

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



**Tese**

**Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de  
baixa potência**

**Tiago Vega Custódio**

Pelotas, 2020

## **Tiago Vega Custódio**

Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência

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

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

Coorientador: Prof. Dr. Ângelo Vieira dos Reis (DER-FAEM-UFPEL)

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Lilles Tavares Machado (DER-FAEM-UFPEL)

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C987e Custódio, Tiago Vega

Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência / Tiago Vega Custódio; Antônio Lilles Tavares Machado, orientador; Ângelo Vieira dos Reis, Roberto Lilles Tavares Machado, coorientadores. — Pelotas, 2020.

177 f.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2020.

1. Desenvolvimento de produto. 2. Máquinas agrícolas.

3. Agricultura familiar. 4. Agricultura familiar. I. Machado, Antônio Lilles Tavares, orient. II. Reis, Ângelo Vieira dos, coorient. III. Machado, Roberto Lilles Tavares, coorient. IV.

Título.

CDD: 631.3

## **Tiago Vega Custódio**

### **Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência**

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

Data da Defesa:08/06/2020

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Antônio Lilles Tavares Machado (Orientador)

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

---

Prof. Dr. Amauri Cruz Espírito Santo

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr. André Oldoni

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

---

Prof. Dr. Fabrício Ardais Medeiros

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

---

Prof. Dr. Roger Toscan Spagnolo

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

## **Agradecimentos**

À Universidade Federal de Pelotas e ao Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas (NIMEq), pela oportunidade de realização do curso e pelos ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Professores Antônio Lilles Tavares Machado, Ângelo Vieira dos Reis, Roberto Lilles Tavares Machado e Fabrício Ardais Medeiros, pela orientação, disponibilidade, paciência, confiança e amizade.

Aos amigos e colegas da pós-graduação, Nixon da Rosa Westendorff e César Silva de Moraes, pela troca de experiências, auxílio na fabricação e ensaios do protótipo e pela grande amizade.

Aos amigos André Oldoni e Roger Toscan Spagnolo, pela atenção, orientação, conselhos e principalmente pela amizade.

À minha dileta namorada Latóia Eduarda Maltzahn pelos conselhos, conhecimentos agrícolas, amor e companheirismo.

Aos meus pais Almerinda Vega Custódio e João Carlos Manetti Custódio, exemplos de amor, compreensão, dedicação, tolerância, sabedoria e pelo apoio nos momentos de dificuldade.

Enfim, meus sinceros agradecimentos a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para que este estudo fosse realizado.

## Resumo

CUSTÓDIO, Tiago Vega. **Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência**. Orientador: Antônio Lilles Tavares Machado. 2020. 177f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

A Agricultura Familiar tem relevante importância na produção de alimentos de forma sustentável, contribuindo significativamente na geração de trabalho e renda, bem como na contenção do êxodo rural. O objetivo do presente trabalho foi projetar, construir e testar uma máquina para conformar canteiros e depositar fertilizantes mineral e orgânico, no estado sólido, com exigência máxima de potência no motor do trator de 25kW. A metodologia utilizada fundamenta-se na metodologia de projeto do Modelo de Fases, nesse estudo foi utilizado o projeto preliminar com adaptações. O projeto preliminar, bem como a construção e teste do protótipo, tiveram como embasamento o trabalho desenvolvido por Custódio (2015), o qual aborda a concepção de um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros, e depositar fertilizante. Os ensaios quanto à taxa de aplicação e uniformidade de distribuição dos fertilizantes permitiram determinar as melhores velocidades e configurações de transmissão para cada fertilizante, tipos de solo e de espécie vegetal, com um coeficiente de variação admissível. O protótipo proporcionou a conformação de canteiros com altura até 0,34m e 1,10m de largura de trabalho.

Palavras-chave: Desenvolvimento de produto. Máquinas agrícolas. Agricultura familiar.

## Abstract

CUSTÓDIO, Tiago Vega. **Bedshaper-fertilizer depositor of mineral and organic fertilizers for low power tractors**. 2020. 177f. Thesis (Doctor Degree) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Federal University of Pelotas, Pelotas, Brazil.

Family Farming has a relevant importance in the production of food in a sustainable way, contributing significantly to the generation of work and income, as well as in the containment of the rural exodus. The objective of the present work was to design, construct and test an equipment to conform planting beds and deposit mineral and organic fertilizers, in the solid state, with maximum power requirement in the tractor engine of 25kW. The methodology used is based on the project methodology of the Phase Model, in this study the preliminary project with adaptations was used. The preliminary design, as well as the construction and testing of the prototype, were based on the work developed by Custódio (2015), which addresses the design of a mechanized system capable of conform planting beds, and deposit fertilizer. The tests as to the application rate and uniformity of distribution of the fertilizers allowed to determine the best speeds and transmission settings for each fertilizer, soil types and plant species, with an allowable variation coefficient. The prototype provided the conformation of planting beds with height up to 0,34m and 1.10m working width.

**Keywords:** Product development. Agricultural machinery. Family agriculture.

## Lista de Figuras

Figura 1 – Gráfico da proporção de propriedades agrícolas mundial em função da sua extensão.....	16
Figura 2 – Desenho esquemático do sistema conformador de canteiros.....	20
Figura 3 – Aleirador de aiveca modelo AAB 1500.....	20
Figura 4 – Aleirador de discos para uma linha modelo AF 1.....	21
Figura 5 – Aleirador de aiveca para uma linha modelo AAS.....	22
Figura 6 – Enleirador de discos modelo SV2000.....	22
Figura 7 – Desenho esquemático da máquina para fabricação e distribuição de fertilizantes.....	29
Figura 8 – Desenhos esquemáticos do bocal regulador do dosador de fertilizante.....	29
Figura 9 – Desenhos esquemáticos do rolo para destorroar fertilizantes.....	30
Figura 10 – Distribuidor de calcário, fertilizantes mineral ou orgânico, modelo DCSI 2500.....	31
Figura 11 – Distribuidora de fertilizante mineral ou calcário modelo Precisa 6m <sup>3</sup> .....	31
Figura 12 – Distribuidor de fertilizante orgânico modelo LEC-405.....	32
Figura 13 – Distribuidor de calcário e fertilizantes mineral e orgânico modelo DCF-CO 3000.....	33
Figura 14 – Distribuidor de fertilizante mineral modelo Fertiliza 12000.....	34
Figura 15 – Sistema de defletor de fertilizantes do modelo Fertiliza 12000.....	34
Figura 16 – Distribuidor de fertilizante mineral modelo Hércules 10000.....	35
Figura 17 – Distribuidor de fertilizantes mineral ou orgânico modelo Lancer 2500.....	36
Figura 18 – Distribuidor de calcário e fertilizante modelo DCAB - 2500.....	36
Figura 19 – Distribuidor de fertilizante mineral e corretivos modelo Bruttus 6000.....	37
Figura 20 – Sistema de uniformização de fertilizante do distribuidor modelo Bruttus 6000.....	37
Figura 21 – Mecanismo dosador de fertilizante mineral e orgânico.....	38
Figura 22 – Mecanismo distribuidor de fertilizante com hastes agitadoras.....	38
Figura 23 – Desenhos esquemáticos do encanteirador e distribuidor de fertilizantes ou sementes.....	39
Figura 24 – Desenho do distribuidor de fertilizante mineral e orgânico.....	40
Figura 25 – Enxada rotativa com encanteirador e adubador ERP 115 B.....	41
Figura 26 – Aleirador modelo KLR AL1L.....	42

Figura 27 – Enxada Rotativa Super Forte Encanteiradora da marca Lavrale. ....	42
Figura 28 – Etapas do projeto preliminar. ....	45
Figura 29 – Fluxograma das etapas do projeto preliminar. ....	47
Figura 30 – Equipamento utilizado na determinação do ângulo de repouso. ....	52
Figura 31 – Método para determinação do ângulo de repouso dos fertilizantes. ....	53
Figura 32 – Fluxograma do procedimento para realização do FMEA. ....	56
Figura 33 – Quadro de critérios de análise para a determinação do índice de severidade da falha. ....	57
Figura 34 – Quadro de critério para a classificação de ocorrência da falha. ....	57
Figura 35 – Quadro de critérios de análise do índice de capacidade de detecção da falha. ....	58
Figura 36 – Quadro do formulário FMEA. ....	59
Figura 37 – Continuação do quadro do formulário FMEA. ....	60
Figura 38 – Indicação da área do teste dos SSCs. ....	61
Figura 39 – Bandejas coletoras com cama de peru peletizada. ....	62
Figura 40 – Teste para medir a taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição dos fertilizantes. ....	62
Figura 41 – Indicação da área do teste do protótipo completo. ....	65
Figura 42 – Leitura do perfil de solo mobilizado. ....	67
Figura 43 – Montagem do dispositivo para medição dos esforços de tração do protótipo. ....	68
Figura 44 – Quadro de hierarquização dos requisitos de projeto. ....	70
Figura 45 – Perspectiva isométrica da concepção evoluída do protótipo, construída por meio da combinação dos princípios de solução mais promissores. ....	71
Figura 46 – Projeções ortogonais das vistas da concepção evoluída do protótipo, estabelecida por meio da combinação dos princípios de solução mais promissores. ....	72
Figura 47 – Quadro com os requisitos determinantes para a fabricação do encanteirador e depositador de fertilizantes. ....	73
Figura 48 – Quadro com as funções, sistemas determinantes para fabricação do encanteirador e depositador de fertilizantes e os principais parâmetros. ....	74
Figura 49 – Quadro com os sistemas, subsistemas, componentes e seus principais parâmetros da máquina. ....	75

Figura 50 – Análise do limite de escoamento no chassi do protótipo.....	78
Figura 51 – Quadro de funções auxiliares, seus portadores de efeito físico e principais parâmetros. ....	82
Figura 52 – Desenho da estrutura do reservatório de fertilizantes. ....	83
Figura 53 – Desenho do tensor para correntes. ....	83
Figura 54 – Desenho do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante. ....	84
Figura 55 – Desenho do sistema de defletores do reservatório de fertilizantes. ....	84
Figura 56 – Desenho da concepção com todas as funções incorporadas. ....	85
Figura 57 – Projeções ortogonais das vistas da concepção com todas as funções incorporadas.....	86
Figura 58 – Quadro de relação de componentes, especificações e custo de aquisição (continua). ....	92
Figura 59 – Quadro de relação de componentes, especificações e custo de aquisição (conclusão).....	93
Figura 60 – Quadro de relação de componentes a serem fabricados, especificações e custo de aquisição.....	94
Figura 61 – Protótipo com todos os SSCs. ....	102
Figura 62 – Gráfico da análise da resistência mecânica do solo à penetração nos testes de conformação dos canteiros.....	103
Figura 63 – Conformação dos canteiros. ....	104
Figura 64 – Gráfico da análise da resistência mecânica do solo à penetração nos testes de esforços. ....	106
Figura 65 – Falha no componente de regulagem da largura de trabalho.....	108

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Recomendação de fertilização no plantio (teor alto de P ou K no solo). .	23
Tabela 2 – Recomendação de fertilização no plantio (teor muito baixo de P ou K no solo). .....	24
Tabela 3 – Teor médio de carbono, nutrientes e matéria seca de alguns adubos orgânicos <sup>(1)</sup> .....	25
Tabela 4 – Valores médios de eficiência agrônômica dos nutrientes de diferentes adubos orgânicos aplicados no solo em dois cultivos sucessivos (culturas anuais de grãos ou ciclos de crescimento de forrageiras). .....	26
Tabela 5 – Tratamentos utilizados nos ensaios para medir a taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição dos fertilizantes (primeiro teste).....	64
Tabela 6 – Tratamentos utilizados nos ensaios para medir a taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição dos fertilizantes (segundo teste). .....	69
Tabela 7 – Umidade total e ângulo de repouso de fertilizantes.....	76
Tabela 8 – Relação de velocidade do dosador em função da variação de engrenagens. ....	79
Tabela 9 – Falhas críticas em função da prioridade de risco do protótipo. ....	88
Tabela 10 – Análise dos tratamentos em relação à taxa de aplicação e uniformidade de distribuição dos fertilizantes (primeiro teste). ....	98
Tabela 11 – Análise dos tratamentos em relação à taxa de aplicação e uniformidade de distribuição dos fertilizantes (segundo teste).....	99
Tabela 12 – Configurações indicadas para a distribuição de fertilizantes. ....	101
Tabela 13 – Dimensões dos canteiros e as áreas mobilizadas na conformação dos canteiros.....	105
Tabela 14 – Valores das forças horizontais atuantes no protótipo. ....	107

### Lista de abreviaturas e siglas

C-org.	Carbono orgânico
Ca	Cálcio
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CQFS-RS/SC	Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina
CV	Coeficiente de variação
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
EPO	European Patent Office
FPO	Free Patents Online
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
ha	Hectare
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
in	Polegada
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
kg	Quilograma
kg m <sup>-2</sup>	Quilograma por metro quadrado
kW	Quilowatt
m	Metro
m <sup>-3</sup>	Metro cúbico
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
NeDIP	Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos
NIMEq	Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas
NPR	Número prioritário de risco
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de difósforo
PPGSPAF	Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
RP	Resistência à penetração

UFPA	Unidade Familiar de Produção Agrária
UFPeI	Universidade Federal de Pelotas
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USPTO	United States Patent and Trademark Office

## Sumário

1	Introdução.....	14
2	Objetivos.....	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	Revisão de literatura.....	15
3.1	Agricultura familiar e a mecanização.....	15
3.2	Mecanismos conformadores de canteiro.....	17
3.3	Fertilizantes mineral e orgânico.....	23
3.4	Distribuidores de fertilizantes sólidos.....	27
3.5	Máquinas para conformar canteiros e fertilizar.....	39
3.6	Metodologia de projeto de máquinas agrícolas.....	43
3.6.1	Projeto Preliminar.....	43
3.7	Protótipo.....	46
4	Metodologia.....	47
4.1	Definição dos sistemas, subsistemas e componentes.....	48
4.2	Elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma.....	53
4.3	Definir aquisição ou fabricação.....	60
4.4	Construir o protótipo.....	60
4.5	Finalizar verificações.....	69
5	Resultados e discussão.....	69
5.1	Análise da concepção.....	69
5.2	Resultados do projeto preliminar.....	72
5.3	Identificação dos requisitos determinantes para o projeto.....	73
5.4	Identificação dos sistemas determinantes.....	74
5.5	Desmembrar os Sistemas e Subsistemas e Componentes.....	75
5.6	Dimensionar SSCs.....	75
5.7	Buscar soluções para as funções auxiliares.....	81
5.8	Incorporar no leiaute e nos desenhos de forma as soluções para as funções auxiliares.....	82
5.9	Completar os leiautes gerais com todas as funções incorporadas.....	85
5.10	Avaliar sob critérios técnicos.....	86
5.11	Definir sobre a aquisição ou fabricação.....	91

5.12	Montar os SSCs.....	95
5.12.1	Sistema de armazenamento de fertilizantes .....	95
5.12.2	Sistema de dosagem e regulagem de fertilizantes .....	96
5.12.3	Sistema de suporte e vinculação dos componentes e acoplamento à fonte de tração .....	96
5.12.4	Sistema de transmissão de movimento ao dosador .....	97
5.12.5	Sistema de conformação de canteiros.....	97
5.13	Testar os sistemas, subsistemas e componentes .....	97
5.14	Testar o protótipo completo .....	102
5.15	Analisar e aperfeiçoar o protótipo, verificar erros e fatores de perturbação..	107
5.16	Verificar atendimento às especificações.....	108
6	Conclusão.....	110
6.1	Recomendações para trabalhos futuros .....	110
	Apêndices.....	123
	Anexos .....	174

## 1 Introdução

A agricultura familiar tem papel fundamental para o desenvolvimento sustentável e para alcançar a segurança alimentar no mundo. No Brasil as propriedades agrícolas conduzidas por famílias têm grande importância social e econômica, sendo a principal atividade responsável pela geração de empregos, renda e produção de alimentos.

Um problema enfrentado pelos agricultores familiares no país é a escassa mão de obra para as atividades agrícolas, em virtude da crescente migração da população rural para áreas urbanas. Outra dificuldade enfrentada pelos produtores é a inadequação das máquinas agrícolas disponíveis no mercado, que em sua maioria apresentam grandes dimensões, possuem alto valor de aquisição e de manutenção e demandam tratores com elevada potência.

Para determinar as necessidades dos agricultores familiares, em relação às máquinas agrícolas, os pesquisadores do Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas (NIMEq) do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (PPGSPAF) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), realizam visitas às propriedades familiares com a finalidade de pesquisar as carências em relação à mecanização agrícola, no sentido de buscar e desenvolver soluções para atender essas necessidades.

Pesquisas realizadas com agricultores familiares da região de Bom Jesus no município de São Lourenço do Sul - RS, apontaram para a necessidade de um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros e distribuir fertilizantes mineral e orgânico, no estado sólido, acionados por tratores de baixa potência no motor. Uma máquina com essas funções permitirá economia, agilidade e facilidade operacional.

Com foco nestas premissas, o presente trabalho tem como objetivo projetar preliminarmente, construir e testar um protótipo com foco nas necessidades e carências apresentadas.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo geral**

Desenvolver um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros e depositar fertilizantes mineral e orgânico no estado sólido, com exigência máxima de 25kW de potência no motor do trator.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Realizar o projeto preliminar.
- b) Construir um protótipo.
- c) Ensaiar o protótipo quanto ao desempenho mecânico e eficácia nas funções de conformar canteiros e depositar fertilizantes no estado sólido.

## **3 Revisão de literatura**

### **3.1 Agricultura familiar e a mecanização**

Conforme o relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2015), a produção agrícola familiar fornece mais de 80% do abastecimento de alimentos no mundo. Tendo capacidade de contribuir para a erradicação da fome e alcançar a segurança alimentar sustentável no mundo. Além disso, a agricultura familiar possui maior rendimento na produção de alimentos em relação às propriedades de maiores dimensões.

De acordo com os dados do relatório FAO (2014), 72% das propriedades agrícolas mundiais possuíam área inferior a 1ha, 12% tinham extensões entre 1 e 2ha, 10% possuíam entre 2 a 5ha, as propriedades com mais de 5ha representavam apenas 6%, conforme a Figura 1, ou seja, cerca de 90% das 570 milhões de propriedades agrícolas do mundo poderia ser considerada familiar referente às áreas que ocupam.

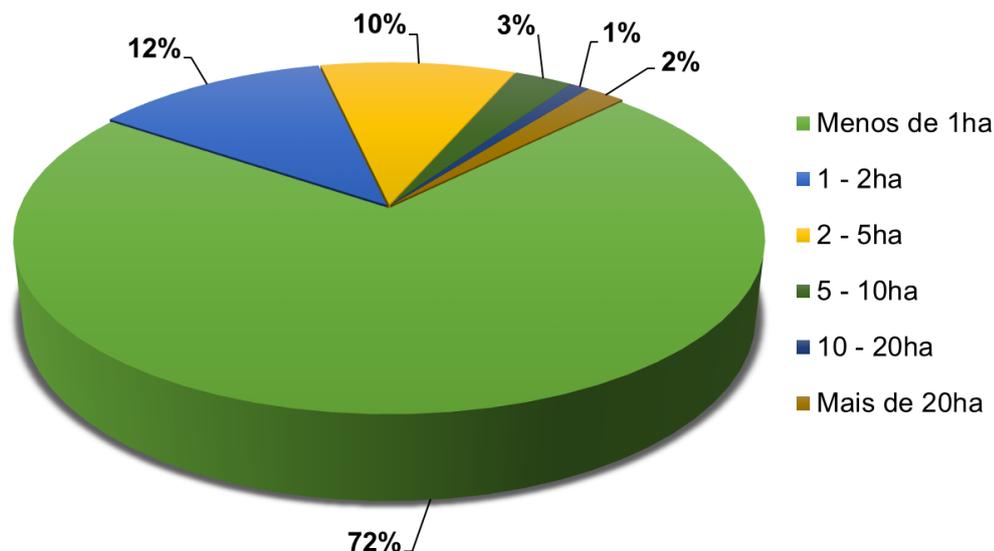


Figura 1 – Gráfico da proporção de propriedades agrícolas mundial em função da sua extensão.  
Fonte: FAO, 2014.

No Brasil a agricultura familiar tem papel fundamental como fonte de emprego, produção de alimentos e renda, como também é considerada a base para o desenvolvimento rural sustentável (FAO, 2015). De acordo com o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2017), no país existem 3,9 milhões de propriedades familiares que representam 77% do total de estabelecimentos.

Apesar de ocupar apenas 23% (80,89 milhões de hectares) da área agrícola brasileira, a produção total da agricultura familiar é de R\$ 107 bilhões e equivale a 23% de toda a produção agropecuária brasileira, e fornece 67% dos empregos agrícolas do país, cerca de 10,1 milhões de pessoas (IBGE, 2017). No Brasil existe um programa institucional, desde 2003, com a finalidade de comprar alimentos dos agricultores familiares para escolas, creches, hospitais, desta maneira, fortalecendo a produção familiar local (FAO, 2015).

Para uma propriedade ser considerada uma Unidade Familiar de Produção Agrária (UFPA), o empreendimento familiar rural deve possuir até quatro módulos fiscais, utilizar, no mínimo, metade da força de trabalho familiar no processo produtivo e de geração de renda, obter, no mínimo, metade da renda familiar de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento e a gestão do estabelecimento ou do empreendimento ser estritamente familiar (BRASIL, 2017).

O Rio Grande do Sul em 2017 era o quarto estado com maior número de estabelecimentos familiares, com 7,2% das propriedades familiares do país (365.094

unidades), ocupando a área de 6,2 milhões. Os dados também indicam que 83,7% dos estabelecimentos agropecuários gaúchos têm entre 0 e 50 hectares (IBGE, 2017).

Mesmo sendo uma das principais atividades geradoras de riqueza e distribuição de renda no Brasil, a agricultura familiar encontra dificuldades na aquisição de máquinas agrícolas necessárias para suprirem suas necessidades. Segundo Teixeira et al. (2009) e Niemczewski et al. (2014), existem poucos maquinários no comércio adequados às características dos produtores familiares, visto que muitas dessas máquinas apresentam elevado custo de aquisição, demandam grande potência e possuem dimensões superiores as necessidades desses agricultores.

Conforme Custódio (2015), a principal atividade dos agricultores familiares de Bom Jesus no município de São Lourenço do Sul é a fomicultura, sendo o cultivo de hortaliças a complementar. Foi observado também que a principal fonte geradora de renda tem origem em culturas produzidas em canteiros, havendo a necessidade de operações como conformar canteiros e aplicar fertilizante.

Custódio (2015) verificou que 86,67% dos entrevistados realizam a fertilização manualmente, e posteriormente a tarefa de conformar os canteiros, que é executada com encanteiradores. Para a fertilização esses agricultores utilizam tanto o fertilizante mineral ou orgânico, visto que, muitos possuem aviários ou leitárias, e alguns produtores também adquirem cama de aviário e de peru em comércios locais.

A área média destinada a produção em canteiros é aproximadamente 2,5ha, não havendo necessidade da utilização de tratores superiores a 25kW de potência para realizar as atividades dos produtores entrevistados (CUSTÓDIO, 2015). Pesquisas realizadas com agricultores familiares apontaram a necessidade de uma máquina capaz de fertilizar e conformar canteiros, que apresente basicamente baixo custo de aquisição, possibilitando ao mesmo tempo uma uniformidade na aplicação do fertilizante no solo e a facilidade no abastecimento do reservatório (CUSTÓDIO, 2015 e MORAIS et al., 2015).

### **3.2 Mecanismos conformadores de canteiro**

O maquinário normalmente utilizado para a conformação de canteiros é o aleirador, que utiliza os órgãos ativos do arado (aiveca ou discos), que permitem a

mobilização do solo. A mobilização do solo é capaz de proporcionar melhorias em relação à fertilidade, capacidade de absorção e retenção de água e o arejamento do solo (MACHADO et al., 2005). Conforme Stone e Gulvin (1976), o arado também incorpora resíduos no solo e mediante mobilização transporta novos nutrientes para a superfície.

O arado de aiveca realiza a elevação, torção, fratura e tombamento lateral do solo, devido ao seu formato e concepção, não necessitando de massa adicional para penetrar no terreno (MACHADO et al., 2005).

Com a finalidade de reduzir o atrito dos órgãos ativos do arado com o solo, surgiu o arado de discos, porém devido a sua concepção esse arado necessita de maior massa para aprofundar no solo (MACHADO et al., 2005). De acordo com Ortiz-Cañavate (1984), os solos com textura arenosa provocam um desgaste rápido dos órgãos ativos do arado devido ao atrito, entretanto o arado de disco, se regulado corretamente com relação a seus ângulos de trabalho, é mais eficaz nestes solos devido ao movimento de rotação, uma vez que o disco gira sobre o obstáculo diminuindo o atrito com o terreno.

Conforme Candelon (1971) e Juanos (1980) o valor do ângulo de trabalho horizontal do disco oscila entre 40 e 45°, de acordo com Stone e Gulvin (1976) e Balastreire (1987) os valores entre 42 e 45° são mais utilizados.

O ângulo de trabalho vertical do disco é formado pelo plano vertical que passa pelo ponto de contato do disco com o solo em relação ao plano que compreende a borda do disco (MACHADO et al., 2005). Segundo Ortiz-Cañavate (1984), o valor do ângulo vertical do disco varia de 10 a 20° e a velocidade de trabalho é entre 1,39 a 2,5m s<sup>-1</sup>.

Para Balastreire (1987) o ângulo vertical apresenta variação entre 15 e 25°, quanto maior for esse ângulo menor será a penetração do disco no solo. Entretanto o limite de 25° não deve ser ultrapassado, pois a face inferior do disco tenderá a entrar em contato com o solo, conseqüentemente impedindo a penetração do disco.

Segundo Kepner et al. (1982) o ângulo vertical de 15° é indicado para solos argilosos, 20° para solos francos e o ângulo de 25° é recomendado para solos arenosos.

Em relação a velocidade de aração, Profeta et al. (2014), ao analisarem a qualidade operacional de um arado da marca Baldan modelo ARH reversível com três

discos de 28" de diâmetro, largura de corte de 1,0m e nas velocidades efetivas de trabalho de 0,97, 1,30 e 1,5m s<sup>-1</sup>, obtiveram 41,59, 56,03 e 64,38% de eficiência efetiva respectivamente.

Custódio (2015) verificou, mediante entrevistas realizadas com agricultores familiares, que a altura dos canteiros empregada varia entre 0,10 a 0,30m, dos quais 87% utilizam 0,30m de altura. Leme (1956) em seus experimentos em relação à profundidade de trabalho do arado, concluiu que à medida que aumenta a profundidade de aração, também aumenta a produção, no entanto a profundidade máxima analisada foi de 0,25m, dimensão semelhante à utilizada por muitos dos agricultores entrevistados por Custódio (2015).

No Apêndice A, são apresentados registros de várias patentes que foram pesquisadas e analisadas para a elaboração do presente estudo. São patentes de máquinas que possuem princípios de solução similares para as funções de conformar canteiros.

Os registros foram encontrados em órgãos responsáveis pela regulamentação e documentação de pedidos de patentes, sendo que os órgãos pesquisados foram EPO, FPO, INPI, ORBIT e USPTO, no entanto somente as patentes de maquinários mais relevantes para a agricultura familiar são discutidas a seguir.

A máquina patenteado por Baker (1997) exposta na Figura 2, apresenta dois discos dianteiros e dois traseiros montados com ângulos diferentes, de modo que um sistema de discos joga o solo para o centro do canteiro conformado e o outro sistema afasta o material para os canteiros laterais. A largura de trabalho é regulada pelos tubos circulares que deslizam no chassi e são fixados por pinos.

O conformador de canteiros possui um sistema para nivelar a altura de trabalho, que conta com um cilindro hidráulico e duas correntes para realizar uma pressão constante sobre o solo, permitindo que a altura de trabalho seja uniforme. Para tracionar o implemento é necessário o acoplamento no engate de três pontos do trator (BAKER, 1997).

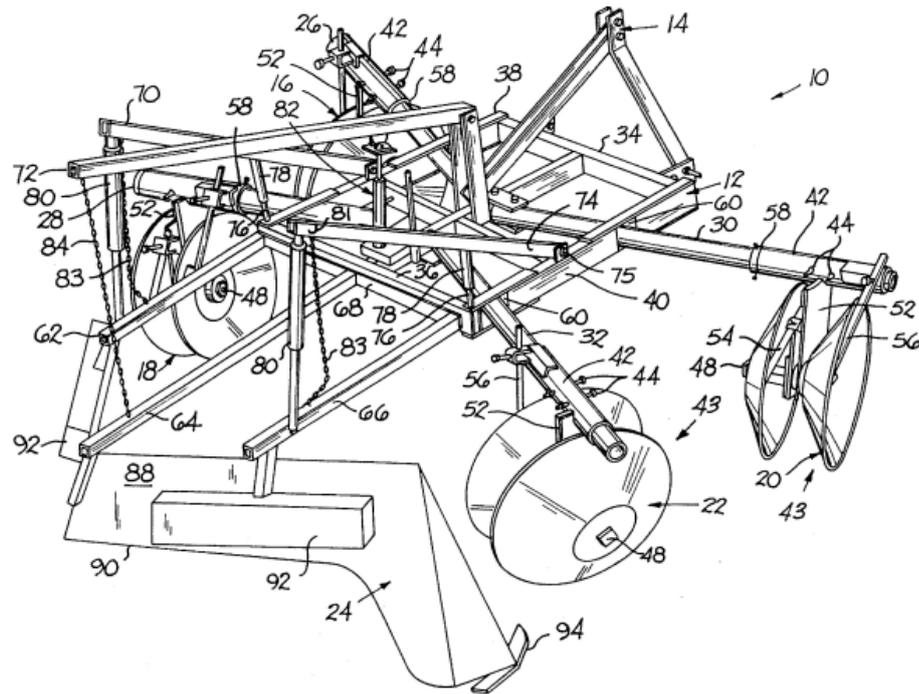


Figura 2 – Desenho esquemático do sistema conformador de canteiros.  
Fonte: Baker, 1997.

O aleirador de aiveca modelo AAB 1500 (Figura 3) da empresa Budny, possibilita conformar canteiros com largura máxima de trabalho de 1,5m, com reguladores laterais que permitem variar a largura de trabalho em 0,30m. O implemento apresenta massa de 195kg e necessita de um trator com potência de 37kW, o acoplamento é realizado pelo sistema de engate de três pontos do trator.



Figura 3 – Aleirador de aiveca modelo AAB 1500.  
Fonte: Budny, 2016a.

No que se refere a máquinas para conformar canteiros a empresa Folmaq disponibiliza no mercado brasileiro, dois conformadores de canteiros para uma linha, o aleirador modelo AF 1 (Figura 4), que apresenta sistemas para regulagens de altura e largura de trabalho. Os órgãos ativos são dois discos de 0,51m (20”), para a fixação dos discos o aleirador possui cubos de deslizamento que possibilitam manutenções e limpezas práticas e rápidas (FOLMAQ, 2017a).



Figura 4 – Aleirador de discos para uma linha modelo AF 1.  
Fonte: Folmaq, 2017a.

O segundo encanteirador que a empresa Folmaq disponibiliza é o aleirador modelo AAS (Figura 5), que apresenta duas aivecas como órgãos ativos e uma haste subsoladora, o sistema para a regulagem da largura de trabalho é semelhante ao do aleirador modelo AF 1, com fixadores móveis nas laterais. Para serem tracionados, os encanteiradores são acoplados ao sistema de engate de três pontos do trator e requerem potência de 47,81kW no motor do trator (FOLMAQ, 2017b).



Figura 5 – Aleirador de aiveca para uma linha modelo AAS.  
Fonte: Folmaq, 2017b.

A empresa Savyor, disponibiliza no mercado brasileiro o aleirador modelo SV 2000 (Figura 6), que possui uma haste subsoladora, dois discos de 0,56m (22") com regulagens de abertura e articulação, também apresenta um acamador traseiro com regulagens de elevação e retração. O aleirado permite conformar canteiros com largura máxima de 1,10m e altura máxima de 0,30m (SAVYOR, 2016).



Figura 6 – Enleirador de discos modelo SV2000.  
Fonte: Savyor, 2016.

### 3.3 Fertilizantes mineral e orgânico

A fertilização tem como finalidade aumentar o teor dos nutrientes no solo, proporcionando as culturas condições para expressarem seu máximo potencial de produtividade. Além de fornecer nutrientes, os fertilizantes também contribuem na agregação do solo, melhorando a estrutura, aeração, drenagem e a capacidade de armazenamento de água (CQFS-RS/SC, 2004).

A adequação de fertilizantes é um aspecto de grande importância para a agricultura, pois produtos menos eficientes para determinadas culturas, podem aumentar o custo da produção e até mesmo determinar o fracasso da lavoura (CQFS-RS/SC, 2016).

A recomendação de fertilização na semeadura e no transplante deve ser realizada com base no diagnóstico de fertilidade do solo e na necessidade de nutrientes das culturas (CQFS-RS/SC, 2016). Na Tabela 1 é apresentada a recomendação de fertilização no plantio, para as plantas cultivadas nas propriedades estudadas por Custódio (2015), com a interpretação do teor alto de P ou K no solo, essa situação é a que demanda menor quantidade de nutrientes.

Tabela 1 – Recomendação de fertilização no plantio (teor alto de P ou K no solo).

Cultura	N (kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
Alface	20	80	0
Batata	20	125	100
Beterraba	20	370	0
Cenoura	20	370	0
Morango	90	60	180
Repolho	20	100	0
Tabaco	60	40	60
Tomate	20	70	0

Fonte: Comissão de química e fertilidade do solo – CQFS RS/SC, 2016.

Na Tabela 2 contém a recomendação de fertilização no plantio, para as culturas produzidas nas propriedades estudadas por Custódio (2015), com a interpretação do teor muito baixo de P ou K no solo, essa é a situação com maior necessidade de nutrientes.

Tabela 2 – Recomendação de fertilização no plantio (teor muito baixo de P ou K no solo).

Cultura	N (kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
Alface	20	240	0
Batata	20	395	280
Beterraba	20	370	0
Cenoura	20	370	0
Morango	180	200	300
Repolho	20	260	0
Tabaco	80	120	80
Tomate	20	230	0

Fonte: Comissão de química e fertilidade do solo – CQFS RS/SC, 2016.

De acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2004), os fertilizantes são classificados quanto a sua natureza, em minerais e orgânicos. Conforme a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (CQFS-RS/SC, 2016), a composição, o valor de aquisição e a eficiência agrônômica dos fertilizantes variam amplamente.

Os fertilizantes minerais são definidos como um produto de natureza basicamente mineral, natural ou sintético, obtido por processo físico, químico ou físico-químico, fornecendo um ou mais nutrientes à cultura (BRASIL, 2004). Em geral, os fertilizantes minerais são sais inorgânicos solúveis, sua eficiência agrônômica depende da sua solubilidade e das reações químicas com o solo (CQFS-RS/SC, 2016).

O fertilizante orgânico é considerado um produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais (BRASIL, 2004).

As principais fontes de fertilizante orgânico são: esterco ou dejetos de animais, resíduos culturais pós-colheita, fertilizantes verdes, lodo de esgoto, composto de lixo urbano e alguns resíduos agroindustriais (CQFS-RS/SC, 2016).

A fertilização orgânica favorece a atividade biológica e a agregação do solo, melhorando sua estrutura, aeração, drenagem, infiltração e o armazenamento de água. Entretanto, os fertilizantes orgânicos geralmente apresentam baixa concentração de nutrientes conforme a Tabela 3, sendo necessário aplicar um volume

maior do que os fertilizantes minerais ou o uso em conjunto dos dois fertilizantes (CQFS-RS/SC, 2016).

Tabela 3 – Teor médio de carbono, nutrientes e matéria seca de alguns adubos orgânicos<sup>(1)</sup>.

Adubo orgânico	C-org.	Ntotal <sup>(2)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Matéria seca
	% (m m <sup>-1</sup> )						
Cama de frango (3 e 4 lotes) <sup>(3)</sup>	30	3,2	3,5	2,5	4	0,8	75
Cama de frango (5 e 6 lotes)	28	3,5	3,8	3,0	4,2	0,9	75
Cama de frango (7 e 8 lotes)	25	3,8	4,0	3,5	4,5	1,0	75
Cama de peru (2 lotes)	23	5,0	4,0	4,0	3,7	0,8	75
Cama de poedeira	30	1,6	4,9	1,9	14,4	0,9	72
Cama sobreposta de suínos	18	1,5	2,6	1,8	3,6	0,8	40
Esterco sólido de suínos	20	2,1	2,8	2,9	2,8	0,8	25
Esterco sólido de bovinos	30	1,5	1,4	1,5	0,8	0,5	20
Vermicomposto	17	1,5	1,3	1,7	1,4	0,5	50
Lodo de esgoto	30	3,2	3,7	0,5	3,2	1,2	5
Composto de lixo urbano	12	1,2	0,6	0,4	2,1	0,2	70
Cinza de casca de arroz	10	0,3	0,5	0,7	0,3	0,1	70
Kg m <sup>-3</sup> %							
Esterco líquido de suínos	9	2,8	2,4	1,5	2	0,8	3
Esterco líquido de bovinos	13	1,4	0,8	1,4	1,2	0,4	4

Fonte: Comissão de química e fertilidade do solo – CQFS RS/SC, 2016.

<sup>(1)</sup> Concentração calculada com base em material seco em estufa a 65°C; m/m = relação massa/massa.

<sup>(2)</sup> A proporção do N total que se encontra na forma mineral (amoniacal: N-NH<sub>3</sub> e N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; nítrica: N-NO<sub>3</sub> e N-NO<sub>2</sub>) é, em média, de 25% na cama de frangos, 15% na cama de poedeiras, 30% no lodo de esgoto, 25% no esterco líquido de bovinos e 60% no dejetos líquido de suínos e 5% na cama sobreposta e no composto de dejetos suínos. A proporção de N na forma mineral pode variar de acordo com o grau de maturação e tempo de armazenamento do adubo orgânico.

<sup>(3)</sup> Indicações do número de lotes de animais que permanecem sobre a mesma cama.

Em geral, os fertilizantes orgânicos com alto teor de fibras e lignina decompõem mais lentamente no solo, liberando menores quantidades de nutrientes que os dejetos líquidos. Esta diminuição lenta, diminui a perda de nutrientes e contribui para o aumento de matéria orgânica no solo (CQFS-RS/SC, 2016).

A fertilização orgânica apresenta variação na concentração de nutrientes e nas suas taxas de liberação no solo, desta forma variando a quantidade total de nutrientes disponível nos dois primeiros cultivos após a aplicação (CQFS-RS/SC, 2016), os índices de eficiência agrônômica dos nutrientes no primeiro e segundo cultivo são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios de eficiência agrônômica dos nutrientes de diferentes adubos orgânicos aplicados no solo em dois cultivos sucessivos (culturas anuais de grãos ou ciclos de crescimento de forrageiras).

