurança, comércio
	Patenteabilidade	Inovação passível de privilégio
	Normalização	Atendimento às normas internas, de transporte e de comércio
	Robustez	Pouco sensível aos fatos do meio ambiente
	Impacto ambiental	Atende a normas ambientais, poluição, conservação
Atributos do ciclo de vida	Fabricidade	Fácil, precisa e de baixo custo
	Montabilidade	Manutenção fácil e econômica
	Embalabilidade	Embalagem fácil e econômica
	Transportabilidade	Adequado aos meios de transporte e manipulação
	Armazenabilidade	Conservação, ambientes, manipulação
	Vendabilidade	De fácil venda e exposição
	Usabilidade	Fácil operação, aprendizado
	Mantenabilidade	Manutenção fácil, rápida e segura
	Reciclabilidade	Produto, componente, resíduos recicláveis
	Descartabilidade	Descarte sem contaminação ou dano ao ambiente
Atributos específicos	Geometria	Forma, arranjo, dimensão, espaço
	Cinemática	Movimentos, direção, velocidade, aceleração
	Forças	Direção, magnitude, frequência, rigidez, peso
	Energia	Fontes, potência, rendimento, armazenamento
	Materiais	Propriedades físicas e químicas, contaminações
	Sinais	Entrada, saída, forma, apresentação, controle
	Automação	Manual, índice de automação
	Tempo	Tempo de desenvolvimento, data de entrega

Fonte: Back et al. (2008), adaptado de Fonseca (2000).

- Etapa 2.5.2 – Hierarquização dos requisitos estabelecidos anteriormente, realizada pela consulta de equipe de projeto (F1) com a utilização da ferramenta da matriz da casa da qualidade ou QFD (*Quality Function Deployment*), (F7, descrita no tópico 4.6.7) descrito por Akao (1996), a fim de identificar os requisitos que demandaram mais esforços por parte da equipe de desenvolvimentos do protótipo, na busca de princípios de soluções.

### **3.4.6 Atividade 2.6 – Estabelecimento das especificações de projeto**

Esta atividade se refere aos objetivos que a máquina agrícola a ser projetada deve atender (ROMANO, 2003). Após o estabelecimento dos requisitos de projeto e sua valoração e hierarquização, através de reuniões com a equipe de projeto (F1), foram redigidos valores, metas e métodos a serem avaliados, com o intuito de estabelecer as especificações do projeto. As informações obtidas correspondem aos dados de saída da fase de projeto informacional.

## **3.5 FASE 3 – PROJETO CONCEITUAL**

Nesta fase do projeto, conforme Durkin e Durkin (1998), são utilizadas e discutidas informações diversas que, em grande parte, são originárias do raciocínio do idealizador do projeto tendo um baixo grau de formalidade, tornando necessário o uso de diversas linhas de raciocínio e uma grande quantidade de informações interdisciplinares.

Essa fase foi dividida em três atividades, as quais estão descritas a seguir.

Atividades da fase 3 (A3):

### **3.5.1 Atividade 3.1 – Definição da função global**

A referida atividade baseou-se no descrito por Reis (2003), onde expressa a relação entre as entradas e as saídas de todas as quantidades envolvidas, assim como, as suas propriedades. É a função última do sistema técnico.

Para o desenvolvimento dessa atividade consultou-se a equipe de projeto (F1),

### **3.5.2 Atividade 3.2 – Busca de princípios de solução**

Uma vez definida a estrutura funcional, foram encontrados os princípios de solução para cada função elementar, ou mesmo a combinação destas, com o cuidado de vincular soluções compatíveis, conforme recomendado por Pahl et al. (2005) e Back et al. (2008).

Para esta atividade, a consulta a equipe de projeto (F1) foi de fundamental importância, buscando material referenciado em sistemas técnicos, semelhantes, encontrados na literatura, bem como, determinados por meio de experiência da equipe de projetos.

Durante esses encontros, foi utilizado a ferramentas *Brainstorming* (F8, descrito no tópico 4.6.8), instrumento sugerida por diferentes autores (BAXTER, 2000; ROMANO, 2003; PAHL et al. 2005; BACK et al. 2008).

Os princípios de solução foram dispostos e sistematizados em forma de matriz morfológica (F9, descrita no tópico 4.6.9), descrita por Pahl et al. (2005), o que permite a melhor visualização de distintas soluções.

### 3.5.3 Atividade 3.3 – Seleção e especificação do princípio de solução escolhido

Escolha da concepção mais adequada, dentre as opções geradas. A decisão foi tomada com base em duas ferramentas, por meio de consulta a equipe de projeto (F1), sendo F9: Método de seleção convencional e F10: Julgamento de viabilidade, descritos nos tópicos 4.6.9 e 4.6.10, respectivamente.

### 3.5.4 Atividade 3.4 - Proposição e descrição da concepção

Formulação do conceito, com a descrição das características do mecanismo, bem como, com a confecção de desenhos do referido produto, através da ferramenta F1.

## 3.6 FERRAMENTAS PARA O PROJETO

Conforme mencionado anteriormente, o desenvolvimento das fases do projeto depende de uma série de atividades, as quais são executadas com o auxílio de ferramentas. Estas, são apresentadas na Tabela 3 e descritas posteriormente:

Tabela 3 - Ferramentas de auxílio utilizadas na execução do projeto.

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO
F1	Consulta a equipe de projeto
F2	Experimento
F3	Consulta a banco de dados, fornecedores e normas
F4	Questionários
F5	Visitas técnicas
F6	Diagrama de Mudge
F7	QFD

F8	<i>Brainstorming</i>
F9	Método de seleção convencional
F10	Julgamento de viabilidade

### **3.6.1 F1 – Consulta a equipe de projeto**

Esta ferramenta consistiu na realização de reuniões com a equipe de projeto ou, parte desta, sendo realizada conforme a demanda do projeto. Por abranger membros de diversas instituições, por vezes, a consulta se deu através de meios eletrônicos, como o e-mail, porém isso não influenciou negativamente na condução do projeto.

A principal característica dessa ferramenta foi a troca de informações, onde através de debates e explanação de opiniões e argumentos, foi possível obter soluções adequadas. Ao término de cada consulta, o coordenador de projeto, realizava anotações pertinentes, bem como, eventuais comentários finais.

### **3.6.2 F2 – Experimento**

Segundo Alonço (1999), a experimentação trata da verificação e estudo, através de experiências científicas, não estando diretamente vinculada a procedimentos padronizados ou normas e é de suma importância dentro do projeto.

Essa ferramenta partiu do pressuposto de que como o objetivo do estudo é o desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a semeadura mecanizada de péletes de eucalipto, torna-se essencial aprofundar as análises. Assim, foi realizado a avaliação de germinação e emergência de sementes peletizadas de eucalipto e sobrevivência de plântulas em laboratório, em viveiro e no campo, sendo que os dados obtidos foram expostos e discutidos no capítulo 3 e constituem importante forma de embasamento para o desenvolvimento deste estudo.

### **3.6.3 F3 – Consulta a banco de dados, fornecedores e normas**

Coleta de informações referentes à dados técnicos, bem como em relação a patentes de mecanismos utilizados para a semeadura de sementes com dimensões reduzidas, através de ferramentas como telefonemas, consulta a catálogos, boletins técnicos, sites de fornecedores, ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), entre outros (REIS, 2003; CARPES, 2019). Essas informações servirão de base para

as demais etapas do projeto, especialmente para a definição do valor meta e propostas de princípios de solução. Para a consulta a normas, foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre aspectos de segurança em máquinas agrícolas, com vistas a verificar os itens essenciais para a homologação.

#### **3.6.4 F4 – Questionários**

A aplicação de questionários, segundo Back et al. (2008), é um método muito utilizado para coleta de informações gerais, mais estruturado que a entrevista, o que facilita o desenvolvimento da pesquisa e a discussão de dados. Gil (2002) retrata que o conjunto de questões que compõe um questionário é o método mais rápido e barato de gerar informações, de modo simples e sem complexidade de aplicação.

Para o desenvolvimento do presente estudo, foram utilizados dois questionários, sendo: “Questionário de importância” e “Questionário de necessidades”.

##### Questionário de importância:

Esse questionário foi elaborado com o objetivo de verificar o quão importante, na opinião de entrevistado, era o estudo e desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a individualização de péletes de eucalipto para semeadura mecanizada, sendo utilizados três níveis de resposta: Muito importante; Importante ou Pouco importante.

Após a realização do questionário e consenso com a equipe de projeto, o próximo passo foi entrar em contato com os entrevistados. Para a identificação dos interessados na participação da pesquisa, foi realizado contato telefônico, sendo apresentado resumidamente a proposta do estudo. A aplicação do questionário ocorreu de forma presencial (quando possível) ou pelo envio, via e-mail, e posterior retorno. Assim, além da equipe de projeto, os entrevistados foram professores/pesquisadores, trabalhadores da área agrícola, trabalhadores da área florestal, estudantes/filhos de agricultores e representantes da área comercial agrícola (Apêndice A).

O resultado obtido foi de suma importância para embasar e justificar o desenvolvimento da concepção de mecanismo.

### Questionário de necessidades:

Segundo Back et al. (2008) a identificação e coleta das necessidades dos usuários é a atividade mais crítica de todo o processo, visto que essas necessidades são a voz do consumidor, a qual deve ser atendida como primeira prioridade. Assim, a partir de mecanismos similares já existentes no mercado agrícola e consulta às bases bibliográficas e testes preliminares e a equipe de projeto, foi elaborado uma listagem de necessidades gerais potencialmente requeridas pelos clientes/usuários (Apêndice B).

Após a realização desta listagem, e de se chegar a um consenso sobre a redação e conformidade das necessidades com a proposta da pesquisa, esta foi aplicada ao mesmo público alvo do questionário de importância. A metodologia empregada foi a da Escala *Likert*. Ao responder esta escala, o entrevistado especificou o seu nível de concordância com a inserção daquele fator na concepção a ser desenvolvida. Foram utilizados cinco níveis: (1) Não concordo totalmente; (2) Não concordo parcialmente; (3) Indiferente; (4) Concordo parcialmente; (5) Concordo totalmente. Ainda, foi possibilitado aos participantes inserir requisitos como sugestão.

Essa ferramenta possibilitou, além de coletar as necessidades dos usuários, conhecer a opinião dos mesmos sobre algumas das ideias formuladas nas reuniões de desenvolvimento do produto, buscando esclarecer possíveis quesitos conflitantes, de acordo com o entendimento de cada entrevistado. Os resultados obtidos foram utilizados como base para a elaboração das necessidades e requisitos dos clientes/usuários.