Adubo orgânico	Nutriente <sup>(1)</sup>	Índice de eficiência	
		1° cultivo	2° cultivo
Cama de frango	N	0,5	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1	-
Esterco sólido de suínos	N	0,6	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1	-
Esterco sólido de bovinos	N	0,3	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1	-
Dejeto líquido de suínos	N	0,8	-
	P	0,9	0,1
	K	1	-
Dejeto líquido de bovinos	N	0,5	0,2
	P	0,8	0,2
	K	1	-
Cama sobreposta e composto de dejetos de suínos <sup>(2)</sup>	N	0,2	-
	P	0,7	0,3
	K	1	-
Outros resíduos orgânicos <sup>(3)</sup>	N	0,5	0,2
	P	0,7	0,2
	K	1	-
Lodo de esgoto e composto de lixo	N	0,2	-
			-
			-

Fonte: Comissão de química e fertilidade do solo – CQFS RS/SC, 2016.

<sup>(1)</sup> Nutrientes totais (mineral + orgânico);

<sup>(2)</sup> Considerando como substrato a maravalha e/ou, a serragem;

<sup>(3)</sup> Outros adubos orgânicos podem apresentar valores distintos conforme a concentração e a forma dos nutrientes presentes no adubo.

A fertilização orgânica possibilita a reciclagem de dejetos e resíduos provenientes de propriedades agrícolas, assim contribuindo para a economia dos agricultores (CQFS-RS/SC, 2016).

O ângulo de repouso dos fertilizantes é uma característica importante para dimensionar o ângulo das paredes do reservatório de um distribuidor que irá utilizar a gravidade para o deslocamento do fertilizante (VASCONCELOS, 2011).

Dallmeyer (2003) ressalta a importância da relação do ângulo de inclinação das paredes laterais do reservatório com o ângulo de repouso do fertilizante, para evitar o escoamento desuniforme e acúmulo de material nos cantos, impossibilitando o descarregamento completo do fertilizante. O ângulo das paredes também tem a função de impedir o acúmulo significativo de fertilizante sobre o mecanismo dosador ou alimentador.

Nogueira et al. (2016) ao desenvolverem um dosador de fertilizante para agricultores familiares, identificaram que o ângulo de repouso do fertilizante NPK 5-20-20 foi 33°. Vasconcelos (2011) ao projetar um dosador de fertilizante verificou que a média do valor para o ângulo de repouso do fertilizante NPK 05-20-10 foi 30°, para o NPK 10-10-07 foi 31,50°, para o pó de rocha foi identificado o ângulo de 39,75° e o valor de 38° para o calcário.

Outra característica importante na distribuição de fertilizantes é a sua localização em relação à deposição das sementes, de acordo com os experimentos realizados por Coury & Malavolta (1953), o tratamento com melhor resultado foi com o fertilizante abaixo da semente e misturado ao solo, já o pior resultado foi com o fertilizante sobre a semente. Dados semelhantes foram observados por Custódio (2015) ao entrevistar produtores familiares, que relataram realizar a distribuição do fertilizante na superfície dos canteiros e semear ou transplantarem após um período de chuvas, assim possibilitando a lixiviação do fertilizante.

### **3.4 Distribuidores de fertilizantes sólidos**

As principais funções desempenhadas por um distribuidor de fertilizante são depositar uniformemente o fertilizante e variar a dosagem do mesmo (JUANOS, 1980). Os fertilizantes podem se apresentar na forma gasosa, líquida ou sólida, também se diferem em relação a ser mineral ou orgânico, conseqüentemente, requerem diferentes tipos de distribuidores (STONE e GULVIN, 1976).

Os sistemas de dosagem e aplicação de fertilizantes orgânicos dependem do tipo de fertilizante utilizado, sendo o esterco sólido o mais utilizado de acordo com Ortiz-Cañavate (1984).

De acordo com Stone e Gulvin (1976), os distribuidores existentes possuem rodas próprias e/ou são acoplados no trator, geralmente as rodas estão localizadas

nas extremidades ou na parte posterior da máquina. Os distribuidores menores com aplicação lateral podem ser acoplados na barra de tração ou no engate traseiro de três pontos do trator.

A velocidade de trabalho recomendada por Juanos (1980), para distribuidores de fertilizante por gravidade varia entre 1,11 a 2,22m s<sup>-1</sup> e para distribuidores de fertilizante centrífugos oscila de 1,94 a 2,78m s<sup>-1</sup>.

De acordo com a norma ASAE S341.3 de 2006 a uniformidade na aplicação de fertilizantes e nos testes de distribuição pode ser influenciada pelo vento, tamanho de partícula, umidade relativa crítica do produto, taxa de aplicação, inclinação do solo, velocidade de operação, rugosidade do solo, temperatura, umidade relativa e método de coleta de amostras.

Na norma ASAE S341.3 de 2006, é apresentado um método normatizado para a avaliação da uniformidade de distribuição de fertilizantes, que determina os termos utilizados, as condições e os procedimentos do ensaio, além de definir os resultados baseando-se no coeficiente de variação (CV) da distribuição dos fertilizantes.

Conforme Baio et al. (2012) o CV é um dos parâmetros utilizados para avaliar a uniformidade de distribuição. Porém devido à falta de padronização, diversos autores determinaram valores que podem ser utilizados como referência, como é o caso de Barnes e Furtune (2004), que consideram o grau de uniformidade de distribuição bom com CV até 10%, entre 10 e 15% ocorrerá pouca perda de rendimento e acima de 20% não satisfatória.

Segundo Valdez (1978 apud BAIO et al., 2012) um CV de 33% é suficientemente uniforme e não afeta a produtividade da cultura, para Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989), o coeficiente de variação é pobre acima de 33%, regular até 33%, considerado bom até 20% e muito bom até 10%.

Na Figura 7 tem-se o desenho esquemático da máquina patenteada por Allen (1912), sendo a patente mais antiga de um distribuidor de fertilizante identificada neste estudo, a máquina está registrada na instituição United States Patent and Trademark Office (USPTO). Segundo o inventor, o implemento foi desenvolvido com a finalidade de recolher e reduzir em fragmentos os resíduos encontrados em pomares e distribuí-los como fertilizante orgânico.

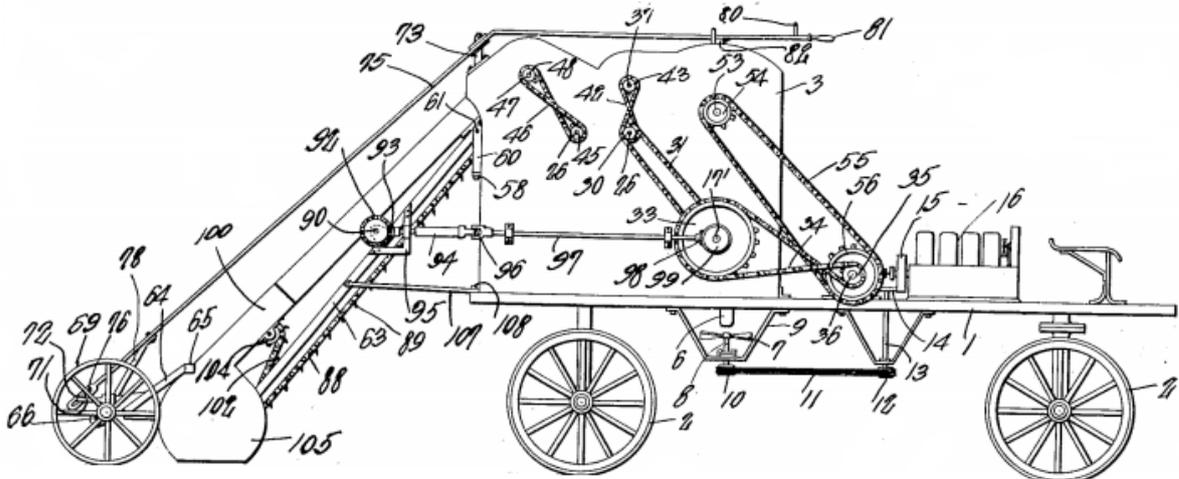


Figura 7 – Desenho esquemático da máquina para fabricação e distribuição de fertilizantes.  
Fonte: Allen, 1912.

Em 2016 Anerci Wiesner patenteou no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), um bocal regulado por nivelamento interno, localizado dentro de dosadores na câmara de despejo de fertilizantes e corretivos (Figura 8).

O mecanismo funciona como um nivelador interno para controle da dosagem do material distribuído, depois de passar pelo eixo helicoidal o fertilizante é amontoado na parede do bocal, que funciona como um dosador, após alcançar o topo do bocal nivelador, o fertilizante entra no túnel circular longitudinal e é aplicado uniformemente por gravidade (WIESNER, 2016).

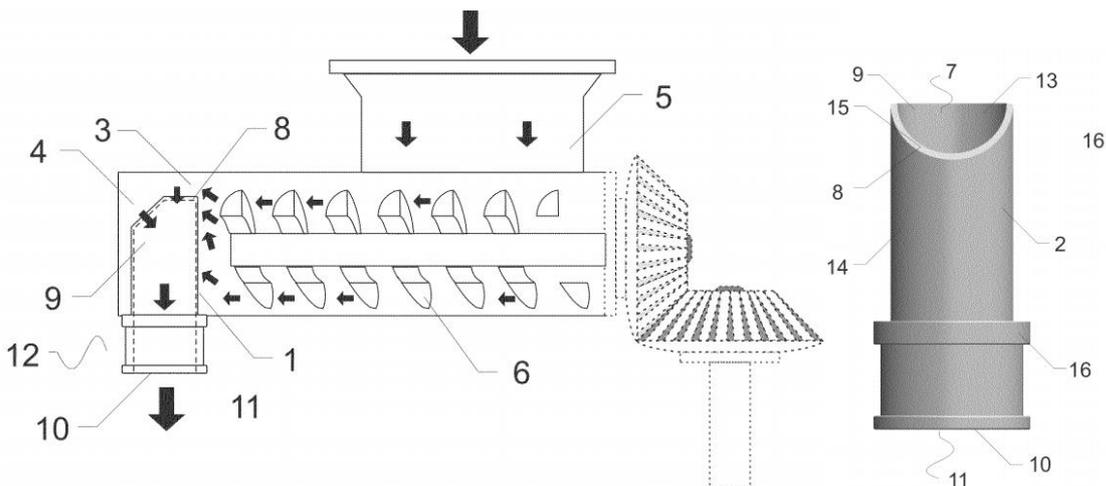


Figura 8 – Desenhos esquemáticos do bocal regulador do dosador de fertilizante.  
Fonte: Wiesner, 2016.

A máquina patenteada por Freyer et al. (2017), apresentada no desenho esquemático da Figura 9, trata-se de um rolo dentado com a finalidade de destorroar

fertilizantes e corretivos, localizado na saída da comporta de dosagem do distribuidor, permitindo uma deposição uniforme dos materiais aplicados.

De acordo com os inventores o implemento visa solucionar o defeito das correntes nas máquinas existentes, que não realizam a quebra de todos os torrões que estão no fertilizante ou que se formam durante a passagem pela comporta de dosagem, ocasionando excesso ou insuficiência de nutrientes para as culturas.

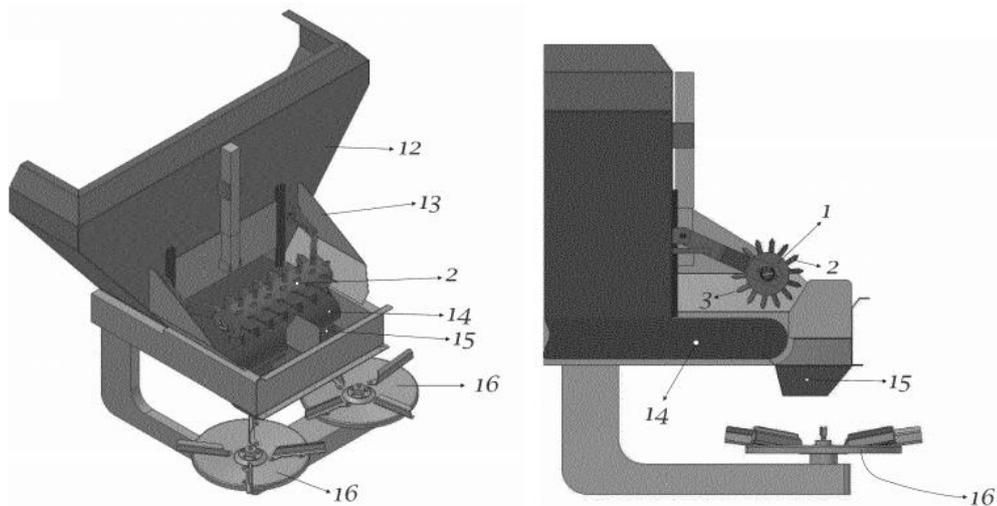


Figura 9 – Desenhos esquemáticos do rolo para destorroar fertilizantes.  
Fonte: Freyer; Lauxen e Lauxen, 2017.

Na Figura 10 é apresentado o distribuidor de calcário, fertilizantes mineral ou orgânico, modelo DCSI 2500 da empresa Santa Izabel, uma máquina capaz de distribuir a lanço ou direcionado por meio de uma esteira transportadora com taliscas de aço, possui um defletor para diminuir a sobrecarga e facilitar o acionamento da esteira, principalmente na distribuição de calcário.

O transporte do implemento é realizado por meio do engate da barra de tração do trator, o reservatório do distribuidor DCSI 2500 possui capacidade volumétrica de  $1,6\text{m}^3$ , a massa total da máquina vazia é de 890kg e necessita de 44,13 a 47,81kW de potência no motor para tracioná-lo (SANTA IZABEL, 2016).



Figura 10 – Distribuidor de calcário, fertilizantes mineral ou orgânico, modelo DCSI 2500.  
Fonte: Santa Izabel, 2016.

O distribuidor de fertilizante mineral ou calcário a lanço da empresa Jumil, modelo Precisa 6m<sup>3</sup> (Figura 11), possui um reservatório de aço inox com capacidade volumétrica de 6m<sup>3</sup>, o deslocamento do fertilizante no interior do reservatório é realizado por uma esteira transportadora de borracha, apresenta uma taxa de vazão que varia entre 15 a 800kg ha<sup>-1</sup>.

O maquinário tem 6,42m de comprimento, largura de 3,63m e massa total de 3.780kg, utiliza o sistema de acionamento hidráulico e a barra de tração do trator, necessita de um trator com 81kW de potência para o acionamento (JUMIL, 2016).



Figura 11 – Distribuidora de fertilizante mineral ou calcário modelo Precisa 6m<sup>3</sup>.  
Fonte: Jumil, 2016.

A empresa Casale disponibiliza 5 modelos de distribuidores de fertilizante orgânico, o menor modelo é o LEC-405 (Figura 12), que apresenta reservatório com capacidade volumétrica de 4m<sup>3</sup> e largura de trabalho variando de 6 a 12m dependendo das características do produto distribuído.

A máquina é tracionada pela barra de tração do trator, e apresenta massa total de 3.000kg, sendo necessário um trator de 51,48kW de potência no motor para o seu acionamento (CASALE, 2016). Condições que inviabilizam o seu emprego para muitos agricultores familiares.



Figura 12 – Distribuidor de fertilizante orgânico modelo LEC-405.  
Fonte: Casale, 2016.

A empresa Baldan disponibiliza no mercado brasileiro um distribuidor de calcário e fertilizantes mineral ou orgânico, modelo DCF-CO 3000 (Figura 13). O implemento apresenta reservatório com capacidade volumétrica de 1,6m<sup>3</sup>, a aplicação do fertilizante é realizada a lanço pelos discos distribuidores rotativos. A dosagem do produto ocorre em função da velocidade da esteira modular de transporte de 0,80m de largura, que é movida pela tomada de potência do trator, a esteira possui regulagem de velocidade, que pode ser realizada por meio da substituição das engrenagens com diferentes diâmetros (BALDAN, 2016).

O distribuidor demanda de 36,77 a 51,48kW de potência de acionamento no motor do trator. Possui massa total de 1.070kg, largura de 1,8m e comprimento total de 3,90m, tendo como o ponto de engate a barra de tração do trator (BALDAN, 2016), consequentemente dificultando manobras em áreas pequenas.



Figura 13 – Distribuidor de calcário e fertilizantes mineral e orgânico modelo DCF-CO 3000.  
Fonte: Baldan, 2016.

O distribuidor de fertilizante mineral para agricultura de precisão modelo Fertiliza 12000 da empresa Baldan (Figura 14), conta com sistema hidráulico independente, esteira de borracha para o transporte de fertilizante no interior do reservatório, esticador da esteira e peneiras para a proteção dos sistemas de esteira e de distribuição de fertilizante.

A máquina vazia apresenta massa de 4.200kg, comprimento de 7,00m, o reservatório possui capacidade volumétrica de 6m<sup>3</sup>, a distribuição do fertilizante é realizada por discos distribuidores, com vazão de 15 a 8.000kg ha<sup>-1</sup> e velocidade de trabalho de 1,11 a 4,17m s<sup>-1</sup> (BALDAN, 2019).



Figura 14 – Distribuidor de fertilizante mineral modelo Fertiliza 12000.  
Fonte: Baldan, 2019.

Para evitar a formação de túneis (ocos) e minimizar a compactação sobre a esteira de borracha, a Fertiliza 12000 dispõem de um defletor com sistema de encaixe rápido (Figura 15), e um sistema de correntes dispersoras que estão posicionadas próximas a comporta de vazão, com a função de desagregar os produtos em pó, permitindo homogeneidade na distribuição.

No entanto os custos de aquisição e manutenção são elevados, além disso, demanda 82,03kW de potência de acionamento no motor, tornando esse distribuidor inviável para muitos agricultores familiares (BALDAN, 2019).



Figura 15 – Sistema de defletor de fertilizantes do modelo Fertiliza 12000.  
Fonte: Baldan, 2019.

O distribuidor Hércules 10000 (Figura 16), apresenta capacidade de 2,5 ou 5m<sup>3</sup> de fertilizante mineral, conforme o rodado empregado. Possui massa total de 4.500kg e necessita 73,55kW de potência de acionamento no motor do trator. O acionamento dos discos distribuidores é realizado pela tomada de potência (TDP).

O distribuidor Hércules conta com dois redutores de cargas, os quais são responsáveis por evitar a formação de túneis, permitindo a uniformidade dos produtos na esteira (STARA, 2017a). No entanto, Schlosser et al. (2007), avaliaram o distribuidor e detectaram a formação de túneis quando utilizado com calcário úmido, mesmo com o emprego do redutor de carga. Necessitando a intervenção do operador a todo momento para desfazer os túneis. Entretanto os autores relatam que após esses testes a empresa resolveu a falha.



Figura 16 – Distribuidor de fertilizante mineral modelo Hércules 10000.  
Fonte: Stara, 2017a.

O distribuidor Lancer 2500 da empresa Jan (Figura 17) distribui calcário, semente e fertilizantes mineral ou orgânico. O reservatório de fertilizante apresenta capacidade volumétrica de 1,30m<sup>3</sup> e largura máxima de distribuição de 25m devido aos discos de distribuição (item opcional). A massa total do distribuidor com o reservatório vazio é 750kg e necessita de um trator com 48kW de potência para o seu acionamento, o acoplamento do implemento ao trator é realizado pelo engate na barra de tração do trator (JAN, 2016).



Figura 17 – Distribuidor de fertilizantes mineral ou orgânico modelo Lancer 2500.  
Fonte: Jan, 2016.

Dos três distribuidores de calcário e fertilizante disponibilizados no mercado brasileiro pela empresa Budny, o modelo DCAB - 2500 (Figura 18) apresenta o reservatório com menor capacidade volumétrica, de  $1,45\text{m}^3$  e comprimento total de 3,92m. Possui dois discos distribuidores que permitem maior largura de distribuição e massa total de 975kg, necessitando de 37kW de potência de acionamento no motor do trator (BUDNY, 2016b).



Figura 18 – Distribuidor de calcário e fertilizante modelo DCAB - 2500.  
Fonte: Budny, 2016b.

O distribuidor de fertilizantes mineral e corretivos, Bruttus 6000 (Figura 19) opera por gravidade com o auxílio de esteiras transportadoras, com largura de trabalho de 4,00m. Apresenta reservatório com capacidade volumétrica de  $3,73\text{m}^3$ ,

que possui movimento basculante, permitindo fácil acesso para limpeza e manutenção.



Figura 19 – Distribuidor de fertilizante mineral e corretivos modelo Bruttus 6000.  
Fonte: Stara, 2017b.

O distribuidor Bruttus 6000 é tracionado pela barra de tração do trator, possui um sistema de movimentação e uniformização do fertilizante (Figura 20) que evita a compactação do produto e garante a uniformidade de deposição sobre as esteiras, também contém uma grade de proteção com a função de filtrar o produto e evitar a passagem de pedras, torrões ou outros objetos.



Figura 20 – Sistema de uniformização de fertilizante do distribuidor modelo Bruttus 6000.  
Fonte: Stara, 2017b.

O mecanismo dosador de fertilizantes projetado por Lemos (2014) apresentado na Figura 21, é um aperfeiçoamento de um distribuidor tipo rosca sem-fim acoplável em máquinas agrícolas. Possui a finalidade de dosar fertilizantes mineral ou orgânico, apresenta regulagem da borda de transbordo para adequar-se às propriedades físicas dos fertilizantes.

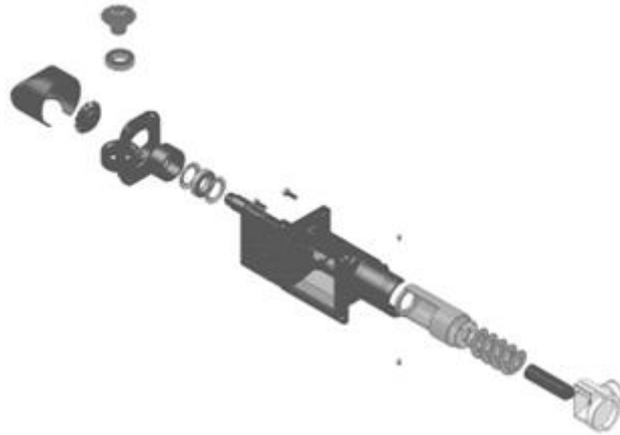


Figura 21 – Mecanismo dosador de fertilizante mineral e orgânico.  
Fonte: Lemos, 2014.

O distribuidor de fertilizante para semeadoras de batatas (Figura 22), apresenta um mecanismo com a finalidade de evitar a compactação do fertilizante no reservatório e também a formação de túneis. O sistema possui quatro hastes que giram com a roda de alimentação, a taxa de distribuição de fertilizante pode ser regulada pela abertura da porta ou pela velocidade da roda de alimentação.

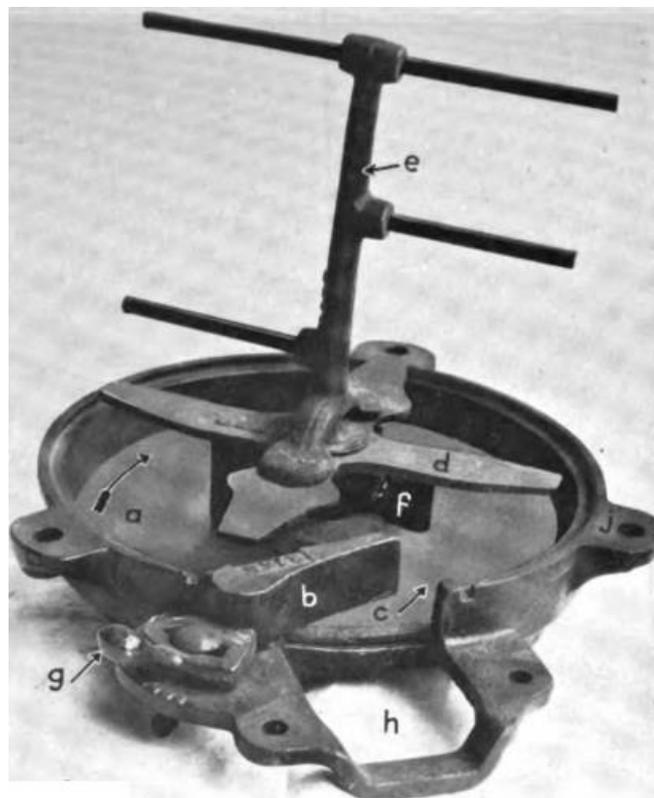


Figura 22 – Mecanismo distribuidor de fertilizante com hastes agitadoras.  
Fonte: USDA, 1930.

### 3.5 Máquinas para conformar canteiros e fertilizar

O conformador de canteiros e distribuidor de fertilizantes ou sementes de duas linhas desenvolvido por Mostrong (1961), apresentado nos desenhos esquemáticos da Figura 23, tem a função de conformar canteiros, aplainar a superfície e criar sulcos nas laterais dos canteiros para atuarem como meios de condução para a água da irrigação.

A patente possui um sistema de distribuição de fertilizante mineral ou de sementes, com um reservatório para cada linha, o distribuidor é acionado por uma correia de transmissão ligada a roda tracionadora, o implemento é tracionado por meio do engate traseiro de três pontos do trator.

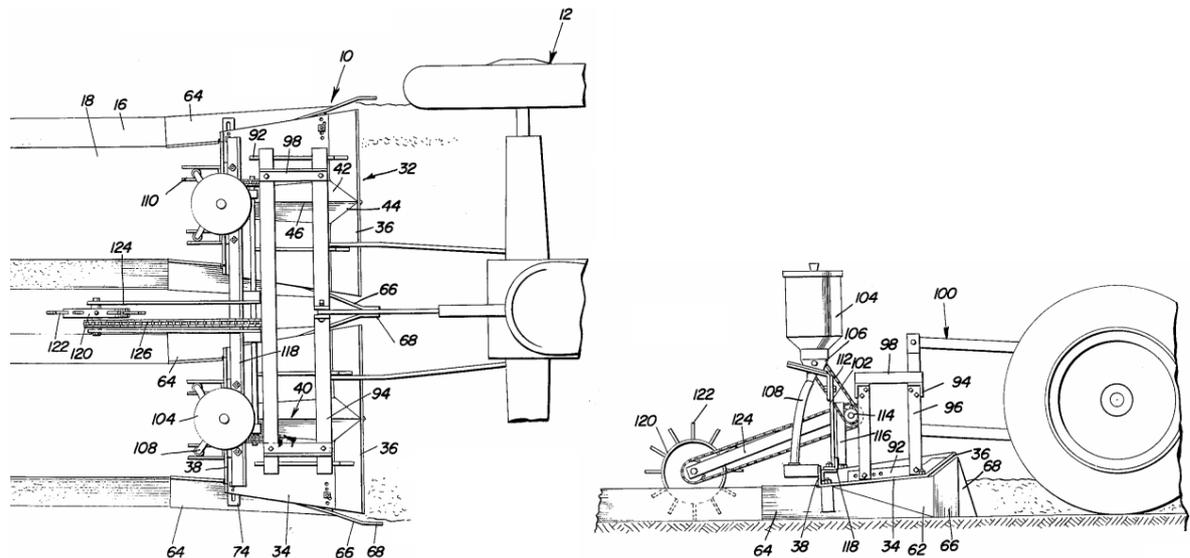


Figura 23 – Desenhos esquemáticos do encanteirador e distribuidor de fertilizantes ou sementes.  
Fonte: Mostrong, 1961.

O distribuidor de fertilizantes (Figura 24) de Matsuhashi e Soma (2006), tem a finalidade de distribuir esterco, fertilizante em pó ou granulado por meio de um transportador helicoidal, que tem grande precisão para a distribuição de esterco.

De acordo com os inventores é possível variar a dosagem, por meio da mudança das engrenagens constituintes do mecanismo de transmissão de velocidades. Apresenta também um defletor para evitar acúmulo de material e muita pressão no transportador helicoidal. Já quanto a abertura de sulcos para a deposição dos os fertilizantes, utiliza uma aiveca.

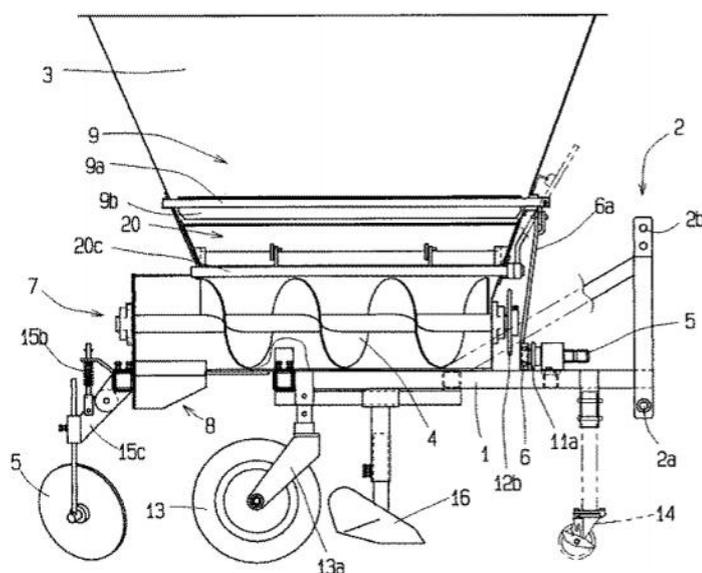


Figura 24 – Desenho do distribuidor de fertilizante mineral e orgânico.  
Fonte: Matsuhashi e Soma, 2006.

A empresa MEC-RUL, comercializa a enxada rotativa modelo ERP 115 B (Figura 25), desenvolvida para encanteirar e distribuir fertilizante mineral, a máquina permite conformar canteiros com variação de altura entre 0,25 e 0,45m e largura de 0,90m. Seu acoplamento é realizado no sistema de engate de três pontos de tratores da categoria 2, esta definição de categorias é determinada pela norma da ABNT NBR ISO 730:2011, que define que os tratores pertencentes a categoria 2 possuem entre 30 e 92kW de potência na TDP.

A enxada rotativa não possui regulagem de largura, há a necessidade que o terreno já tenha sido arado ou escarificado. Apresenta reservatório com capacidade de 250kg, possuindo 435kg de massa total com o reservatório vazio, e demanda 31kW de potência para o acionamento.



Figura 25 – Enxada rotativa com encanteirador e adubador ERP 115 B.  
Fonte: MEC-RUL, 2016.

O arado aleirador modelo KLR AL1L da empresa Köhler Implementos (Figura 26), além de conformar canteiros, é um distribuidor de fertilizante mineral e pulverizador, o reservatório possui capacidade de 100kg, conta com um dosador helicoidal de rosca sem fim por transbordo modelo Fertisystem® e o pulverizador apresenta reservatório com capacidade para 100 litros, para utilizar o pulverizador é necessário o acionamento elétrico de 12v.

O aleirador possui discos de 0,56m (22") que permitem alcançar uma profundidade de trabalho de 0,2m e mais 0,10m de leira, desta forma pode conformar canteiros com altura máxima de 0,3m, já a largura de trabalho pode variar entre 1,10 e 1,40m. A massa total da máquina é de 300kg, sendo a velocidade de trabalho recomendada de 1,39 a 1,94m s<sup>-1</sup>, para tal requer 29,42kW de potência de acionamento no motor.



Figura 26 – Aleirador modelo KLR AL1L.  
Fonte: Köhler Implementos, 2017.

A empresa Lavrale, disponibiliza para o mercado brasileiro dois modelos de máquinas para conformar canteiros, sendo a enxada rotativa e encanteiradora, modelo RSFE 125 (Figura 27), que possui largura de trabalho de 1,25m e profundidade máxima de trabalho de 0,25m. Esse modelo permite o acoplamento de um reservatório de 120 litros de fertilizante mineral, apresenta massa de 515kg e necessita de um trator com 47,81kW de potência para o acionamento.



Figura 27 – Enxada Rotativa Super Forte Encanteiradora da marca Lavrale.  
Fonte: Lavrale, 2013.

### **3.6 Metodologia de projeto de máquinas agrícolas**

A metodologia de projeto do Modelo de Fases, que é uma metodologia de projeto empregada no processo de desenvolvimento de produtos, utilizada por Pahl et al. (1977), Rozenfeld et al. (2006) e Back et al. (2008).

O Modelo de Fases é dividido em projetos informacional, conceitual, preliminar e detalhado. Ao término das fases dos projetos obtêm-se, como resultados, as especificações do projeto, a concepção do produto, o leiaute definitivo e a documentação do produto.

O projeto informacional tem início com o levantamento das informações sobre o problema que originou a necessidade de um novo produto, até o estabelecimento do quadro de especificações do projeto. As especificações de projeto são classificadas em ordem de importância e devem ser associados ao parâmetro alvo a ser atingido pelo requisito no projeto, a forma de avaliação da meta e os aspectos que devem ser evitados durante a implementação do requisito (ROZENFELD et al., 2006).

No projeto conceitual é verificado o escopo do problema, analisando as especificações e identificando as restrições do projeto. Após a identificação do escopo do problema são realizadas as tarefas de estabelecer a estrutura funcional, pesquisar por princípios de solução e combiná-los, com a finalidade de escolher a concepção mais adequada para atender às necessidades dos clientes (ROZENFELD et al., 2006).

#### **3.6.1 Projeto Preliminar**

Pahl et al. (2005) denominam o projeto preliminar de anteprojeto, que compreende as etapas da estrutura de funcionamento ou da solução inicial, até a construção clara e completa da estrutura do produto conforme a Figura 28, os aspectos tecnológicos e econômicos apresentam papel preponderantes. O produto desenvolvido por meio da representação em escala e examinado rigorosamente é concluído por uma avaliação técnica e econômica.

Nesta fase da metodologia os sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) são determinados de maneira clara e completa, segundo critérios técnicos e

econômicos. Na qual, partindo da concepção selecionada é construído o protótipo do produto, testado e determinada a viabilidade econômica (PAHL et al., 2005).

Segundo Rozenfeld et al. (2006), a avaliação qualitativa dos SSCs é realizada com base em critérios e experiências da equipe de projeto. A análise de falhas é um método qualitativo aplicado nas tarefas de avaliação dos SSCs, que é realizada antes da fabricação do protótipo. A análise de falhas pode ser realizada pelo método de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos, conhecida como FMEA (Failure Mode and Effect Analysis).

De acordo com Silva e Monteiro (2016), a análise de modo e efeito de falhas é uma ferramenta de gestão de qualidade essencial para a melhoria da gestão de fabricação e manutenção, pois com o auxílio dessa ferramenta pode-se detectar quais falhas são mais recorrentes e avaliar os efeitos das mesmas.

A NBR 5462/1994 define FMEA como: “Método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de pane que podem existir para cada subitem, e a determinação dos efeitos de cada modo de pane sobre os outros subitens e sobre a função requerida do item”.

O método de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos vem sendo empregado em trabalhos voltados a agricultura familiar. Albiero et al. (2010) utilizaram o método FMEA para o desenvolvimento de uma semeadora multifuncional conservacionista para a agricultura familiar, Stefanello (2015) para a produção de uma semeadora de tração humana e Melo (2017) para o desenvolvimento e avaliação de um protótipo de uma semeadora puncionadora para agricultura familiar.

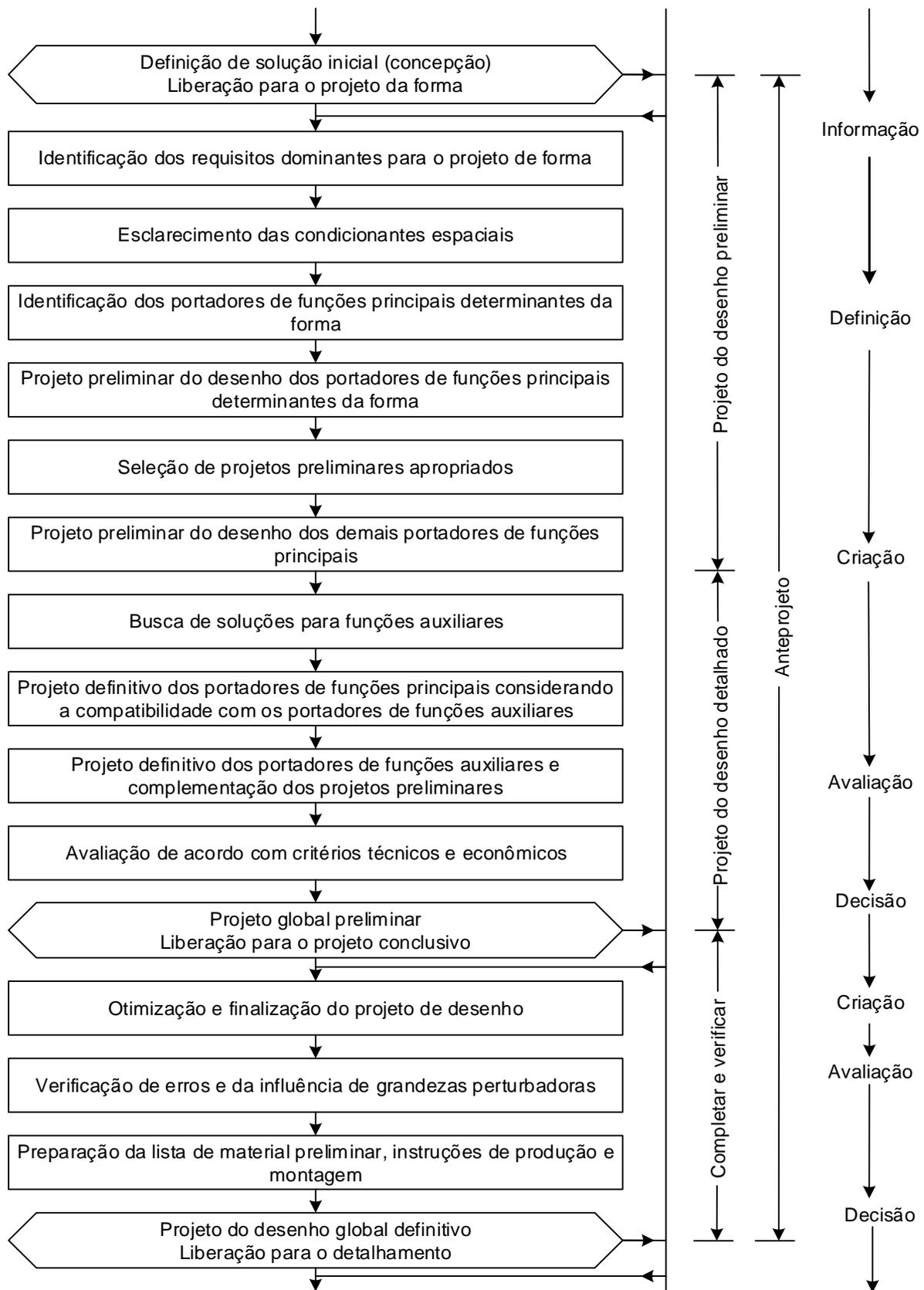


Figura 28 – Etapas do projeto preliminar.  
Fonte: Pahl et al., 2005.