### **3.6.5 F5 – Visitas técnicas**

Foram realizadas visitas técnicas às empresas Florestal Alto Uruguai- FAU e Pró-Campo, nos municípios de Erechim e Severiano de Almeida, respectivamente, em 2018 e 2019. O interesse destas empresas na semeadura de péletes de eucalipto iniciou em 2015, sendo que nos últimos anos intensificaram-se as pesquisas. Nas visitas houveram reuniões e troca de conhecimento com os empreendedores das referidas empresas, entrevistas semiestruturadas com interessados no estudo, além de testes preliminares.

De acordo com Gil (2002), este tipo de pesquisa procura o aprofundamento de questões propostas, sendo, basicamente, desenvolvida por meio de observação direta e de entrevistas com informantes.

### 3.6.6 F6 – Diagrama de Mudge

No Diagrama de Mudge, os requisitos dos clientes/usuários foram inseridos na primeira linha e coluna, exemplificados na Figura 12.

Figura 12 - Posicionamento dos requisitos no diagrama de Mudge.

	02	03	04	05	06	07	...	S	%
01									
	02								
		03							
			04						
				05					
					06				
						07			
							...	S	%

Segundo Rocco e Silveira (2008), o diagrama de Mudge é uma forma que permite o confronto de função de duas em duas, com o objetivo de ordená-las por relevância. Esta comparação é feita, geralmente, enumerando as funções como 1, 2, 3, ... n, onde n é o número de funções. Posteriormente, foram atribuídos graus de importância para as funções com suas respectivas letras, como: Pouco mais importante (A=1); Moderadamente mais importante (B=3); Muito mais importante (C=5) (Tabela 4).

Tabela 4 - Grau de importância e peso para hierarquização do diagrama de Mudge.

GRAU DE IMPORTÂNCIA	PESO
A= Pouco mais importante	1
B= Moderadamente mais importante	3
C= Muito mais importante	5

A comparação se inicia na seguinte ordem: o requisito número 1 da linha foi comparado com o número 2 da coluna, realizando a pergunta; o requisito 1 é mais importante de ser mensurado nos métodos que o 2? Em caso afirmativo, registraria na célula 1, e em negativo, na célula 2. Dessa forma, se o requisito 1 é muito importante que o 2 o preenchimento da célula ficaria 1C, sendo o procedimento realizado com as próximas colunas.

A quantificação do diagrama de Mudge foi realizado pelo somatório dos pesos atribuídos às letras, tanto na linha como na coluna do requisito avaliado, sendo que

participavam apenas os valores atribuídos ao requisito da linha em estudo. O valor total foi inserido na coluna S e na coluna % foi atribuído a porcentagem do referido fator em relação ao total.

A classificação em ordem de importância, através do Mudge, foi realizada pela equipe do laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas, LASERG. Optou-se pela entrevista com esta equipe, por estarem envolvidos com a pesquisa e possuírem um embasamento de conhecimento sobre o referido assunto.

### 3.6.7 F7 – QFD

A ferramenta QFD, denominada matriz da casa de qualidade foi utilizada para hierarquizar os requisitos de projeto, através do confronto destes (posicionados na coluna) com os requisitos dos clientes (posicionados na linha), utilizando ainda os valores obtidos no diagrama de Mudge (Figura 13). Segundo Back et al. (2008), o propósito desta relação é a obtenção de indicativos (valores) de quanto cada necessidade ou desejo do usuário afeta ou é afetada por um determinado requisito de projeto.

Para valoração e hierarquização, ao confrontar os requisitos, foi analisada qual a relação entre eles, sendo a pontuação atribuída de acordo com a Tabela 5.

Figura 13 - Representação do QFD utilizado para hierarquização.

		"Requisitos de projeto"	...			Pontuação do Mudge	Número da linha
<b>1</b>	"Requisitos dos clientes/usuários"						1
<b>2</b>							2
<b>3</b>							3
<b>4</b>							4
...							...
	<b>Número da coluna</b>						
	Pontuação da coluna						
	Importância [%]						
	Importância do requisito						

Tabela 5 - Pesos para a relação atribuída aos requisitos no QFD.

PESO PARA OS REQUISITOS
0 - Não possui relação
1 - Relação fraca
3 - Relação média
5 - Relação forte

Posteriormente, foi realizado o somatório de acordo com os pesos atribuídos na matriz da casa de qualidade e, a seguir, foram colocadas em ordem decrescente, para identificação das características que devem ser priorizadas ao longo do processo de projeção.

### 3.6.8 F8 – *Brainstorming*

Popularmente conhecido por “tempestade de ideias”, consiste em uma reunião em grupo para debate sobre soluções relacionadas à um determinado problema, buscando abordagens inovadoras e que possui elevada aceitação (BACK et al. 2008).

O principal foco está em alcançar soluções de baixo custo e em curto prazo. Por isso, pode ser utilizado na abordagem de problemas diversos no ambiente organizacional, dentre eles, no desenvolvimento de produtos.

No presente estudo, o *Brainstorming* ocorreu durante a consulta a equipe de projeto (F1), onde o coordenador do grupo conduzia a discussão, solicitando soluções para cada subfunção da estrutura funcional. Assim, todos os integrantes tinham liberdade para sugerirem soluções ao item que estava em pauta para discussão e análise.

### 3.6.9 F9 – Seleção convencional

Esta ferramenta consistiu em pesquisas bibliográficas e análises de sistemas técnicos já existentes.

### 3.6.10 F10 – Julgamento de viabilidade

O julgamento da viabilidade, proposto por Back e Forcellini (2003) é uma ferramenta de avaliação conceitual muito empregada no desenvolvimento de projetos. Esse método consiste em verificar se as soluções encontradas são viáveis, condicionalmente viáveis ou inviáveis, em termos econômicos e tecnológicos.

## 3.7 COMENTÁRIOS FINAIS

Esse segmento da tese abordou a metodologia de projeto empregada no desenvolvimento da concepção de mecanismo para a semeadura mecanizada de péletes de eucalipto, buscando abranger as definições norteadoras do projeto, bem como, as ferramentas a serem utilizadas. A aplicação destas consiste no desenvolvimento da concepção, a qual será apresentada no tópico 5.

## **4 DESENVOLVIMENTO DA CONCEPÇÃO DE MECANISMO PARA A SEMEADURA MECANIZADA DE SEMENTES PELETIZADAS DE *EUCALYPTUS***

### **4.1 INTRODUÇÃO**

Este tópico tem por objetivo a apresentação e discussão dos resultados da aplicação da metodologia proposta para o desenvolvimento do projeto informacional e conceitual de um mecanismo para semeadura de sementes peletizadas de eucalipto.

### **4.2 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO**

Esta fase foi desenvolvida por meio da consulta a equipe de projeto (F1), sendo definida “a carta de projeto”, “a equipe de projeto e partes envolvidas”, “o plano de comunicações”, “a declaração do escopo do projeto”, “a classificação de riscos”, “as atividades do projeto” e “os recursos do projeto”.

#### **4.2.1 Atividade 1.1 – Carta de projeto**

Esta atividade, apresentada no quadro 3, foi desenvolvida pela equipe de projeto e visou a abertura oficial do projeto.

Quadro 3 - Carta de projeto para o desenvolvimento de produto.

Vimos por meio deste oficializar a abertura do estudo intitulado “Desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a semeadura mecanizada de sementes peletizadas de eucalipto”. O projeto transcorre sob coordenação principal da Engenheira Florestal, doutoranda Gessieli Possebom, através de uma parceria entre o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – LASERG, da Universidade Federal de Santa Maria e as empresas: FAU e Pró Campo. O projeto teve início em março de 2018 e tem previsão de encerramento em fevereiro de 2021, relacionado a seleção da concepção ideal do produto e caracterização do conceito.

#### 4.2.2 Atividade 1.2 – Equipe de projeto

A equipe de projeto foi composta por 13 pessoas que faziam parte de dois grupos, sendo um vinculado ao Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – LASERG e a Universidade Federal de Santa Maria, e outro, relacionado as empresas parceiras do projeto, Empresa FAU e Pró Campo, ambos descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Equipe de projeto vinculada ao desenvolvimento do projeto.

GRUPO	FORMAÇÃO	Nº INTEGRANTES
UFSM	Eng. Agrícola, Doutor em Eng. Mecânica	1
	Eng. Agrícola, Doutorandos em Eng. Agrícola	2
	*Eng. Florestal, Doutoranda em Eng. Agrícola	1
	Eng. Agrícola, Mestrandos em Eng. Agrícola	3
FAU-Pro Campo	Biólogos	2
	Eng. Agrônomo	3
	Eng. Florestal, Mestre em Eng. Mecânica	1
Total		13

**\*Coordenadora do projeto**

#### 4.2.3 Atividade 1.3 – Plano de comunicações

A comunicação para troca de informação relacionadas ao projeto ocorreu através de meios como:

- E-mails: a troca de informação por meio do correio eletrônico foi corriqueira e utilizada por toda equipe de projeto, especialmente para envio de artigos e documentos burocráticos.
- Telefonemas: meio de comunicação muito utilizado quando da necessidade imediata de informação.
- Aplicativo *WhatsApp*: por meio de mensagens instantâneas, buscou-se atualizar os membros da equipe, além do envio de fotos, desenhos, entre outros.

A frequência da comunicação foi variável, de acordo com a necessidade da atividade a ser executada, bem como, dúvidas pertinentes.

#### **4.2.4 Atividade 1.4 – Declaração do escopo do projeto**

O foco do projeto se relaciona a inexistência de um mecanismo específico e capaz de realizar a semeadura mecanizada de sementes peletizadas de eucalipto, em que esta ausência restringe a implantação de povoamentos florestais ao uso de mudas. Assim, o projeto teve o seguinte escopo: “Desenvolver uma concepção de mecanismo para semeadura mecanizada de sementes peletizadas de eucalipto, tendo, como propósito, uma alternativa viável e eficiente”.

Em relação as restrições ao projeto, as empresas parceiras se referiram a estas como necessidades dos clientes/usuários, visto que se inserem como interessados no produto. Assim, foi verificado apenas uma restrição do projeto, relacionada ao prazo para o término do desenvolvimento, sendo estabelecido “março de 2021”.

#### **4.2.5 Atividade 1.5 – Estrutura de decomposição do projeto**

A estrutura de decomposição do projeto seguiu o apresentado na Figura 4.2, por expor de forma detalhada o desenvolvimento das atividades.