Ao contrário do projeto conceitual no projeto preliminar, além de ter etapas criativas apresenta um grande número de etapas de trabalho corretivas, em razão disto, além dos métodos de busca de solução, seleção e avaliação, são empregados os métodos para identificação de falhas e otimização (PAHL et al., 2005).

O projeto detalhado tem a finalidade de desenvolver e finalizar todas as especificações do produto. É a parte do projeto na qual é realizado o dimensionamento, a definição dos materiais, o acabamento de todos os componentes e a revisão dos custos finais do projeto. O resultado final do detalhamento é a documentação do produto (PAHL et al., 2005 e ROZENFELD et al., 2006).

### **3.7 Protótipo**

Os protótipos podem ser construídos a partir da fase de projeto conceitual, principalmente para o esclarecimento de questões básicas, a fim de eliminar falhas até o início da fabricação em série (PAHL et al., 2005).

Ulrich e Eppinger (2007) apresentam um método de quatro etapas para desenvolver todos os tipos de protótipos.

Etapa 1: Definir objetivo do protótipo, em que a equipe de projeto lista suas necessidades específicas de aprendizagem e comunicação.

Etapa 2: Estabelecer o nível de aproximação do protótipo, neste momento a equipe de projeto deve decidir se é necessário o desenvolvimento de um protótipo físico ou analítico.

Etapa 3: Delinear o experimento, inclui a identificação das variáveis do experimento, as normas de ensaios e um plano para a análise dos resultados.

Etapa 4: Criar um cronograma para aquisição das peças, construção e testes do protótipo.

Vencidas as fases iniciais e de viabilidade do projeto, a etapa subsequente, então, é direcionada à construção de protótipos, os quais, depois de submetidos à ensaios de campo e laboratório, indicam as correções e modificações necessárias. Dessa maneira certifica-se o desempenho, durabilidade, segurança, conforto, facilidade de operação, manutenção, regulagens, conformidade com as normas e custos (ROMANO, 2003).

## 4 Metodologia

No presente estudo o projeto preliminar foi desenvolvido fundamentando-se na metodologia do projeto de Modelo de Fases, porém com adaptações (Figura 29), possibilitando o seguimento do trabalho realizado por Custódio (2015).

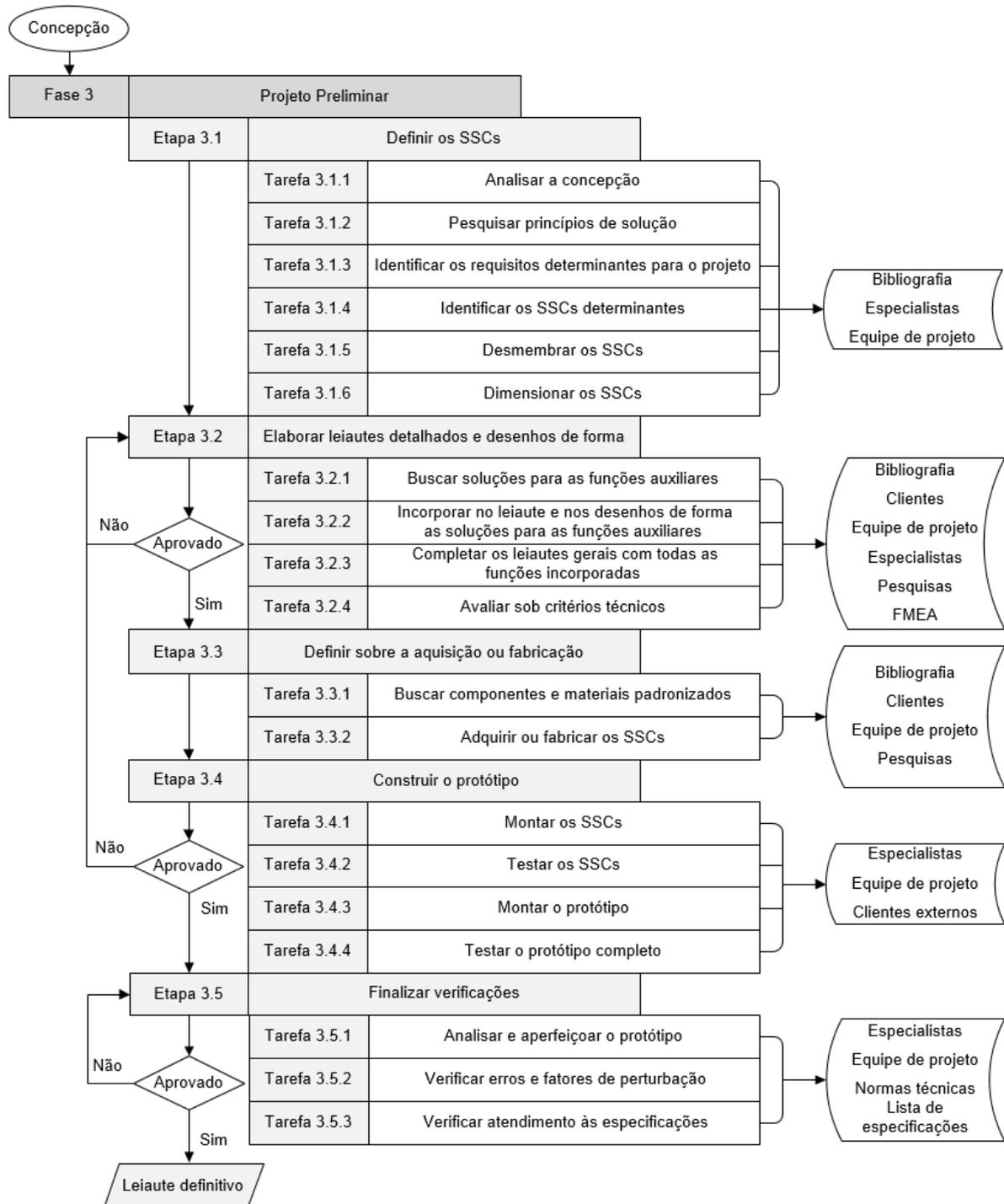


Figura 29 – Fluxograma das etapas do projeto preliminar.

Por se tratar de um protótipo, o projeto detalhado não foi realizado, devido a equipe de projeto compreender que essa fase do projeto é destinada a indústria, no entanto algumas tarefas que de acordo com Pahl et al. (2005) são realizadas durante o projeto detalhado, como por exemplo, **Verificar atendimento às especificações**, que foi incluída no projeto preliminar desse estudo.

#### **4.1 Definição dos sistemas, subsistemas e componentes**

##### **Análise da concepção**

Foram analisados os princípios de solução da concepção estabelecida no projeto conceitual de Custódio (2015). A análise foi realizada em função da nova configuração da máquina, que além de, conformar canteiros e distribuir fertilizantes orgânicos, também deve distribuir fertilizantes minerais.

##### **Pesquisar princípios de solução**

Foram identificados os novos princípios de solução para os substituídos na tarefa anterior. Os métodos utilizados nesta tarefa foram, pesquisa bibliográfica, análise de sistemas técnicos existentes, brainstorming e testes.

##### **Identificar os requisitos determinantes para o projeto**

Inicialmente foram identificados os requisitos determinantes em relação ao tamanho, leiaute e matéria, com base nos requisitos de projeto obtidos e hierarquizados no projeto informacional por Custódio (2015). Seguindo as recomendações de Pahl et al. (2005) os requisitos relativos à segurança, ergonomia, fabricação e montagem foram analisados de maneira integrada aos requisitos determinantes, pois poderiam afetar o tamanho, disposição e seleção dos materiais.

##### **Identificar os sistemas determinantes**

Identificou-se os portadores de efeito físico determinantes, responsáveis pelas principais funções ou princípios de solução. Para determinar o tamanho, a forma e a disposição de componentes no leiaute, como recomendado por Reis (2003) identificou-se as funções e os princípios de solução do protótipo.

Posteriormente foram listados os sistemas determinantes, criou-se uma lista de parâmetros característicos dos portadores de efeito físico em questão, para complementar as informações como recomendado por Reis (2003). De acordo com Spagnolo (2014), esses parâmetros podem orientar a equipe de projeto, em relação à necessidade de fabricação de protótipos.

### **Desmembrar os sistemas, subsistemas e componentes**

Os sistemas foram desmembrados para a identificação de seus subsistemas e componentes. Para tanto, foi criada uma lista com os sistemas, subsistemas e principais componentes, conforme a metodologia utilizada por Spagnolo (2014).

### **Dimensionar os sistemas, subsistemas e componentes**

Foram desenhados e dimensionados os sistemas, subsistemas e componentes de acordo com os esforços máximos que eles suportarão e também baseados em máquinas comerciais similares. Alguns componentes, precisaram de aprimoramentos em relação à concepção resultante do projeto conceitual, outros foram selecionados em catálogos, de acordo com a análise das especificações de projeto e/ou atributos de desempenho do sistema.

Com o auxílio do programa SolidWorks foi possível desenhar e dimensionar os SSCs e, verificar interferências que pudessem vir a ocorrer entre os componentes e corrigi-los, também foram realizadas melhorias em alguns componentes.

Para identificar o diâmetro e o passo do transportador helicoidal, foi utilizada a equação 1 apresentada pela CQFS-RS/SC (2016) para fertilizantes orgânicos, que calcula as quantidades de nutrientes a aplicar. As quantidades disponíveis (QD) foram calculadas em quilograma por hectare com o auxílio das recomendações da EMBRAPA (2007), apresentadas no Anexo A.

$$QD = \frac{A*B}{100} * \frac{C}{100} * D \quad (1)$$

Em que,

QD = quantidades disponíveis de N, de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de K<sub>2</sub>O (kg ha<sup>-1</sup>);

A = quantidade do material aplicado (kg ha<sup>-1</sup>);

- B = porcentagem de matéria seca do material, indicado na Tabela 3;  
C = porcentagem do nutriente na matéria seca, indicado na Tabela 3;  
D = índice de eficiência de cada nutriente, indicado na Tabela 4.

Para a verificação das dimensões necessárias que o transportador helicoidal deve apresentar para realizar as dosagens mínima e máxima necessárias para as culturas, foram analisadas as quantidades disponíveis de nutrientes obtidas na equação 1, relacionadas com a recomendação feita pela CQFS-RS/SC (2016) de fertilização no plantio para teor alto e muito baixo de P ou K no solo (Tabelas 1 e 2).

Os fertilizantes orgânicos estudados foram a cama de aviário, cama de peru peletizada e o húmus de minhoca. A concentração utilizada de cama de aviário foi de 5 a 6 lotes, pois esta concentração além de ser a comercializada na região do estudo é a mais utilizada segundo Ávila et al. 2007, que possui massa específica de 850kg m<sup>-3</sup> segundo Figueroa et al. (2009 e 2012).

O húmus de minhoca resultante de esterco bovino foi calculado com massa específica de 530kg m<sup>-3</sup>, pois Bicca et al. (2012) identificou as massa específicas de 530kg m<sup>-3</sup> para o vermicomposto de origem de esterco bovino produzido no inverno e 590kg m<sup>-3</sup> para o vermicomposto gerado no verão, dessa forma, o cálculo foi realizado para a pior situação, ou seja, a menor massa específica encontrada.

A massa específica da cama de peru peletizada não foi encontrada por meio de pesquisas bibliográficas, foi definida pela equação 2. O volume do fertilizante foi determinado pelo método do deslocamento de líquido, a cama de peru peletizada utilizada era da empresa Adubasul, o ensaio teve 5 repetições e a massa específica média encontrada foi de 585kg m<sup>-3</sup>.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2)$$

Em que,

$\rho$  = massa específica (kg m<sup>-3</sup>);

m = massa do sólido (kg);

V = volume do sólido (m<sup>-3</sup>).

Os fertilizantes minerais que podem ser utilizados no protótipo, apresentam densidade e nutrientes superiores aos orgânicos, por exemplo, o fertilizante fosfato diamônico tem massa específica de  $1.780\text{kg m}^{-3}$ , o cloreto de potássio tem  $1.990\text{kg m}^{-3}$  e a ureia  $1.330\text{kg m}^{-3}$  (SILVA, 2012). Portanto, o cálculo da massa específica dos fertilizantes orgânicos é o qual vai determinar a capacidade do reservatório.

A equação 3 apresentada por Kanafojsk e Karwowski (1976), foi utilizada para identificar as dimensões do transportador helicoidal. Atribuiu-se o valor 1 ao coeficiente de enchimento do tubo do transportador helicoidal ( $q$ ), pois o tubo irá trabalhar com preenchimento total.

$$W = \frac{\pi * D^2}{4} * q * S * n * \gamma \quad (3)$$

Em que,

$W$  = vazão em massa ( $\text{kg s}^{-1}$ );

$D$  = diâmetro da borda externa do transportador helicoidal (m);

$q$  = coeficiente de enchimento do tubo do transportador helicoidal (calha);

$S$  = passo do transportador helicoidal (m);

$n$  = número de revoluções (rpm);

$\gamma$  = peso específico do material transportado ( $\text{kg m}^{-3}$ ).

O dimensionamento dos discos utilizados, foi realizado por intermédio das informações de Custódio (2015), em relação à altura dos canteiros utilizados pelos agricultores entrevistados e as recomendações das bibliografias revisadas. Também se utilizou a equação 4, apresentada por Balastreire (1987), que utiliza a profundidade máxima de trabalho e o ângulo vertical do disco.

$$D = K \frac{a}{\cos \beta} \quad (4)$$

Em que,

$D$  = diâmetro do disco;

$a$  = profundidade máxima de operação;

$\beta$  = ângulo vertical do disco;

K = coeficiente adimensional com valores:

2,5 – 3 para aração profunda.

3 – 4 para aração média.

Para dimensionar as paredes do reservatório, identificou-se os ângulos de repouso dos fertilizantes distribuídos pelo protótipo, os fertilizantes empregados no experimento foram, cama de aviário da empresa Folhito adubos orgânicos, cama de peru peletizada da empresa Adubasul fertilizantes orgânico e organomineral, húmus caseiro de minhoca e o fertilizante mineral NPK 11-52-00 da empresa Heringer.

Previamente determinou-se as umidades dos fertilizantes após a sua aquisição, com o objetivo de garantir que os testes seguintes seriam realizados com a mesma umidade comercializada e utilizada pelos agricultores. A determinação da umidade dos fertilizantes foi baseada na metodologia utilizada por Morselli (2005), apresentada no Anexo B, no entanto foram realizadas 5 repetições.

Para mensurar o ângulo de repouso dos fertilizantes, foram utilizados os equipamentos (Figura 30) empregados nos experimentos de Vasconcelos (2011) e Nogueira et al. (2016). Utilizou-se uma estrutura de madeira (MDF), na forma de uma caixa retangular com uma das paredes de vidro, permitindo a visualização do fertilizante depositado. Um funil foi posicionado na extremidade superior esquerda da caixa, para adicionar o material com velocidade constante formando um aglomerado suficiente para definir o ângulo de repouso.



Figura 30 – Equipamento utilizado na determinação do ângulo de repouso.

A determinação dos ângulos de repouso dos fertilizantes foi baseada no método utilizado por Vasconcelos (2011) e Nogueira et al. (2016) para o desenvolvimento de um dosador de fertilizantes.

Os ângulos de repouso dos fertilizantes foram obtidos com o auxílio de fotografias tiradas perpendicularmente à parede de vidro, em seguida importadas para um programa CAD<sup>1</sup>, os ângulos foram determinados pela mensuração do ângulo formado entre a linha que passa pela inclinação formada pela superfície de deposição natural do fertilizante e o plano horizontal conforme a Figura 31, o processo teve 5 repetições para cada fertilizante.



Figura 31 – Método para determinação do ângulo de repouso dos fertilizantes.

## 4.2 Elaborar leiautes detalhados e desenhos de forma

### Buscar soluções para as funções auxiliares

Determinou-se quais funções auxiliares essenciais são necessárias tendo em vista a proposta de leiaute apresentado, por exemplo, funções de suporte e fixação. Foi utilizada a recomendação de Pahl et al. (2005), buscando soluções já conhecidas para as funções identificadas, como peças padronizadas ou de catálogos.

---

<sup>1</sup> CAD (do inglês: *Computer-Aided Design*) ou Desenho Assistido por Computador (DAC).

### **Incorporar no leiaute e nos desenhos de forma as soluções para as funções auxiliares**

Foi empregada a metodologia utilizada por Reis (2003). Baseou-se em regras básicas (clareza, simplicidade e segurança) e nas diretrizes do projeto preliminar (dilatação, alongamento, fadiga, ruptura, corrosão, projeto para ergonomia, projeto para estética, projeto para manufatura, projeto para montagem, projeto para atender normas, projeto para fácil manutenção, projeto para reciclagem, projeto para o mínimo risco e projeto para padronização).

Para tanto, foram realizadas algumas atividades recomendadas por Pahl et al. (2005), como cálculos mais exatos dos SSCs envolvidos, além de considerar conhecimentos experimentais do próprio produto ou de semelhantes e até mesmo a construção de protótipos de alguns sistemas. Também foi verificado se as soluções encontradas para as funções auxiliares eram compatíveis com aquelas já desenvolvidas para as funções principais e posteriormente incorporando-as no leiaute em desenvolvimento.

### **Completar os leiautes gerais com todas as funções incorporadas**

Os portadores de funções auxiliares com suas respectivas soluções foram detalhados e acrescentados ao leiaute.

### **Avaliar sob critérios técnicos**

Segundo Reis (2003) caso tenha-se apenas um leiaute, a avaliação torna-se necessária para tentar identificar a sua adequação para a solução do problema de projeto.

Durante a tarefa de avaliação foi usado o método de análise de falhas, conhecido como FMEA, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do maquinário. Para a execução do FMEA, empregou-se a metodologia utilizada por Albiero et al. (2010) que seguiu as recomendações de Tenge Ho (1996) e Teng et al. (2006) conforme a Figura 32, os quais indicam que o FMEA deve seguir as seguintes etapas:

1. definir o escopo da análise em função da resolução e foco dos estudos;
2. desenvolver um fluxograma do projeto/processo, apresentando as relações entre subsistemas e subprocessos;

3. identificar os possíveis modos de falha (que tipo e como estas falhas ocorrem);
4. identificar as causas destas falhas;
5. analisar o efeito desta falha;
6. classificar a severidade da falha;
7. classificar a ocorrência da falha;
8. determinar a detecção da falha;
9. calcular o número prioritário de risco (NPR);
10. definir as falhas críticas;
11. recomendar ações corretivas.

As recomendações de ações corretivas foram realizadas antes da definição da aquisição e fabricação de mecanismos, com a finalidade de diminuir os gastos com a aquisição de materiais e componentes inadequados. Segundo Albiero et al. (2010) o FMEA de projeto deve ser iniciado antes ou na finalização do projeto conceitual e concluído no projeto detalhado.

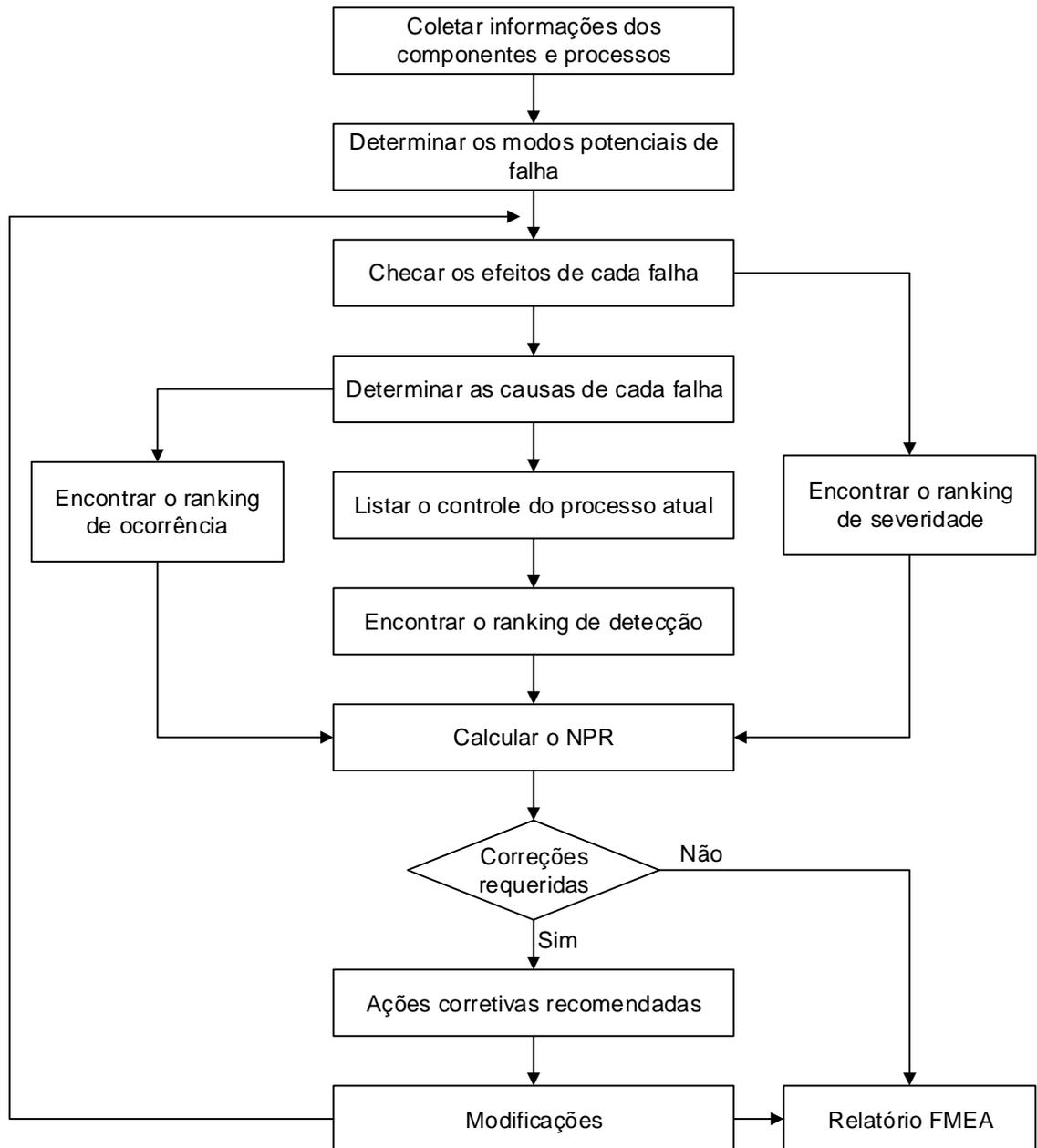


Figura 32 – Fluxograma do procedimento para realização do FMEA.  
Fonte: Albiero et al., 2010.

Para a estruturação do FMEA foi adotada uma tabela adaptada por Albiero et al. (2010), que apresenta o cabeçalho com os seguintes itens: 1 – subprocesso; 2 – funções; 3 – sistemas, subsistemas e componentes principais atuantes; 4 – requisitos exigidos; 5 – modo potencial de falha; 6 – efeito da falha potencial; 7 – grau de severidade; 8 – classe; 9 – causa potencial; 10 – grau de ocorrência; 11 – grau de detecção; 12 – NPR; 13 – ações recomendadas e 14 – observações.

Para classificar os critérios de riscos foram empregadas as metodologias adotadas por Toledo e Amaral (2008); Elsmar (2009); Albiero et al. (2010) e Stefanello

(2015), conforme os quadros das figuras 37, 38 e 39. Para responder os questionamentos apresentados nos quadros foi utilizada a técnica empregada por Stefanello (2015) com adaptações para as necessidades desse estudo.

Ao verificar o grau de severidade da falha, respondia-se o questionamento: no caso de ocorrer a falha e/ou seu efeito, qual a severidade? Na análise do índice de ocorrência das falhas utilizado, respondia-se o questionamento: qual a probabilidade de ocorrer as falhas e/ou seus efeitos?

Na escolha do índice de detecção das falhas adotado respondia-se o questionamento: analisando o conformador de canteiros e depositador de fertilizantes antes de colocá-lo em operação, quais as chances de detectar as causas da falha antes da mesma ocorrer?

Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
2 3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
4 5 6	Moderada	Deterioração significativa no desempenho do sistema com descontentamento do cliente
7 8	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
9 10	Muito alta	Idem ao anterior, porém afeta a segurança

Figura 33 – Quadro de critérios de análise para a determinação do índice de severidade da falha. Fonte: Toledo e Amaral, 2008.

Ocorrência	Taxas de falhas possíveis	Ranking
Muito alta: falha é quase inevitável	≥ 1 em 2	10
	1 em 3	9
Alta: falhas repetitivas	1 em 8	8
	1 em 20	7
Moderada: falhas ocasionais	1 em 80	6
	1 em 400	5
	1 em 2.000	4
Baixa: relativamente poucas falhas	1 em 15.000	3
	1 em 150.000	2
Remota: falhas são raras	≤ 1 em 1.500.000	1

Figura 34 – Quadro de critério para a classificação de ocorrência da falha. Fonte: Adaptado de Albiero et al. (2010).

Índice	Detecção	Critério
1 2	Muito grande	Certamente será detectado
3 4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
5 6	Moderada	Provavelmente será detectado
7 8	Pequena	Provavelmente não será detectado
9 10	Muito pequena	Certamente não será detectado

Figura 35 – Quadro de critérios de análise do índice de capacidade de detecção da falha.  
Fonte: Toledo e Amaral, 2008.

Posteriormente à classificação dos critérios de risco foi calculado o número prioritário de risco (NPR), com a equação 5, utilizada por Toledo e Amaral (2008), Albiero et al. (2010) e Stefanello (2015).

$$NPR = Sv * Oc * Dt \quad (5)$$

Em que:

Sv = severidade da falha;

Oc = ocorrência da falha;

Dt = detecção da falha;

NPR = número prioritário de risco.

A definição dos índices realizada por meio da opinião da equipe de projeto foi baseada nos critérios do FMEA. A partir de uma breve descrição de cada item de avaliação e suas funções, foram elencadas as possíveis falhas, assim como as causas, severidades, ocorrências e detecção das mesmas. Os escores foram definidos em função das pontuações individuais dos membros da equipe de projeto.

Para o preenchimento do formulário FMEA (Figura 36) foi empregada a metodologia apresentada por Toledo e Amaral (2008), com adaptações às necessidades do presente projeto.

Em subprocesso (coluna 1), foi preenchido com o nome do processo ou subprocesso que estava sendo analisado. No campo funções (coluna 2) foram analisadas quais funções ou características que deveriam ser atendidas por estes subprocessos.

No espaço destinado aos sistemas, subsistemas e componentes atuantes (coluna 3), analisou-se quais os principais elementos atuantes nesses subprocessos para a realização das funções. Em requisitos exigidos (coluna 4) foram examinadas as condições exigidas neste subprocesso.

Em modo potencial de falha (coluna 5), foi verificado como a função ou característica poderia não ser cumprida. No campo efeito da falha potencial (coluna 6), foram estudados quais efeitos poderiam surgir das falhas analisadas.

<b>Subprocesso</b>	<b>Funções</b>	<b>SSCs atuantes</b>	<b>Requisitos exigidos</b>	<b>Modo potencial de falha</b>	<b>Efeito da falha potencial</b>

Figura 36 – Quadro do formulário FMEA.

Para o preenchimento dos índices severidade, ocorrência e detecção (colunas 1, 4 e 5) localizados na Figura 37, foram utilizados os resultados obtidos das análises dos quadros das figuras 37, 38 e 39. Em classe (coluna 2), verificou-se a prioridade das falhas considerando se a classe é crítica, significativa ou não significativa.

No campo causa potencial (coluna 3), respondeu-se ao seguinte questionamento: quais poderiam ser as causas da falha em potencial? Em ações recomendadas (coluna 7), foram analisadas quais medidas poderiam ser tomadas para atenuar os riscos. Já o número prioritário de risco (coluna 6) foi calculado com a equação 1.

Para o preenchimento do campo observações (coluna 8) foi considerado o escore máximo de 10 pontos conforme recomendam Toledo e Amaral (2008), sendo utilizada a seguinte classificação:

- 001 – 207 – Pouquíssima Prioridade (PP)
- 208 – 407 – Baixa Prioridade (BP)
- 408 – 607 – Média Prioridade (MP)
- 608 – 807 – Alta Prioridade (AP)
- 808 – 1000 – Total Prioridade (TP)

Severidade	Classe	Causa potencial	Ocorrência	Deteção	R.P.N.	Ações recomendadas	Observações

Figura 37 – Continuação do quadro do formulário FMEA.

### 4.3 Definir aquisição ou fabricação

#### **Buscar componentes e materiais padronizados**

Foram levantadas informações de custos, tempo, capacidades e competências para o desenvolvimento ou fornecimento dos SSCs.

#### **Adquirir ou fabricar os sistemas, subsistemas e componentes**

Foi definida a aquisição ou fabricação dos componentes, comparando o custo interno com o custo de sua aquisição no mercado, da facilidade de o produtor encontrar esses itens no mercado e também se eram de fabricação simples ou complexa. No último caso optou-se pela compra dos componentes com maior complexidade de fabricação, pois a qualidade deles sempre é mantida pelos fornecedores.

### 4.4 Construir o protótipo

#### **Montar e testar os sistemas, subsistemas e componentes e montar o protótipo**

Foram realizadas na área experimental e no Laboratório de Protótipos do Núcleo de Inovação em Máquinas e Equipamentos Agrícolas, da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

Na montagem dos SSCs e do protótipo foi utilizada a lista de verificações proposta por Pahl et al. (2005) com a finalidade de garantir que todos os processos dessas tarefas possam ser executados de modo simples e na ordem certa.

Os testes dos componentes foram realizados no dia 24 de outubro de 2018 no município de Capão do Leão/RS na área em frente ao laboratório do NIMEq, localizada nas coordenadas 31°48'06" de latitude sul e 52°24'57" de longitude oeste

e com altitude média de 17m (Figura 38). Os testes tiveram a finalidade de medir a taxa de aplicação e uniformidade de distribuição dos fertilizantes, examinar o acúmulo de material nos cantos do reservatório, a formação de túneis e a facilidade no abastecimento do reservatório.



Figura 38 – Indicação da área do teste dos SSCs.  
Fonte: Google Earth, 2018.

Os ensaios para medir a taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição dos fertilizantes, foram baseados na norma ASAE S341.3 de 2006, no entanto algumas adaptações foram necessárias para a realização dos testes.

As bandejas coletoras utilizadas não apresentavam compartimentos no seu interior, porém as paredes eram mais altas, afim de impedir que os fertilizantes ricocheteassem para fora (Figura 39), as bandejas apresentavam comprimento de 0,32m e 0,53m de largura, essa última medida ficou disposta perpendicularmente ao sentido de deslocamento do implemento (Figura 40).



Figura 39 – Bandejas coletoras com cama de peru peletizada.



Figura 40 – Teste para medir a taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição dos fertilizantes.

O reservatório de fertilizante foi abastecido até 50% da sua capacidade, a velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura no momento dos testes foram mensuradas com o anemômetro modelo AZ 9871 da empresa AZ Instrument Corp.

O trator utilizado nos testes foi da marca Valtra, modelo BM110, que possui 85,32kW de potência nominal no motor a uma rotação de 2.300rpm. Para condução dos testes o trator foi utilizado em segunda marcha reduzida e rotação de 1900rpm, obtendo uma velocidade de deslocamento média de  $1,0\text{m s}^{-1}$ , em quarta marcha reduzida e rotação de 1900rpm, atingindo uma velocidade média de  $1,83\text{m s}^{-1}$  e em quarta marcha direta e rotação de 1900rpm, alcançando uma velocidade média de  $2,47\text{m s}^{-1}$ .

Os ensaios foram realizados com ausência de chuva, umidade relativa do ar inferior a 58% e velocidade máxima do vento inferior a  $4,2\text{m s}^{-1}$ , os dados completos são apresentados no Apêndice B. O experimento foi conduzido em arranjo fatorial  $4 \times 3 \times 3$ , com esquema de parcelas subdivididas, utilizou-se quatro tipos de fertilizantes, cama de aviário, cama de peru, NPK 11-52-00 e húmus de minhoca, três engrenagens com 12, 14 e 16 dentes, as quais correspondem às seguintes rotações respectivamente 11,25; 9,64 e 8,44rpm e três velocidades de deslocamento, que foram de 1,0; 1,83 e  $2,47\text{m s}^{-1}$  (Tabela 5), cada tratamento teve 5 repetições.

Tabela 5 – Tratamentos utilizados nos ensaios para medir a taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição dos fertilizantes (primeiro teste).

Tratamentos	Fertilizante	Engrenagem*	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )
T1	Cama de aviário	12	1,0
T2	Cama de peru	12	1,0
T3	NPK 11-52-00	12	1,0
T4	Húmus de minhoca	12	1,0
T5	Cama de aviário	14	1,0
T6	Cama de peru	14	1,0
T7	NPK 11-52-00	14	1,0
T8	Húmus de minhoca	14	1,0
T9	Cama de aviário	16	1,0
T10	Cama de peru	16	1,0
T11	NPK 11-52-00	16	1,0
T12	Húmus de minhoca	16	1,0
T13	Cama de aviário	12	1,83
T14	Cama de peru	12	1,83
T15	NPK 11-52-00	12	1,83
T16	Húmus de minhoca	12	1,83
T17	Cama de aviário	14	1,83
T18	Cama de peru	14	1,83
T19	NPK 11-52-00	14	1,83
T20	Húmus de minhoca	14	1,83
T21	Cama de aviário	16	1,83
T22	Cama de peru	16	1,83
T23	NPK 11-52-00	16	1,83
T24	Húmus de minhoca	16	1,83
T25	Cama de aviário	12	2,47
T26	Cama de peru	12	2,47
T27	NPK 11-52-00	12	2,47
T28	Húmus de minhoca	12	2,47
T29	Cama de aviário	14	2,47
T30	Cama de peru	14	2,47
T31	NPK 11-52-00	14	2,47
T32	Húmus de minhoca	14	2,47
T33	Cama de aviário	16	2,47
T34	Cama de peru	16	2,47
T35	NPK 11-52-00	16	2,47
T36	Húmus de minhoca	16	2,47

\* Engrenagens diferenciam-se quanto ao número de dentes.

O protótipo foi montado após esses testes, com as correções e substituições dos SSCs que apresentaram falhas.

### Testar o protótipo completo

Estes testes foram realizados com o objetivo de avaliar a largura e altura dos canteiros e os esforços de tração exigidos pelo implemento. O teste foi realizado no dia 13 de dezembro de 2018 no município de Capão do Leão na área experimental do NIMEq, localizada nas coordenadas  $31^{\circ}48'11''$  de latitude sul e  $52^{\circ}24'27''$  de longitude oeste e com altitude média de 13m. O solo é classificado como Planossolo Solódico (Planossolo Hidromórfico) com argila de atividade alta (IBGE, 2006).

Na Figura 41 é apresentada a imagem aérea da área dos testes onde foi utilizado o protótipo completo. Foram realizadas as operações de aração e gradagem antes dos testes, permitindo operar nas mesmas condições encontradas pelos agricultores entrevistados por Custódio (2015).



Figura 41 – Indicação da área do teste do protótipo completo.  
Fonte: Google Earth, 2018.

A resistência mecânica do solo à penetração foi mensurada de forma sequencial a cada 0,01m de profundidade do solo, no intervalo de 0 a 0,20m do perfil do solo, pois para conformar canteiros com as mesmas alturas identificadas por Custódio

(2015), os discos teriam que trabalhar na profundidade máxima de 0,20m. Foram analisados 3 pontos de cada canteiro a cada 3m, com 5 repetições para cada ponto.

Para determinação da resistência à penetração (RP), foi utilizado um penetrômetro digital, modelo PLG1020 da marca Falker®, com haste com cone de 12,83mm de diâmetro, tipo 2, segundo a norma ASAE S313.3 (2004).

A determinação da umidade foi realizada na profundidade de 0,10m, a análise de umidade foi obtida por intermédio dos métodos recomendados pela Embrapa (1997). As coletas para a determinação da umidade do solo foram realizadas em 3 pontos de cada canteiro a cada 3m, com 5 repetições para cada ponto, obtendo-se as médias de cada ponto.

A análise da umidade do solo foi realizada, pois a resistência à penetração está diretamente correlacionada com a umidade (STOLF et al., 1983; BUSSCHER et al., 1997).

Para os cálculos da área de solo mobilizado e profundidade de trabalho na conformação dos canteiros, foi utilizado um perfilômetro (Figura 42) desenvolvido por Bernardi et al. (2003), que permite a análise de canteiros com largura máxima de 1,30m.

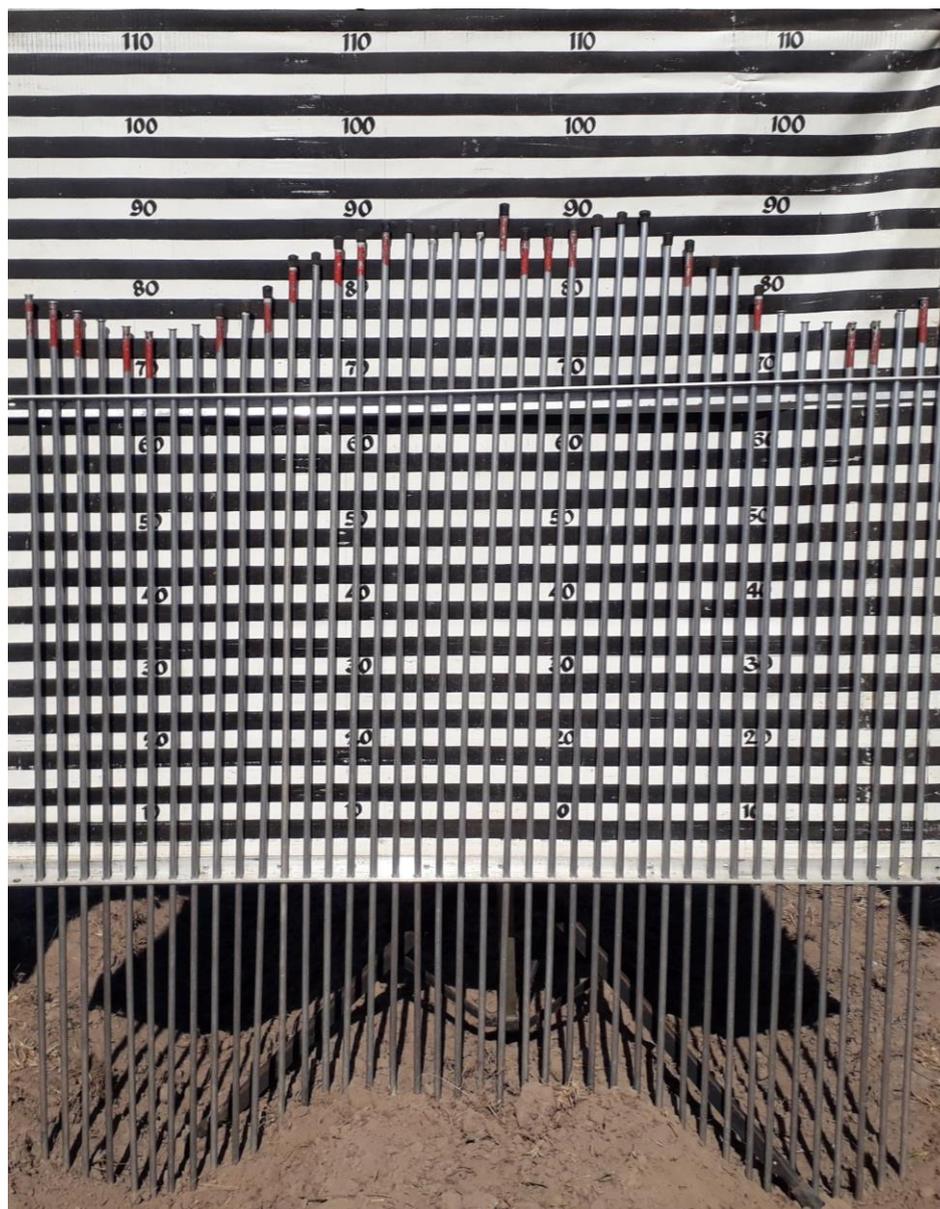


Figura 42 – Leitura do perfil de solo mobilizado.

Para avaliar os esforços de tração exigidos pelo implemento foram utilizados dois tratores, o primeiro trator 4x2 da marca Ford, modelo 4600 com potência no motor de 46,41kW, foi acoplado ao protótipo por meio do engate traseiro de três pontos. O segundo trator 4x2 TDA da marca Valtra, modelo BM110, com 85,32kW de potência nominal no motor, operando na segunda marcha reduzida e rotação de 1900rpm, obtendo-se uma velocidade de  $1,0\text{m s}^{-1}$ , esse foi acoplado ao primeiro trator por um sistema de fixação e uma célula de carga com capacidade nominal de 2.000kg, modelo 0-2T da marca Alfa Instrumentos, esta foi previamente calibrada (Figura 43).



Figura 43 – Montagem do dispositivo para medição dos esforços de tração do protótipo.

Para a aquisição de sinais, foi utilizado um sistema de aquisição de dados da marca Lynx, modelo ADS20000IP, composto por conversor A/D e controlador AC2122 de 16 bits, condicionador de sinais AI2164 contendo 32 canais de entrada configuráveis por um programa.

Com a finalidade de obter algumas dosagens não alcançadas no primeiro ensaio, o teste para a determinação da taxa de aplicação e de uniformidade de distribuição dos fertilizantes foi realizado novamente. O teste foi realizado no dia 19 de dezembro de 2019, na área em frente ao laboratório do NIMEq e de acordo com a norma ASAE S341.3 de 2006.

O trator utilizado no teste foi da marca Valtra, modelo BM110, para condução dos testes o trator foi utilizado em segunda marcha reduzida e rotação de 1900rpm, obtendo-se uma velocidade de  $0,92\text{m s}^{-1}$ , em segunda marcha direta simples e rotação de 1900rpm, adquirindo uma com velocidade de  $1,14\text{m s}^{-1}$ , na terceira marcha reduzida e rotação de 1900rpm, obtendo uma velocidade de  $1,39\text{m s}^{-1}$  e na quarta marcha reduzida e rotação de 1900rpm, conseguindo uma velocidade de  $1,86\text{m s}^{-1}$ .

Os ensaios foram realizados com ausência de chuva, umidade relativa do ar inferior a 60% e velocidade máxima do vento inferior a  $4,6\text{m s}^{-1}$ , os dados completos são apresentados no Apêndice C. Neste segundo teste apenas a cama de aviário não foi utilizada, pois apresentou as dosagens necessárias no primeiro experimento.

O fertilizante cama de peru peletizada no momento dos testes apresentou umidade total de 39,85%, o húmus de minhoca tinha 63,27% e o NPK 11-52-00 estava com 25,23% de umidade, na Tabela 6 são apresentados os tratamentos utilizados no segundo teste, cada tratamento teve 4 repetições.

Tabela 6 – Tratamentos utilizados nos ensaios para medir a taxa de aplicação e a uniformidade de distribuição dos fertilizantes (segundo teste).

Tratamentos	Fertilizante	Rotação	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )
T37	Cama de peru	11,25	1,86
T38	NPK 11-52-00	11,25	1,86
T39	Húmus de minhoca	8,44	0,92
T40	Cama de peru	11,25	1,86
T41	Húmus de minhoca	11,25	1,14
T42	Húmus de minhoca	8,44	0,92
T43	Húmus de minhoca	11,25	1,39

## 4.5 Finalizar verificações

### Analisar e aperfeiçoar o protótipo

Após o teste do protótipo completo foram corrigidas as falhas verificadas no teste em campo e alguns pontos fracos, tornando necessário otimizar e completar os desenhos.

### Verificar erros e fatores de perturbação

Simultaneamente a otimização do protótipo em função das observações realizadas durante e após os testes, foi realizada a verificação dos erros, com o auxílio da lista de verificações proposta por Pahl et al. (2005) e apresentada no Anexo C.

### Verificar atendimento às especificações

Após o aperfeiçoamento do protótipo foi verificado se o protótipo atende às especificações de projeto, que são valores meta para os requisitos de projeto.

## 5 Resultados e discussão

### 5.1 Análise da concepção

Custódio (2015) obteve no projeto informacional, os requisitos de projeto em ordem de importância pela aplicação do QFD (Figura 44) e as especificações de projeto (Apêndice D) para um conformador de canteiros e distribuidor de fertilizantes minerais e orgânicos para tratores com baixa potência.

1º	Potência de acionamento
2º	Largura de trabalho variável
3º	Custo de fabricação
4º	Profundidade de trabalho variável
5º	Deposição uniforme de fertilizante
6º	Massa total
7º	Distância longitudinal do engate ao Centro de gravidade
8º	Nivelamento da superfície
9º	Custo de operação
10º	Custo de manutenção
11º	Dosagem de fertilizante variável
12º	Tempo de regulagem
13º	Tempo de manutenção
14º	Tempo de reabastecimento
15º	Intervalo entre manutenções
16º	Vida útil

Figura 44 – Quadro de hierarquização dos requisitos de projeto.  
Fonte: Custódio, (2015).

No projeto conceitual, Custódio (2015) obteve a otimização e evolução da concepção de um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros, e depositar fertilizante no estado sólido, com necessidade de acionamento inferior a 25kW de potência no motor do trator.

A decisão pelo desenvolvimento de uma máquina que demande essa potência foi em razão do maior número de produtores que poderão utilizar. Além do fato de que tratores menores possibilitam melhor manobrabilidade, otimizando os trabalhos principalmente em pequenas áreas, que é o contexto desses produtores. Outro fator importante é a existência do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), que segundo o MDA (2016), financia tratores com faixa de potência no motor entre 11,03 e 58,84kW.

A concepção apresentada por Custódio (2015) possui massa total de 317,49kg e reservatório com capacidade volumétrica de 0,74m<sup>3</sup>, a conformação dos canteiros é realizada por meio de discos, que ocasionam menor demanda energética que as aivecas em solos pedregosos e com raízes. A concepção do protótipo obtida nos projetos informacional e conceitual é apresentada em perspectiva isométrica na Figura 45 e na Figura 46 são exibidas as projeções ortogonais das vistas frontal, lateral esquerda e superior da concepção do protótipo, realizadas no primeiro diedro.

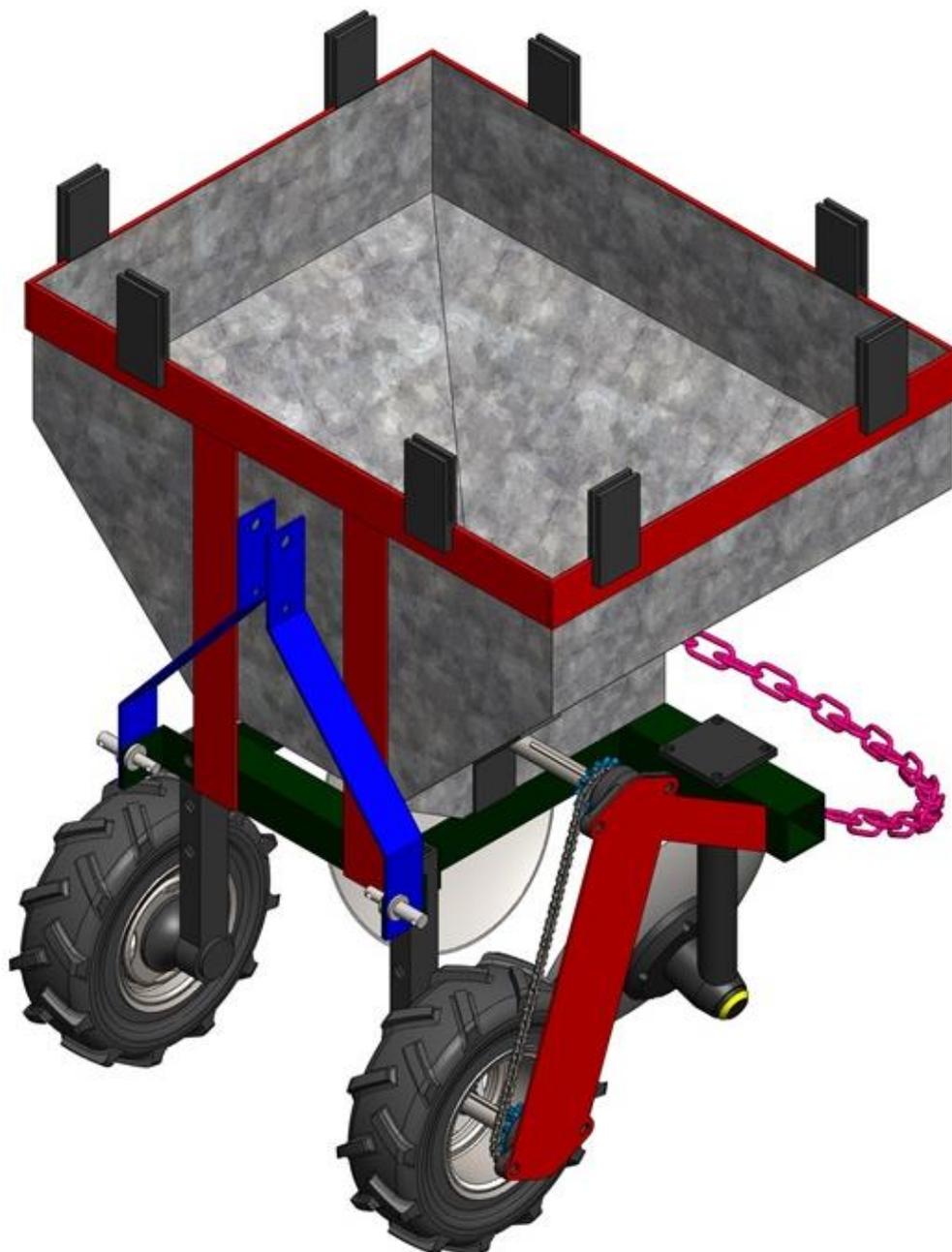


Figura 45 – Perspectiva isométrica da concepção evoluída do protótipo, construída por meio da combinação dos princípios de solução mais promissores.  
Fonte: Custódio, (2015).

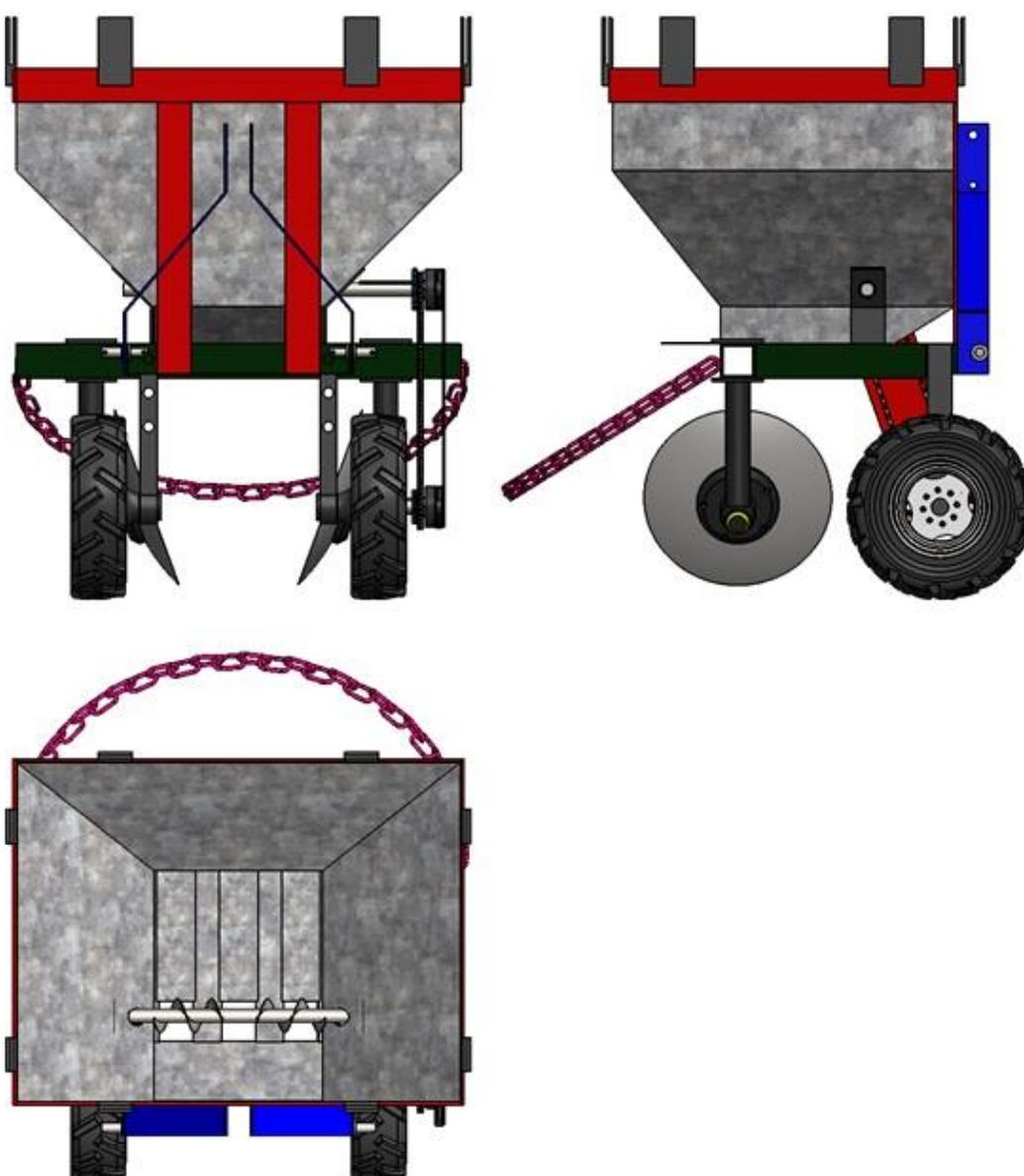


Figura 46 – Projeções ortogonais das vistas da concepção evoluída do protótipo, estabelecida por meio da combinação dos princípios de solução mais promissores.

## 5.2 Resultados do projeto preliminar

Neste tópico são apresentados os resultados e discussões relativos à aplicação da metodologia utilizada, bem como, o produto do projeto preliminar, ou seja, o leiaute definitivo do encanteirador e depositador de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência.

No projeto preliminar a concepção foi evoluída, pois constatou-se que o maquinário deveria distribuir fertilizante mineral também, desta forma, contemplando um número maior de usuários.

Outra modificação foi a forma de captação e transmissão de movimento para o dosador. O sistema com a roda tracionadora foi substituído por um sistema que recebe o movimento da TDP do trator, desse modo diminuindo a massa da máquina, outra desvantagem na utilização da roda tracionadora é a possibilidade de deslizamento desta quando o protótipo estiver com o reservatório com pouco fertilizante.

### 5.3 Identificação dos requisitos determinantes para o projeto

Nesta tarefa inicial do projeto preliminar foram identificados os requisitos determinantes, apresentados na Figura 47, os quais são baseados nos requisitos de projeto (Figura 44) obtidos por Custódio (2015) no projeto informacional.

A largura e profundidade de trabalho são baseadas nos estudos de EMBRAPA (1975, 1978, 1989, 1999, 2004, 2005, 2007, 2009, 2012), EMBRATER & EMBRAPA (1977), EMATER (1981), EMBRATER (1982, 1987), Antoneli (2014) e Custódio (2015).

A massa do protótipo foi determinada considerando-se a capacidade de levante do engate traseiro de três pontos dos tratores para a agricultura familiar. Segundo Custódio (2016) a capacidade média de levante dos tratores com potência no motor entre 11,03 a 58,83kW é aproximadamente 14.709,98N, os tratores com esta faixa de potência são financiados pelo programa institucional Mais Alimentos do PRONAF para agricultores familiares.

<b>Tipo de requisito</b>	<b>Requisitos determinantes</b>
Tamanho	Massa da máquina não deve ultrapassar 250kg Potência de acionamento inferior a 25kW Regulagem da distância dos discos até 1,00m
Disposição	Dosagem de fertilizante variável Regulagem da profundidade dos discos até 0,20m Regulagens com engate rápido e/ou não utilizar ferramentas Sistemas protetores
Material	Aço carbono em perfis e tubos padronizados Elementos de máquina padronizados Reservatório de chapas aço carbono galvanizadas Rolamentos padronizados e vedados em ambos os lados
Outros	Sistemas protetores

Figura 47 – Quadro com os requisitos determinantes para a fabricação do encanteirador e depositador de fertilizantes.

#### 5.4 Identificação dos sistemas determinantes

Os portadores de efeito físico determinantes foram identificados, que são responsáveis pelas principais funções ou princípios de solução do encanteirador e depositador de fertilizantes. Na Figura 48 estão incluídos os sistemas, subsistemas e componentes determinantes da máquina, as principais funções que esses SSCs são responsáveis e os principais parâmetros característicos dos portadores de efeito físico.

<b>Função</b>	<b>Sistemas</b>	<b>Principais parâmetros</b>
Armazenar fertilizantes	Armazenamento de fertilizantes	Volume máximo e ângulo das paredes
Dosar fertilizantes	Dosagem de fertilizantes	Passo, rotação e diâmetro da rosca helicoidal sem-fim, e tamanho da abertura de saída
Suportar mecanismos	Suporte e vinculação dos componentes	Dimensões e resistência dos materiais
Captar e transmitir movimento ao dosador	Transmissão de movimento para o dosador	Redução da rotação
Regular dosagem de fertilizantes	Regulagem da dosagem dos fertilizantes	Variação dos diâmetros das engrenagens e abertura e fechamento da saída
Regular altura e largura de trabalho	Regulagem da conformação dos canteiros	Largura do chassi, distância para movimentação dos suportes e diâmetro dos discos
Conformar canteiros	Encanteirar	Diâmetro e ângulos verticais e horizontais dos discos, largura do chassi, distância máxima possível entre os discos.
Acoplar à fonte de tração	Acoplamento à fonte de tração	Dimensões conforme a NBR ISO 730:2011, categoria de engate 1 e 2.

Figura 48 – Quadro com as funções, sistemas determinantes para fabricação do encanteirador e depositador de fertilizantes e os principais parâmetros.

## 5.5 Desmembrar os Sistemas e Subsistemas e Componentes

A tarefa de desmembrar os SSCs (Figura 49), foi criada a partir da metodologia utilizada por Spagnolo (2014).

Sistema	Subsistema/componentes	Componentes
Armazenamento de fertilizantes	Reservatório	Chapas de aço carbono galvanizado, barras de aço, rebites
Dosagem de fertilizantes	Transportador helicoidal	Rosca transportadora, mancais, parafusos, arruelas e porcas
Suporte e vinculação dos componentes	Chassi, parafusos, arruelas, porcas e chapas de aço	
Transmissão de movimento ao dosador	Eixo cardan, engrenagens, redutor de velocidade, caixa de transmissão, correntes de transmissão de movimento, eixos, buchas e mancais, contra pino quebra-dedo, parafusos, arruelas e porcas	
Regulagens da dosagem dos fertilizantes	Engrenagens, correntes de transmissão de movimento, eixos e mancais, buchas, contra pino quebra-dedo, parafusos, arruelas e porcas	
Regulagens da conformação dos canteiros	Altura dos canteiros	Fixadores laterais da haste de suporte do cubo de disco, discos, cubo de disco, parafusos, arruelas e porcas
	Largura dos canteiros	Suportes móveis laterais do cubo de disco, chassi, discos, cubo de disco, parafusos, arruelas e porcas
Encanteirar	Conformador de canteiros (altura, largura e nivelar)	Discos, cubo de disco, haste de suporte do cubo de disco, bucha, parafusos, arruelas, porcas e corrente
Acoplamento à fonte de tração	Engate de três pontos	Barra de aço, pino e cupilha

Figura 49 – Quadro com os sistemas, subsistemas, componentes e seus principais parâmetros da máquina.

## 5.6 Dimensionar SSCs

### a) Sistema de armazenamento de fertilizantes

O sistema de armazenamento de fertilizantes possui capacidade volumétrica de  $0,5\text{m}^3$ , o que possibilita ao agricultor realizar trajetos longos, sem precisar realizar paradas constantes para abastecer o reservatório. As paredes do reservatório são construídas de chapa de aço carbono galvanizado com 1,25mm de espessura.

Na Tabela 7 estão apresentadas as médias dos valores das umidades dos fertilizantes, determinada por meio da metodologia empregada por Morselli (2005), e os maiores ângulos de repouso dos fertilizantes, estabelecido por meio do método utilizado por Vasconcelos (2011) e Nogueira et al. (2016), a tabela completa é apresentada no Apêndice E. Essas características permitiram estabelecer o formato e os ângulos das paredes do reservatório, os quais são 58,4°, 68,91° e a parede frontal com 90°, também possibilitaram definir a forma e as dimensões do bocal de saída dos fertilizantes.

Tabela 7 – Umidade total e ângulo de repouso de fertilizantes.

Fertilizante	Umidade Total (%)	Ângulo de repouso (°)
Cama de aviário	72,20	44,00
Cama de peru	30,29	42,00
Húmus de minhoca	78,27	45,00
NPK 11-52-00	18,18	38,00

### **b) Sistema de dosagem de fertilizantes**

O responsável pela dosagem do fertilizante é um transportador helicoidal utilizado nos sistemas de trilha, retilha e armazenamento de colhedoras de grãos, essa foi uma das razões da escolha desse transportador, visto que é um componente padronizado e facilmente encontrado no mercado.

A definição pelo transportador helicoidal como mecanismo de transporte, ocorreu principalmente pela sua capacidade de desagregar os fertilizantes orgânicos, os quais apresentam torrões ocasionando desuniformidade na dosagem do fertilizante. Afora isso, apresenta vantagens quanto a confiabilidade operacional, não demandando alta potência de acionamento e de baixo valor de aquisição,

O transportador helicoidal dispõe das seguintes vantagens: simplicidade e confiabilidade operacional, facilidade para conduzir materiais, possibilita transporte na vertical, construção relativamente barata e apresenta tamanho pequeno (KANAFOSK e KARWOWSKI, 1976), particularidades importantes para os agricultores familiares.

O mesmo foi dimensionado com o emprego da equação 1 da CQFS-RS/SC (2016), equação 3 apresentada por Kanafojsk e Karwowski (1976) e das tabelas 1 e

2. O eixo helicoidal possui 180mm de diâmetro, passo com 180mm e um eixo central com 30mm de diâmetro.

### **c) Sistema de suporte e vinculação dos componentes**

O sistema de suporte e vinculação dos componentes é responsável pela fixação e interligação de todos os componentes do conformador de canteiros e fertilizador. O sistema permite a estabilidade e interação entre os sistemas subsistemas e componentes do protótipo, e garante a variação de largura dos canteiros.

O sistema de suporte e vinculação dos componentes (Chassi), estruturado basicamente com tubo de seção quadrada de 80x80x6,35mm e cantoneiras de 76x5mm, permite a estabilidade e interação entre os sistemas subsistemas e componentes do protótipo, garantindo a variação de largura dos canteiros. Mediante simulações de esforços no programa SolidWorks (Figura 50), foi determinado o dimensionamento e a escolha do material do chassi.

Com o auxílio do programa SolidWorks, foi realizado um estudo a fim de identificar os valores de tensão que levam o material a falhar ou escoar, para identificar uma provável falha, foi necessário avaliar a combinação de todas as componentes de tensão presentes no protótipo durante seu funcionamento.

Para a realização das simulações, as cargas atuantes no protótipo foram super dimensionadas, com a finalidade da máquina resistir a possíveis impactos. Para as cargas verticais referentes ao peso do protótipo e fertilizante, considerou-se 9.806,65N, para as forças atuantes nos discos e para tracionar o protótipo foi de 2.942N.

Na Figura 50 é apresentada a análise do limite de escoamento no chassi do protótipo. As tensões não excederam o limite de escoamento do material, que é de 351,57Mpa.

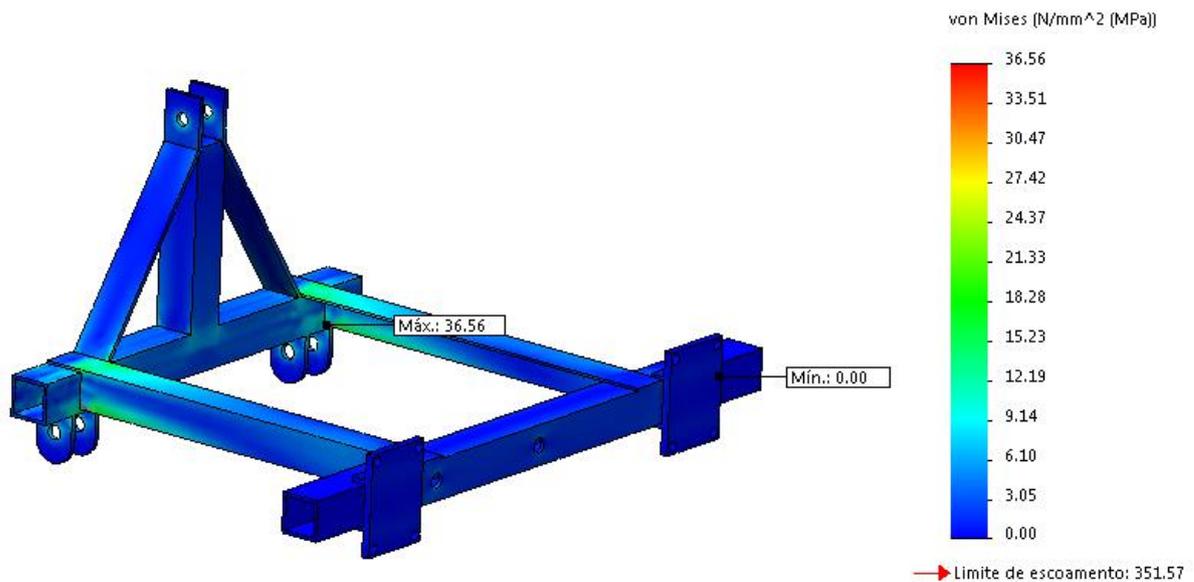


Figura 50 – Análise do limite de escoamento no chassi do protótipo.

#### d) Sistema de transmissão de movimento ao dosador

O dosador, acionado por intermédio da tomada de potência do trator, apresenta o sistema de transmissão composto por engrenagens de corrente, uma caixa de transmissão angular de 90° (1:1) e um redutor de velocidade coroa e rosca sem fim com relação de transmissão 1:60. A substituição da engrenagem motora permite ao dosador variar a rotação de 7,20 a 16,80rpm, conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Relação de velocidade do dosador em função da variação de engrenagens.

Engrenagem motora*	Engrenagem movida*	Rotação do dosador (rpm)
12	15	7,20
13	15	7,80
14	15	8,40
15	15	9,00
16	15	9,60
17	15	10,20
18	15	10,80
19	15	11,40
20	15	12,00
21	15	12,60
22	15	13,20
23	15	13,80
24	15	14,40
25	15	15,00
26	15	15,60
27	15	16,20
28	15	16,80

\*Número de dentes

### e) Sistema de regulagens da dosagem dos fertilizantes

O protótipo apresenta um sistema de regulagens de dosagem dos fertilizantes, pois além de possibilitar o trabalho com fertilizantes minerais e orgânicos, que exigem diferentes dosagens, também será empregado em solos com diferentes taxas de nutrientes e culturas variadas, os quais também demandam teores de nutrientes distintos.

O sistema de regulagens é composto pelo sistema de transmissão de movimento para o dosador, no entanto para alterar a dosagem de fertilizante é necessário a substituição da engrenagem motora, a regulagem também poder ser realizada por um regulador de vazão tipo gaveta existente na saída do fertilizante.

O dimensionamento das engrenagens para as regulagens da dosagem dos fertilizantes, foi fundamentada nas tabelas do Apêndice F, os dados contidos nessas tabelas foram desenvolvidos com a equação 1 apresentada pela CQFS-RS/SC (2016). Também foram utilizados os dados da tabela 4 e as informações do manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

de 2014 e o manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina de 2016. Os resultados apresentados no Apêndice F, correspondem as necessidades de fertilizantes orgânicos e minerais no plantio, para diferentes culturas e com médio teor de nutrientes no solo.

#### **f) Sistema para regulagens da conformação dos canteiros**

Os principais componentes do sistema responsável pela regulagem da largura dos canteiros são o chassi e os fixadores laterais da haste de suporte do cubo de disco. O chassi deve possibilitar a conformação de canteiros com largura máxima de 1,00m.

De acordo com Custódio (2015) os agricultores entrevistados trabalham com canteiros de até 0,60m de largura para a cultura do tabaco e 0,30m de largura máxima para canteiros de hortaliças, sendo que todos os produtores entrevistados trabalham com uma linha por canteiro. As recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças apresentadas no Anexo A (EMBRAPA, 2007), indicam canteiros com até 1,00m de largura para algumas hortaliças produzidas por esses agricultores, em vista disso, o protótipo deve apresentar largura de trabalho de até 1,00m.

#### **g) Sistema para encanteirar**

Os órgãos ativos do sistema para conformar canteiros são dois discos de arado com 0,71m (28") de diâmetro. Esta dimensão foi obtida mediante recomendações da EMBRAPA (1984), os quais indicam discos com 28 polegadas para solos de consistência mediana, arenosos, de penetração relativamente fácil. De acordo com Custódio (2015) os produtores entrevistados realizavam o preparo primário do solo usando arados de aivecas e discos e o preparo secundário com grades médias ou leves, proporcionando menor esforço na mobilização do solo na operação de conformar os canteiros.

Na equação 6, apresentada por Balastreire (1987), com valor de 3,5 para o coeficiente adimensional, que indica uma profundidade de aração média, obtém-se a recomendação de discos com diâmetro de 0,75m para esta profundidade. Empregando o valor 2,8 para o coeficiente adimensional, apontando uma aração

profunda, os discos recomendados devem apresentar diâmetro de 0,60m. O diâmetro dos discos empregados neste projeto assemelha-se ao diâmetro do disco recomendado para uma aração média.

$$D = 3,5 \frac{20}{\cos 20^\circ} = 74,49 \text{ cm} \quad (6)$$

O sistema de conformação do solo é similar ao utilizado no aleirador de discos para uma linha modelo AF 1 da empresa Folmaq, no entanto neste projeto serão utilizados discos com diâmetro de 0,71m (28"), pois de acordo Custódio (2015) alguns entrevistados trabalham com canteiros de 0,30m de altura.

A escolha dos discos como órgãos ativos foi baseada em Machado et al. (2005), os quais descrevem que arados de discos sofrem menor atrito do solo em comparação os arados de aivecas, devido ao rolamento dos discos sobre rochas e restos de raízes.

#### **h) Sistema de acoplamento à fonte de tração**

O acoplamento é realizado no engate traseiro do sistema de engate de três pontos de tratores pertencentes as categorias 1 e 2 definidas na NBR ISO 730:2011. Os tratores pertencentes a essas categorias possuem até 92kW de potência na TDP à rotação nominal do motor. Os tratores financiados pelo PRONAF estão compreendidos nesta faixa de potência.

O sistema de acoplamento à fonte de tração foi fabricado com barras de aço SAE 1020 com 15mm de espessura e 80mm de largura, essas dimensões foram analisadas nas simulações de esforços (Figura 50).

### **5.7 Buscar soluções para as funções auxiliares**

Após a definição dos principais parâmetros dos portadores de efeito físico determinantes (Figura 48), foram identificadas as funções auxiliares necessárias, seus portadores de efeito físico e os principais parâmetros (Figura 51).

Tendo em vista os refinamentos realizados com a evolução da concepção do projeto conceitual para o projeto preliminar. O encanteirador e depositador de

fertilizantes apresenta ainda outras funções auxiliares que são necessárias para o seu funcionamento.

<b>Funções</b>	<b>Portadores de efeito físico</b>	<b>Principais parâmetros</b>
Fixar eixos de transmissão de movimento ao chassi	Mancal Tipo Flange oval	Formato, posição da furação de união
Fixar e suportar o reservatório	Estrutura do reservatório	Resistência das chapas, união do reservatório com a estrutura
Manter esticadas as correntes de transmissão de movimento	Tensores para correntes	Posição, formato
Evitar a formação de túneis	Sistema de movimentação e uniformização do fertilizante	Formato, quantidade, posicionamento
Evitar pressão sobre o transportador helicoidal	Defletor	Ângulos das abas, formato, posicionamento

Figura 51 – Quadro de funções auxiliares, seus portadores de efeito físico e principais parâmetros.

### **5.8 Incorporar no leiaute e nos desenhos de forma as soluções para as funções auxiliares**

Os mancais de apoio dos eixos de transmissão de movimento ao chassi são do tipo flange oval com rolamentos série Y vedados e com colar excêntrico de fixação zincado. Os mancais são fabricados de ferro fundido e os rolamentos são vedados e construídos em aço temperado. Este, por sua vez, é fixado ao eixo por meio de um parafuso allen sem cabeça de forma a eliminar a necessidade de contra porcas, arruelas, travas, buchas e adaptadores.

O componente responsável por fixar e suportar o reservatório, representado na Figura 52, foi fabricado com barras de aço SAE 1020, com dimensões de 5,00mm de espessura e largura de 25,40mm.

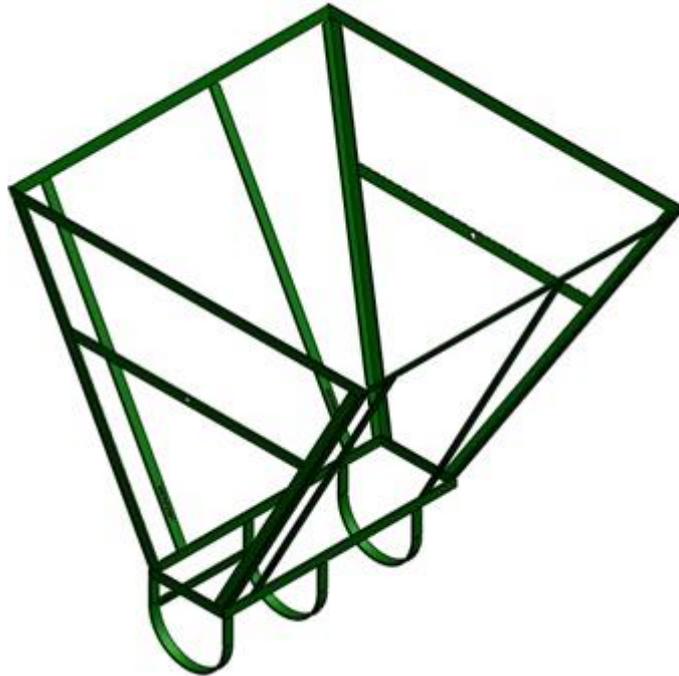


Figura 52 – Desenho da estrutura do reservatório de fertilizantes.

O tensor apresentado na Figura 53 tem o objetivo de esticar a corrente que transmite movimento ao dosador. Este subsistema é composto por uma barra de aço de perfil redondo, mola de esticamento e engrenagem de corrente com bucha de poliamida.



Figura 53 – Desenho do tensor para correntes.

O sistema de movimentação e uniformização do fertilizante do reservatório, construído depois dos testes e exposto na Figura 54 é similar ao sistema do distribuidor modelo Bruttus 6000, da empresa Stara, que possui a função de evitar a

compactação do fertilizante, a formação de túneis e garantindo a uniformidade de deposição sobre o transportador helicoidal.

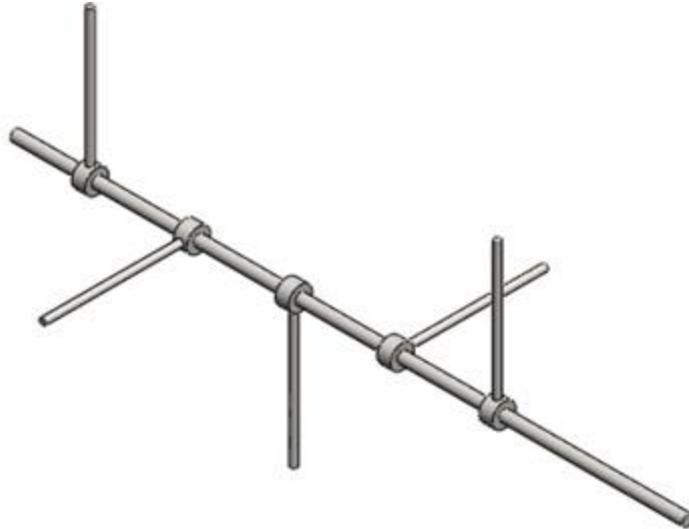


Figura 54 – Desenho do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante.

Na Figura 55 é apresentado o sistema defletor localizado no reservatório de fertilizantes, com a função de diminuir a sobrecarga de material e facilitar o acionamento do transportador helicoidal. O sistema defletor é constituído de chapa de aço carbono comum com 1,25mm de espessura e barras de aço SAE 1020 com 25,40mm de largura e 5,00mm de espessura.