#### **4.2.6 A 1.6 – Riscos do projeto**

Os riscos do presente estudo possuem dois vieses: um relacionado a incertezas anteriores a execução do projeto, sendo:

- A obtenção de resultado não satisfatório, demonstrando pouca importância ao desenvolvimento do estudo, quando da aplicação de questionário a equipe de projeto e clientes;

- Resultados de testes preliminares inviabilizando o projeto.

E outro relacionado a execução, sendo:

- Dificuldade de coleta das necessidades dos clientes/usuários, não obtendo uma amostra satisfatória;
- A divergência de prioridades de necessidades e requisitos entre a equipe de projeto e os clientes/usuários.

#### **4.2.7 Atividade 1.7 – Plano de entregas e marcos do projeto**

A execução dos trabalhos teve início em março de 2018, com previsão de término em setembro de 2022. Na Figura 14 é apresentado o cronograma base com os principais marcos do estudo, utilizado como base pela equipe de projeto.



#### 4.2.8 Atividade 1.8 – Recursos do projeto

O orçamento para a execução do projeto constituiu no somatório dos custos relacionados a atividades de coleta de dados, bem como, a relação de materiais necessários até o momento para o desenvolvimento do projeto, os quais estão descritos na Tabela 7.

Tabela 7 - Orçamento para a execução do projeto.

ITEM	DESCRIÇÃO	VALOR (R\$)
Combustível	Deslocamento da coordenadora de projeto às empresas parceiras, bem como, as áreas de testes preliminares	480,00
Hospedagem e alimentação	Despesas com hospedagem e alimentação durante às visitas realizadas (coordenadora de projeto)	300,00
Péletes de <i>Eucalyptus</i>	Aquisição de sementes peletizadas de <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>Eucalyptus urophylla</i> e <i>Eucalyptus urograndis</i> para realização dos testes preliminares	209,28
Adubo*	Aquisição de adubo para realização dos testes preliminares	126,50
Paquímetro**	Material utilizado para medição dos péletes	20,70
Balança***	Material utilizado para aferição da massa dos péletes	163,83
Total		1.300,31

\* Adubo N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O (4-14-8) - (180 kg).

\*\* Paquímetro analógico 150mm (graduação 0,01 mm), marca Worker Stainless Steel.

\*\*\* Balança da marca Exata, Digital Scale 1000g/ 0,1g de precisão.

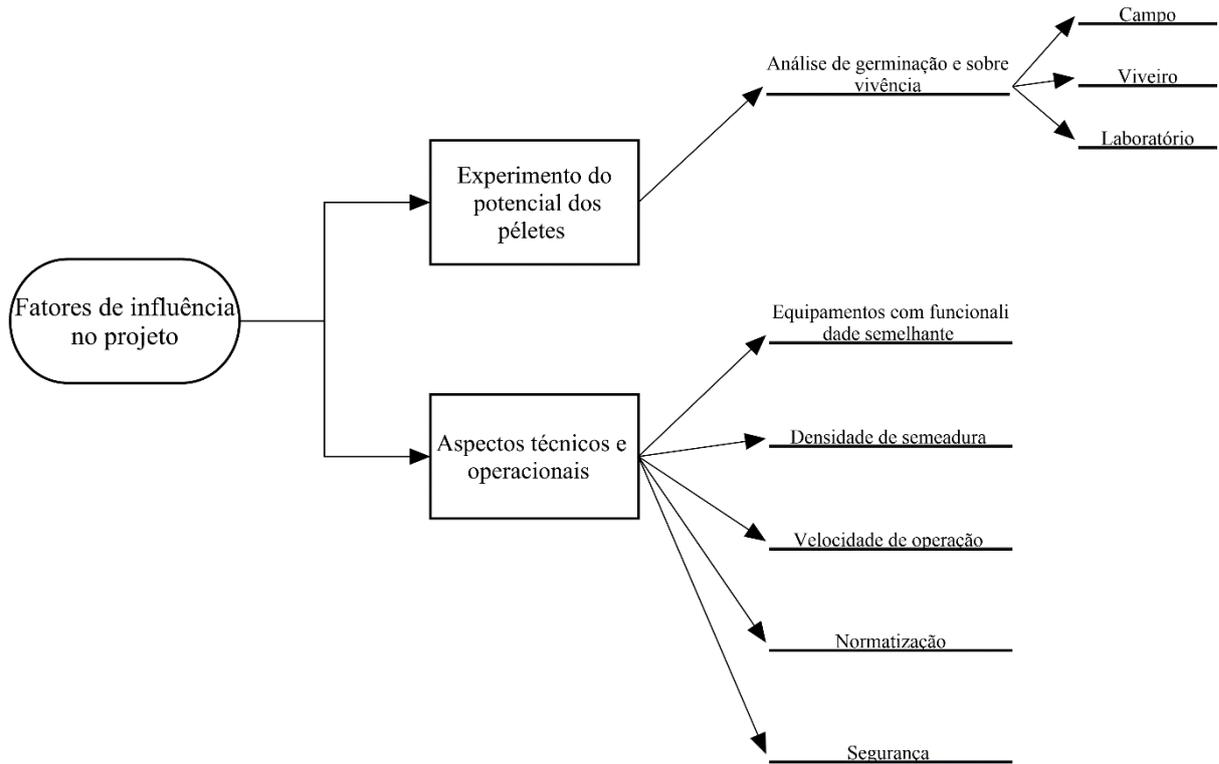
#### 4.3 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL

Os resultados desta fase estão expostos de acordo com a sequência apresentada na metodologia (11), afim de facilitar a compreensão do leitor. O projeto informacional apresenta a caracterização da problemática, buscando relacionar com as informações existentes, norteando as tomadas de decisões no processo de projeção (BACK et al. 2008).

##### 4.3.1 Atividade 2.1 – Fatores de influência no projeto

As duas etapas definidas na metodologia para realização dessa atividade foram desdobradas na Figura 15, com vistas a facilitar o desenvolvimento do projeto.

Figura 15 - Desdobramento dos fatores de influência no projeto.



- Etapa 2.1.1 – Experimento de análise de germinação e emergência das sementes peletizadas e sobrevivência de plântulas no campo, em viveiro e no campo.

Essa etapa foi realizada através da ferramenta F2 (Teste de germinação e sobrevivência), onde obteve-se destaque para o percentual de emergência e sobrevivência a campo, com percentual acima de 80% e 90%, respectivamente, nas melhores condições. Esses resultados comprovam e ressaltam o potencial de desenvolvimento das sementes peletizadas de eucalipto a campo, especialmente para as variedades *E. urophylla* e *E. urograndis*, submetidos a semeadura em profundidade e, portanto, embasam o desenvolvimento da concepção de mecanismo para a semeadura direta dos referidos péletes.

- Etapa 2.1.2 – Aspectos técnicos, como procedimentos operacionais, além de inovação tecnológica, por meio a consulta a banco de dados, fornecedores e normas Essa etapa foi realizada através da ferramenta F3, descrita no tópico 4.6.3).

#### **4.3.2 Atividade 2.2 – Definição de clientes/usuários**

A caracterização dos usuários ao longo do seu ciclo de vida foi realizada através da ferramenta F1, sendo definido dois grupos, sendo:

- a) usuários do processo de produção: nesse grupo têm-se os 13 membros da equipe de desenvolvimento do projeto, englobando aqueles vinculados ao LASERG/UFSM e às empresas parceiras. São considerados usuários internos do produto, pois estão diretamente envolvidos com a projeção e implementação do produto (BACK et al, 2008).
- b) usuários do produto: abrange os usuários intermediários, ou seja, aqueles responsáveis pela distribuição, marketing e venda do produto (revendas comerciais, médios e grandes produtores, funcionários, cooperativas, entre outros), e os usuários externos, aqueles que exercem atividades nos setores de consumo ou que sofrem influência direta ou indiretamente do produto, mas não se enquadram nas categorias acima (ROMANO, 2003; BACK et al, 2008).

#### **4.3.3 Atividade 2.3 – Identificação das necessidades dos clientes/usuários**

- Etapa 2.3.1 – Definição da relevância do desenvolvimento do estudo

Para a realização desta etapa, foi utilizado um questionário estruturado (Apêndice A), o qual foi aplicado aos dois grupos de usuários/clientes definidos, com vistas a caracterizar a importância do desenvolvimento do estudo. Ao total coletaram-se 89 respostas, destas, 13 foram respondidos pela equipe de projeto, 9 por professores ou pesquisadores, 10 por trabalhadores da área agrícola, 20 por trabalhadores da área florestal, 28 por estudantes e/ou filhos de agricultores e 9 por representantes da indústria, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Nível de importância atribuído ao desenvolvimento do estudo proposto.

Clientes/usuários	Nível de importância atribuído ao estudo proposto			Total	
	Muito importante	Importante	Pouco importante	N	%
Equipe	84,6%	15,4%	0,0%	13	100,0%
Professor/pesquisador	55,6%	33,3%	11,1%	9	100,0%
Trabalhadores agrícola	50,0%	50,0%	0,0%	10	100,0%
Trabalhadores florestal	60,0%	40,0%	0,0%	20	100,0%
Estudantes/filhos de agricultores	67,9%	25,0%	7,1%	28	100,0%
Representantes da indústria	44,4%	44,4%	11,1%	9	100,0%
Média	60,4%	34,7%	4,9%		
Total				89	

Observou-se que para 60,4% dos entrevistados, o desenvolvimento do estudo proposto foi caracterizado como “muito importante”, 34,7% relatavam ser “importante” e apenas para 4,9% do total de clientes “pouco importante”. O elevado percentual de importância atribuído conferiu credibilidade para o prosseguimento do estudo, bem como, mostrou-se um aspecto motivacional à equipe de projeto, que seguiu para a próxima etapa.

- Etapa 2.3.2 – Coleta de informações das necessidades dos clientes/usuários

Inicialmente, através de visitas técnicas (ferramenta F5), foi possível observar, especialmente visando o foco do estudo, o procedimento de semeadura das sementes peletizadas de forma manual, empregados pelas empresas parceiras do projeto. O contato com estas empresas permitiu evidenciar aspectos importantes para o desenvolvimento do mecanismo, como a necessidade de individualização dos péletes, ponto extremamente ressaltado pelos clientes/usuários.

Devido a ausência de um mecanismo específico para a semeadura de sementes peletizadas de eucalipto, foi considerado como ponto crucial de estudo, a semeadura manual desenvolvida nas empresas, bem como, os fatores e aspectos inerentes a esse processo. Tais pontos, levantados especialmente em experimento (Ferramenta F2), foram discutidos em reuniões, tomado nota para posterior inserção nos requisitos dos clientes/usuários.