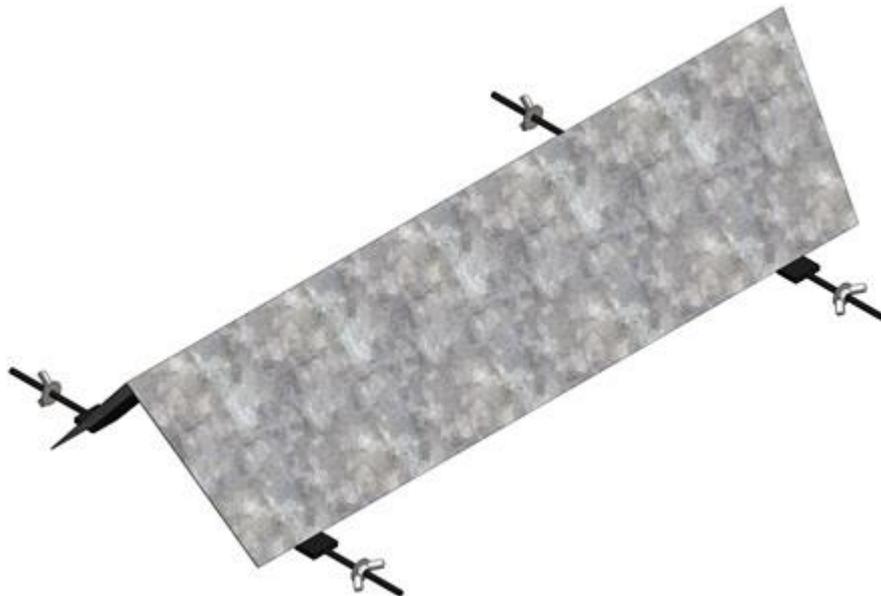


Figura 55 – Desenho do sistema de defletores do reservatório de fertilizantes.

## 5.9 Completar os leiautes gerais com todas as funções incorporadas

A concepção do conformador de canteiros e depositador de fertilizantes otimizada no projeto preliminar é apresentada em perspectiva isométrica na Figura 56 e na Figura 57 são exibidas as projeções ortogonais das vistas frontal, lateral esquerda e superior da concepção, realizadas no primeiro diedro.

A concepção possui um reservatório com capacidade volumétrica de  $0,5\text{m}^3$ , com um sistema defletor para diminuir o acúmulo de fertilizantes sobre o dosador, que é um transportador do tipo helicoidal. Esta capacidade volumétrica do reservatório permite armazenar aproximadamente: 425kg de cama de aviário, ou 292,5kg de cama de peru, ou 265kg de húmus de minhoca ou 530kg de fertilizante mineral.

Os componentes para conformar os canteiros são dois discos de arado; a conformação dos canteiros possui regulagens de altura e largura de trabalho.

O movimento é transmitido ao dosador por um sistema de correntes, engrenagens, caixa de transmissão e redutor de velocidade. A regulagem é realizada por meio da troca da engrenagem motora, desta maneira possibilitando operar com diferentes tipos de fertilizantes, espécies vegetais e de solos.

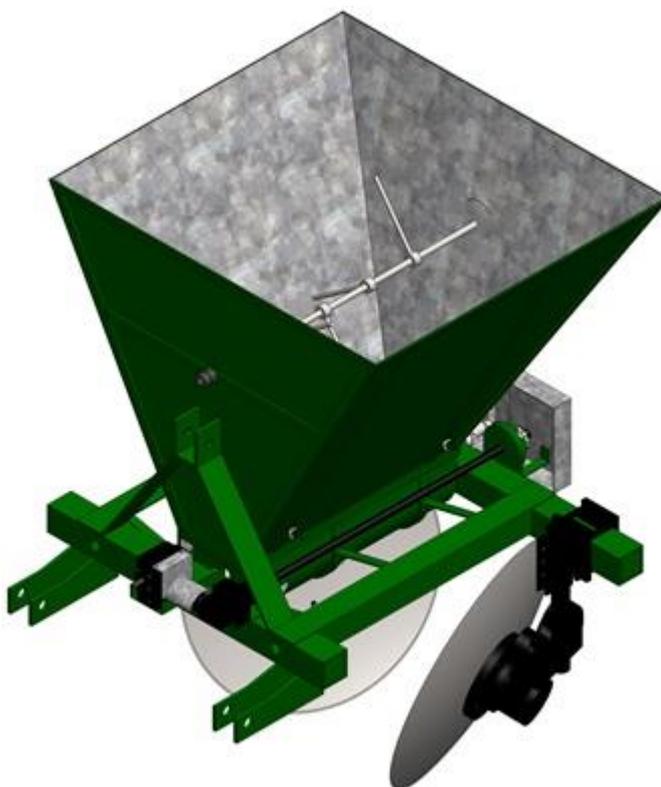


Figura 56 – Desenho da concepção com todas as funções incorporadas.

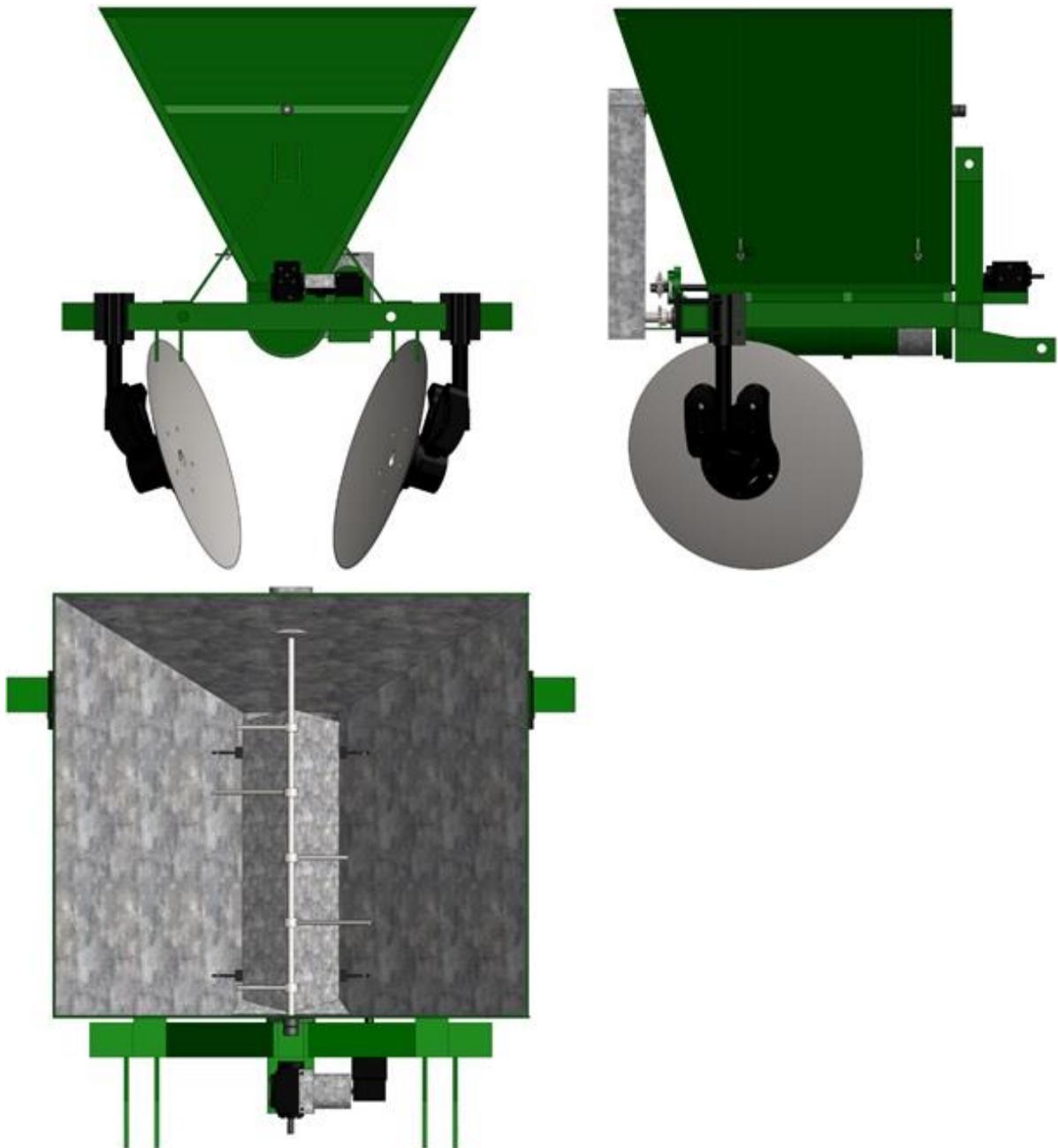


Figura 57 – Projeções ortogonais das vistas da concepção com todas as funções incorporadas.

### 5.10 Avaliar sob critérios técnicos

Visto que apenas uma concepção foi aprimorada, a finalidade da avaliação não foi selecionar, mas qualificar o atual projeto fundamentando-se nos seus requisitos, identificando e corrigindo eventuais pontos fracos.

A definição do escopo da análise e referentes às funções realizadas pelo protótipo, seguiram a metodologia empregada por Albiero et al. (2010).

Foram identificados e abordados os seguintes sistemas e subsistemas que ocorrem para realizar as operações de encanteirar e fertilizar:

1 – Sistema distribuidor de fertilizante: depositar uniformemente fertilizante, permitir variação na dosagem de fertilizante, neutralizar os efeitos da vibração e eliminar os blocos de fertilizante.

2 – Sistema conformador de canteiros: conformar canteiros com regulagem de altura e largura de trabalho.

3 – Sistema de armazenamento: armazenar fertilizante, evitar a formação de túneis, o escoamento desuniforme e o acúmulo de material nos cantos.

4 – Regulagens do protótipo: realizar a regulagem do protótipo de forma correta para que o mesmo obtenha bom desempenho em campo.

5 – Transporte do protótipo: acoplar o protótipo à fonte de tração e tracioná-lo.

6 – Geração de potência: captar e transmitir movimento para acionar o dosador.

7 – Manutenção: limpeza e lubrificação.

8 – Suportar e vincular componentes: suportar mecanismos, vinculando-os fisicamente.

Os principais aspectos neste estudo são em relação às falhas potenciais nas áreas de segurança, manutenção e operação. A classificação em termos de prioridade em função no número de prioridade de risco (NPR) do protótipo é apresentada na Tabela 9, maiores detalhes podem ser verificados no Apêndice G.

Na busca para obter maior confiabilidade e segurança neste projeto, foram identificadas e analisadas todas as falhas potenciais, até as de baixa prioridade e de pouquíssima prioridade, com a finalidade de eliminá-las ou reduzi-las a um ponto que não tragam riscos à segurança do operador.

Tabela 9 – Falhas críticas em função da prioridade de risco do protótipo.

Falha Potencial	NPR	Classe
1 – Não suportar mecanismos	900	TP
2 – Transmitir rotação incorreta ao dosador	720	AP
3 – Dosagem de fertilizante desuniforme	560	MP
4 – Não variar a dosagem de fertilizante	504	MP
5 – Reservatório de fertilizantes inadequado	480	MP
6 – Deposição de fertilizante desuniforme	392	BP
7 – Altura e largura de trabalho inadequadas	240	BP
8 – Compactação ineficiente ou excessiva da superfície	150	PP
9 – Dificuldade para tracionar o protótipo	100	PP
10 – Dificuldade para abastecer o reservatório	90	PP
11 – Variação da profundidade de trabalho insuficiente	84	PP
12 – Dificuldade na limpeza e lubrificação	72	PP
13 – Variação da largura de trabalho insuficiente	30	PP

NPR = 001 a 207 – Pouquíssima Prioridade (PP); NPR = 208 a 407 – Baixa Prioridade (BP); NPR = 408 a 607 – Média Prioridade (MP); NPR = 608 a 807 – Alta Prioridade (AP) e NPR = 808 a 1000 – Total Prioridade (TP).

#### Falhas críticas:

As falhas potenciais com maior risco, pela ordem, são descritas a seguir:

1 – Capacidade do chassi suportar os mecanismos, vinculando-os fisicamente à 900 como número potencial de risco.

Esta falha está associada à escolha correta dos materiais, bem como no dimensionamento dos componentes pertencentes ao chassi. Esta falha poderá afetar a segurança do operador, o funcionamento e até mesmo na inutilização da máquina.

2 – Transmissão de rotação incorreta ao dosador, que poderá ocasionar irregularidades na distribuição e até mesmo não distribuir o fertilizante.

A falha poderá ocorrer caso as relações de transmissão, seja pelo par do engrenagens ou do redutor de velocidades, estejam incorretas.

3 – Dosagem desuniforme de fertilizante obteve NPR de 560 tendo média prioridade para sua solução. pode ocorrer devido ao desgaste do eixo helicoidal ou dimensionamento errado do sistema. Essa falha poderá ocasionar excesso ou escassez de fertilizante para as plantas.

Essa falha poderá ocorrer devido ao desgaste do eixo helicoidal ou dimensionamento errado do sistema.

4 – Não variação na dosagem de fertilizante, ocasionando deficiência nutritiva ou toxicidade para as culturas. Esta falha potencial pode ocorrer devido a um erro na

regulagem das engrenagens ou no dimensionamento impreciso da relação de transmissão.

5 – Dimensões inadequadas do reservatório de fertilizantes, obteve NPR de 480, tendo média prioridade para sua solução. Caso esta falha ocorra poderá surgir acúmulo de material nos cantos do reservatório, ocorrência de túneis e até menor volume de armazenamento que o desejado pelo produtor, ocasionando mais paradas para abastecimentos.

Estas situações podem ocorrer devido aos ângulos incorretos das paredes, agitadores insuficientes ou formato inadequado e reservatório com volume menor que o necessário.

6 – Deposição desuniforme de fertilizante pode causar irregularidades na distribuição do fertilizante, pois no processo de deposição poderá haver a ausência ou excesso de fertilizante.

Esta falha pode ocorrer devido, a umidade elevada do fertilizante, o transportador helicoidal estar desgastado e/ou seu dimensionado foi realizado de forma incorreta.

7 – Altura e largura de trabalho inadequada obteve NPR de 240 sendo de baixa prioridade para solucioná-la. Esta falha pode causar nos canteiros, alta densidade de plantas ou áreas ociosas, e dificuldade no desenvolvimento das raízes, assim como poderá ocorrer a ausência ou excesso de fertilizante.

Esta falha poderá ocorrer caso o chassi possua largura insuficiente ou os discos possuírem diâmetro menor que o recomendado.

8 – Compactação ineficiente ou excessiva da superfície pode causar o nivelamento incorreto do canteiro, construindo canteiros com superfície menor que o desejável ou áreas muito compactadas.

Esta falha poderá ocorrer devido ao formato incorreto do sistema de nivelamento da superfície e/ou a massa do componente responsável por esta função for superior ou inferior a recomendada para o tipo de solo trabalhado.

9 – Dificuldade para tracionar o protótipo obteve NPR de 100, classificada com pouquíssima prioridade para solução. A causa desta falha poderá ser pelo excesso de massa do protótipo ou erro no projeto do implemento.

10 – A falha potencial referente ao abastecimento do reservatório obteve NPR de 90 tendo pouquíssima prioridade para sua solução, a dificuldade no abastecimento

do reservatório pode causar avarias no implemento ao reabastecê-lo e até mesmo o desinteresse do produtor em utiliza-lo. Esta falha pode acontecer devido as paredes do reservatório serem muito altas ou a falta de ergonomia para a realização desta função.

11 – Variação insuficiente da profundidade de trabalho foi classificada com pouquíssima prioridade com NPR de 84. A mesma pode afetar no crescimento das raízes caso a área seja muito compactada e o agricultor não tenha realizado o preparo do solo.

A causa desta falha pode estar relacionada ao diâmetro dos discos.

12 – Dificuldade na identificação dos pontos de lubrificação e/ou limpeza e pontos inacessíveis ou de difícil acesso, podem afetar o desempenho do protótipo.

Esta falha está associada a necessidade de muitas ferramentas para a realização dessas tarefas, número excessivo de pontos de lubrificação, tipo de lubrificante utilizado e a falta de vedações.

13 – A falha potencial classificada com menor risco é referente a variação insuficiente da largura de trabalho, com NPR de 30, apresenta pouquíssima prioridade para a correção.

Esta falha ocorre caso o implemento não permita a conformação de canteiros com até 1,00m de largura, essa situação poderá ocorrer caso o chassi não permita o deslocamento dos discos até a largura determinada.

#### Recomendações de ações corretivas

1 – Chassi não suportar os mecanismos e não os vincula fisicamente: reforçar os componentes que fazem parte do chassi e reconfigurar esses componentes no chassi reforçado, a fim de vincula-los nesta nova configuração.

2 – Transmissão de rotação incorreta ao dosador: recalcular o sistema de transmissão, trocar um conjunto de engrenagens por um redutor de velocidade de 60:1 e reprojeter a regulagem do dosador de fertilizantes para em único ponto.

3 – Dosagem desuniforme de fertilizante: esta falha poderá ser solucionada com a substituição de itens desgastados e com a reconfiguração de um novo distribuidor helicoidal.

4 – Dosagem de fertilizante não é variável: realizar a regulação correta do mecanismo distribuidor de fertilizante, e realizar testes em campo com a finalidade de analisar se as regulações estão satisfazendo as especificações para quais foram determinadas de acordo com a cultura e o tipo de fertilizante utilizado.

5 – Dimensões inadequadas do reservatório de fertilizantes: para solucionar esta falha é necessário recalcular os ângulos das paredes e redimensionar o reservatório, também poderão ser adicionados agitadores.

6 – Deposição de fertilizante desuniforme: reprojeter o transportador e a saída de fertilizante do reservatório, além de armazenar o fertilizante em local adequado e utilizá-lo com a umidade recomendada.

7 – Altura e largura de trabalho inadequadas: essas falhas podem ser solucionadas com o redimensionamento do chassi e a substituição dos discos por outros de diferentes diâmetros.

8 – Compactação incorreta da superfície: reprojeter o sistema de compactação do solo de acordo com a pressão e forma desejada, testar o sistema em campo.

9 – Dificuldade para tracionar o protótipo: diminuir a massa do protótipo, por meio da substituição do material ou reconfigurar a máquina.

10 – Dificuldade para abastecer o reservatório: adequar as dimensões das paredes do reservatório e a altura do reservatório, a fim de facilitar o abastecimento.

11 – Variação da profundidade de trabalho insuficiente: para solucionar esta falha será necessário a substituição dos discos.

12 – Dificuldade na limpeza e lubrificação: algumas soluções viáveis seriam, colocar porcas borboleta e/ou engates rápidos, rolamentos vedados e facilitar o acesso aos pontos de lubrificação.

13 – Variação da largura de trabalho insuficiente: esta falha pode ser solucionada apenas aumentando a largura do componente do chassi que suporta os discos.

### **5.11 Definir sobre a aquisição ou fabricação**

Na etapa definir aquisição ou fabricação dos sistemas, subsistemas e componentes, foram realizadas pesquisas por componentes padronizados e com

baixo custo de aquisição e até a compra de alguns componentes usados (caixa de transmissão angular de 90° com transmissão 1:1 e o redutor de velocidade de 60:1).

Nas Figuras 58 e 59 é apresentada a lista dos componentes padronizados a serem utilizados sem a necessidade de modificações e seus respectivos custos de aquisição (atualização dos valores em 21/08/2019), conforme empregada por Teixeira (2014) e Stefanello (2015); o custo total com material é estimado em R\$ 1.939,14.

Subsistemas/ Componentes	Especificação	Unidade	Quant.	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Reservatório	Rebite 3,2 x 8mm.	Unidade	140,00	0,10	14,00
	Arruela lisa 1/4.	Unidade	4,00	0,10	0,40
	Porca borboleta 1/4.	Unidade	4,00	1,10	4,40
Sistema de movimentação e uniformização do fertilizante	Mancal de deslizamento para eixo de Ø16mm.	Unidade	2,00	26,74	53,48
	Bucha de fixação.	Unidade	1,00	15,00	15,00
	Parafuso Allen M5 x 10.	Unidade	1,00	1,00	1,00
	Engrenagem de 12 dentes, ASA 40 e com furo sextavado.	Unidade	1,00	3,00	3,00
	Contra pino quebra-dedo Ø5mm.	Unidade	2,00	2,00	4,00
	Parafuso com cabeça sextavado M5 X 35 MA DIN 933.	Unidade	5,00	0,70	3,50
Transportador helicoidal	Eixo com rosca helicoidal.	Unidade	1,00	50,00	50,00
	Parafuso M5 x 35 MA DIN 933.	Unidade	1,00	0,70	0,70
	Porca borboleta M5 – MA.	Unidade	1,00	1,10	1,10
	Parafuso sextavado M8 x 60 com arruela e porca.	Unidade	4,00	1,35	5,40
	Mancal flange P-209 com rolamento Ge30 Krrb – Gbr com fixação por colar excêntrico para eixo de 30mm.	Unidade	2,00	54,00	108,00

Figura 58 – Quadro de relação de componentes, especificações e custo de aquisição (continua).

Transmissão e regulagem do dosador	Corrente de transmissão ASA.	Unidade	2,00	70,00	140,00
	Pino elástico DIN 1481.	Unidade	5,00	0,80	4,00
	Caixa de transmissão angular 90° – 1:1.	Unidade	1,00	200,00	200,00
	Parafuso com cabeça sextavado M6 X 80 MA DIN 933.	Unidade	2,00	0,90	1,80
	Porca sextavada M6 – MA DIN 934.	Unidade	2,00	0,50	1,00
	Arruela lisa M6 DIN 125 A.	Unidade	2,00	0,30	0,60
	Mancal flange e rolamento para eixo de 16mm.	Unidade	1,00	27,08	27,08
	Acoplamento elástico de garras.	Unidade	1,00	50,00	50,00
	Parafuso com cabeça sextavado M3 x 40 MA DIN 933.	Unidade	5,00	1,00	5,00
	Porca M3 – MA DIN 934.	Unidade	5,00	0,40	2,00
	Arruela lisa M3 DIN 125 A.	Unidade	5,00	0,25	1,25
	Redutor de Velocidade 1:60.	Unidade	1,00	500,00	500,00
	Parafuso Allen com Cabeça M8 x 10 MA –1,25 DIN 912.	Unidade	4,00	2,00	8,00
	Arruela sextavada.	Unidade	2,00	5,00	10,00
	Transmissão e regulagem do dosador	Engrenagem de 12 dentes, ASA 40 e com furo sextavado.	Unidade	1,00	3,00
Porca borboleta 1/4 DIN 11.		Unidade	3,00	1,50	4,50
Engrenagem para eixo 30mm com 15 dentes, ASA 40.		Unidade	2,00	5,00	10,00
Porca M10 – MA DIN 934		Unidade	1,00	0,59	0,59
Arruela lisa M10 DIN 125 A.		Unidade	1,00	0,38	0,38
Mola.		Unidade	1,00	7,40	7,40
Conformador de canteiros	Parafuso M8 x 50 MA DIN 933.	Unidade	6,00	1,50	9,00
	Arruela lisa M8 DIN 125 A.	Unidade	6,00	0,60	3,60
	Porca M8 DIN 934.	Unidade	6,00	1,45	8,70
	Disco liso furo 1.5/8" 26 X 1/4L.	Unidade	2,00	194,86	389,72
	Parafuso M10 x 100 MA DIN 933.	Unidade	4,00	0,40	1,60
	Porca M10 – MA DIN 934.	Unidade	4,00	0,43	1,72
	Arruela quadrada M10.	Unidade	4,00	0,25	1,00
	Parafuso sextavado M15 x 130 – MA DIN 933.	Unidade	8,00	3,50	28,00
	Porca M15 – MA DIN 934.	Unidade	16,00	0,58	9,28
	Parafuso M8 x 150 MA DIN 933.	Unidade	2,00	3,00	6,00
	Porca borboleta M8.	Unidade	2,00	0,60	1,20
Cubo disco arado tatu.	Unidade	2,00	117,87	235,74	
Total				1.939,14	

Figura 59 – Quadro de relação de componentes, especificações e custo de aquisição (conclusão).

Após a definição dos componentes padronizados, foram definidos os materiais utilizados na fabricação dos subsistemas e componentes. A lista com os materiais e

os custos estão apresentados na Figura 60, sendo que o custo total estimado foi de R\$ 854,30 (atualização dos valores em 21/08/2019).

Subsistemas/ Componentes	Especificação	Unidade	Quant.	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Engate de três pontos	Barra 15mm x 80mm.	m	2,50	39,00	95,50
Reservatório	Chapa de aço galvanizada 1,25mm.	2m <sup>2</sup>	3,00	80,00	240,00
	Barra roscada 1/4 – MA.	m	1,00	12,00	12,00
	Barra chata 3/16 x 1in.	6m	3,00	19,79	59,37
Sistema de movimentação e uniformização do fertilizante	Eixo Ø10mm.	m	1,00	11,67	11,67
	Tubo Ø16mm e Ø35mm.	m	0,15	23,00	3,45
	Eixo Ø16mm.	m	1,00	15,60	15,60
	Eixo sextavado.	m	0,05	70,00	3,50
Transmissão e regulação do dosador	Poliamida 6 Ø30mm.	m	0,10	9,00	0,90
	Eixo Ø10mm.	m	0,03	11,67	0,35
	Eixo 20mm.	m	0,90	15,60	14,04
	Eixo sextavado.	m	0,05	70,00	3,50
Conformador de canteiros	Tubo Ø45mm x 5mm.	m	0,80	55,00	44,00
	Tubo Ø45mm x 2mm.	m	0,30	28,00	8,40
	Barra chata 3/8 x 1in.	m	0,20	18,93	3,79
	Barra chata 1/2 x 15mm.	m	1,00	40,00	40,00
	Chapa 1/2 x 3in.	m	0,80	38,00	30,40
Suporte e vinculação dos componentes	Tubo quadrado 80 x 80 x 6,35mm.	m	2,30	58,67	134,94
	Barra chata 3/16 x 1in.	6m	1,00	19,79	19,79
	Chapa 3mm.	1m <sup>2</sup>	0,068	168,61	11,46
	Cantoneira 7,5 x 7,5mm.	m	1,80	50,81	91,46
	Chapa 3/8 x 3in.	m	0,30	27,26	8,18
Total					854,30

Figura 60 – Quadro de relação de componentes a serem fabricados, especificações e custo de aquisição.

Contabilizando os materiais e componentes o custo total para a construção do protótipo foi de R\$ 2.793,44 (atualização dos valores em 21/08/2019), sendo que a produção em escala poderia diminuir esse valor. O protótipo apresentou valor bem abaixo em relação a alguns implementos encontrados na região, como por exemplo: a enxada rotativa modelo RSFE 125 da empresa Lavrale sem o sistema de distribuição de fertilizante, que apresentou valor médio de R\$ 17.300,00. O distribuidor de calcário e fertilizantes mineral ou orgânico, modelo DCF-CO 3000 da empresa Baldan está no

mercado com valor médio de R\$ 15.500,00, no entanto, esse implemento não realiza a conformação dos canteiros (atualização dos valores em 11/05/2020).

## 5.12 Montar os SSCs

Com a finalidade de simplificar a compreensão da montagem dos SSCs, foi empregada a metodologia utilizada por Oldoni (2016) para especificar os sistemas de uma colhedora de cebolas. Na qual foi necessário descrever os sistemas, subsistemas e componentes, também as especificações dos componentes utilizados bem como sua fabricação e montagem sobre os demais, a fim de se verificar os problemas que poderão ocorrer.

Os sistemas foram determinados em uma sequência semelhante aos da tarefa **desmembrar os SSCs**, apenas os sistemas de dosagem de fertilizantes e de regulagens da dosagem dos fertilizantes foram unidos, pois esses sistemas operam juntos, dessa forma facilitando a visualização dos desenhos. Com o mesmo objetivo também foram unificados os sistemas de regulagens da conformação dos canteiros e de encanteirar. Para a montagem dos SSCs, os sistemas foram sequenciados conforme segue:

- Sistema de armazenamento de fertilizantes;
- Sistema de dosagem e regulagem da dosagem de fertilizantes;
- Sistema de suporte e vinculação dos componentes e acoplamento à fonte de tração;
- Sistema de transmissão de movimento ao dosador e ao sistema de movimentação e uniformização do fertilizante;
- Sistema de conformação dos canteiros.

### 5.12.1 Sistema de armazenamento de fertilizantes

No Apêndice H é apresentado o quadro com as especificações do sistema de armazenamento de fertilizantes. Na primeira coluna do quadro é exibido o sistema de armazenamento de fertilizantes, na segunda coluna estão os subsistemas e funções auxiliares do sistema.

A terceira coluna contém as especificações dos componentes, bem como os nomes e as medidas, na quarta coluna consta a quantidade de componentes existentes no sistema.

Na quinta coluna é apresentado o material de cada componente e na última coluna estão apresentadas as especificações de montagem e processos de fabricação utilizados, conforme a metodologia empregada por Oldoni (2016).

Para a determinação do volume do reservatório levou-se em consideração a área de produção dos agricultores entrevistados por Custódio (2015), os tipos de fertilizantes utilizados e as concentrações médias de nutrientes em cada fertilizante conforme CQFS-RS/SC (2016). Para o dimensionamento do comprimento das hastes secundárias do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, foram realizados testes quanto a eficiência na eliminação dos túneis nos quatro fertilizantes.

#### **5.12.2 Sistema de dosagem e regulagem de fertilizantes**

As especificações do sistema de dosagem e regulagem da dosagem de fertilizantes estão apresentadas no Apêndice I, além da capacidade de desagregar os fertilizantes orgânicos a definição pelo transportador helicoidal ocorreu devido a facilidade de sua aquisição, pois é um componente utilizado na trilha, retilha e no graneleiro de colhedoras.

A definição da corrente deve-se a facilidade de sua aquisição, pois é a mesma empregada nas relações de transmissão de algumas motocicletas e suporta os esforços exigidos. As engrenagens foram dimensionadas de acordo com as rotações finais necessárias para a distribuição dos fertilizantes.

#### **5.12.3 Sistema de suporte e vinculação dos componentes e acoplamento à fonte de tração**

No Apêndice J é apresentado o quadro de especificações do sistema de suporte e vinculação dos componentes e acoplamento à fonte de tração, com o auxílio de um programa de automação de projetos mecânicos, todos os componentes foram dimensionados e por meio de simulações das cargas atuantes no protótipo foram observadas e corrigidas as possíveis falhas no sistema.

#### **5.12.4 Sistema de transmissão de movimento ao dosador**

Os componentes do sistema de transmissão de movimento ao dosador e ao sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, foram dimensionados de acordo com, a relação de transmissão e a potência de acionamento (Apêndice K).

#### **5.12.5 Sistema de conformação de canteiros**

O sistema de conformação de canteiros (Apêndice L), foi dimensionado conforme as recomendações da EMBRAPA (2007), apresentadas no Anexo A e em função do diâmetro do disco, a fim de evitar o choque entre os discos e o chassi. Os discos foram dimensionados de acordo com a altura dos canteiros utilizados pelos agricultores entrevistados por Custódio (2015) e pela equação de Balastreire (1987).

### **5.13 Testar os sistemas, subsistemas e componentes**

Os testes tiveram a finalidade de analisar o funcionamento do distribuidor de fertilizante e do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, responsável por evitar a formação de túneis, e a facilidade no abastecimento do reservatório.

Nas tabelas 10 e 11, estão representadas as análises dos tratamentos em relação à taxa de aplicação e uniformidade de distribuição dos fertilizantes nos dois testes. Na primeira coluna da tabela são especificados os tratamentos utilizados nos ensaios, na segunda e terceira coluna são apresentadas a menor e a maior taxa de aplicação de fertilizante das 4 repetições, respectivamente.

Na quarta coluna contém a amplitude da distribuição de fertilizante, permitindo a determinação da proximidade das taxas de distribuição dentro de um tratamento.

Na quinta coluna consta as médias de cada tratamento. E na sexta coluna é apresentado o desvio padrão amostral, que indica a dispersão dos dados dentro dos tratamentos, isto é, o quanto os resultados diferem da média das taxas de distribuição de fertilizante, quanto menor o desvio padrão, maior é a homogeneidade das repetições de cada tratamento. Na última coluna é apresentado o coeficiente de variação (CV), que segundo Baio et al. (2012) é um parâmetro para a avaliação da uniformidade da distribuição de fertilizantes.

Tabela 10 – Análise dos tratamentos em relação à taxa de aplicação e uniformidade de distribuição dos fertilizantes (primeiro teste).

Tratamentos	Mínimo (kg ha <sup>-1</sup> )	Máximo (kg ha <sup>-1</sup> )	Amplitude (kg ha <sup>-1</sup> )	Média (kg ha <sup>-1</sup> )	Desvio padrão (kg ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de variação (%)
T1	3.962,62	6.056,07	2.093,46	4.905,99	962,95	19,63
T2	8.582,30	11.394,39	2.812,09	10.271,03	1.274,21	12,41
T3	13.826,94	16.125,34	2.298,41	14.654,87	1.009,67	6,89
T4	1.000,55	1.664,21	663,66	1.319,30	279,12	21,16
T5	1.955,80	3.198,24	1.242,44	2.398,68	552,29	23,02
T6	9.607,04	12.469,27	2.862,23	10.833,97	1.229,58	11,35
T7	15.392,19	17.446,07	2.053,88	16.316,44	875,16	5,36
T8	2.935,24	5.068,28	2.133,04	3.600,44	986,78	27,41
T9	4.866,41	6.271,58	1.405,17	5.635,07	812,55	10,29
T10	6.000,66	8.893,24	2.892,58	8.115,12	1.411,90	17,40
T11	9.341,40	11.229,47	1.888,07	10.213,96	820,13	8,03
T12	3.431,78	6.707,86	3.276,09	5.085,87	1.376,20	27,06
T13	1.853,77	3.437,93	1.584,17	2.571,96	768,62	29,88
T14	4.991,31	6.876,75	1.885,43	5.956,35	886,40	14,88
T15	8.740,19	10.770,31	2.030,13	9.972,07	876,47	8,79
T16	723,47	6.398,24	5.674,77	3.233,86	2.414,08	74,65
T17	959,65	2.031,01	1.071,36	1.398,35	451,50	32,29
T18	5.866,08	8.095,88	2.229,80	6.826,50	960,56	14,07
T19	11.171,41	12.103,35	931,94	11.675,65	431,69	3,70
T20	1.675,65	4.653,99	2.978,34	3.348,43	1.372,23	40,98
T21	926,66	2.345,90	1.419,24	1.863,99	639,16	34,29
T22	5.968,55	7.116,88	1.148,32	6.471,25	479,19	7,40
T23	4.832,99	5.973,39	1.140,41	5.536,23	519,98	9,39
T24	1.484,77	3.396,59	1.911,82	2.153,16	884,95	41,10
T25	677,30	1.474,66	797,36	1.065,75	326,45	30,63
T26	2.421,55	4.427,05	2.005,50	3.042,88	931,23	30,60
T27	4.555,91	5.004,51	448,60	4.722,48	197,64	4,19
T28	946,45	1.918,86	972,40	1.217,70	468,36	38,46
T29	1.187,91	1.830,02	642,11	1.505,99	335,83	22,30
T30	3.519,30	4.119,19	599,89	3.824,52	260,91	6,82
T31	7.324,46	7.962,62	638,15	7.595,38	296,03	3,90
T32	1.272,35	2.166,03	893,68	1.761,63	427,81	24,29
T33	1.563,06	2.989,33	1.426,28	2.310,06	691,98	29,96
T34	4.136,34	5.890,27	1.753,93	5.189,22	782,11	15,07
T35	4.266,52	5.029,14	762,62	4.651,24	317,46	6,83
T36	2.547,77	4.287,63	1.739,86	3.182,41	767,10	24,10

Tabela 11 – Análise dos tratamentos em relação à taxa de aplicação e uniformidade de distribuição dos fertilizantes (segundo teste).

Tratamentos	Mínimo (kg ha <sup>-1</sup> )	Máximo (kg ha <sup>-1</sup> )	Amplitude (kg ha <sup>-1</sup> )	Média (kg ha <sup>-1</sup> )	Desvio padrão (kg ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de variação (%)
T37	366,57	736,07	369,50	592,74	168,57	28,44
T38	2.769,06	3.370,23	601,17	3.213,71	296,59	9,23
T39	10.476,54	13.660,56	3.184,02	12.081,56	1.469,58	12,16
T40	4.169,35	4.500,73	331,38	4.327,35	142,63	3,30
T41	5.867,30	8.831,38	2.964,08	6.883,43	1.364,67	19,83
T42	8.112,17	11.407,62	3.295,45	9.631,78	1.354,50	14,06
T43	2.735,34	4.854,84	2.119,50	3.628,85	934,35	25,75

A deposição uniforme de fertilizante foi o quinto requisito mais importante no quadro de especificações de projeto realizado por Custódio (2015) que tinha o valor meta de CV de até 10%. A cama de aviário obteve o menor valor do coeficiente de variação de 10,29% no tratamento 9, valor acima do valor meta, no entanto, para Barnes e Furtune (2004) uma uniformidade de fertilizante com esse valor causa pouca perda de rendimento e Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989) consideram um CV bom.

O menor CV obtido pelo fertilizante húmus de minhoca foi 12,16% no tratamento 39. Esse valor elevado deve-se ao formato irregular do húmus, geralmente em torrões e com vários diâmetros e formatos, o húmus de minhoca utilizado foi semelhante ao utilizado pelos produtores, ou seja, o fertilizante não foi peneirado. Para Valdez (1978 apud BAIO et al., 2012) e Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989) esse valor de CV é regular e não chega a afetar o rendimento da cultura, no entanto para Barnes e Furtune (2004) este valor não é satisfatório. Neste tratamento a taxa de aplicação do fertilizante ficou muito acima do recomendado, distribuindo acima de 12 toneladas por hectare.

A cama de peru peletizada obteve o menor coeficiente de variação no tratamento 40, atingido 3,30%, considerada uma uniformidade muito boa segundo Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989).

O fertilizante mineral NPK 11-52-00 obteve o menor CV, de 3,70% no tratamento 19, segundo Barnes e Furtune (2004), esse grau de uniformidade de distribuição é considerado bom, Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989) o consideram muito bom. No entanto, a taxa distribuição do fertilizante neste tratamento foi muito acima do recomendado, atingindo um valor acima de 11 toneladas por hectare.

Em relação à variação na taxa de distribuição de fertilizantes, que é o décimo primeiro requisito mais importante no quadro de especificações de projeto realizado por Custódio (2015), que era de 1.500 a 5.600 kg ha<sup>-1</sup>. O fertilizante de cama de aviário, obteve uma taxa de distribuição entre 1.065,75 e 5.635,07kg ha<sup>-1</sup>, nos tratamentos 25 e 9 respectivamente, atendendo o requisito da dosagem de fertilizante variável.

A menor média da taxa de distribuição obtida pelo húmus de minhoca com um CV aceitável foi 1.319,30kg ha<sup>-1</sup> no tratamento 4 e o maior valor para as necessidades dos agricultores foi 5.085,87kg ha<sup>-1</sup> no tratamento 12.