Posteriormente, empregando a ferramenta F4, fez-se o uso de questionário estruturado (Apêndice B) para coleta de maiores informações acerca do procedimento. Para Novaes et al. (2005), os questionários são importantes

ferramentas, uma vez que permitem investigar os rumos e tendências que um projeto deve tomar e qual a visão dos clientes em relação a esses valores.

Foi aplicado este questionário aos mesmos grupos anteriormente definidos, onde além da coleta das necessidades dos usuários vinculados ao produto, tal questionário também buscou verificar as opiniões e ideias dos entrevistados e, que poderiam ser implementadas no novo produto, enriquecendo o projeto de desenvolvimento do produto.

O total de 89 entrevistados foi considerada satisfatória, uma vez que de acordo com Back et al. (2008), um número de 20 ou 30 entrevistas num grupo de usuários pode garantir que 90% ou mais das necessidades sejam identificadas.

- Etapa 2.3.3 – Definir as necessidades dos clientes/usuários

De posse dos dados coletados na etapa anterior, as informações foram analisadas e através da ferramenta F1, foram agrupadas de forma similar e elaborada a lista de necessidades dos clientes (Tabela 9).

Tabela 9 - Necessidades dos clientes da concepção de mecanismo.

<b>N°</b>	<b>Necessidades dos usuários/clientes</b>
1	Realizar a semeadura em profundidade
2	Profundidade de semeadura de 2 – 3 cm
3	Individualizar os péletes
4	Não causar danos aos péletes
5	Mecanismo que pode ser usado em outras máquinas
6	Adubação junto com a semeadura
7	Irigar junto com a semeadura
8	Espaçamento da semeadura adequado
9	Poucas peças para montagem
10	Possibilidade de montagem sem ferramentas
11	Apresentar resistência e durabilidade dos componentes
12	Baixo custo de aquisição e manutenção
13	Manutenção simples e rápida
14	Ser ergonômico
15	Manter o espaçamento entre péletes adequado

#### 4.3.4 Atividade 2.4 – Identificação dos requisitos dos clientes/usuários

- Etapa 2.4.1 – Transformação das necessidades dos clientes/usuários

Nesta etapa foi realizado o desdobramento e transformação das necessidades dos clientes/usuários em características técnicas, com uma linguagem mais apurada e utilização, quando pertinente, dos verbos ser ou ter, seguido do substantivo para facilitar o entendimento. Na Tabela 10 são apresentados os requisitos dos clientes, bem como, sua relação com a necessidade onde foi originado.

Tabela 10 - Requisitos dos clientes/usuários vinculados as necessidades originais.

<b>Nº do R. C</b>	<b>Nº da N. C</b>	<b>Requisitos dos usuários/clientes</b>
1	1	Ser capaz de realizar a semeadura em profundidade
2	2	Depositar a semente na profundidade de 2 – 3 cm
3	3	Ser capaz de realizar a individualização das sementes
4	4	Não causar danos a sementes
5	5	Ser um mecanismo adaptável a máquinas existentes
6	6	Ser usada em concomitante a deposição de adubo
7	7	Ter a possibilidade de inserção de mecanismo para irrigação
8	8	Ter fácil adequação de espaçamentos na semeadura
9	9	Ter quantidade reduzida de componentes para montagem
10	10	Ter possibilidade de montagem sem ferramentas
11	11	Apresentar resistência e durabilidade dos componentes
12	12	Ter baixo custo de aquisição
13	12	Ter baixo custo de manutenção
14	13	Apresentar manutenção simples e rápida
15	14	Ser ergonomicamente adequada
16	15	Espaçamento entre péletes

- Etapa 2.4.2 – Hierarquização dos requisitos dos clientes

Uma vez definida a lista de requisitos, foi realizada a hierarquização dos mesmos, pela equipe de projeto (F1), através do diagrama de Mudge (F6). O resultado obtido, com os devidos valores e ponderações pode ser visualizado na Figura 16, tendo identificado os requisitos mais importantes.

Figura 16 - Diagrama de Mudge utilizado para hierarquização dos requisitos dos usuários/clientes.

	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	S	%	
01	2A	3A	1A	1A	1A	7A	1A	1B	1B	1B	1A	1A	1B	1A	1A	20	9,71	
		3A	3B	2A	2A	2A	2A	2B	2B	2B	2A	2A	2B	2A	16B	20	9,71	
			03	3A	3B	3A	3A	3B	3C	3C	3B	3A	3A	3B	3A	31	15,05	
				04	4A	4A	4A	4C	4C	4B	4B	4A	4A	4B	4A	16A	25	12,13
					05	6B	5A	5A	5B	5C	5B	12A	13A	5A	15A	16B	15	7,28
						06	6A	6A	6A	6A	6A	12A	13A	5A	15B	16C	8	3,88
							07	7A	9A	7A	7A	12A	13A	14A	15B	16C	4	1,94
								08	8A	8A	8A	12A	8A	8A	15A	16A	5	2,42
									09	10A	11A	12B	13B	9A	15A	16B	2	0,97
										10	11B	12B	12B	10A	15A	16B	2	0,97
											11	12A	11A	11A	15A	16B	6	2,91
												12	12A	13A	12A	12A	14	6,80
													13	13A	15A	16A	8	3,88
														14	15B	16A	1	0,48
															15	16A	15	7,28
																16	30	14,56
																	206	

Requisitos
1. Ser capaz de realizar a semeadura em profundidade
2. Depositar a semente na profundidade de 2 – 3 cm
3. Ser capaz de realizar a individualização dos péletes
4. Não causar danos aos péletes
5. Ser um mecanismo adaptável a máquinas existentes
6. Ser usada em concomitante a deposição de adubo
7. Ter a possibilidade de inserção de mecanismo para irrigação
8. Ter fácil adequação de espaçamentos na semeadura
9. Ter quantidade reduzida de componentes para montagem
10. Ter possibilidade de montagem sem ferramentas
11. Apresentar resistência e durabilidade dos componentes
12. Ter baixo custo de aquisição
13. Ter baixo custo de manutenção
14. Apresentar manutenção simples e rápida
15. Ser ergonomicamente adequada
16. Espaçamento entre péletes adequado

#### GRAU DE IMPORTÂNCIA

A= Pouco mais importante  
 B= Moderadamente mais importante  
 C= Muito mais importante

Após a hierarquização, pode-se observar que o requisito que apresentou maior pontuação foi o de “Ser capaz de realizar a individualização dos péletes”, justamente ao encontro da justificativa do estudo em visar reduzir custos com a utilização de um pélete por ponto de semeadura. Posteriormente, segue os requisitos de adequado espaçamento, bem como aqueles vinculados diretamente a semeadura em profundidade, sendo que a necessidade remete entre 2 a 3 cm, devido esta ser a melhor condição para a emergência das sementes peletizadas e posterior desenvolvimento das plântulas (Tabela 11).

Tabela 11 - Diagrama de Mudge utilizado para hierarquização dos requisitos dos usuários/clientes.

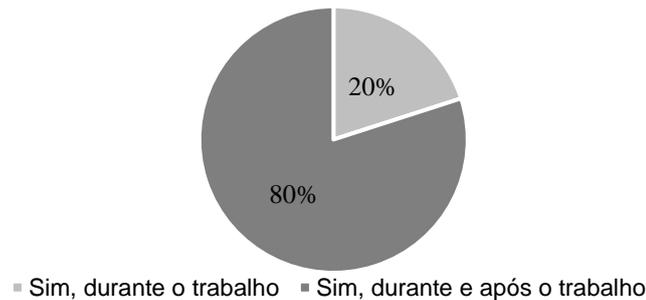
O. I.	Requisitos dos clientes/usuários	%
1°	Ser capaz de realizar a individualização dos péletes	15,05
2°	Espaçamento entre péletes adequado	14,56
3°	Depositar a semente na profundidade de 2 – 3 cm	12,13
4°	Não causar danos aos péletes	9,71
5°	Ser capaz de realizar a semeadura em profundidade	9,71
6°	Ser ergonomicamente adequado	7,28
7°	Ser um mecanismo adaptável a máquinas existentes	7,28
8°	Ter baixo custo de aquisição	6,80
9°	Ser usada concomitantemente a deposição de adubo	3,88
10°	Ter baixo custo de manutenção	3,88
11°	Apresentar resistência e durabilidade dos componentes	2,91
12°	Ter fácil adequação de espaçamentos na semeadura	2,42
13°	Ter a possibilidade de inserção de mecanismo para irrigação	1,94
14°	Ter possibilidade de montagem sem ferramentas	0,97
15°	Ter quantidade reduzida de componentes para montagem	0,97
16°	Apresentar manutenção simples e rápida	0,48
Total		100,00%

O. I.: Ordem de Importância

Associada a essas características, a eficiência da semeadura manual, por parte do trabalhador, está diretamente relacionada com a necessidade da postura próxima ao solo, para deposição do péletes. Isto porque devido a sua reduzida dimensão, não permite que seja realizado a distância. Dessa forma, mesmo que a semeadura das sementes peletizadas ainda não seja utilizada em larga escala, no estudo desenvolvido, observou-se que ao realizar esse procedimento, os trabalhadores adotam posturas inadequadas, com repetição excessiva dos movimentos de braço, muitas vezes rotacionando o tronco, o que eleva o risco de lesões e pode ter justificado a quinta posição para o requisito “ser ergonomicamente adequado”.

Essa afirmação pode ser observada na Figura 17, onde os cinco clientes/usuários que já realizaram a tarefa, relataram sentir algum tipo de dor/desconforto no corpo durante e/ou após o trabalho, principalmente nas costas.

Figura 17 - Respostas dos usuários em relação a dor ou desconforto na semeadura manual.



#### 4.3.5 A 2.5 Estabelecimento dos requisitos do projeto

- Etapa 2.5.1 – Definição dos requisitos de projeto

Através de consulta a equipe de projeto (F1), os requisitos dos usuários foram transformados em requisitos do projeto, conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 - Requisitos do projeto de acordo com os requisitos dos usuários.