O fertilizante de cama de peru peletizada obteve a menor dosagem no tratamento 37, com valor de 592,74kg ha<sup>-1</sup>, o maior valor aceitável para as necessidades dos agricultores entrevistados por Custódio (2015) foi 5.956,35kg ha<sup>-1</sup> no tratamento 14.

Este fato se deve ao sistema de saída, tipo gaveta, que estava com a abertura máxima, podendo diminuir a quantidade de material apenas regulando a saída, no entanto esse valor alto da taxa de distribuição é recomendado para algumas culturas e em solos com baixo ou muito baixo teor de nutrientes, conforme a CQFS-RS/SC (2016).

O protótipo não obteve as taxas de distribuição recomendadas para o fertilizante mineral NPK 11-52-00 mesmo com o sistema de saída configurado para a mínima dosagem. Dessa forma inviabilizando a utilização desse tipo de fertilizante antes de uma nova configuração do distribuidor ou do sistema de transmissão.

Mediante dessas informações foi possível identificar as velocidades de operação e engrenagens mais adequadas para cada tipo de fertilizante, solo e espécie vegetal a serem utilizados nesse protótipo, conforme a Tabela 12.

Tabela 12 – Configurações indicadas para a distribuição de fertilizantes.

Fertilizante	Velocidade (m s <sup>-1</sup> )	Engrenagem*	Taxa de distribuição (kg ha <sup>-1</sup> )	Coefficiente de variação (%)
Cama de aviário	1,83	14	1.398,35	32,29
Cama de aviário	1,0	14	2.398,68	23,02
Cama de aviário	1,83	12	2.571,96	29,88
Cama de aviário	1,0	12	4.905,99	19,63
Cama de aviário	1,0	16	5.635,07	10,29
Húmus de minhoca	1,0	12	1.319,30	21,16
Húmus de minhoca	1,0	14	3.600,44	27,41
Húmus de minhoca	1,39	12	3.628,85	25,75
Húmus de minhoca	1,0	16	5.085,87	27,06
Húmus de minhoca	1,14	12	6.883,43	19,83
Cama de peru	1,86	12	592,74	28,44
Cama de peru	2,47	12	3.319,71	30,62
Cama de peru	1,86	12	4.327,35	3,30
Cama de peru	1,83	12	5.956,35	14,88
Cama de peru	1,83	16	6.471,25	7,40

\* Engrenagens diferenciam-se quanto ao número de dentes.

Na Tabela 12 são apresentadas as taxas de distribuição de fertilizantes que atendem as necessidades dos agricultores entrevistados por Custódio (2015), com coeficientes de variação abaixo de 33%, que é uma distribuição regular conforme Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989). Algumas taxas de distribuição estão muito acima das taxas de distribuição de fertilizantes apresentadas por Custódio (2015), que são de 1.500 a 5.600kg ha<sup>-1</sup>, no entanto alguns solos com baixo ou muito baixo teor de P e K necessitam de uma dosagem de fertilizante superior a 5.600kg ha<sup>-1</sup> (CQFS-RS/SC, 2016). A máquina não atingiu a variação da taxa de distribuição do fertilizante mineral.

Não houve acúmulo nos cantos do reservatório em nenhum dos tratamentos, no entanto, ocorreu a formação de túneis no interior do reservatório apenas com a cama de aviário com umidade acima de 75%, em razão dessa ocorrência, houve a substituição do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante por outro que apresenta hastes mais longas, permitindo a mobilização de um volume maior dentro do reservatório.

Após os ensaios, correções e substituições dos componentes que apresentaram falhas, o protótipo foi montado com todos os sistemas, subsistemas e

componentes conforme a Figura 61, a montagem de todos os SSCs estão especificadas nos Apêndices G ao K.



Figura 61 – Protótipo com todos os SSCs.

#### 5.14 Testar o protótipo completo

Os testes com o protótipo completo tiveram o intuito de analisar o comportamento dos sistemas, subsistemas e componentes vinculados. O primeiro teste foi em relação à altura e largura dos canteiros conformados, antes do experimento foram realizadas as análises de resistência mecânica do solo à penetração e de umidade gravimétrica do solo.

Os resultados dos nove pontos analisados da resistência mecânica do solo à penetração estão no Apêndice M. Na figura 65 é apresentada, a média dos três pontos de coleta no canteiro 1, que possui 0,67m de largura, 0,15m de altura e com umidade gravimétrica média do solo no momento dos testes de 2,08%, a média dos três pontos coletados no canteiro 2, que tem 0,73m de largura, 0,26m de altura e apresentando umidade gravimétrica do solo de 2,13% e a média dos três pontos coletados no canteiro 3, que possui 0,94m de largura, 0,34m de altura e com umidade gravimétrica do solo de 3,05%.

A análise da resistência mecânica do solo à penetração nos três canteiros obteve resultados semelhantes, sendo que a variação dos valores máximos encontrados foram de 3,56 a 3,74MPa.

O solo apresentou nos três canteiros valores próximos a 1,0MPa de resistência à penetração até 0,10m de profundidade, após esta profundidade há um aumento no valor da RP, isto pode ser resultante do pé de arado, pois segundo Machado et al. (2005), há uma tendência no surgimento desta camada de solo compactada após a passagem do arado por muitas vezes na mesma profundidade de trabalho, proporcionando dificuldades no desenvolvimento radicular da planta.

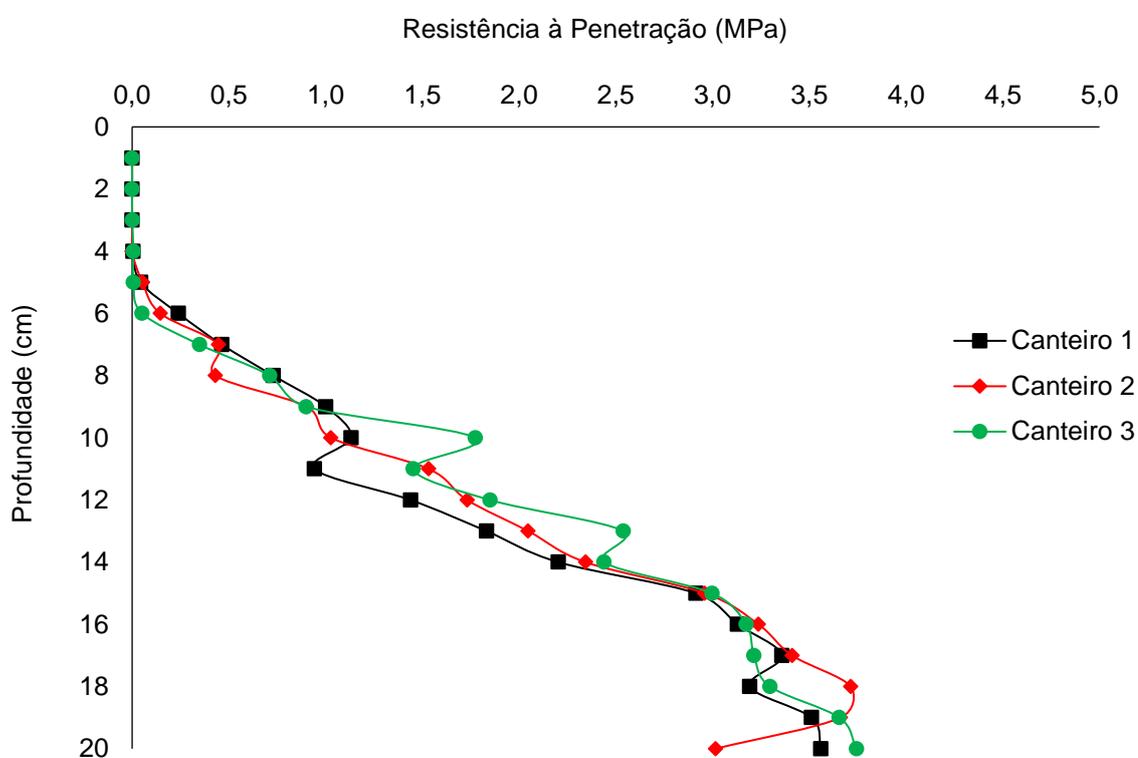


Figura 62 – Gráfico da análise da resistência mecânica do solo à penetração nos testes de conformação dos canteiros.

A resistência à penetração até a profundidade de 0,10m é classificada pelo Soil Science Division Staff (2017), como baixa, ou seja, é um solo que pode ser trabalhado com extrema facilidade. Na profundidade de 0,10 a 0,20m o solo apresentou valores de RP entre 2 e 4Mpa, que é classificado como alta, esta camada do solo apresenta dificuldades para ser mobilizada.

Além disso, Merotto Jr. e Mundstock (1999) analisando o comportamento das raízes de trigo em relação à resistência à penetração do solo, determinaram uma leve diminuição na massa seca, superfície e comprimento de raízes para solos com RP igual a 2MPa e acima de 3,5MPa houve severa limitação do crescimento radicular.

De acordo com Grant e Lafond (1993) valores de resistência à penetração entre 1,5 a 3,0MPa são limites críticos de impedimento ao desenvolvimento radicular das plantas. Mesmo com altos valores de resistência à penetração, o protótipo possibilitou a conformação dos canteiros até 0,34m de altura, sendo 0,30m a maior altura de trabalho encontrada por Custódio (2015), na Figura 63 observa-se os canteiros conformados e o protótipo.



Figura 63 – Conformação dos canteiros.

Na Tabela 13 são apresentadas a área mobilizada para a conformação dos canteiros, a profundidade máxima alcançada pelos discos e altura e largura dos canteiros. Observa-se que quanto maior a profundidade e largura de trabalho maior é a área mobilizada e a altura dos canteiros, Cepik (2009) avaliando o desempenho de uma haste sulcadora de uma semeadora adubadora também determinou um aumento no volume de solo mobilizado quando aumentou a profundidade de trabalho.

O primeiro canteiro apresentou uma profundidade de trabalho de 6,04cm e teve 8,79cm de altura do solo mobilizado acima da superfície da área, o segundo canteiro apresentou 17,66cm e o terceiro 22,68cm de altura do solo mobilizado acima da superfície da área.

Esses valores permitem determinar que as profundidades máximas de trabalho para a conformação dos canteiros utilizados pelos agricultores entrevistados por

Custódio (2015) não requerem discos com diâmetro de 0,71m (28”). Dessa forma possibilitando a substituição desses, por discos com diâmetro de 0,60m (24”), além disto, não foi necessário trabalhar com os disco na profundidade de trabalho máxima para alcançar essas medidas de trabalho.

Tabela 13 – Dimensões dos canteiros e as áreas mobilizadas na conformação dos canteiros.

Canteiros	Altura do canteiro (cm)	Profundidade dos discos (cm)	Largura do canteiro (cm)	Área mobilizada (cm <sup>2</sup> )
1° Canteiro	14,83	6,04	66,64	489,11
2° Canteiro	25,81	8,15	72,93	874,86
3° Canteiro	33,74	11,06	93,89	1876,23

Previamente a realização dos testes de esforços de tração exigidos pelo protótipo, foram realizadas às análises de resistência mecânica do solo à penetração e de umidade gravimétrica do solo.

Na Figura 64 é apresentada à análise da resistência do solo à penetração do primeiro canteiro, que tem 1,00m de largura, 0,30m de altura e com umidade gravimétrica média do solo no momento dos testes de 16,77%, do segundo canteiro, que apresenta 1,00m de largura, 0,25m de altura e umidade gravimétrica do solo de 15,82% e do terceiro canteiro, que possui 1,00m de largura, 0,20m de altura e umidade gravimétrica do solo de 19,63%.

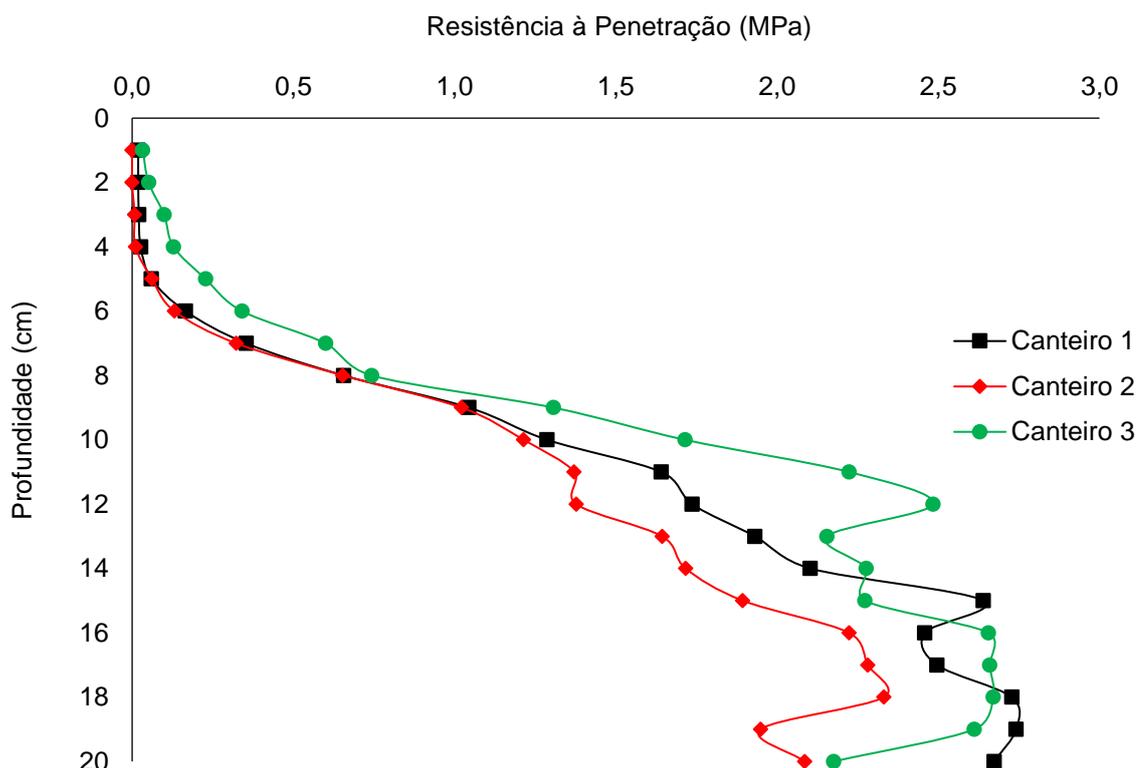


Figura 64 – Gráfico da análise da resistência mecânica do solo à penetração nos testes de esforços.

A resistência do solo à penetração até a profundidade de 0,10m apresentou valores de RP menores que 2MPa, sendo classificada como moderada segundo Soil Science Division Staff (2017), ou seja, é um solo que apresenta pouca resistência à mobilização. Na profundidade entre 0,10 e 0,20m o solo apresentou valores de RP maiores que 2MPa, considerada alta de acordo com Soil Science Division Staff (2017), isto é, esse solo apresenta dificuldades para a sua mobilização.

Os valores da resistência do solo à penetração observados na profundidade entre 0,10 e 0,20m são considerados como um limite crítico para o crescimento das raízes da maioria dos vegetais (SILVEIRA et al., 2010).

Na Tabela 14, estão os valores das forças horizontais atuantes no protótipo no momento da conformação dos canteiros, os gráficos com todos os valores coletados nos testes encontram-se no Apêndice N. De acordo com Teixeira (2014) os valores das forças horizontais são determinantes para verificação da adequação da máquina às fontes de potência disponíveis pelo agricultor. Assim, permitindo o agricultor definir o implemento que mais se adequa à sua fonte de potência.

Em relação aos esforços atuantes na máquina, o menor valor médio para a força horizontal foi de 1.436,10N na conformação do terceiro canteiro, que apresenta altura de 0,20m.

Tabela 14 – Valores das forças horizontais atuantes no protótipo.

Canteiros	Altura (m)	Largura (m)	Força máxima de tração (N)	Força mínima de tração (N)	Forção média de tração (N)
Canteiro 1	0,30	1,00	6.776,28	5.049,53	5.650,56
Canteiro 2	0,25	1,00	3.181,49	1.454,74	2.055,67
Canteiro 3	0,20	1,00	2.561,91	835,16	1.436,10

Observa-se na Tabela 14, que com o aumento da altura dos canteiros de 0,20 para 0,30m houve uma ampliação de 1.436,10 para 5.650,56N da força média de tração. Tais constatações também foram relatadas por Siqueira et al. (2002) ao avaliarem hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto, os autores verificaram que com o aumento da profundidade de 0,12 para 0,20m, ocorreu aumento na força de tração de 1.667,13 para 4.560,09N (aproximadamente 180%).

Segundo Mialhe (1996), um trator com 25kW de potência no motor apresenta potência desenvolvida na barra de tração, capaz de tracionar um implemento que exige as forças máximas de tração determinadas na conformação dos canteiros.

### **5.15 Analisar e aperfeiçoar o protótipo, verificar erros e fatores de perturbação**

Após os testes em campo, foi executada a verificação das falhas e o aperfeiçoamento do protótipo, os desenhos nos Apêndices G ao K contém as seguintes otimizações:

- A troca do tensor de corrente, pois o anterior não foi capaz de exercer pressão suficiente para manter a corrente esticada.
- Redução do comprimento da rosca do transportador helicoidal, em virtude da ocorrência da compactação de fertilizante na saída do distribuidor.
- A substituição do conjunto que regula a largura de trabalho, em razão do anterior não suportar o esforço conforme a Figura 65.



Figura 65 – Falha no componente de regulação da largura de trabalho.

### 5.16 Verificar atendimento às especificações

Após os testes com o protótipo com todos os sistemas, subsistemas e componentes analisou-se o atendimento às especificações de projeto, que são valores meta para os requisitos de projeto.

**Potência de acionamento** – A massa do protótipo atingiu 238kg, segundo as informações dos fabricantes contidas no Apêndice O, todos os tratores observados nesse quadro têm capacidade de operar o protótipo, pois o trator com menor capacidade de levantar é capaz de erguer 686kg.

**Largura de trabalho variável** – Após os testes com o protótipo completo identificou-se que este permite a conformação de canteiros com até 1,10m, atendendo as especificações de projeto.

**Custo de fabricação** – O custo com a fabricação do protótipo excedeu o valor meta estipulado por Custódio (2015) de R\$ 1.000,00, o custo total para a construção do protótipo foi de R\$ 2.793,44. Uma justificativa é que o projeto inicial era apenas para um tipo de fertilizante, também foram adicionadas funções auxiliares para a correção de possíveis falhas. Contudo, o valor do protótipo é bem inferior ao valor de máquinas semelhantes no mercado, porém com as mesmas funções não foi encontrado em patentes nem no mercado.

**Profundidade de trabalho variável** – A profundidade alcançada nos ensaios foi de 0,34m sem necessidade de trabalhar com os discos na profundidade de trabalho máxima, atendendo o valor meta que é de 0,30m.

**Deposição uniforme de fertilizante** – O valor meta para esse requisito era que o coeficiente de variação fosse menor ou igual a 10%, conforme a Tabela 10 apenas dois tratamentos alcançaram esse valor meta. Porém autores como Valdez

(1978), Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989) consideram um coeficiente de variação bom com valores de até 20%.

**Massa total** – A massa total do protótipo atingiu 238,35kg, esse valor está dentro do valor determinado nas especificações de projeto, que era menor ou igual 250kg.

**Aproximação do centro de gravidade** – O protótipo apresentou o centro de gravidade a 750mm do engate, constatando que foi ultrapassado o valor meta, que era menor ou igual a 610mm dos engates inferiores, entretanto por meio dos testes constatou-se que esse fato não prejudicará o transporte da máquina quando cheia.

**Nivelamento da superfície** – O valor meta para esse requisito era menor ou igual a 0,10m para a distância vertical, os canteiros com altura até 0,20m ficaram abaixo desse valor, no entanto os canteiros com 0,30m ou acima desse valor ultrapassaram essa distância vertical. Uma solução simples e barata para essa falha é inserção de uma corrente e/ou barreira de borracha na parte traseira do protótipo, servindo como nivelador de canteiro.

**Número de pessoas envolvidas na atividade** – Para realizar as operações de encanteirar e depositar o fertilizante, foi necessário apenas uma pessoa para operar o trator e reabastecer o reservatório, cumprindo o valor meta estipulado.

**Custo de manutenção** – Esse valor é de difícil mensuração, mas aparentemente os componentes que sofrerão maior desgaste são os discos de arado devido ao seu contato com o solo, e o transportador helicoidal, por estar em contato com o fertilizante.

**Dosagem de fertilizante variável** – O valor meta para esse requisito era de 1.500 a 5.600kg ha<sup>-1</sup>, a máquina cumpriu a meta estimada com o coeficiente de variação abaixo de 33% para os fertilizantes de cama de aviário, húmus de minhoca e cama de peru peletizada, com o fertilizante mineral não foi possível alcançar a variação de dosagem necessária.

**Tempo de regulagem** – Para as regulagens de altura e largura de trabalho, inclinação dos discos e dosagem de fertilizante utilizou-se menos de 15 minutos, tempo menor que o valor meta.

**Tempo de manutenção** – O protótipo proporciona facilidade na limpeza, os pontos de lubrificação são fáceis de encontrar, todos os eixos são fixados por pinos elásticos, permitindo a manutenção em menor tempo, satisfazendo o valor meta.

**Tempo de reabastecimento** – Cronometrou-se o reabastecimento do reservatório com os 4 tipos de fertilizante, obtendo-se valores entre 3 e 4 minutos, cumprindo a meta estabelecida.

**Intervalo entre manutenções** – O intervalo entre as manutenções foi estimado em mais de 200 horas, com exceção da limpeza, pois o fertilizante pode enrijecer no interior do reservatório e o mesmo pode ocorrer com o solo no sistema de conformação de canteiros.

**Vida útil** – De acordo com Stefanello (2015), são necessários análises prolongadas para determinar o número de horas para o desgaste dos principais componentes.

Por meio deste estudo foi possível realizar o pedido nacional de invenção para o encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência. O pedido de patente está localizado no apêndice P.

## **6 Conclusão**

Com a aplicação da metodologia empregada é possível construir e aprimorar um protótipo de um sistema mecanizado capaz de conformar canteiros, e depositar fertilizantes orgânicos no estado sólido.

Para o acionamento do protótipo é necessário um trator com potência inferior a 25kW.

O protótipo permite a conformação de canteiros com até 0,34m de altura e 1,10m de largura.

Os fertilizantes de cama de aviário, cama de peru e húmus de minhoca tiveram uma uniformidade na distribuição aceitável e, atingiram a variação de distribuição desejada.

O fertilizante mineral teve uma uniformidade de distribuição aceitável, no entanto, não atingiu a variação de distribuição necessária.

### **6.1 Recomendações para trabalhos futuros**

Executar ensaios com um transportador helicoidal com um passo e diâmetro menores, analisando a eficiência em relação à uniformidade de deposição.

Realizar testes com discos menores para conformar os canteiros, verificando-se as alturas de trabalho desejadas, dessa maneira diminuindo a massa e o custo do protótipo.

Executar ensaios com uma roda niveladora de altura, a fim de manter a altura dos canteiros uniforme.

Substituir a engrenagem movida fixa por outra móvel, a fim de adicionar mais regulagens para a dosagem do fertilizante mineral.

Analisar a eficiência do protótipo com a adição de um sistema para aplainar os canteiros.

Testar o protótipo com uma semeadora a lanço, a fim de analisar a sua eficiência para o sistema de cultivo mínimo.

Executar testes com agricultores para obter uma avaliação do usuário final.

## Referências

ALBIERO, Daniel; MACIEL, Antônio José da Silva; MILAN, Marcos; MION, Renildo Luís; VILIOTTI, Carlos Alberto. Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA) no desenvolvimento de semeadora multifuncional conservacionista para a agricultura familiar. **Inovação, Gestão e Produção**, v. 2, n. 11, p. 26–37, 2010.

ALLEN, George William. **Machine for making and distributing fertilizer**. US 1053467 A. Ser. N° 719.030, 06 set. 1912, 18 fev. 1913.

ANTONELI, Valdemir; THOMAZ, Edivaldo Lopes. Perda de Solo em Cultivo de Tabaco Sob Diferentes Formas de Cultivo na Região Sudeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, p. 455-469, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**. Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 730:2011**, Tratores agrícolas de rodas – Engate traseiro de três pontos – Categorias 1 N, 1, 2 N, 2, 3 N, 3, 4 N e 4. Rio de Janeiro, 2011.

ASABE – AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. ASAE S341.3. **Procedure for measuring distribution uniformity and calibrating granular broadcast spreaders**. St. Joseph: ASABE Standards, 2006. p. 215-217.

ASAE – American Society of Agricultural Engineers. Soil Cone Penetrometer. In: ASAE standards (ASAE S313.3 FEB04), 2004. p.858-860

ÁVILA, Valdir Silveira de; ABREU, Valéria Maria Nascimento; FIGUEIREDO, Élsio Antônio Pereira de; BRUM, Paulo Antônio Rabenschlag de; OLIVEIRA, Ubirajara de. **Valor agrônomo da cama de frangos após reutilização por vários lotes consecutivos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2007. 4p. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 466).

BACK, Nelson; OGLIARI, André; DIAS, Acires; SILVA, Jonny Carlos da. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, concepção e modelagem**. Barueri: Manole, 2008. 601p.

BAIO, F. H. R.; MOLIN, J. P.; LEAL, A. J. F. Avaliação comparativa da distribuição transversal de adubos sólidos aplicados em culturas anuais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 527-536, 2012.

BALASTREIRE, Luiz Antônio. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987.

BALDAN. **DCF-CO - Distribuidor de calcário, fertilizante e composto orgânico.** Disponível em: <http://www.baldan.com.br/conteudo/dcf-co-distribuidor-de-calcario-fertilizante-e-composto-organico.html>. Acesso em 31 ago. 2016.

BALDAN. **Fertiliza – Distribuidor de fertilizante agricultura de precisão Baldan.** Disponível em: <https://www.baldan.com.br/conteudo/fertiliza-distribuidor-de-fertilizante-agricultura-de-precisao-baldan.html>. Acesso em 01 abr. 2019.

Baker; Thomas M. **Tool for making raised beds.** US 5.622.228 A, 23 jun. 1995, 22 abr. 1997.

BARNES, Brendan.; FORTUNE, Tony. Blending e Spreading Fertilizer- Physical Properties. **Fertiliser Association of Ireland**, v. 41, 2004. Disponível em: [https://www.fertilizer-assoc.ie/wp-content/uploads/2014/10/Blending\\_Spreading-Physical\\_Characteristics\\_B\\_Barnes.pdf](https://www.fertilizer-assoc.ie/wp-content/uploads/2014/10/Blending_Spreading-Physical_Characteristics_B_Barnes.pdf). Acesso em 14 nov. 2017.

BERNARDI, Élisson Constante; ROSA, David Peres da; BITENCOURT, Dioni Gleil Bonini; REIS, Ângelo Vieira dos. Construção de um perfilômetro desmontável de baixo custo. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPEL, 12., 2003, Pelotas. **Anais eletrônicos** [...]. Pelotas: UFPEL, 2003. Disponível em: [http://www2.ufpel.edu.br/cic/2003/relatorios/conteudo\\_EN.html#00573](http://www2.ufpel.edu.br/cic/2003/relatorios/conteudo_EN.html#00573) /. Acesso em: 15 jul. 2019.

BICCA, Ana Maria Oliveira; MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo; PAULETTO, Eloy Antônio; MENEZES, Fernando Pereira de; VIDAL, Mariana Brasil. Densidade e distribuição do tamanho das partículas de diferentes substratos orgânicos produzidos em estação fria e quente. **Revista Científica Rural**, v. 14, n. 3, p. 367-377, 2012. Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcr/issue/view/issue/53/57>. Acesso em 19 jul. 2017.

BRASIL. **Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004.** Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei no 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, ou biofertilizantes, remineralizadores e substratos para plantas destinados à agricultura. Brasília: Presidência da República, 2004. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D4954.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D4954.htm). Acesso em: 05 nov. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 9.064, de 31 de maio de 2017.** Dispõe sobre a Unidade Familiar de Produção Agrária, institui o Cadastro Nacional da Agricultura Familiar e regulamenta a Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006, que estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e empreendimentos familiares rurais. Brasília: Presidência da República, 2017. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9064.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D9064.htm). Acesso em: 05 nov. 2019.

BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; CAMP, C. R.; SOJKA, R. E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. **Soil and Tillage Research**. v. 43, n. 3-4, p. 205-217, 1997.

BUDNY. **Distribuidor de calcário e adubo DCAB – 2500kg**. Disponível em: <http://www.budny.com.br/produtos/setor-agricola/distribuidor-de-calcario-e-adubo>. Acesso em 12 set. 2016b.

BUDNY. **Aleirador aiveca AAB 1500**. Disponível em: <http://www.budny.com.br/produtos/setor-agricola/aleirador-aiveca>. Acesso em 12 set. 2016a.

CANDELON, Philippe. **Las máquinas agrícolas**. Madrid. Mundi-Prensa, 1971. 679 p.

CASALE. **Espalhadoras de esterco LEC Hydro**. Disponível em: [http://casale.com.br/produtos/espalhadoras-de-esterco/lec-hydro.html#dados\\_tecnicos](http://casale.com.br/produtos/espalhadoras-de-esterco/lec-hydro.html#dados_tecnicos). Acesso em 31 ago. 2016.

CEPIK, Carla Tatiana Chaves; TREIN, Carlos Ricardo; LEVIEN, Renato. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 447-457, ago. 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162005000200018&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000200018&lng=en&nrm=iso). Acesso em 18 abr. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162005000200018>.

COURY, Tufi; MALAVOLTA, Eurípedes. Localização do adubo em relação à semente (I). **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 10, p. 63-82, 1953. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0071-12761953000100005&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-12761953000100005&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 22 out. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S0071-12761953000100005>.

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. [s.l.] Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400p.

CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2016. 376p.

CUSTÓDIO, Tiago Vega. **Encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência: Projeto informacional e conceitual**. 2015. 118f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

CUSTÓDIO, Tiago Vega; MACKMILL, Laurett de Brum; ABREU, Maico Danúbio Duarte; MACHADO, Antônio Lilles Tavares. Análise da capacidade de levante do

engate traseiro de três pontos dos tratores para a agricultura de base familiar. *In*: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPEL, 2016, Pelotas, **Anais eletrônicos**[...]. Pelotas: UFPEL, 2016. Disponível em: [http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2016/EN\\_00835.pdf](http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2016/EN_00835.pdf). Acesso em: 15 jul. 2019.

DALLMEYER, A. Máquinas para Adubar. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, p. 17-19, 01 jan. 2003. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigos/maquinas-para-adubar>. Acesso em 26 abr. 2017.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Sistema de produção para a cultura do fumo**. Maceió, AL, 1981. 27 p. (EMATER-AL. Sistemas de Produção. Boletim, 286).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura da cenoura hortaliças**. Brasília, DF, 1999. 77 p. (EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia. Coleção plantar, 43).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Como implantar e conduzir uma horta de pequeno porte**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 24 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Hortas: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF, 2009. 237 p. (Embrapa Informação Tecnológica. Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ. Centro Nacional de Pesquisa de Solos - CNPS, 1997. 212p

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da cenoura**. Brasília, DF, 2004. 61 p. (Embrapa Informação Tecnológica. Qualidade e Segurança dos Alimentos).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção de cenouras na região de Manaus, Amazonas**. Manaus, EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1989. 15 p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Circular técnica, 15).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Projeto horta solidária: cultivo de hortaliças**. Jaguariúna, SP, 2005. 17 p. (EMBRAPA Meio Ambiente. Encarte: Hortaliças: importância nutricional e cultivo).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar**. Brasília, DF, 2007. 16 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 47).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção para a cultura do fumo**. Arapiraca, AL, 1975. 24p. (EMBRAPA. Circular, 75).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de produção para tomate**. Miguel Pereira, RJ, 1978. 33 p. (Boletim, 143).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Técnicas de preparo do solo**: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1984. 26 p. (Embrapa-CNPAP. Circular Técnica, 17).

EMBRATER & EMBRAPA – Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema de produção para alface; distrito federal**. Brasília, DF, 1977. 16 p. (Sistemas de Produção. Boletim, 75).

EMBRATER – Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Sistema de produção para pimentão – Bahia**. Jaguaquara, BA, 1982. 40 p. (EMTER-BA. Série: Sistema de Produção. Boletim, 371).

EMBRATER – Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Sistemas de produção para a cultura da cenoura**. Lavras, MG, 1987. 26 p. (EMATER-MG. Sistemas de Produção. Boletim, 154).

ELSMAR. **Identifying critical requirements using FMEA**. San Jose, CA, 1999. Edith Maverick-Folger. Disponível em: [https://elsmar.com/pdf\\_files/FMEA%20and%20Reliability%20Analysis/1714386.pdf](https://elsmar.com/pdf_files/FMEA%20and%20Reliability%20Analysis/1714386.pdf). Acesso em 03 jul. 2017.

ESPÍRITO SANTO, A.C.; REIS, A.V. dos; MACHADO, A.L.T.; BATISTA, V.J.; OLDONI, A. Desenvolvimento de um dispositivo para medição de esforços em hastes de semeadoras de plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.2, p.288-298, abr. 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162010000200011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000200011&lng=en&nrm=iso). Acesso em 03 jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162010000200011>.

FAO – Food and Agriculture Organization. **The state of food and agriculture Social protection and agriculture: breaking the cycle of rural poverty**. Roma, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4910e.pdf>. Acesso em 26 abr. 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization. **Innovation in family farming**. 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4040e.pdf>. Acesso em 27 abr. 2016.

FREYER, Bruno; LAUXEN, Marcos Luis; LAUXEN, Marciano Nelson. **Disposição construtiva de rolo dentado para destorroar na saída da comporta de dosagem de distribuidor de fertilizante e corretivos**. BR 102015027431—9 A2, 29 out. 2015, 02mai. 2017.

FIGUEROA, Enrique Alberto; ESCOSTEGUY, Pedro Alexandre Varella; WIETHOLTER, Sirio. **Efeito do esterco de ave poedeira no rendimento de grãos de trigo**. I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Uso dos Resíduos da Produção Animal como Fertilizante. Florianópolis, 2009.

Disponível em: <http://www.sbera.org.br/sigera2009/downloads/obras/015.pdf>. Acesso em 22 mai. 2017.

FIGUEROA, Enrique Alberto; ESCOSTEGUY, Pedro Alexandre Varela; WIETHOLTER, Sirio. Dose de esterco de ave poedeira e suprimento de nitrogênio à cultura do trigo. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 714-720, July 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n7/03.pdf>. Acesso em 22 mai. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662012000700003>.

FOLMAQ. **Aleirador 1 linha**. Disponível em: <http://www.folmaq.com/produto/aleirador-1-linha>. Acesso em 17 jul. 2017a.

FOLMAQ. **Arado aiveca simples**. Disponível em: <http://www.folmaq.com/produto/arado-aiveca-simples-fad4d58d7b8e5442d2a135b6a1d3de3c>. Acesso em 17 jul. 2017b.

GRANT, C. A.; LAFOND, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 73, n. 2, p. 223-232, 1993.

GOOGLE. Google Earth. Versão 9.2.70.4. 2018. Capão do Leão-RS. Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 21 ago. 2018.

GOOGLE. Google Earth. Version 9.2.70.4. 2018. Nota (nome do local). Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 31 de set. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil\\_2006/Brasil\\_censoagro2006.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf). Acesso em: 14 jul. 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa exploratório de solos do estado do Rio Grande do Sul**. 2002. Disponível em: [ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/pedologia/mapas/unidades\\_da\\_federacao/rs\\_pedologia.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/unidades_da_federacao/rs_pedologia.pdf). Acesso em: 23 ago. 2018.

JAN. **Lancer 2.500 TRAV**. Disponível em: <http://www.jan.com.br/web/index.php?menu=implementos&id=6&pagina=3>. Acesso em 12 set. 2016.

JUANOS, Carlos Bernat. **Maquinaria para agricultura y jardinería**. Barcelona: Ed. Aedos, 1980.

JUMIL. **Distribuidora de fertilizantes Precisa 6M<sup>3</sup>**. Disponível em: <http://www.jumil.com.br/Produto/precisa-6m->. Acesso em 15 jul. 2019.

KANAFOJSKI, Ozeslaw; TADAUSZ, Karwowski. **Agricultural machines, theory and construction**. United States, Department of Agriculture, Vol. 2. 1972. 1063.

KEPNER, Robert Allen; BAINER, Roy; BARGER, Edgar Lee. **Principles of farm machinery**. 3. ed. Westport, Conn.: Avi Publishing Company, 1982. 527 p.

KÖHLER IMPLEMENTOS. **Arado aleirador KLR AL1L**. Disponível em: <http://www.klr.ind.br/pt/pagina.php?cont=produtos>. Acesso em 19 abr. 2017.

LAVRALE. **Implementos – Enxadas Rotativas**. Disponível em: [http://www.lavrale.com.br/produtos/16/IMPLEMENTOS-AGRICOLAS/ENXADA-ROTATIVA/enxada-rotativa-super-forte-encanteiradora-\(rsfe/a/b/c/ca\)](http://www.lavrale.com.br/produtos/16/IMPLEMENTOS-AGRICOLAS/ENXADA-ROTATIVA/enxada-rotativa-super-forte-encanteiradora-(rsfe/a/b/c/ca)). Acesso em 18 mar. 2019.

LEME, Hugo de Almeida. Contribuição para o estudo da influência da profundidade de trabalho do arado na produção agrícola. **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 12-13, p. 95-111, 1956. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0071-12761956000100010&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0071-12761956000100010&lng=en&nrm=iso). Acesso em 16 fev. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0071-12761956000100010>.

MIALHE, Luiz Geraldo. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fealq, 1996.

MACHADO, Antônio. Lilles. Tavares.; REIS, Ângelo. Vieira.; MORAES, Manoel. Brenner.; ALONÇO, Airton. Santos. **Máquinas para preparo do solo, semeadura, adubação e tratamentos culturais**. 2. ed. rev. e ampl. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2005. 253 p.

MATSUHASHI, Norio; SOMA, Toshimitsu. **Fertilizer distributor**. P2006-6113A, 12 jan. 2006.

MELO, Rafaela Paula. **Desenvolvimento e avaliação do protótipo de uma semeadora puncionadora para agricultura familiar**. 2017. 108f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE.

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Programa mais alimentos – produção primária**. Brasília, 2016. Secretaria da Agricultura Familiar. Online. Disponível em: <http://portal.mda.gov.br/portal/saf/maisalimentos/search>. Acessado em 04 jul. 2016.

MEC-RUL. **Enxada rotativa com canteirador e adubador (opcional sem canteirador)**. Disponível em: <http://www.mec-rul.com.br/produtos/enxada-rotativa/enxada-rotativa-com-canteirador-e-adubador-opciona-52>. Acesso em 23 ago. 2016.

MEROTTO JR, A.; MUNDSTOCK, C. M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 197-202, 1999.