Requisitos dos usuários/clientes	Requisitos do projeto
Ser capaz de realizar a individualização das sementes	Distribuição longitudinal das sementes
Espaçamento entre péletes adequado	Espaçamento entre péletes adequado
Depositar a semente na profundidade de 2 – 3 cm	Profundidade adequada
Ser capaz de realizar a semeadura em profundidade	
Não causar danos aos péletes	Manutenção da integridade física dos péletes
Ser ergonomicamente adequada	Conformidade à normas e legislação
Ser um mecanismo adaptável a máquinas existentes	Adaptabilidade e multiuso
Ter baixo custo de aquisição	Valor de mercado
Ser usada concomitantemente a deposição de adubo	Reservatório de deposição de fertilizante
Ter baixo custo de manutenção	Peças de reposição
Apresentar resistência e durabilidade dos componentes	Durabilidade
Ter fácil adequação de espaçamentos na semeadura	Facilidade de regulagem

Ter a possibilidade de inserção de mecanismo para irrigação	Semeadura concomitante à irrigação
Ter possibilidade de montagem sem ferramentas	Facilidade na montagem
Ter quantidade reduzida de componentes para montagem	Manutenção facilitada
Apresentar manutenção simples e rápida	Baixo número de componentes

- Etapa 2.5.2 – Hierarquização dos requisitos

Após a listagem dos requisitos de projeto, estes foram dispostos na matriz QFD onde é possível realizar a confrontação dos requisitos dos clientes com os de projeto, contabilizando ainda os valores do Diagrama de Mudge. O resultado, obtido através da equipe de projeto, pode ser observado na Figura 18.

Figura 18 - Hierarquização dos requisitos de projeto utilizando o QFD.

		Nível de importância do requisito																
		0 - Não possui relação 1 - Relação fraca 3 - Relação média 5 - Relação forte																
		Distribuição longitudinal das sementes	Espaçamento adequado entre péletes	Profundidade adequada	Manutenção da integridade física dos péletes	Conformidade à normas e legislação	Adaptabilidade e multiuso	Valor de mercado	Reservatório de deposição de fertilizante	Peças de reposição	Durabilidade	Facilidade de regulagem	Semeadura concomitante à irrigação	Facilidade na montagem	Manutenção facilitada	Baixo número de componentes	Pontuação Mudge	Número da linha
1	Ser capaz de realizar a sementeira em profundidade	1	2	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1
2	Espaçamento adequado entre péletes	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	2
3	Depositar a semente na profundidade de 2 – 3 cm	3	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	3
4	Ser capaz de realizar a individualização dos péletes	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	4
5	Não causar danos aos péletes	1	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5
6	Ser um mecanismo adaptável a máquinas existentes	1	1	1	0	1	5	3	3	3	3	3	1	3	3	3	8	6
7	Ser usada em concomitante a deposição de adubo	0	0	0	0	0	3	0	5	0	0	0	0	0	0	0	4	7
8	Ter a possibilidade de inserção de mecanismo para irrigação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	8
9	Ter fácil adequação de espaçamentos na sementeira	5	3	3	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
10	Ter quantidade reduzida de componentes para montagem	0	0	0	0	0	1	1	0	5	0	0	0	5	0	0	2	10
11	Ter possibilidade de montagem sem ferramentas	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	1	0	5	0	0	6	11
12	Apresentar resistência e durabilidade dos componentes	0	0	0	0	0	0	1	0	3	5	1	0	1	1	1	14	12
13	Ter baixo custo de aquisição	0	0	0	0	0	0	5	0	3	0	1	0	0	0	1	8	13
14	Ter baixo custo de manutenção	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	3	0	3	1	1	1	14
15	Apresentar manutenção simples e rápida	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	3	0	3	1	1	15	15
16	Ser ergonomicamente adequada	0	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	30	16
<b>Número da coluna</b>		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Pontuação da coluna		274	291	350	169	110	146	210	85	118	77	93	35	98	60	73	2189	
Importância (%)		12,51%	13,29%	15,98%	7,72%	5,02%	6,67%	9,59%	3,88%	5,39%	3,52%	4,24%	1,60%	4,44%	2,74%	3,33%	100,0%	
Importância do requisito		3	2	1	5	8	6	4	11	7	12	10	15	9	14	13	Total	

Conforme a Figura 18, o requisito de maior importância foi relacionado a profundidade de semeadura, corroborando a importância desse aspecto na semeadura dos péletes. Em seguida, o espaçamento adequado entre péletes e a distribuição longitudinal merecem destaque, ainda relacionando ao objetivo principal desse estudo. Após esses requisitos, foi observado o destaque para “valor de mercado”, o que aliado a “adaptabilidade e multiuso” que também esteve à frente no nível de importância, demonstram a necessidade de desenvolvimento de um mecanismo de baixo custo e que seja adaptável a condições de semeadura já existentes no mercado.

#### 4.3.6 A 2.6 – Estabelecimento das especificações de projeto

As especificações de projeto possuem por objetivo apresentar detalhadamente a forma funcional da concepção a ser gerada, através de métodos e ferramentas para as fases seguintes do projeto, para que possa ser verificado, assim, o atendimento ou não das necessidades apresentadas pelos usuários. A Tabela 13 apresenta a ordem de importância resultante da hierarquização dos requisitos de projeto, bem como o valor meta e a forma de avaliação utilizadas para o objetivo do estudo, que é o desenvolvimento de um mecanismo para a semeadura mecanizada de péletes de *Eucalyptus*.

Tabela 13 - Especificações de projeto de acordo com o resultado do QFD.

Ordem	Requisito de Projeto	Valor Meta	Forma de avaliação
1	Profundidade adequada	02 a 03 cm	Experimento a campo
2	Espaçamento adequado entre péletes	3m x 2m	Recomendações de cunho florestal
3	Valor de mercado	≤ R\$ 250,00	Valor do mecanismo de dosagem
4	Distribuição longitudinal das sementes	Espaçamentos aceitáveis, múltiplos e falhos	Classificação de acordo com a densidade de semeadura*
5	Manutenção da integridade física dos péletes	≥ 99%	Testes de germinação*
6	Adaptabilidade e multiuso	Existente	Análise de compatibilização com máquinas existentes
7	Peças de reposição	≤ R\$100,00	Base do valor do mecanismo de dosagem
8	Conformidade à normas e legislação	NR31	Análise da norma
9	Facilidade na montagem	≤ 15 min	Cronometrar montagem*
10	Facilidade de regulagem	≤ 15 min	Cronometrar regulagem*
11	Reservatório de deposição de fertilizante	Sim	Presença/Ausência na composição final mecanismo dosador/máquina
12	Durabilidade	5 anos	Acompanhamento de uso*

13	Baixo número de componentes	≤ 3	Contagem
14	Manutenção facilitada	≤ 15 min	Cronometrar manutenção*
15	Semeadura concomitante à irrigação		

Nota: \*Trabalhos futuros.

Fonte: Autor

#### 4.4 FASE 3 - PROJETO CONCEITUAL

A sequência de resultados a ser apresentada está conforme o evidenciado na metodologia (Figura 11), com vista a facilitar a compreensão. O projeto conceitual é destinado à concepção e à representação do conjunto de informações técnicas provenientes da fase informacional.

##### 4.4.1 A 3.1 – Definição da função global

A função do mecanismo proposto é realizar a semeadura mecanizada de péletes de *Eucalyptus*, e, portanto, tomando como base os principais requisitos de projeto, foi definida a função global, como sendo a sentença: “Semeadura individualizada de péletes de *Eucalyptus*”.

A partir dessa definição, retomou-se os principais requisitos de projeto não relacionados a semeadura propriamente dita, ou seja, “valor de mercado” e “adaptabilidade e multiuso”, o que se tornou evidente a necessidade do mecanismo em ser viável para os clientes e passível de utilização em máquinas existentes.

Dessa forma, através da F1, especialmente com a empresa FAU, foi constatada a necessidade de haver uma seleção entre a compatibilidade do mecanismo ser em semeadoras mecanizadas ou manuais. Após reuniões de projeto, bem como troca de informações com clientes interessados na concepção, foi definido como melhor alternativa, o mecanismo adaptável a semeadora manual de uma linha.

A partir de então, foi iniciada a busca de alternativas de semeadoras manuais capazes de suprir a função global anteriormente definida.

#### 4.4.2 A 3.2 – Busca de princípios de solução

Os princípios de solução foram analisados de forma geral, buscando evidenciar as particularidades, porém permitindo contemplar também o conjunto como um todo. A seguir é apresentada a descrição dos princípios considerados.

- a) Na Figura 19 é apresentada uma semeadora manual de uma linha, utilizada especialmente em hortaliças, como beterraba, couve, cenoura, bem como para flores, indicada para áreas de até 2.000m<sup>2</sup>. A principal vantagem é a possibilidade de utilização de sementes a partir de 3 mm até 13,5mm. Possui um reservatório de 3,2 L de capacidade, além de ergonomicamente projetado para que o operador fique em pé ao lado da semeadora, de modo ereto.

Ainda, possui regulagem de profundidade de até 2,0 cm, porém como é indicada para hortaliças, é recomendado que o solo seja homogêneo, permitindo que a semeadora percorra o terreno sem obstáculos. A presença de restos vegetais dificulta a abertura do sulco e a semente pode ser depositada de forma muito superficial. Para realizar o fechamento do sulco, a semeadora possui uma roda compactadora, tornando o solo novamente estável.

O mecanismo dosador é do tipo rolo, com os alvéolos situados na superfície curva externa. O número de alvéolos, bem como seu tamanho, são variáveis de acordo com a cultura e a densidade da semeadura, abrangendo espaçamento entre 4 cm à 30 cm (Figura 20).

Figura 19 - Semeadora manual de uma linha para hortaliças.



Fonte: Magri.cl

Figura 20 - Detalhe do mecanismo dosador, tipo rolo presente na semeadora manual de uma linha para hortaliças.



Fonte: Magri.cl

- b) Na Figura 21, de modo semelhante a anterior, é apresentada uma semeadora manual também de uma linha, entretanto, nesse caso indicada para culturas agrônômicas, como milho, soja e amendoim. Nessa, as sementes ficam depositadas em um reservatório e, com o movimento de rotação da semeadora, alcançam o mecanismo dosador, o qual tem a função de individualizar as sementes.

Por conseguinte, ao alcançar o lado oposto, as sementes caem num tubo contutor que as deposita no sulco. Esse sulco é aberto por uma estrutura em aço em forma de bico, o qual realiza a abertura apenas no local de deposição da semente, à uma profundidade de 3 cm a 5 cm. Posteriormente, o sulco é fechado por uma roda compactadora acoplada na parte de trás da semeadora.

De modo análogo à anterior, o número de alvéolos, bem como o tamanho são variáveis de acordo com a cultura desejada e o espaçamento utilizado.

Figura 21 - Semeadora manual de uma linha para sementes graúdas.