MORAIS, César Silva de; CUSTÓDIO, Tiago Vega; OLDONI, André; MACHADO, Roberto Lilles Tavares; MACHADO, Antônio Lilles Tavares. Encanteirador depositador de fertilizantes: necessidades de Clientes internos e externos para a escolha dos

requisitos de projeto. *In*: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPEL, 24., 2015, Pelotas, **Anais eletrônicos** [...]. Pelotas: UFPEL, 2015. Disponível em: [http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2015/EN\\_03281.pdf](http://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2015/EN_03281.pdf). Acesso em: 17 jun. 2016.

MORSELLI, Tânia Beatriz Gamboa Araújo. **Resíduos orgânicos em sistemas agrícolas**. Apostila. FAEM, UFPel, Pelotas, 2005.

MOSTRONG, Casey M. **Plant bed shaper**. US 79404059 A, 18 fev, 1959, 21 mar. 1961.

NIEMCZEWSKI, B. K.; REIS, A. V. Dos; MACHADO, R. L. T.; MACHADO, A. L. T. Validação de um modelo de cálculo por elementos finitos do chassi de uma semeadora de quatro linhas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 161-170, fev. 2014. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-69162014000100017&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162014000100017&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 27 abr. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000100017>.

NOGUEIRA, César Augusto Azevedo; REIS, Ângelo Viera Dos; VASCONCELOS, Marcia Beatriz Sila. Dosador de fertilizante com dupla saída desenvolvido para agricultura familiar – avaliação da vazão mássica. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, p. 505-512, 2016.

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

OLDONI, André. **Colhedora-Beneficiadora de cebolas: projeto preliminar**. 2016. 189f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

ORTIZ-CAÑAVATE, Jaime; ALTISENT, Margarita Ruiz; MARTOS, José Luis Hernanz; PEREZ, F. Juan Juste. **Las máquinas agrícolas y su aplicación**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa 1984. 492 p.

ORTIZ-CAÑAVATE, Jaime.; HERNANZ, José Luis. **Técnica de la mecanización agraria**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 643 p.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEN, Jörg; GROTE, Karl-Heinrich. **Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 411 p.

PROFETA, Tiago de Souza; SILVA, Marcos Roberto da; SANTANA, Fábio Henrique. Qualidade operacional do preparo do solo. **Cultivar Máquinas**. Pelotas. v. 138, p. 17-19, 2014.

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

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

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos De; SILVA, Sergio Luis Da; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo, SP. Saraiva, 2006. 542 p.

SAVYOR. **Enleirador modelo SV2000**. Disponível em: <http://savyorimplement.wixsite.com/savyor>. Acesso em 23 ago. 2016.

SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. D.; BRONDANI, L. B.; DURIGON, R.; RUSSINI, A. Distribuição em teste. **Cultivar Máquinas**. Pelotas. v. 67, p. 18-21, 2007.

SILVA, Douglas Ramos Guelfi; LOPES, Alfredo Scheid. **Princípios básicos para formulação e mistura de fertilizantes**. Lavras: Editora UFLA, Boletim Técnico nº 89, 2012. 46 p.

SILVA, S. V.; MONTEIRO, E. C. B. Aplicação das Ferramentas da Qualidade FMEA e FTA para Detecção e Controle de Patologias em Estruturas de Concreto Armado do Aeroporto Internacional do Recife. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 1, p. 3-12, 2016.

SILVEIRA, Dreid de Cerqueira; MELO FILHO, José Fernandes de; SACRAMENTO, José Augusto Amorim Silva do; SILVEIRA, Edvana Cássia Pinto. Relação umidade versus resistência à penetração para um argissolo amarelo distrocoeso no recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online], Viçosa. vol.34, n.3, 2010. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832010000300007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832010000300007&lng=en&nrm=iso). Acesso em 08 fev. 2019.

Siqueira, R.; Casão Júnior, R.; Araújo, A. G. de. Ângulo ideal. **Cultivar Máquinas**. Pelotas, p. 30-32, ano III, n.13, 2002. Disponível em: [https://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/maquinas13\\_angulo.pdf](https://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/maquinas13_angulo.pdf). Acesso em 07 mai. 2019.

SOIL SCIENCE DIVISION STAFF. **Soil survey manual**. United States Department of Agriculture, 2017. 639 p. (Handbook, 18).

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. 12. ed. Department of Agriculture: Natural Resources Conservation Service, 2014.

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

STARA. **Bruttus 6000**. Disponível em: <http://www.stara.com.br/produto/bruttus-6000/>. Acesso em 18 jul. 2017b.

STARA. **Hércules 10000 inox**. Disponível em: <http://www.stara.com.br/produto/hercules-7000-10000-inox/>. Acesso em 18 jul. 2017a.

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

STEFANELLO, G.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V. Dos; MACHADO, R. L.T.; MORAIS, C. S. Estrutura funcional de uma semeadora de tração humana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 9, p. 1583-1588, set. 2014. Disponível em [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782014000901583&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782014000901583&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 28 abr. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130020>.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V. L. **Recomendação para o uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. 9 p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n. 1)

STONE, Archie A.; GULVIN, Harold E. **Maquinaria agrícola**. 2.ed. México. Companhia Editorial Continental, S. A., 1976.

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

TEIXEIRA, S. S.; MACHADO, A. L. T; REIS, A. V. Dos; OLDONI, A. Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.162-171, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v29n1/a16v29n1.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2015. doi: 10.1590/S0100-69162009000100016.

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

TENG, Sheng-Hsien Gary; HO, Shin-Yann Michael; SHUMAR, D.; LIU, P. C. Implementing FMEA in a collaborative supply chain environment. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.23, n. 2, p. 179-196, 2006.

TENG, Sheng-Hsien Gary; HO, Shin-Yann Michael. Failure mode and effects analysis: An integrated approach for product design and process control. **International Journal of Quality & Reliability Management**, Vol. 13 n. 5, p. 8-26 1996.

TOLEDO, José Carlos de; AMARAL, Daniel Capaldo. **FMEA – Análise do tipo e efeito de falha**. Apostila. São Carlos: GEPEQ/UFSCar, 2008.

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. **Product design and development**. 4.ed. New York: McGraw-Hill. 2007. 368 p.

USDA – United States Department of Agriculture. **Factors affecting the mechanical application of fertilizers to the soil**. Washington, DC, 1930. 114 p. (Technical bulletin no. 182).

VALDEZ, E. Determinacion y estudio de los perfiles de distribucion de superfosfato, hiperfosfato y ureagranulados, aplicados com la fertilizadora centrifuga. 2A-E-400. **Agrinter**, Montevideo, v. 14, n. 4, p. 1-42, 1978.

VASCONCELOS, Márcia Beatriz Silva. **Desenvolvimento de um dosador de fertilizantes com dupla saída**. 2011. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

VIANNA, L. R.; REIS, Â.V. dos; MACHADO, A. L. T. Desenvolvimento de dosador de sementes com dupla saída para disco horizontal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p. 1086-1091, 2014.

WIESNER, Anerc. **Bocal regulador por nivelamento interno aplicado em dosador de fertilizante adubo e corretivos**. BR 102014027789-7 A2, 07 nov. 2014, 07 jun. 2016.

## **Apêndices**

Apêndice A – Quadro dos registros de patentes encontrados (continua).

Ano	Autor(es)	Título	Nº da patente
1912	George William Allen	Machine for making and distributing fertilizer	US 1053467 A
1935	Carrier W. Worthy e Leonard C. Edwin	Combination seeder and fertilizer	US 2.090.525
1961	Casey M. Mostrom	Plant bed shaper	US79404059A
1964	Billy M. Noble	Plant bed shaper	US 3153456 A
1966	Bernell H. Johnson; Roy W. Johnson	Seed bed shaping and tilling device	US 3235012 A
1993	Nelson Stieven	Distribuidor de adubo orgânico sólido com tração animal	MU 7301810-4 U
1993	Silvio Casale; Osmar Casale	Esparramador de fertilizante composto	MU 7200458 U
1997	Thomas M. Baker	Tool for making raised beds	US 5.622.228 A
1998	André Stoianovi Filho	Implemento adubador duas linhas	MU 7800003-3 U
2002	Roberto Otaviano Rossato; Carlos Albero Rodrigues	Disposição geométrica em bocal de saída para dosagem de fertilizantes	MU 8200950-3 U
2003	João Carlos Marchesan	Disposição introduzida em depósito de fertilizante de semeadoras adubadoras	MU 8300760-1 U
2003	Luiz Borges e Alberto Borges	Aperfeiçoamento em cultivador, subsolador, adubador para soqueira de cana-de-açúcar	MU 8302950-8 U
2003	Ronildo Donizete Feroldi	Aperfeiçoamento em dispositivo cultivador para tratores de pequeno porte	PI 0307128-6 A
2004	Renato Corsini e Luiz Fernando da Silva	Adubador Longitudinal	MU 8401705-8 U
2005	Luisi João Pereto Colet	Dosador de adubo	MU 8501481-8 U
2006	Alcivone Colet	Dosador de adubo	MU 8601195-2 U
2006	Norio Matsushashi e Toshimitsu Soma	Fertilizer distributor	JP2004183366A
2007	Kim Wan Soo	Two lines manure distributor which is possible for the multiple works in which the portability of the agricultural machine is remarkably improved	KR20080098866
2007	Pedro Martini	Dosador de adubo para cana e outros implementos agrícola	MU 8702193-5 U2
2007	Robert Gabriel	Planting apparatus and method	US 7.197.992 B2
2008	Decheng Pan, Zhanpeng Wu, Hongbo Yu, Guolin Yan, Hong Fu, Hongyue Chen, Huixin Wang, Puxiang Shi, Baozhi Zhai e Yusheng Wang	Drought-resisting sowing machine for peanut	CN201222859U
2008	Hou Yukun	Double-plow cultivator-fertilizer	CN201234457U
2008	Kang Hyung Mo, kwon Byong Cheol e Ko Jun Bin	Organic fertilizer spreader	KR20090099738

## Apêndice A – Quadro dos registros de patentes encontrados (continuação).

2008	Luiz Carlos Budny	Arado duplo com subsolador e adubador	PI0803206-8 A2
2008	Xuejun Yang, Lijing Liu, Zhangrong Li e Diansheng Liu	Fertilizer feeder	CN201256541U
2009	Guerrieri Gonzaga Edoardo	Agricultural machine	IT2009MN0015
2009	Lianfei Liu	Multifunctional mountainous region precise seeder	CN201388374U
2009	Lianfei Liu	Precision seeder for four-row mountainous land	CN201355914U
2009	Rick L. Gaughan; Dwight Stephen Tabb	Manure-grinding fertilizer spreader	US 7.530.509 B2
2009	Robert Gabriel	Planting apparatus and method	US 7.472.659 B2
2009	Wesley André Bortolozo	Carreta sulcadora, pesadora e distribuidora de fertilizante orgânico ou organo-mineral ou químico ou de tortas para plantio de cana de açúcar, mudas de eucalipto e reflorestamento em geral	MU 87702552-3 U2
2010	Shien Liu	Ridging and fertilizing machine	CN201805684U
2010	Xinyun Song e Zhiming Ding	Integrated agricultural machine for rotary tillage, ditching and fertilizing	CN201690746U
2011	----	Combined instrument for the deep working of the soil	RU-109633
2011	Alexandre Antônio Felizari	Dosador de adubo de precisão	MU 9101034-9 U2
2011	Antônio Pettrossi	A dual-purpose agricultural machine	IT2011AN0006U
2011	Bingbao Yao	Precision seeder for mountainous region	CN201947635U
2011	Eliezer Martins Da Silva	Implemento adubador sulcador para cana de açúcar	PI 1105051-9 A2
2011	Feng Jiao, Jinhua Wu e Ruichang Zhai	Ridging, fertilizing and seeding machine for potatoes	CN202222130U
2011	João Assunção de Lemos	Disposição construtiva aplicada em dosador de adubo	MU 9000051-0
2012	Haifu Guo e Hongjun Du	Stubble stalk returning multi-process combined tilling and sowing machine	CN202406481U
2012	Liu Baoyu	Post-positioned drag type fertilizer distributor	CN202941135U
2012	Wang Qingxuan	Multifunctional miniature agricultural machine	CN202857252U
2012	Yali Zhou, Xiangxin Liu, Lei He, Yan Zhao, Xianghui Yan, Shengjun Li e Zhaoming Zhang	Active anti-blockage type zero-tillage precision seed planter	CN102550149
2012	Yulong Zhu, Qiushi Li e Yiyu Zhu	Ditching fertilizer applicator capable of adjusting depth	CN102523806
2012	Yuxiang Cheng	Adjustable plowing and fertilizing machine	CN202406482U

## Apêndice A – Quadro dos registros de patentes encontrados (conclusão).

2013	Roberto Otaviano Rossato. Rodrigo Dias	Disposição construtiva introduzida em reservatório de adubo e fertilizante aplicado em máquinas e implementos agrícolas em geral	BR 20 2012 000989-2 U2
2015	Marcio Luiz Neuvald Silva	Disposição construtiva em distribuidor de sementes ou de fertilizante	BR 20 2012 024984-2 U2
2016	Alexandre Antônio Felizari	Mecanismo deslizante para encaixe e desencaixe de módulo dosador de adubo fertilizante	BR 102014015937-1 A2
2016	João Assunção de Lemos	Disposição construtiva aplicada em dosador de adubo e fertilizante	BR 202014001345-3 U2
2017	Bruno Freyer; Marcos Luis Lauxen; Marciano Nelson Lauxen	Disposição construtiva de rolo dentado para destorroar na saída da comporta de dosagem de distribuidor de fertilizante e corretivos	BR 102015027431-9 A2

Apêndice B – Tabela com a velocidade do vento, temperatura e umidade relativa no momento dos testes para cada tratamento (primeiro teste).

Tratamentos	Fertilizante	Velocidade do vento (m s <sup>-1</sup> )	Temperatura (°C)	Umidade relativa do ar (%)
T1	Cama de aviário	1,4	21,4	53,4
T2	Cama de peru	1,3	21,5	53,6
T3	NPK 11-52-00	4,1	21,3	51,5
T4	Húmus de minhoca	1,7	21,2	50,2
T5	Cama de aviário	2,0	24,8	42,6
T6	Cama de peru	2,8	26,4	35,5
T7	NPK 11-52-00	1,2	24,3	43,7
T8	Húmus de minhoca	1,9	25,8	39,8
T9	Cama de aviário	1,9	26,5	40,3
T10	Cama de peru	3,1	22,3	50,2
T11	NPK 11-52-00	1,4	21,9	56,2
T12	Húmus de minhoca	1,7	22,4	51,7
T13	Cama de aviário	1,2	22,3	49,5
T14	Cama de peru	2,0	23	51,7
T15	NPK 11-52-00	1,3	24	51,3
T16	Húmus de minhoca	1,8	23,3	51,3
T17	Cama de aviário	4,2	23,5	48
T18	Cama de peru	1,7	23,6	49,3
T19	NPK 11-52-00	3,3	22,3	57
T20	Húmus de minhoca	2,5	22,5	54,1
T21	Cama de aviário	2,8	22,1	56,2
T22	Cama de peru	1,1	23	55,6
T23	NPK 11-52-00	1,8	23,8	52,7
T24	Húmus de minhoca	2,8	22,4	54,6
T25	Cama de aviário	1,4	22,8	57,6
T26	Cama de peru	1,3	22,8	54,3
T27	NPK 11-52-00	2,4	22,7	55,4
T28	Húmus de minhoca	0,81	21,2	53,7
T29	Cama de aviário	1,55	20,3	53,4
T30	Cama de peru	2,08	19,4	52,2
T31	NPK 11-52-00	1,92	20,1	52,1
T32	Húmus de minhoca	3,72	19,9	52
T33	Cama de aviário	2,06	19,4	51,6
T34	Cama de peru	0,78	20	51
T35	NPK 11-52-00	0,64	20,1	51,8
T36	Húmus de minhoca	1,78	20,5	50,5

Apêndice C – Tabela com a velocidade do vento, temperatura e umidade relativa no momento dos testes para cada tratamento (segundo teste).

Tratamentos	Fertilizante	Velocidade do vento ( $\text{m s}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Umidade relativa do ar (%)
T37	Cama de peru	1,56	25,1	68,4
T38	NPK 11-52-00	4,56	25,5	57,8
T39	Húmus de minhoca	4,03	25,2	54,5
T40	Cama de peru	1,92	25,2	59,5
T41	Húmus de minhoca	1,89	25,8	61,7
T42	Húmus de minhoca	0,51	26,2	65,5
T43	Húmus de minhoca	1,61	25,8	59,3

Apêndice D – Quadro das especificações de projeto obtidas na fase de projeto informacional.

<b>Nº</b>	<b>Requisito</b>	<b>Valor meta</b>	<b>Forma de avaliação</b>	<b>Aspectos indesejados</b>
1º	Potência de acionamento	≤ 25kW	Determinação em laboratório e teste de campo	Diminuição das dimensões das peças, transferência do centro de gravidade, aumento do custo de fabricação
2º	Largura de trabalho variável	Até 1,00m	Ensaio de campo	Aumento da potência requerida para tracionar
3º	Custo de fabricação	≤ R\$ 1.000,00	Soma dos valores gastos com processos, projeto, mão de obra e insumos	Comprometer o desempenho, redução de funções, redução de sistemas e elementos e diminuição da qualidade dos materiais
4º	Profundidade de trabalho variável	De 0,1 a 0,3m	Ensaio de campo	Aumento da potência requerida para tracionar
5º	Deposição uniforme de fertilizante	≤ 10%	Ensaio em laboratório	Aperfeiçoamento no sistema de condução de fertilizante
6º	Massa total	250kg	Determinação em laboratório	Substituição de materiais pesados, aumento do custo de fabricação
7º	Distância longitudinal do engate ao Centro de gravidade	≤ 610mm dos engates inferiores	Em laboratório	Maior tempo de projeto
8º	Nivelamento da superfície	≤ 0,10m	Ensaio de campo	Aumento de componentes e do custo de fabricação
9º	Número de pessoas envolvidas na atividade	1 pessoa	Ensaio de campo	Ineficiência na aplicação do fertilizante
10º	Custo de manutenção	≤ R\$ 80,00 ano <sup>-1</sup>	Em laboratório	Usar ferramentas e materiais de baixa qualidade na manutenção, danificação da máquina
11º	Dosagem de fertilizante variável	De 1.500 a 5.600kg ha <sup>-1</sup>	Ensaio em laboratório	Aumento de regulagens e número de componentes, acarretando um acréscimo do custo de fabricação
12º	Tempo de regulagem	≤ 30 minutos	Cronometragem em laboratório	Aumento do número e/ou intervalo de regulagens
13º	Tempo de manutenção	≤ 2h	Cronometragem em laboratório	Aumento do número de manutenções ou redução do intervalo entre manutenções, comprometimento da qualidade do serviço
14º	Tempo de reabastecimento	5 minutos	Teste de campo	Abastecimento parcial
15º	Intervalo entre manutenções	200h	Serão adotadas técnicas e práticas ao longo do projeto para o alcance da meta	Surgimento de manutenção corretiva, diminuição do rendimento operacional, aumento do custo de fabricação
16º	Vida útil	≥ 10 anos	Adoção de técnicas e práticas para alcance da meta	Usos de materiais com processo de fabricação convencionais

Apêndice E – Tabela com o ângulo de repouso e as umidades dos fertilizantes a 60 – 65°C, 100 – 110°C e total.

Fertilizante	Densidade específica (kg m <sup>-3</sup> )	Umidade a 60 – 65°C (%)	Massa da amostra seca a 100 – 110°C	Umidade a 100 – 110°C (%)	Umidade Total (%)	Ângulo de repouso (°)	Média da umidade total (%)	Média do ângulo de repouso (°)
Cama de aviário		56,85	2,89	14,45	71,3	39		
Cama de aviário		56,85	2,92	14,60	71,45	44		
Cama de aviário	850	58,40	2,92	14,60	73,00	39	72,20	40,2
Cama de aviário		59,50	2,90	14,50	74,00	39		
Cama de aviário		56,80	2,89	14,45	71,25	40		
Cama de peru		14,55	2,91	14,55	29,1	42		
Cama de peru		15,75	2,93	14,65	30,4	35		
Cama de peru	585	15,25	2,92	14,60	29,85	38	30,29	39,0
Cama de peru		15,60	2,88	14,40	30,00	39		
Cama de peru		17,40	2,94	14,70	32,10	41		
Húmus de minhoca		63,10	2,94	14,70	77,80	38		
Húmus de minhoca		64,15	2,85	14,25	78,40	45		
Húmus de minhoca	530	62,85	2,98	14,90	77,75	44	78,27	42,8
Húmus de minhoca		64,50	2,90	14,50	79,00	44		
Húmus de minhoca		63,70	2,94	14,70	78,40	43		
NPK 11-52-00		2,95	3,00	15,00	17,95	37		
NPK 11-52-00		3,35	3,00	15,00	18,35	38		
NPK 11-52-00	1060	2,95	3,00	15,00	17,95	38	18,18	36,8
NPK 11-52-00		3,00	3,00	15,00	18,00	36		
NPK 11-52-00		3,65	3,00	15,00	18,65	35		

Apêndice F – Tabelas de aplicações necessárias de fertilizantes orgânicos no plantio, para diferentes culturas e com médio teor de nutrientes no solo (continua).

Aplicação necessária no plantio, de cama de aviário com 5 a 6 lotes em solo com médio teor de P e K.

Cultura	N (kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
Alface	1.523,81	877,19	1.777,78
Batata	3.809,52	3.508,77	4.444,44
Beterraba	1.752,38	2.192,98	2.044,44
Cenoura	1.752,38	2.192,98	2.044,44
Morango	3.047,62	3.947,37	2.666,67
Repolho	2.666,67	2.412,28	2.666,67
Tabaco	3.809,52	1.754,39	1.333,33
Tomate	2.514,29	7.280,70	3.555,56

Aplicação necessária no plantio, de cama de peru peletizada em solo com médio teor de P e K.

Cultura	N (kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
Alface	1.066,67	833,33	1.333,33
Batata	2.666,67	3.333,33	3.333,33
Beterraba	1.226,67	2.083,33	1.533,33
Cenoura	1.226,67	2.083,33	1.533,33
Morango	2.133,33	3.750,00	2.000,00
Repolho	1.866,67	2.291,67	2.000,00
Tabaco	2.666,67	1.666,67	1.000,00
Tomate	1.760,00	6.916,67	2.666,66

Aplicação necessária no plantio, de húmus de minhoca em solo com médio teor de P e K.

Cultura	N (kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
Alface	3.555,56	2.564,10	3.555,56
Batata	8.888,89	10.256,41	8.888,89
Beterraba	4.088,89	6.410,26	4.088,89
Cenoura	4.088,89	6.410,26	4.088,89
Morango	7.111,11	11.538,46	5.333,33
Repolho	6.222,22	7.051,28	5.333,33
Tabaco	8.888,89	5.128,21	2.666,67
Tomate	5.866,67	21.282,05	7.111,11

Apêndice F – Tabelas de aplicações necessárias de fertilizantes orgânicos no plantio, para diferentes culturas e com médio teor de nutrientes no solo (conclusão).

Aplicação necessária no plantio, de esterco bovino solo com médio teor de P e K.

Cultura	N (kg ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg ha <sup>-1</sup> )
Alface	5.925,93	2.380,95	3.555,56
Batata	14.814,81	9.523,81	8.888,89
Beterraba	6.814,81	5.952,38	4.088,89
Cenoura	6.814,81	5.952,38	4.088,89
Morango	11.851,85	10.714,29	5.333,33
Repolho	10.370,37	6.547,62	5.333,33
Tabaco	14.814,81	4.761,90	2.666,67
Tomate	9.777,78	19.761,90	7.111,11

Apêndice G – Quadro da análise de Efeitos e Modos de Falha (FMEA) do protótipo do encanteirador e distribuidor de fertilizante (continua).

Subprocesso	Funções	SSCs principais atuantes	Requisitos exigidos	Modo potencial de falha	Efeito da falha potencial	Severidade	Classe	Causa potencial	Ocorrência	Deteção	R.P.N.	Ações recomendadas	Observações
Sistema distribuidor de fertilizante	Dosagem de fertilizante variável	Transportador helicoidal, relação de transmissão, reservatório	Ter variação na dosagem dos fertilizantes	Não ter variação na dosagem	Deficiência nutritiva ou toxicidade para as culturas	7		Erro de regulagem ou no projeto da relação de transmissão	9	8	504	Reprojetar o mecanismo, regular	MP
	Deposição uniformemente de fertilizante	Transportador helicoidal, agitador, relação de transmissão, reservatório	Manter a uniformidade	Formação de agregados, desuniformidade	Ausência ou excesso de fertilizante	7		Umidade do fertilizante, transportador helicoidal projetado errado	7	8	392	Reprojetar o transportador, armazenar o fertilizante em local adequado	BP
Sistema conformador de canteiros	Largura de trabalho variável	Discos, chassi, fixador da haste de disco	Variar a largura de trabalho até 1,00m	Não variar a largura de trabalho até 1,00m	Canteiros com largura menor que o necessário	6		Largura do chassi insuficiente	5	1	30	Aumentar a largura do chassi	PP
	Profundidade de trabalho variável	Discos, chassi, hastes, regulador de profundidade	Conformar canteiros até 0,30m de altura	Não variar ou não atingir a profundidade necessária	A raiz poderá não se desenvolver corretamente	6		Discos ou hastes menores que o necessário	7	2	84	Trocar discos, aumentar o comprimento das hastes	PP
	Nivelamento da superfície	Corrente	Compactação adequada	Compactação ineficiente ou excessiva	Canteiros com superfície pequena	5		Massa, formato inadequado	5	6	150	Reprojetar de acordo a pressão e forma desejada	PP

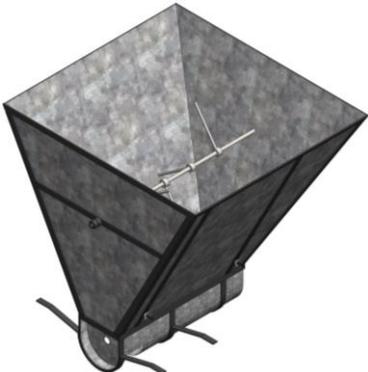
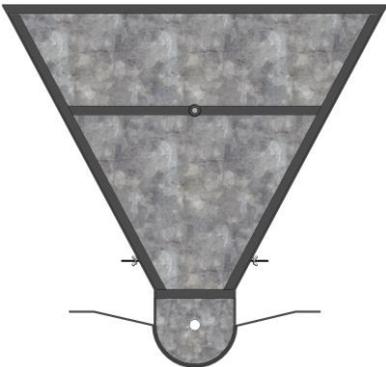
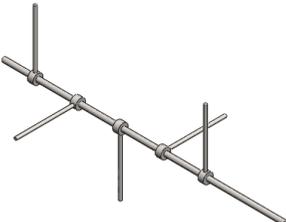
Apêndice G – Quadro da análise de Efeitos e Modos de Falha (FMEA) do protótipo do encanteirador e distribuidor de fertilizante (continuação).

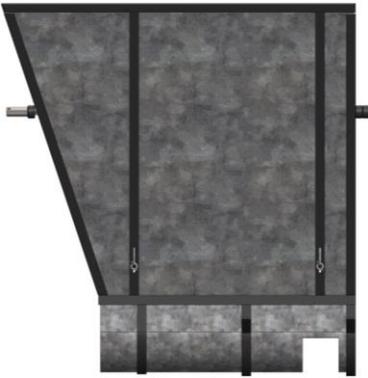
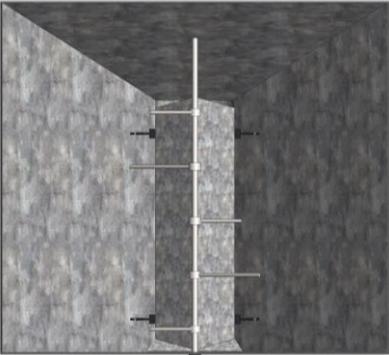
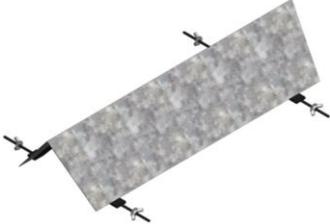
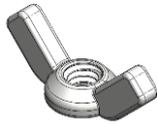
Subprocesso	Funções	SSCs principais atuantes	Requisitos exigidos	Modo potencial de falha	Efeito da falha potencial	Severidade	Classe	Causa potencial	Ocorrência	Deteção	R.P.N.	Ações recomendadas	Observações
Sistema de armazenamento	Armazenar fertilizantes	Reservatório, agitador	Ângulos das paredes maiores que os ângulos de repouso dos fertilizantes, ausência de túneis, capacidade volumétrica de 0,5m <sup>3</sup>	Menor volume de armazenamento, ocorrência de túneis, acúmulo de material nos cantos	Menor tempo entre abastecimentos, formação de túneis	6		Ângulo das paredes incorretos, agitadores insuficientes ou com formato inadequado e reservatório pequeno	10	8	480	Calcular os ângulos das paredes e redimensionar ou adicionar agitadores	MP
	Tempo de reabastecimento	Reservatório	Abastecimento rápido, prático, ergonômico	Dificuldade para abastecer o reservatório	Avarias no reabastecimento, desinteresse em utilizar o implemento	5		Paredes altas, volume a ser abastecido	6	3	90	Adequar à altura das paredes e volume de fertilizante	PP
Regulagens do protótipo	Regular a altura e largura de trabalho	Discos, chassi, hastes, regulador de profundidade, fixador da haste de disco	Permitir variar altura e largura dos canteiros, regulagens práticas, rápidas e adequadas	Altura e largura dos canteiros incorretas	Canteiros com alta densidade de plantas ou com áreas ociosas, dificuldade no desenvolvimento de raízes	5		Chassi com largura e altura insuficientes, discos com diâmetro menor que o recomendado	8	6	240	Reprojetar o chassi, trocar os discos	BP
	Regular dosagem de fertilizante	Engrenagens, correntes, eixos, transportador helicoidal	Permitir variar a dosagem de fertilizante, regulagens prática, rápida e adequada	Regulagem incorreta, erro no projeto	Excesso ou escassez na dosagem de fertilizante	7		Erro na regulagem das engrenagens, desgaste do eixo helicoidal, erro no projeto	8	10	560	Troca das engrenagens, substituição de itens desgastados, reprojetar	MP

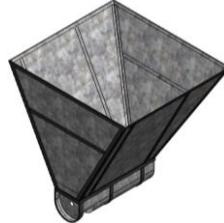
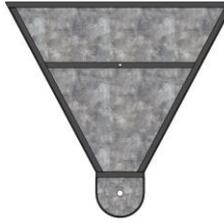
Apêndice G – Quadro da análise de Efeitos e Modos de Falha (FMEA) do protótipo do encanteirador e distribuidor de fertilizante (conclusão).

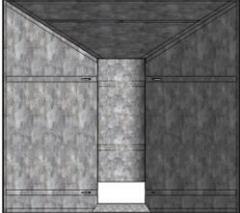
Subprocesso	Funções	SSCs principais atuantes	Requisitos exigidos	Modo potencial de falha	Efeito da falha potencial	Severidade	Classe	Causa potencial	Ocorrência	Deteção	R.P.N.	Ações recomendadas	Observações
Transporte do protótipo	Tracionar o protótipo	Engate traseiro de três pontos do trator	Facilidade no transporte do protótipo	Desmontar ou utilizar outro maquinário para transportar, não acoplar no trator	Dificuldade para transportar o protótipo	10		Protótipo com massa em excesso, centro de gravidade distante do engate, erro no projeto	10	1	100	Diminuir a massa do protótipo, reprojeter o sistema de acoplamento	PP
Geração de potência	Transmitir movimento para acionar o dosador	Tomada de potência do trator, sistema de transmissão de movimento do protótipo	Rotação adequada para a dosagem de fertilizantes com massa específica diferente	Rotação inadequada	Irregularidade na distribuição ou não distribuir o fertilizante	8		Erro no projeto de transmissão de movimento, engrenagem errada	10	9	720	Recalcular o sistema de transmissão, trocar as engrenagens	AP
Manutenção	Limpeza e lubrificação	Sistema de dosagem e cubos dos discos	Praticidade e rapidez	Dificuldade na identificação dos pontos de lubrificação e limpeza, pontos inacessíveis ou de difícil acesso	Limpeza e/ou lubrificação ineficientes, baixo desempenho do protótipo	6		Necessidade de muitas ferramentas, número excessivo de pontos de lubrificação, tipo de lubrificante utilizado, falta de vedações	6	2	72	Colocar borboletas ou engates rápidos e rolamentos vedados	PP
Suportar e vincular componentes	Suportar mecanismos, vinculando-os fisicamente	Chassi, solda, parafusos	Ter resistência mecânica	Entortar, quebrar	Impossibilita a operação, dificulta a operação	10	Crítica	Componentes mal dimensionados, menor resistência devido a regulagem da solda	10	9	900	Reforçar o chassi, reconfigurar chassi e componentes	TP

Apêndice H – Quadro de especificações do sistema de armazenamento de fertilizantes.

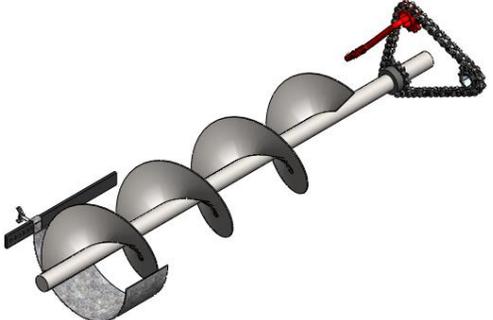
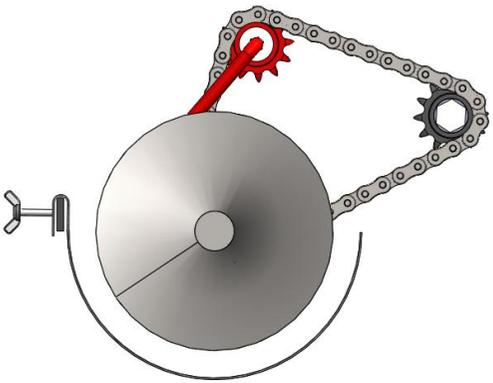
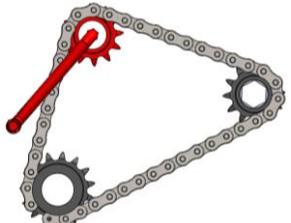
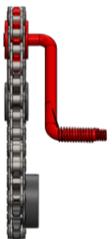
Sistema	Subsistema/ Função auxiliar	Especificação do Componente	Quant.	Material	Fabricação/Montagem
<p>1. Sistema de armazenamento de fertilizantes</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>	<p>1.1. Evitar a compactação do fertilizante e a formação de túneis, garantir a uniformidade de deposição sobre o transportador helicoidal</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista lateral esquerda</p>	<p>1.1.1 Eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante - eixo de Ø16mm</p> 	1,15m	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionado no interior do reservatório e fixado pelos mancais e pela bucha de fixação</p>
		<p>1.1.2 Fixador das hastes secundárias do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante - tubo de Ø16mm e Ø35mm por 20mm</p> 	5	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Localizados no eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, fixados por parafuso e equidistantes entre si</p>
		<p>1.1.3 Parafuso com cabeça sextavado M5 X3 5 MA DIN 933</p> 	5	Aço Médio Carbono, classe de resistência 5.8	<p>Posicionados no orifício de Ø5mm dos fixadores das hastes secundárias e em um dos furos do eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, fixando esses dois componentes</p>

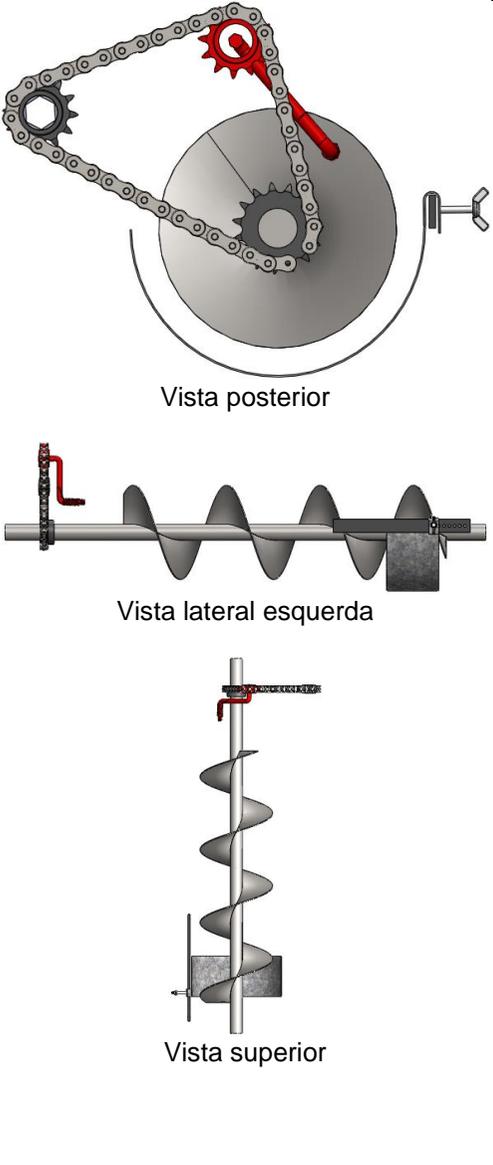
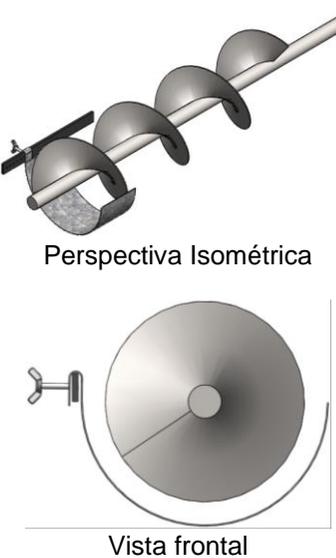
 <p>Vista lateral esquerda</p>	 <p>Vista frontal</p>	<p>1.1.4 Hastes secundárias do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante – eixo Ø10mm x 200mm</p> 	5	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionadas nos orifícios de Ø10mm dos fixadores das hastes secundárias, fixados com rosca</p>
		<p>1.2. Diminuir a sobrecarga de material e facilitar o acionamento do transportador helicoidal</p>	<p>1.2.1 Chapa de aço galvanizado 1,25mm</p> 	1m <sup>2</sup>	Aço galvanizado
 <p>Vista superior</p>	<p>Perspectiva Isométrica</p>   <p>Vista superior</p>	<p>1.2.2 Barra chata 3/16 x 1"</p> 	2m	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionada sob a chapa de aço galvanizado, fixada por solda</p>
		<p>1.2.3 Porca borboleta 1/4 - MA</p> 	4	Aço carbono AISI 1020, zincada	<p>Localizada na barra roscada, tem a finalidade de manter a regulagem de altura do defletor</p>

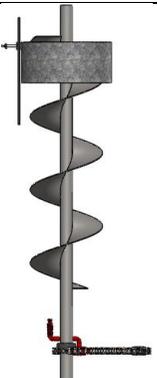
 <p>Vista inferior</p>	 <p>Vista frontal</p>	<p>1.2.4 Barra rosca Ø1/4 - MA x 25cm</p> 	4	Aço baixo carbono, galvanizado	Usinagem
	 <p>Vista inferior</p>	<p>1.2.5 Arruela lisa 1/4DIN 125 A</p> 	4	Aço baixo carbono zincado	Localizada na barra rosca entre a porca borboleta e a parede do protótipo
	<p>1.3 Armazenar fertilizante</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>	<p>1.3.1 Chapa de aço galvanizado 1,25mm de espessura</p> 	2,5m <sup>2</sup>	Aço galvanizado	Estampagem e usinagem
	 <p>Vista frontal</p>	<p>1.3.2 Barra chata 3/16 x 1"</p> 	16m	Aço SAE 1020	Usinagem
					Posicionadas na extremidade da barra chata, fixadas por solda, auxiliada da porca borboleta permite a regulagem defletor
					Fixada na barra rosca entre a porca borboleta e a parede do protótipo
					Posicionada sobre o chassi, fixada na barra chata por rebites e solda
					Fixada em volta da chapa de aço galvanizado por rebites e solda e fixada no chassi por solda

	 <p>Vista lateral esquerda</p>  <p>Vista inferior</p>	<p>1.3.3 Rebite 3,2 x 8mm</p> 	<p>140</p>	<p>Alumínio</p>	<p>Utilizado na fixação da chapa de aço galvanizado com a barra chata, fixada nos furos dos dois componentes</p>
--	---	---	------------	-----------------	--

Apêndice I – Quadro de especificações do sistema de dosagem e regulação da dosagem de fertilizantes.