- c) Na Figura 22 é apresentada a semeadora da Kovimachine, utilizada para semeadura de culturas agrônômicas bem como vegetais com sementes de 3mm a 15mm. A individualização das sementes é realizada através de mecanismos dosadores, que captam as sementes presentes no reservatório e por meio da rotação de movimento da semeadora, alcançam a saída. A abertura do sulco acontece por meio de bicos de aço e a deposição das sementes ocorre no sulco em uma profundidade entre 2,5

cm e 3 cm. Essa semeadora possui um reservatório de adubo, o qual realiza a adubação em concomitante a sementeira.

Figura 22- Semeadora manual de uma linha com adição de fertilizante.

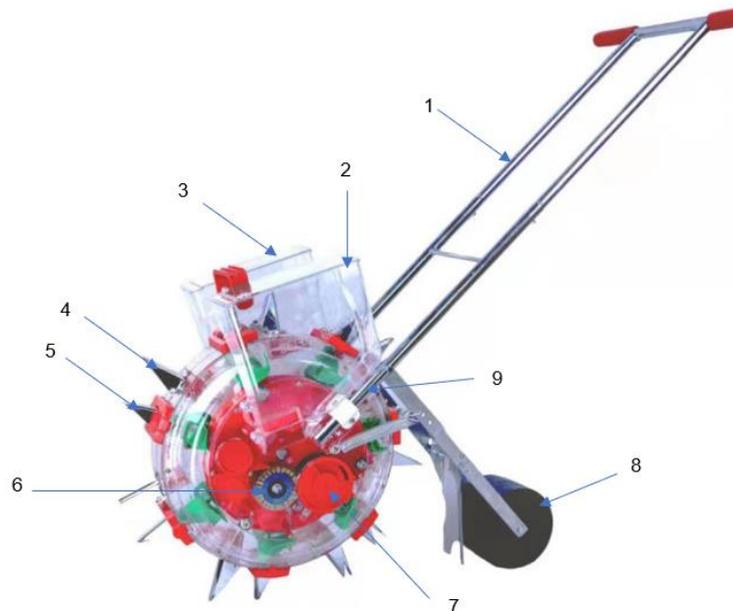


Fonte: Kovimachine.

#### **4.4.3 A 3.3 – Seleção e especificação do princípio de solução escolhido**

Para seleção da concepção foi utilizada a seleção convencional e o julgamento de viabilidade, além de ser consideradas particularidades das semeadoras. Algumas características relevantes foram, os requisitos dos clientes e de projeto listados em ordem de importância pelos colaboradores. Na Figura 23 é apresentado o detalhamento dos itens que compõe a semeadora selecionada, bem como a justificativa para tal.

Figura 23 - Detalhamento da semeadora selecionada.



O item 1 se refere a alça de sustentação e condução da semeadora, de modo a permitir que o operador permaneça ereto ao realizar a semeadura, fator crucial para ergonomia dos operadores e pontuado como requisito de projeto em questão.

O reservatório de semente ao lado do reservatório de adubo (itens 2 e 3 respectivamente) são capazes de suportar até 3 Kg de material, possibilitando elevada autonomia. A presença da adubação em concomitante à semeadura foi elencado como importante nos requisitos de projeto e assim, importante para a seleção.

Os itens 4 e 5 fazem referência ao bico de aço para saída do adubo e sementes, respectivamente. Essa semeadora apresenta 06 bicos para cada, em formato pontiagudo que permite a abertura do sulco de forma precisa e apenas no local onde será alocada a semente. Esta, será à uma profundidade de aproximadamente 2,5 cm, considerada ideal para os péletes em estudo. A distância entre os bicos é de 28 cm, ou seja, uma volta completa representa 1,68 m.

O item 6 é o mecanismo excluidor de sementes. Após o disco dosador realizar a individualização das sementes, este mecanismo elimina sementes duplas,

auxiliando a individualização, além de excluir possíveis sementes que permanecem nos alvéolos após a semeadura.

O item 7, mecanismo dosador de sementes, é o responsável pela individualização das sementes para posterior liberação no bico de abertura de sulco para a semeadura. O número de alvéolos, bem como seu formato e tamanho são variáveis de acordo com a cultura escolhida, bem como com a densidade de semeadura e é esse item que será adaptado para compor a concepção do produto a ser desenvolvido.

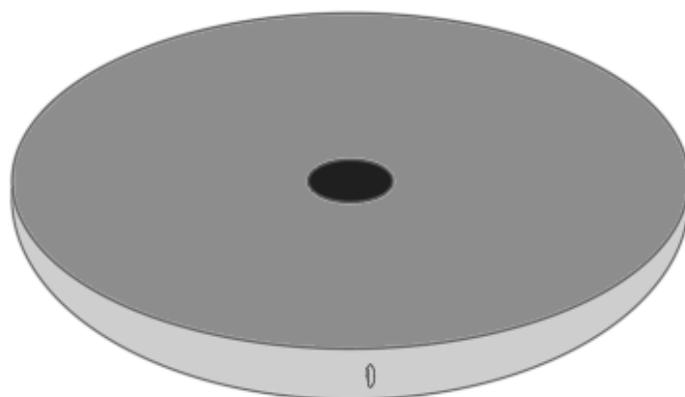
A roda compactadora (item 08) é responsável pelo recobrimento do sulco de semeadura, imprescindível para que as sementes não fiquem superficiais, enquanto que o item 09 se refere a um suporte que auxilia na composição geral da semeadora.

#### **4.4.3 A 3.4 Proposição e descrição da concepção**

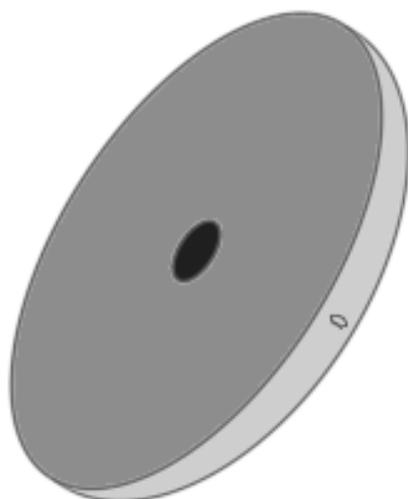
Na Figura 24 é apresentada a concepção final do mecanismo dosador do tipo rolo. As dimensões padrão para esse tipo de mecanismo são de 140 mm de diâmetro e 20 mm de espessura, os quais foram mantidos nessa concepção.

O número de alvéolos foi definido como 1 (um) de 2,2 mm de comprimento, num formato semi-esférico, respeitando os péletes de eucalipto. Essa definição ocorreu uma vez que a semeadora em questão possui 6 bicos de liberação espaçados 280 mm, totalizando 1,68 m para uma volta completa, de forma que ao utilizar apenas um alvéolo, o espaçamento entre os péletes também seguirá esse padrão. Dessa forma, o espaçamento entre os péletes será de 1,68 m, considerado adequado para a cultura analisada.

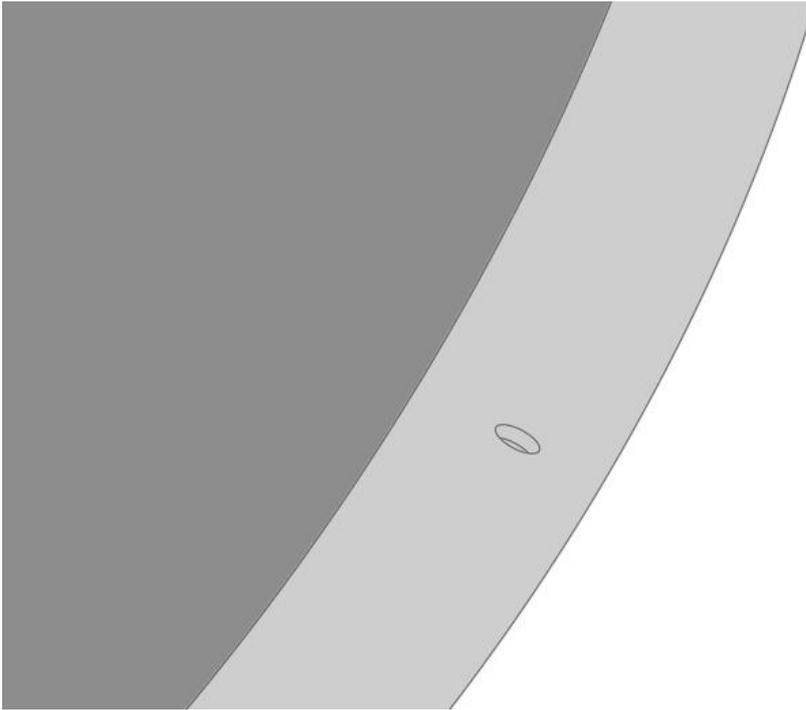
Figura 24 - Concepção de disco dosador do tipo rolo para a semeadura mecanizada de péletes de Eucalipto, vistas em perspectivas (A e B) e detalhe do alvéolo (C).



A



B

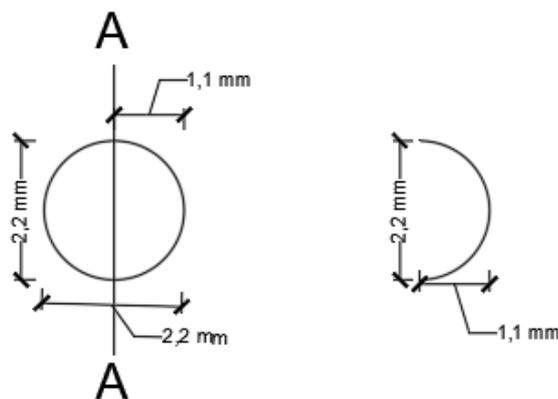


C

Fonte: Autor

A cavidade do alvéolo foi desenvolvida considerando-se as dimensões dos péletes com uma folga de 10%, a fim de facilitar a locação para a individualização e posterior exclusão para o bico de abertura dos sulcos. Na Figura 26 está exposta a conformação do alvéolo, bem como o formato da seção de alojamento dos péletes.

Figura 25 – Representação das vistas frontal e seção do alvéolo.



Fonte: Autor.

Dessa forma, com o desenvolvimento dessa concepção de mecanismo, acredita-se ser possível individualizar os péletes de eucalipto e realizar a semeadura de forma mecanizada, possibilitando otimizar esse processo.

## **5 CONCLUSÕES**

O *Eucalyptus* mostrou-se como uma cultura promissora para a semeadura direta através de péletes, o que otimiza o processo de implantação de povoamentos florestais.

Os principais requisitos dos clientes relacionados ao processo de semeadura florestal mecanizada fazem referência a profundidade adequada, bem como ao processo de individualização dos péletes, fatores primordiais para a definição dos requisitos de projeto.

Dentre os princípios de solução, a semeadora manual de uma linha em conjunto a adubação foi a selecionada. O mecanismo dosador do tipo rolo projetado possui um alvéolo, com capacidade de individualizar e manter espaçamento adequado para a cultura em estudo.

## **RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.**

Com base no estudo, ao término desta tese, foram observadas algumas recomendações para novos trabalhos, as quais seguem:

- a) Realizar novos experimentos com semeadura direta de sementes peletizadas em laboratório, viveiro e no campo, sob condições diferentes das abrangidas nesse estudo, buscando analisar o desenvolvimento das espécies.
- b) Implementar as fases preliminar e detalhado, dando prosseguimento a concepção desenvolvida.
- c) De posse do protótipo, realizar experimentos, buscando avaliar a relação péletes-mecanismo, precisão, acurácia, entre outros.
- d) Estudos de análises de profundidades de semeadura de péletes de eucalipto de acordo com o tipo de solo;
- e) Estudo de comparação de custos com as diferentes técnicas de semeadura e plantio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AGEFLOR** – Associação gaúcha de empresas florestais. A Indústria de Base Florestal no Rio Grande do Sul. 2016. 96 p.

**AGEFLOR** – Associação gaúcha de empresas florestais. A Indústria de Base Florestal no Rio Grande do Sul. 2020. 64 p.

AGUIRRE, A. G. **Avaliação do potencial da regeneração natural e o uso da semeadura direta e estaquia como técnicas de restauração**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. 171 p.

AKAO, Y. **Introdução ao Desdobramento da Qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, UFMG, 1996. 187 p.

ALMEIDA, N. O. **Implantação de matas ciliares por plantio direto utilizando-se sementes peletizadas**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004. 269 p.

ALONÇO, A. dos S. Ensaio, Experimentação e Pesquisa em Mecanização Agrícola. In: Alonço, A. dos S. **Mecanização Agrícola**, Caderno Didático, Santa Maria: UFSM/CCR/DER, p.21-28. 1999.

ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de projeto para concepção de máquinas agrícolas seguras**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). UFSC. Santa Catarina, SC. 2004. 270 p.

ALVARENGA, A. P. **Avaliação inicial da recuperação de mata ciliar em nascentes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2004. 175 p.

ANDRADE, S. C.; ARAÚJO, A. G. R.; VILAR, M. J. P. “Escola de coluna”: revisão histórica e sua aplicação na lombalgia crônica. **Revista Brasileira de Reumatologia**, v. 45, p. 224-228, 2005.

ARAKI, D. F. **Avaliação da semeadura a lanço de espécies florestais nativas para recuperação de áreas degradadas**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2005. 150 p.

ATAÍDE, G. M. et al. Efeito da densidade na bandeja sobre o crescimento de mudas de Eucalipto. **Revista Trópica**, v.4, p. 21-34, 2010.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008. 601 p.

BALANDIER, P.; FROCHOT, H.; SOURISSEAU, A. Improvement of direct tree seeding with cover crops in afforestation: Microclimate and resource availability

induced by vegetation composition. **Forest Ecology and Management.**, London, v. 257, p. 1716-1724, 2009.

BARNETT, J.P.; BAKER, J.B. Regeneration methods. In: DURYEY, M.L.; DOUGHERTY, P.M. (eds.). **Forest regeneration manual.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. p.35-50. 1991.

BELLÉ, M. P. et al. Fatores de influência no projeto de máquinas para tratamento de Semente. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola CLIA/CONBEA, 41, Londrina, PR, 2012, Anais... Londrina: SBEA, CD-ROM, 2012.

BELLEMO, A. C. **Formação de dossel no curto prazo, como estratégia de restauração florestal.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo. 2017. 86p.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 431 p.

BRANCALION, P. H. S. et al. Priming of pioneer tree *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae) seeds evaluated by an automated computer image analysis. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, p. 274-279, 2010.

BRANT, H.S.C. **Qualidade das sementes e emergência da plântula de espécies de recobrimento para restauração de florestas estacionais semidecíduais.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2015. 161 p.

BRUM, E. S.; MATTEI, V. L.; MACHADO, A. A. Emergência e sobrevivência de *Pinus taeda* L. em semeadura direta a diferentes profundidades. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.5, p. 190-194, 1999.

BRACELPA – Associação Brasileira de Celulose e Papel. **Relatório Estatístico Florestal 2011.** 60 p.

CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K.; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded áreas of Central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration Ecology**, Malden, v. 10, p. 636-644. 2002.

CARRASCO, P. L. et al. Semeadura direta de espécies nativas para o enriquecimento de áreas em restauração. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, Caxambu. **Anais...** Caxambu: [s.n.], 2007.

CASTRO, D.C.V. **Semeadura direta de espécies arbustivas e de adubação verde como estratégia de sombreamento para restauração de áreas degradadas.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. 95 p.

CAVA, M. G. B. et al. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Hoehnea**, São Paulo, v. 43, p. 301-315, 2016.

CHAZDON, R. L. Renascimento de florestas: regeneração na era do desmatamento. Tradução de N. Amazonas, **Revista Cesar**, 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 430 p.

CIAVATTA, S. F.; SILVA, M. R.; SIMÕES, D. Fertirrigação na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* nos períodos de inverno e verão. **CERNE**, Lavras, v. 20, p. 217-222, 2014.

CMPC – Celulose Riograndense. Disponível em: < <https://www.cmpcbrasil.com.br/>. Acesso em: set, 2019.

COELHO, G. C. Restauração florestal em pequenas propriedades: desafios e oportunidades. In: HÜLLER, A. (Org.). **Gestão Ambiental nos Municípios: Instrumentos e experiências na administração Pública**. Santo Ângelo, p. 195- 215, 2010.

COLE, R. J. et al. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 261, p. 1590-1597, 2011.

DOUST, S. J.; ERSKINE, P. D.; LAMB, D. Direct seeding to restore rainforest species: Microsite effects on the early establishment and growth of rainforest tree seedlings on degraded land in the wet tropics of Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 234, p. 333-343, 2006.

DURKIN, J. & DURKIN, J. **Expert Systems – design and development**. New York, Prentice Hall, 1998.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. An evolution of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brasil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 152, p. 169-181, 2001.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1997. 128p.

FERREIRA, R. A. **Estudo da semeadura direta visando à implantação de matas ciliares**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2002. 138p.

FERREIRA, R. A. et al. Semeadura direta com espécies arbóreas para a recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**, Lavras, v. 13, p. 271-279, 2007.

FERREIRA, R. A. S. et al. Semeadura direta com espécies florestais na implantação de mata ciliar no Baixo São Francisco em Sergipe. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, p. 37-46, 2009.

FERREIRA, M. **Escolha de Espécies de Eucalipto**. Circular Técnica IPEF, v.47, p.1-30, 2019.

FIEDLER, et al. Avaliação da carga de trabalho físico exigido em operações de produção de mudas ornamentais no Distrito Federal: Estudo de Caso. Sociedade de Investigações Florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.31, p.703-708., 2007.

FIEDLER, N. C.; VENTUROLI, F.; MINETTI, L. J. Análise de fatores ambientais em marcenarias no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.10, p.679-685, 2006.

FIGUEIREDO, F. A. M. M. A. et al. Efeito das variações biométricas de mudas clonais de eucalipto sobre o crescimento no campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, p. 01-11, 2011.

FINGER, C. A. G. et al. Estabelecimento de povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm para semeadura direta a campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.13, p.107-113, 2003.

FLORES-AYLAS, W. W. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta: efeito de micorriza e de fósforo**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999. 81 p.

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

GHADERI-FAR, F.; GHEREKHLOO, J.; ALIMAGHAM, M. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of yellow sweet clover (*Melilotus officinalis*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 436-469, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUAZZI, D. M. **Utilização do QFD como uma ferramenta de melhoria contínua do grau de satisfação de clientes internos: uma aplicação em cooperativas agropecuárias**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1999. 266 p.

HÜLLER, A. **Restauração florestal através de semeadura direta de duas espécies nativas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas. 2011. 89 p.

IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Relatório de produção de extração vegetal e da silvicultura 2017**. 2020. 12 p.

INSTITUTO CENTRO DE VIDA – ICV. **Relatório de restauro florestal**. Alta floresta, 2011.

ISERNHAGEN, I. **Uso de semeadura direta de espécies arbóreas nativas para restauração florestal de áreas agrícolas**. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010. 106 p.

LOPES T. S. **Crescimento inicial e ecofisiologia de clones de eucalipto sob diferentes condições climáticas.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2009. 119 p.

LOPES, A. C. A.; NASCIMENTO, W. M. **Peletização de sementes de hortaliças.** Brasília: Embrapa; 2012 n. 137. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie\\_documentos/publicacoes2012/doc\\_137.pdf](http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2012/doc_137.pdf)>. Acesso em: maio 2019.

MALAVASI, U. C.; GASPARINO, G.; MALAVASI, M. M. Semeadura direta na recomposição vegetal de áreas ciliares: efeitos da sazonalidade, uso do solo, exclusão da predação, e profundidade na sobrevivência inicial. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 26, p. 449-454, 2005.

MALAVASI, U. C.; KLEIN, J.; MALAVASI, M. M. Efeito de um protetor físico na semeadura direta de duas espécies florestais em área de domínio ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, p. 781-787, 2010.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas.** Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.

MARIANO, E. A. **Semeadura direta de espécies florestais visando à restauração de áreas degradadas na Amazônia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras. 2012. 93 p.

MARIBONDO, J. de F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2000. 277 p.

MATTEI, V. L.; ROMANO, C. M.; TEIXEIRA, M. C. C. Protetores físicos para semeadura direta de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, p. 775-780, 2001.

MATTEI, V. L.; ROSENTHAL, M. D. Semeadura direta de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) no enriquecimento de capoeiras. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, p. 649-654, 2002.

MENEGATTI, F. A. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004. 296 p.

MENEGHELLO, G. E.; MATTEI, V. L. Semeadura de timbaúva (*Enterolobium contortisiliquum*), canafístula (*Peltophorum dubium*) e cedro (*Cedrella fissilis*) em campos abandonados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, p. 21-27, 2004.

MF Rural. Disponível em: < <https://www.mfrural.com.br/>. Acesso em: set. 2019.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade.** Piracicaba: Degaspari, 2010. 440 p.

MONTANHIM G. C. Uso de biomassa de algas para a peletização de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Bowdichia virgilioides* Kunth. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. 77 p.

NASCIMENTO, J. F. **Condicionamento fisiológico e peletização de sementes de *Guazuma ulmifolia* Lam.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. 68 p.

NOVAES, A. L. T. **Desenvolvimento de um sistema mecânico para a limpeza e classificação de ostras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005. 220 p.

OGLIARI, A. **Estrutura do Processo de Desenvolvimento de Produtos.** Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. 39 p.

OLIVEIRA, R. G.; VIEIRA, G.; ALMEIDA, N.O. **Viabilidade da utilização de sementes peletizadas em projetos de restauração ecológica.** In: III Reunião Científica da Rede CTPetro Amazonia – Manaus; 2010; Manaus. Manaus: INPA; 2010. p. 1-8.

PAHL G.; BEITZ W. Engineering design: a systematic approach. 2nd. ed. **Berlin: Springer - Verlag**, 1988.

PAHL, G. BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach.** 2nd. Ed. Berlim: Springer – Verlag, 1996.

PAHL, G. et al. Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. **São Paulo: E. Blücher**, 2005.

PARROTA, J. A.; KNOWLES, O. H. **Restauração florestal em áreas de mineração de bauxita na Amazônia.** In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 2008.

PEREIRA, C, E. et al. Armazenamento de sementes de braquiária peletizadas e tratadas com fungicidas e inseticida. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, p.2060-2065, 2011.

POMPÉIA, S.L. et al. A semeadura aérea na Serra do Mar em Cubatão. **Ambiente**, São Paulo, v.3, p.13-19, 1989.

POSSEBOM, G. et al. Avaliação ergonômica em um viveiro florestal de Santa Maria, RS. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 21, p. 30-36, 2016.

POZITANO, M. **Conservação da viabilidade de sementes de *Senna macranthera* por meio de recobrimento.** Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. 139 p.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Um guia do conjunto de conhecimento do gerenciamento de projetos (PMBOK® Guide). **Pennsylvania: Project Management Institute, 2004.**

REIS, A. V. **Desenvolvimento de Concepções para a Dosagem e Deposição de Precisão para Sementes Miúdas.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003. 277 p.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F.A. Desempenho e características construtivas de um protótipo de dosador pneumático para sementes de arroz. **Engenharia Agrícola.** Jaboticabal, v. 29, 2009.

RODRIGUES, A. R. et al. Desenho técnico mecânico – projeto e fabricação no desenvolvimento de produtos industriais. **São Paulo. Elsevier – Campus, 2015, 512 p.**

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas.** Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2003. 321 p.

ROSSO, G. A. **Recobrimento de sementes silvestres em panela rotatória.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. 118 p.

SANTANA, F. E.; FORCELLINI, F. A.; DIAS, A. Aplicação prática da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2004.

SANTOS JÚNIOR, N. A. **Estabelecimento inicial de espécies florestais nativas em sistema de semeadura direta.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2000. 96 p.

SANTOS JÚNIOR, N. A.; BOTELHO, S. B.; DAVIDE, A. C. Estudo da germinação e sobrevivência de espécies arbóreas em sistema de semeadura direta, visando à recomposição de mata ciliar. **Cerne**, Lavras, v. 10, p. 103-117, 2004.

SANTOS, A. C. dos; FORCELLINI, F. A. O projeto do processo no PDP na indústria de alimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 2003, Gramado. **Anais...** Gramado, 2003.

SANTOS, A. C. dos. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos Alimentícios - PDPA com ênfase no projeto do processo.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004. 180 p.

SANTOS, F. O. **Priming de sementes de espécies brasileiras visando ao uso potencial para programas de reflorestamento.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, 2015. 98 p.

SANTOS, P. L. et al. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.36, p.237-245, 2012.

SANTOS, S. R. G dos. Peletização de Sementes Florestais no Brasil: Uma Atualização. **Floresta e Ambiente**, v.23, p. 286-294, 2016.

SBS - SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **Fatos e números do Brasil Florestal**. São Paulo, 2006.

SILVA, J. B. C.; SANTOS, P. E. C.; NASCIMENTO, W. M. Desempenho de sementes peletizadas de alface em função do material cimentante e da temperatura de secagem dos péletes. **Horticultura brasileira**, Brasília, v. 20, p. 67-70, 2002.

SILVA, L. V da. et al. Uso de protetor físico na semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 366-372, 2012.

SOARES, P. G. **Efeito da inoculação com rizóbio no estabelecimento, crescimento inicial e abundância natural de 15N em leguminosas (Fabaceae) arbóreas nativas plantadas por semeadura direta**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2007. 69 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 484 p.

VOSNIAK, J. **Análise de Variáveis Ergonômicas em Operações de Implantação Florestal**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade do Centro Oeste. Irati, 2009. 117 p.

WALKER, C. et al. Viveiro florestal: evolução tecnológica e legalização. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, p. 08 -14, 2011.

YAMASHITA, O. M. et al. Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, p. 673-681, 2009.

## APÊNDICE A – Questionário de importância do desenvolvimento da concepção de mecanismo



- OBJETIVO

Este questionário tem por objetivo identificar o nível de importância atribuído ao desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a individualização de sementes peletizadas de eucalipto para a semeadura mecanizada.

---

### CONTATO

- Gessieli Posebom – Eng. Florestal, Mestre e Doutoranda em Engenharia Agrícola – gessieliip@hotmail.com
- Airton dos Santos Alonço – Orientador, Eng. Agrícola, Dr. em Engenharia Mecânica – airtonalonco@gmail.com

---

Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – LASERAG  
 Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
 Santa Maria, RS, Brasil

---

É de suma importância que a resposta para o solicitado, reflita fielmente a sua opinião, assim, leia atentamente e somente quando tiver certeza, responda o solicitado.

1. De acordo com as alternativas abaixo, qual melhor representa o seu cargo de cliente/usuário atual?

- ( ) Equipe  
 ( ) Professor/pesquisador  
 ( ) Trabalhadores da área agrícola  
 ( ) Trabalhadores da área florestal  
 ( ) Estudantes/filhos de agricultores  
 ( ) Representantes da área comercial agrícola

\*Caso assinale esta opção, mesmo se enquadrando em outra opção, favor desconsiderar.

Resultado obtido:

Cliente/usuário	Respostas	
	Valor absoluto	Percentual
Equipe	13	14,7%
Professor/pesquisador	9	10,1%
Trabalhadores da área agrícola	10	11,3%
Trabalhadores da área florestal	20	22,4%
Estudantes/filhos de agricultores	28	31,4
Representantes da área comercial agrícola	9	10,1
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>

2. Leia atentamente a afirmação a seguir e responda o que se pede, de acordo com a sua opinião.

“A implantação de povoamentos florestais, com a utilização de espécies de rápido crescimento, como o eucalipto, ocorre pelo transplante de mudas florestais previamente desenvolvidas em viveiros. Esse processo envolve uma série de fatores que elevam o custo final, especialmente relacionados a produção de mudas, transplante para o campo e necessidade de mão de obra qualificada. Assim, se as sementes peletizadas de eucalipto apresentam boas condições de desenvolvimento para semeadura direta no campo, a realização desta operação, especialmente de forma mecanizada, otimizará o processo, além de eliminar os custos vinculados a produção de mudas”.

Dessa forma, frente ao exposto e de acordo com a sua opinião, quão importante são estudos nessa área, bem como o desenvolvimento de uma concepção de mecanismo para a individualização de péletes de eucalipto para semeadura mecanizada?

( ) Muito importante

( ) Importante

( ) Pouco importante

Resultado obtido:

Clientes/usuários	Nível de importância do desenvolvimento do mecanismo			Total	
	Muito importante	Importante	Pouco importante		
Equipe	90,9%	9,1%	0,0%	13	100,0%
Professor/pesquisador	55,6%	33,3%	11,1%	9	100,0%
Trabalhadores da área agrícola	50,0%	50,0%	0,0%	10	100,0%
Trabalhadores da área florestal	60,0%	40,0%	0,0%	20	100,0%
Estudantes/filhos de agricultores	67,9%	25,0%	7,1%	28	100,0%
Representantes da área comercial agrícola	44,4%	44,4%	11,1%	9	100,0%
Média	61,5%	33,6%	4,9%	89	100,0%

3. Se julgares necessário, justifique sua resposta.

Respostas obtidas

a) “A falta de pesquisas com sementes de eucalipto é grande. Não tem como saber como vai se comportar. Por isso é importante testes preliminares”.

b) “O desenvolvimento de uma máquina que consiga desenvolver essa função seria uma possibilidade a mais para plantar eucalipto”.

c) “Iria contribuir não somente para os produtores, mas para representantes comerciais e sócios de empresas de licenciamento, porque permite plantio de forma rápida, nas áreas permitidas”.

## APÊNDICE B – Questionário para coleta de necessidades dos clientes/usuários



- **OBJETIVO**

Este questionário tem por objetivo identificar as necessidades e expectativas dos clientes/usuários em uma concepção de mecanismo para a individualização de sementes peletizadas de eucalipto para a semeadura mecanizada.

---

### CONTATO

---

- Gessieli Possebom – Eng. Florestal, Mestre e Doutoranda em Engenharia Agrícola – gessieliip@hotmail.com
- Airton dos Santos Alonço – Orientador, Eng. Agrícola, Dr. em Engenharia Mecânica – airtonalonco@gmail.com

---

Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – LASERAG  
 Universidade Federal de Santa Maria – UFSM  
 Santa Maria, RS, Brasil

---

É de suma importância que a resposta para o solicitado, reflita fielmente a sua opinião, assim, leia atentamente e somente quando tiver certeza, responda o solicitado.

1. Ser capaz de realizar a semeadura em profundidade
2. Depositar a semente na profundidade de 2 – 3 cm
3. Ser capaz de realizar a individualização das sementes
4. Não causar danos a sementes
5. Ser um mecanismo adaptável a máquinas existentes
6. Ser usada em concomitante a deposição de adubo
7. Ter a possibilidade de inserção de mecanismo para irrigação
8. Ter fácil adequação de espaçamentos na semeadura
9. Ser capaz de propiciar ampla faixa de densidade de semeadura
10. Ter quantidade reduzida de componentes para montagem

11. Ter possibilidade de montagem sem ferramentas
12. Apresentar resistência e durabilidade dos componentes
13. Ter engates rápidos para fixação de componentes
14. Ter baixo custo de fabricação
15. Ter baixo custo de aquisição
16. Ter baixo custo de manutenção
17. Apresentar manutenção simples e rápida
18. Ter materiais recicláveis
19. Ser ergonomicamente adequada

Existe algum item que não foi citado e que você acha interessante que o mecanismo abranja? Qual (is)?