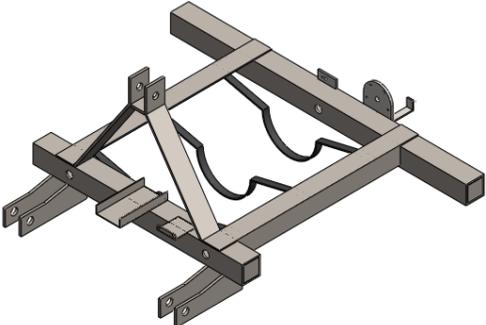
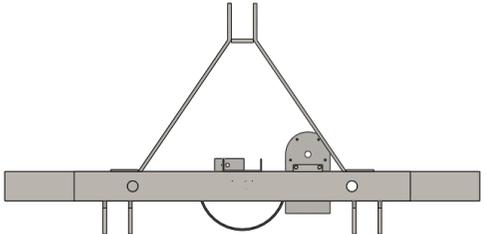
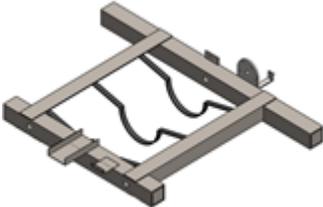
Sistema	Subsistema/ Função auxiliar	Especificação do Componente	Quant.	Material	Fabricação/Montagem
<p>2. Sistema de dosagem e regulação da dosagem de fertilizantes</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>	<p>2.1 Variar a rotação do transportador helicoidal</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>  <p>Vista lateral esquerda</p>	<p>2.1.1 Corrente de transmissão ASA 40</p> 	0,80m	Aço SAE 1045	Posicionada nas engrenagens do tensor, do transportador helicoidal e na engrenagem motora, que permite a alteração da rotação final mediante a sua troca
		<p>2.1.2 Engrenagem motora com 12 dentes</p> 	1	Aço SAE 1045	Localizada no eixo sextavado que é fixado no eixo de Ø20mm, fixada entre o rolamento e uma arruela com furo sextavado, sua troca permite a alteração da rotação final
		<p>2.1.3 Arruela sextavada</p> 	1	Aço baixo carbono	Localizada no eixo sextavado entre a engrenagem motora e o contra pino quebra-dedo
		<p>2.1.4 Contra pino quebra-dedo</p> 	1	Pino e maço SAE 1006 e argola em aço SAE 1070	Posicionado no orifício do eixo sextavado, fixado após a arruela sextavada

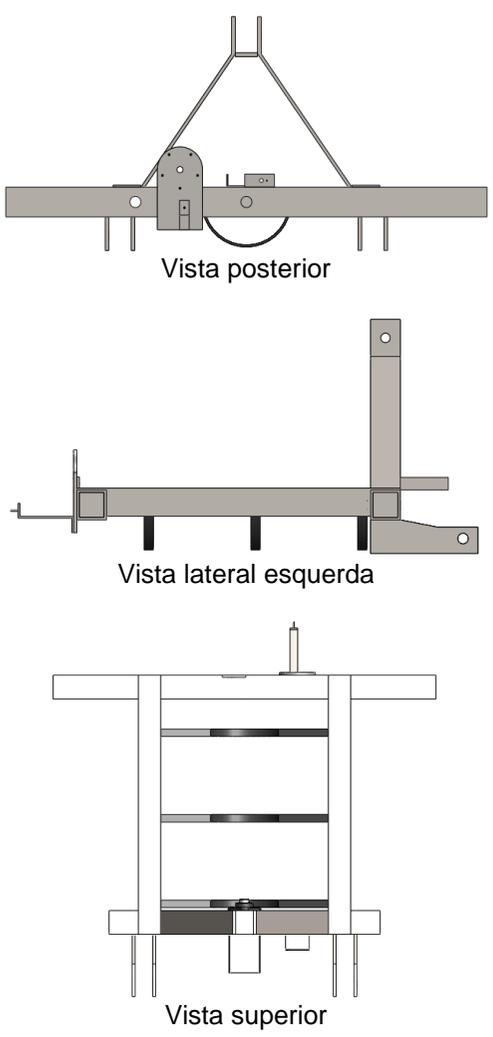
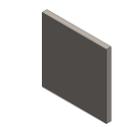
 <p>Vista posterior</p> <p>Vista lateral esquerda</p> <p>Vista superior</p>	 <p>Perspectiva Isométrica</p> <p>Vista frontal</p>	<p>2.1.5 Pino elástico DIN 1481</p> 	1	Aço SAE 1070	Localizado no furo da engrenagem movida com 15 dentes e no eixo com rosca helicoidal	
		<p>2.1.6 Engrenagem movida com 15 dentes</p> 	1	Aço SAE 1045	Localizada no eixo com rosca helicoidal, fixada com um pino elástico	
		<p>2.2. Regular a dosagem de fertilizante</p>	<p>2.2.1 Eixo com rosca helicoidal</p> 	1m	Aço carbono SAE 1020	Usinagem Localizado no interior do reservatório, fixado por 2 mancais de flange
			<p>2.2.2 Tampa da saída de fertilizante</p> 	0,03m <sup>2</sup>	Aço galvanizado	Estampagem e usinagem Localizada na saída do fertilizante, posicionada sob o reservatório, fixada com um parafuso borboleta
			<p>2.2.3 Barra chata furada de 3/16 x 1in</p> 	0,30m	Aço SAE 1020	Usinagem Posicionada na lateral esquerda da saída do fertilizante, fixada por solda, auxilia na regulagem da tampa de saída do fertilizante

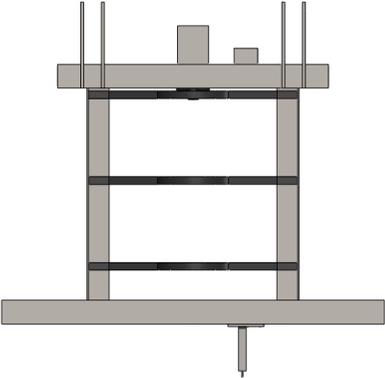
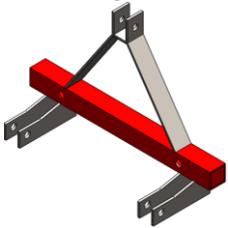
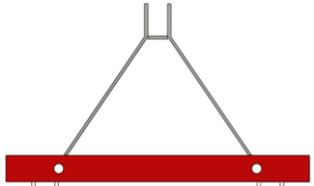
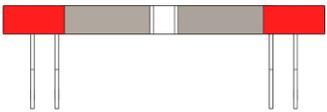
 <p>Vista inferior</p>	 <p>Vista superior</p>	<p>2.2.4 Parafuso borboleta</p> 	<p>1</p>	<p>Aço Médio Carbono, classe de resistência 5.8</p>	<p>Usinagem</p> <p>Localizada na barra roscada</p>
---	---	---	----------	---	--

Observação: O tensor de corrente está em destaque (cor vermelha), pois não é um subsistema do sistema de dosagem e regulação da dosagem de fertilizantes, está na imagem apenas para facilitar a compreensão da configuração do sistema.

Apêndice J – Quadro de especificações do sistema de suporte e vinculação dos componentes e acoplamento à fonte de tração.

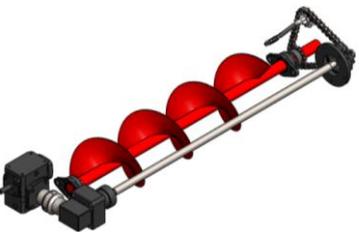
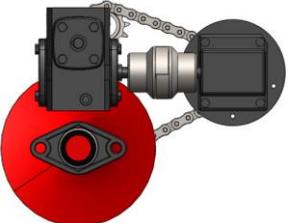
Sistema	Subsistema/ Função auxiliar	Especificação do Componente	Quant.	Material	Fabricação/Montagem
<p>3. Sistema de suporte e vinculação dos componentes e acoplamento à fonte de tração</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>	<p>3.1. Suporte e vinculação dos componentes</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>  <p>Vista lateral esquerda</p>	<p>3.1.1 Tubo quadrado 80 x 80 x 6,35mm</p> 	2,3m	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionados sob o reservatório de fertilizante, fixados por solda nas cantoneiras e na base do reservatório</p>
		<p>3.1.2 Cantoneira 7,5 x 7,5mm</p> 	1,75m	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionado nas laterais do chassi e entre os tubos quadrados, fixados por solda</p>
		<p>3.1.3 Suporte para fixação do reservatório – Barra chata 3/16 x 1in</p> 	3m	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionados entre as cantoneiras e sob o reservatório, servindo de suporte para o reservatório, fixado por solda nas cantoneiras</p>
		<p>3.1.4 Suporte do mancal tipo flange</p> 	1	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Localizado no tubo quadrado traseiro do chassi, fixado por solda e fixando o mancal com o uso de parafusos</p>

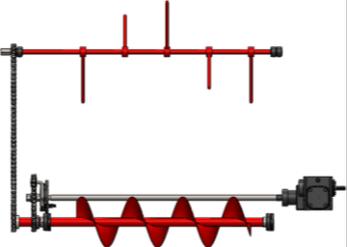
 <p>Vista posterior</p> <p>Vista lateral esquerda</p> <p>Vista superior</p>	<p>3.1.5 Suporte para fixação da proteção traseira</p> 	0,20m	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Localizado no tubo quadrado traseiro do chassi, fixado por solda</p>
	<p>3.1.6 Suporte da haste do tensor de corrente</p> 	0,10m	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Localizado sobre o tubo quadrado traseiro do chassi, fixado por solda, fixa a haste e a mola do tensor de corrente</p>
	<p>3.1.7 Chapa 3/8 x 3in (64 x 64mm)</p> 	4	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionamento nas laterais do chassi, tampando as extremidades dos tubos, fixados por solda</p>
	<p>3.1.8 Suporte do redutor de velocidade</p> 	1	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionado na frente do protótipo, sobre o chassi, fixado por solda, fixa o redutor de velocidade por parafusos</p>
	<p>3.1.8 Suporte da caixa de redução</p> 	1	Aço SAE 1020	<p>Estampagem e usinagem</p> <p>Posicionado na frente do protótipo, sobre o chassi, fixado por solda, fixa a caixa de transmissão por parafusos</p>

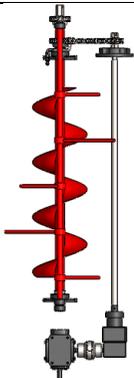
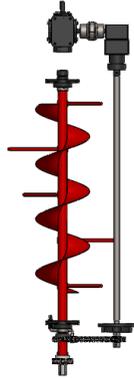
 <p>Vista inferior</p>	<p>3.2. Acoplar à fonte de tração</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>  <p>Vista superior</p>	3.2.1 Barra de engate superior	2	Aço SAE 1020	Estampagem e usinagem
		3.2.2 Suporte da barra de engate	1	Aço SAE 1020	Usinagem
		3.2.1 Barra de engate inferior	4	Aço SAE 1020	Usinagem

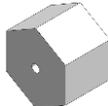
Observação: O componente em destaque (cor vermelha), não é um componente do subsistema de suporte e vinculação dos componentes, está na imagem apenas para facilitar a compreensão da configuração do sistema.

Apêndice K – Quadro de especificações do sistema de transmissão de movimento ao dosador e ao sistema de movimentação e uniformização do fertilizante.

Sistema	Subsistema/ Função auxiliar	Especificação do Componente	Quant.	Material	Fabricação/Montagem
<p>4. Sistema de transmissão de movimento ao dosador e ao sistema de movimentação e uniformização do fertilizante</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>	<p>4.1. Transmitir movimento ao dosador</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>  <p>Vista lateral esquerda</p>	<p>4.1.1 Redutor de Velocidade 1:60</p> 	1		Localizado na frente do chassi, fixado por 2 parafusos Allen no suporte do redutor de velocidade e acoplado a um eixo cardan
		<p>4.1.2 Parafuso Allen com Cabeça M8 x 10 MA - 1,25 DIN 912</p> 	2	Aço liga	Parafusos utilizados na fixação do redutor de velocidade ao seu suporte
		<p>4.1.3 Acoplamento elástico de garras</p> 	1	Ferro fundido e borracha de alta resistência	Fixado nos eixos do redutor de velocidade e da caixa de transmissão angular 90° por pino elástico
		<p>4.1.4 Caixa de transmissão angular 90° - 1:1</p> 	1		Localizada na frente do chassi, fixada no suporte da caixa de redução por parafusos e fixada ao acoplamento elástico de garras e no eixo de Ø20mm

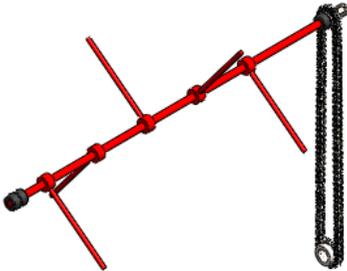
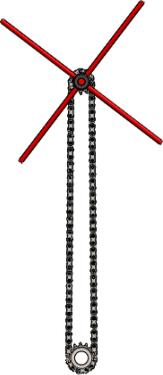
 <p>Vista posterior</p>  <p>Vista lateral esquerda</p>	<p>4.1.5 Parafuso com cabeça sextavado M6 X 80 MA DIN 933</p> 	2	Aço Médio Carbono, classe de resistência 5.8	Parafusos utilizados na fixação da caixa de transmissão ao seu suporte
	<p>4.1.6 Porca sextavada M6 – MA DIN 934</p> 	2	Aço baixo carbono zincado	Fixa por aperto com auxílio de arruela lisa M6 e parafuso M6 a caixa de redução ao seu suporte
	<p>4.1.7 Arruela lisa M6 DIN 125 A</p> 	2	Aço baixo carbono zincado	Posicionada entre o suporte da caixa de transmissão e a porca M6
	<p>4.1.8 Eixo de Ø20mm</p> 	0,90m	Aço carbono AISI 1020	Usinagem Localizado na lateral do chassi, fixado na caixa de transmissão angular com um pino elástico e na outra extremidade é fixado por um mancal
	<p>4.1.9 Eixo sextavado 22mm</p> 	50mm	Aço SAE 1020	Usinagem Localizado na extremidade do eixo de Ø20mm, na parte traseira do protótipo, fixado por solda

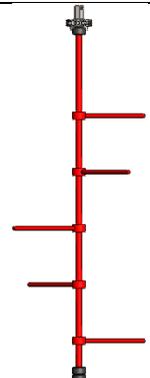
 Vista superior   Vista inferior	4.1.10 Mancal tipo flange 	1	Ferro fundido	Fixado no suporte do mancal posicionado no chassi, fixado por parafusos
	4.1.11 Rolamento 6009 ZZ 	1	Aço carbono-cromo temperado (100Cr6)	Posicionado entre o eixo e o mancal flange
	4.1.12 Parafuso com cabeça sextavado, M3 x 40 – MA DIN 933 	5	Aço Médio Carbono, classe de resistência 5.8	Utilizado na fixação do mancal no suporte de mancal preso no chassi
	4.1.13 Porca M3 – MA DIN 934 	5	Aço baixo carbono zincado	São posicionadas nos parafusos M3, após a arruela, auxiliam na fixação do mancal
	4.1.14 Arruela lisa M3 DIN 125 A 	5	Aço baixo carbono zincado	Localizadas nos parafusos M3 entre o suporte do mancal e as porcas M3

		4.1.15 Engrenagem com 12 dentes 	1	Aço SAE 1045	Fixada na bucha sextavada, empregada como guia da corrente no tensor de corrente
		4.1.16 Bucha sextavada 	0,10m	Poliamida 6	Usinagem Auxilia na fixação da engrenagem de 12 dentes na haste do tensor de corrente
		4.1.17 Haste do tensor de corrente 	0,30m	Aço SAE 1020	Estampagem e usinagem Fixada no suporte da haste do tensor de corrente que é preso no tubo quadrado traseiro do chassi, permite o movimento da engrenagem com 12 dentes
		4.1.18 Mola do tensor de corrente 	1	Aço carbono	Usinagem Fixada na haste do tensor de corrente e no suporte da haste do tensor de corrente
		4.1.19 Porca M10 – MA DIN 934 	1	Aço baixo carbono zincado	Fixa por aperto, com auxílio da arruela lisa M10 prende a haste do tensor de corrente no seu suporte

		<p>4.1.20 Arruela lisa M10 DIN 125 A</p> 	1	Aço baixo carbono zincado	Localizada na haste do tensor de corrente entre o suporte da haste do tensor e a porca M10
		<p>4.1.21 Mancal flange P-209 com rolamento</p> 	2	Ferro fundido	Posicionados nas duas partes internas dos tubos quadrados do chassi, fixados por parafusos
		<p>4.1.22 Rolamento Ge30 Krrb-Gbr com fixação por colar excêntrico para eixo de 30mm</p> 	2	AISI 52100, DIN 100 Cr6	Localizado entre no eixo com rosca helicoidal e no interior do mancal flange P-209, fixado por um colar excêntrico
		<p>4.1.23 Parafuso com cabeça sextavado, M8 x 60 – MA DIN 933</p> 	4	Aço Médio Carbono, classe de resistência 5.8	Utilizado na fixação do mancal flange P-209 no chassi

		<p>4.1.24 Porca M8 – MA DIN 934</p> 	4	Aço baixo carbono zincado	Fixa por aperto, com auxílio da arruela lisa M8 e do parafuso M8 o mancal P-209 ao chassi
		<p>4.1.25 Arruela lisa M8 DIN 125 A</p> 	4	Aço baixo carbono zincado	Localizada no parafuso M8, posicionada entre o mancal e a porca M8
		<p>4.1.26 Pino elástico DIN 1481</p> 	3	Aço SAE 1070	Utilizados na fixação do acoplamento elástico aos eixos do redutor de velocidade e da caixa de transmissão e do eixo de Ø20mm à caixa de transmissão
		<p>4.1.27 Proteção das partes móveis</p> 	1	Aço galvanizado	Estampagem, soldagem e usinagem Utilizados na proteção da união dos eixos do redutor de movimento com a caixa de transmissão
		<p>4.1.28 Parafuso Allen com Cabeça M8 x 10 MA – 1,25 DIN 912</p> 	2	Aço liga	Parafusos utilizados na fixação da proteção das partes móveis ao redutor de velocidade

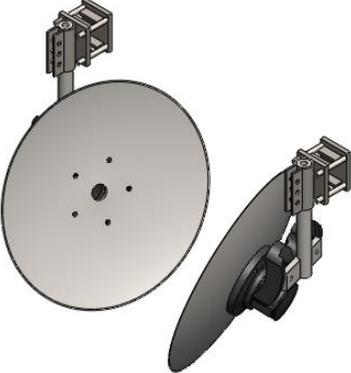
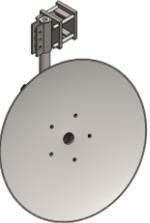
<p>4.2. Transmitir movimento ao sistema de movimentação e uniformização do fertilizante</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>	<p>4.2.1 Engrenagem com 15 dentes</p> 	1	Aço SAE 1045	Localizada no eixo do transportador helicoidal, fixada com um pino elástico
	<p>4.2.2 Pino elástico DIN 1481</p> 	1	Aço SAE 1070	Utilizado na fixação da engrenagem com 15 dentes ao eixo com rosca helicoidal
	<p>4.2.3 Mancal de deslizamento Ø16mm</p> 	2	Aço SAE 1045	Fixados nas extremidades do eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante e presos na estrutura de sustentação do reservatório por solda
	<p>4.2.4 Pino graxeiro M5 DIN 71412 tipo A, com mola e esfera anti-retorno</p> 	2	Aço de precisão, zincado	Posicionado no orifício do mancal de deslizamento de Ø16mm
	<p>4.2.5 Bucha de fixação</p> 	1	Aço SAE 1045	Posicionada na extremidade do eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante na parte frontal do protótipo, fixação por parafuso

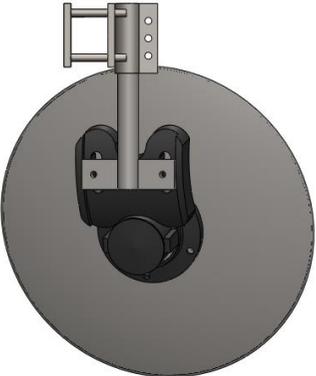
 <p>Vista superior</p>	<p>4.2.6 Parafuso Allen com Cabeça (DIN912) M5 x 10 MA-0,80</p> 	1	Aço Liga	Posicionado no orifício da bucha de fixação e do eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, impedindo o movimento horizontal desse eixo
	<p>4.2.7 Corrente de transmissão ASA 40</p> 	1,60m	Aço SAE 1045	Posicionada na engrenagem do eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante e na engrenagem do transportador helicoidal
	<p>4.2.8 Engrenagem com furo sextavado (12 dentes)</p> 	1	Aço SAE 1045	Localizada no eixo sextavado que está posicionado no eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, fixada entre o mancal e uma arruela com furo sextavado
	<p>4.2.9 Eixo sextavado 22mm</p> 	50mm	Aço SAE 1020	Usinagem Posicionado na extremidade do eixo principal do sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, fixado por solda
	<p>4.2.10 Arruela sextavada</p> 	1	Aço baixo carbono	Localizada no eixo sextavado entre a engrenagem com 12 dentes e o contra pino quebra-dedo

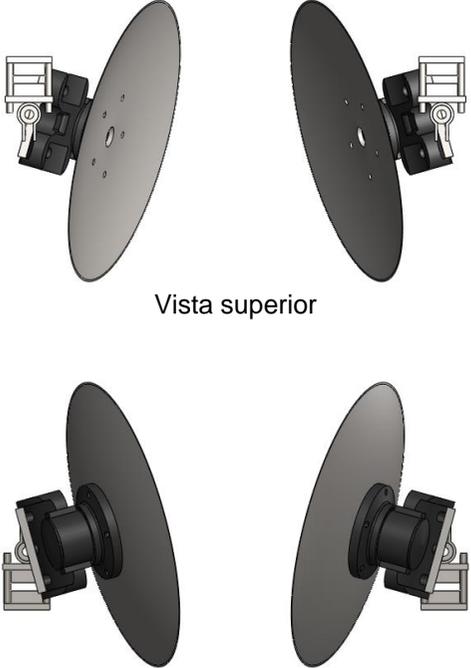
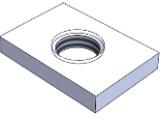
		4.2.10 Contra pino quebra-dedo Ø5mm 	1	Pino em aço SAE 1006 e argola aço SAE 1070	Posicionado no orifício do eixo sextavado, fixado após a arruela sextavada
		4.2.11 Porca borboleta 1/4 DIN 11 	3	Aço zincado chapa estampada	Empregados na fixação da proteção das partes móveis
		4.2.12 Proteção das partes móveis 	1	Aço galvanizado	Estampagem, soldagem e usinagem Posicionado na parte traseira do reservatório, sobre o sistema de transmissão de movimento

Observação: Os componentes em destaque (cor vermelha), não fazem parte do sistema de transmissão de movimento ao dosador e ao sistema de movimentação e uniformização do fertilizante, estão na imagem apenas para facilitar a compreensão da configuração do sistema.

Apêndice L – Quadro de especificações do sistema de conformação de canteiros.

Sistema	Subsistema/ Função auxiliar	Especificação do Componente	Quant.	Material	Fabricação/Montagem
<p>5. Sistema de conformação de canteiros</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>	<p>5.1. Regular a largura e a altura de trabalho</p>  <p>Perspectiva Isométrica</p>  <p>Vista frontal</p>	<p>5.1.1 Disco liso furo 1.5/8" 26X1/4L</p> 	2	Aço SAE 1080	Posicionado no cubo do disco de arado, fixado por 5 parafusos
		<p>5.1.2 Cubo do disco de arado</p> 	2	Aço SAE 1045	Posicionado entre o disco e a barra de fixação do cubo
		<p>5.1.3 Barra de fixação do cubo do disco</p> 	2	Aço SAE 1020	Soldagem e usinagem Localizada na extremidade da haste reguladora de altura de trabalho e no cubo, fixada por solda na haste e por 2 parafusos no cubo
		<p>5.1.4 Haste reguladora da altura de trabalho</p> 	0,80m	Aço SAE 1020	Usinagem Posicionada no regulador de altura de trabalho por meio de parafusos e na barra de fixação do cubo do disco por solda
		<p>5.1.5 Peça 1 do conjunto que regula a largura de trabalho</p> 	2	Aço SAE 1020	Soldagem e usinagem Posicionada no chassi pelos 4 parafusos da peça 2 do conjunto que regula a largura de trabalho

 <p>Vista posterior</p>  <p>Vista lateral esquerda</p>	 <p>Vista lateral esquerda</p>	<p>5.1.6 Peça 2 do conjunto que regula a largura de trabalho</p> 	2	Aço SAE 1020	<p>Usinagem</p> <p>Posicionada no chassi e na peça 2 do conjunto que regula a largura de trabalho pelos seus 4 parafusos</p>
		<p>5.1.7 Regulador da altura de trabalho</p> 	2	Aço SAE 1020	<p>Soldagem e usinagem</p> <p>Posicionada na peça 2 do conjunto que regula a largura de trabalho por solda e na haste de regulagem da altura de trabalho é fixada por parafusos</p>
		<p>5.1.8 Parafuso M8 x 50 MA DIN 933</p> 	6	Aço Médio Carbono, classe de resistência 5.8	Localizados no regulador de altura de trabalho, com a função de fixar a haste reguladora de altura de trabalho
		<p>5.1.9 Arruela lisa M8 DIN 125 A</p> 	6	Aço baixo carbono zincado	São posicionadas nos parafusos M8, entre a porca e a chapa do regulador de altura de trabalho
		<p>5.1.10 Porca M8 – MA DIN 934</p> 	6	Aço baixo carbono zincado	São posicionadas nos parafusos M8, após a arruela, tem a função de auxiliar na fixação da haste reguladora da altura

 <p>Vista superior</p> <p>Vista inferior</p>	<p>5.1.11 Parafuso M10 x 100 MA DIN 933</p> 	4	Aço Médio Carbono, classe de resistência 5.8	Posicionados nos orifícios das barras de fixação do cubo do disco e nos cubos, permitindo a fixação desses componentes e a regulagem do ângulo vertical dos discos
	<p>5.1.12 Porca M10 – MA DIN 934</p> 	4	Aço Baixo Carbono Zincado	Com o auxilia das arruelas de pressão possibilitam a fixação do cubo à barra de fixação do cubo do disco
	<p>5.1.14 Arruela quadrada M10</p> 	4	Aço SAE 1020	Usinagem Auxiliam na fixação do cubo do disco na barra de fixação do cubo do disco por meio de parafusos e porcas
	<p>5.1.15 Porca M15 – MA DIN 934</p> 	16	Aço Baixo Carbono Zincado	Auxiliam na fixação das peças 1 e 2 do conjunto que regula a largura de trabalho
	<p>5.1.16 Parafuso M8 x 150 MA DIN 933</p> 	2	Aço Liga 39 – 44 HRC, classe de resistência 5.8	Localizado no furo do regulador da altura de trabalho e em um dos furos da haste reguladora da altura de trabalho, permitindo a regulagem da altura dos canteiros

		<p>5.1.17 Porca borboleta M8 – MA DIN 934</p> 	2	Aço Baixo Carbono Zincado	<p>Usinagem</p> <p>Localizada no parafuso que permite a regulagem da altura de conformação dos canteiros</p>
--	--	---	---	---------------------------------	--

Apêndice M – Gráficos das médias da resistência mecânica do solo à penetração dos pontos aferidos (continua).

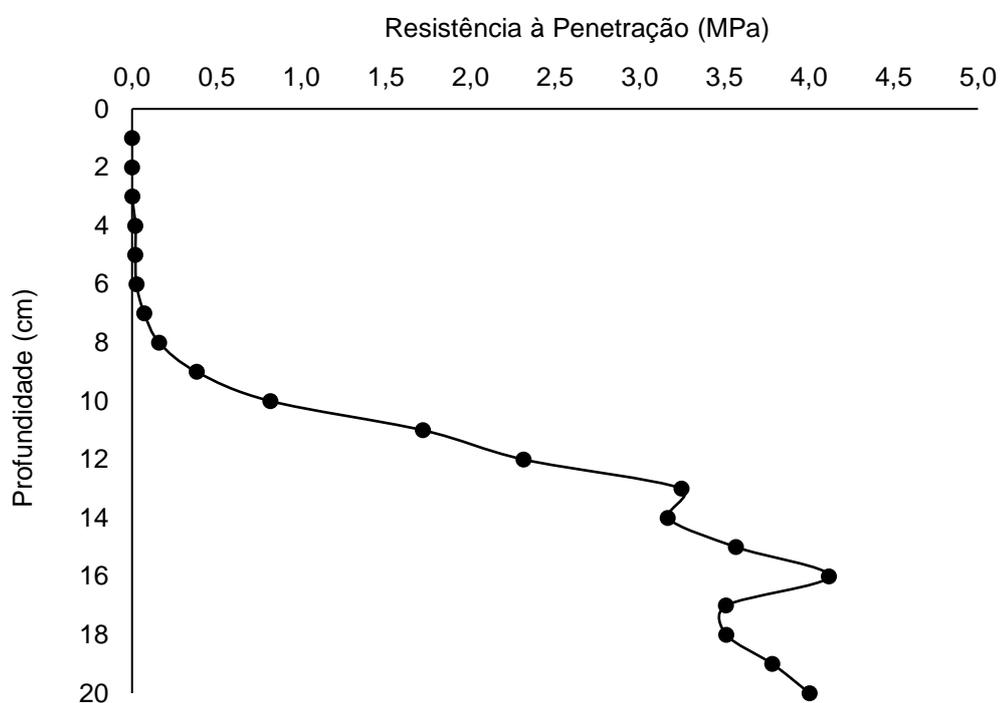


Gráfico da análise da resistência a penetração do primeiro ponto do canteiro 1.

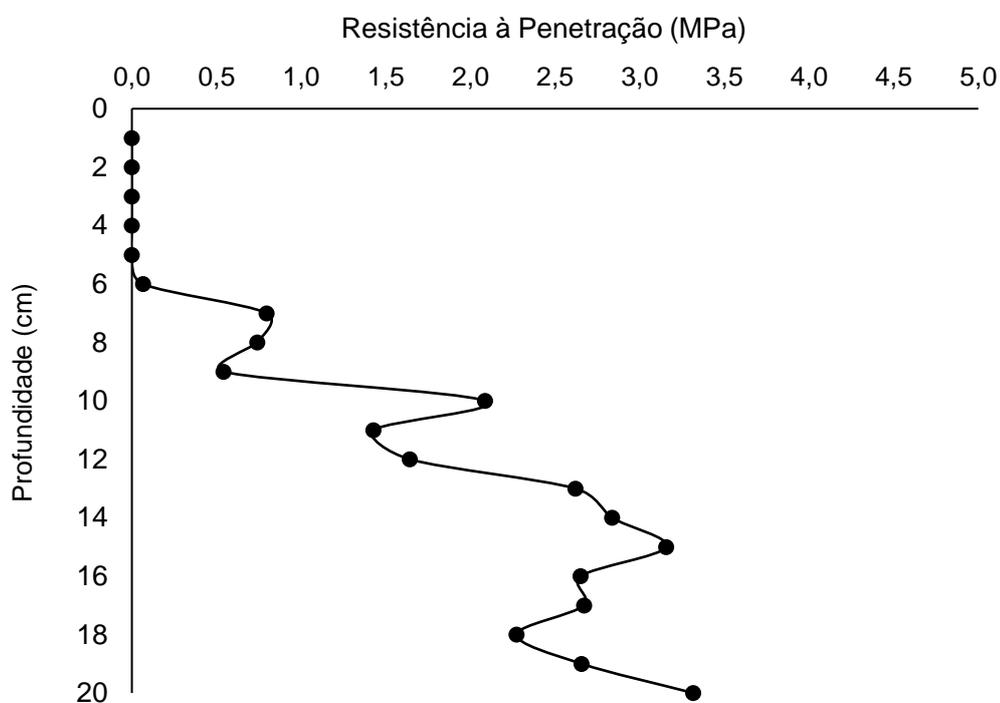


Gráfico da análise da resistência a penetração do segundo ponto do canteiro 1.

Apêndice M – Gráficos das médias da resistência mecânica do solo à penetração dos pontos aferidos (continuação).

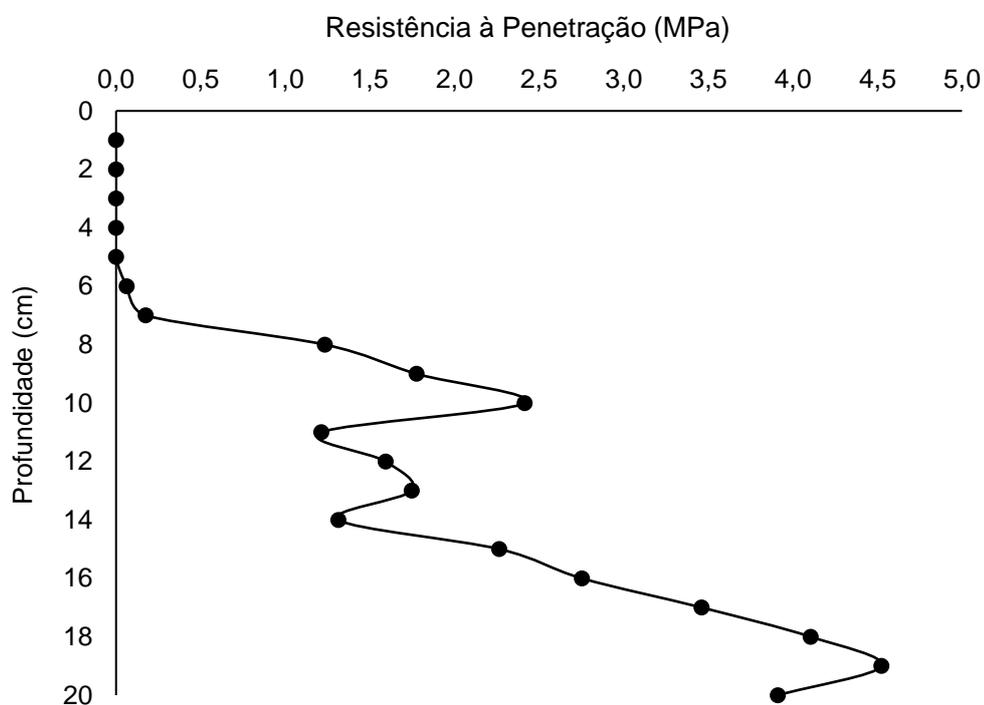


Gráfico da análise da resistência a penetração do terceiro ponto do canteiro 1.

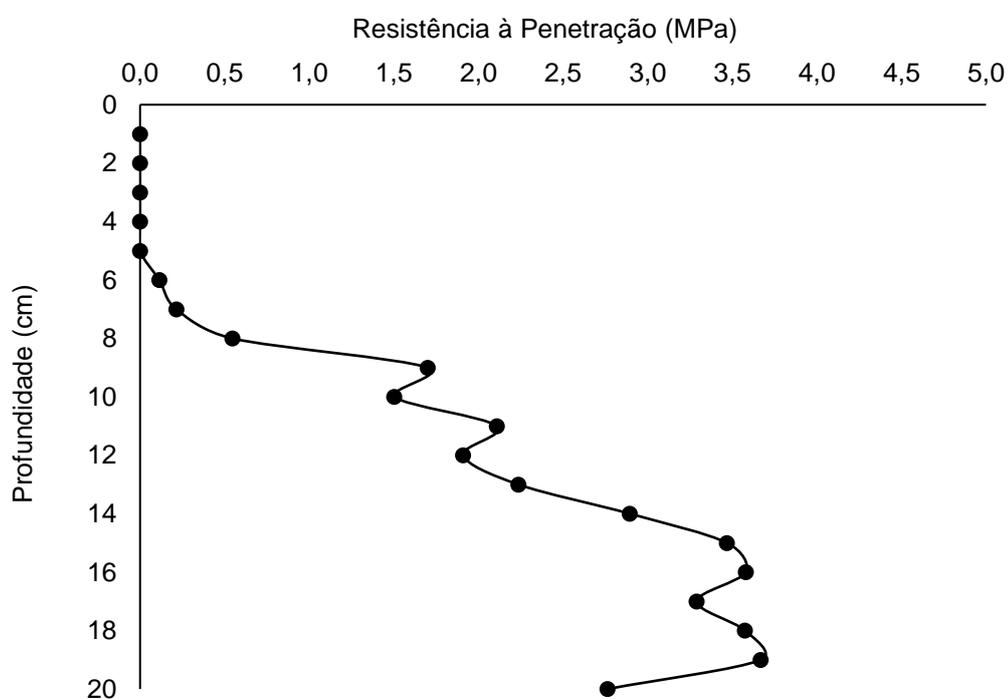


Gráfico da análise da resistência a penetração do primeiro ponto do canteiro 2.

Apêndice M – Gráficos das médias da resistência mecânica do solo à penetração dos pontos aferidos (continuação).

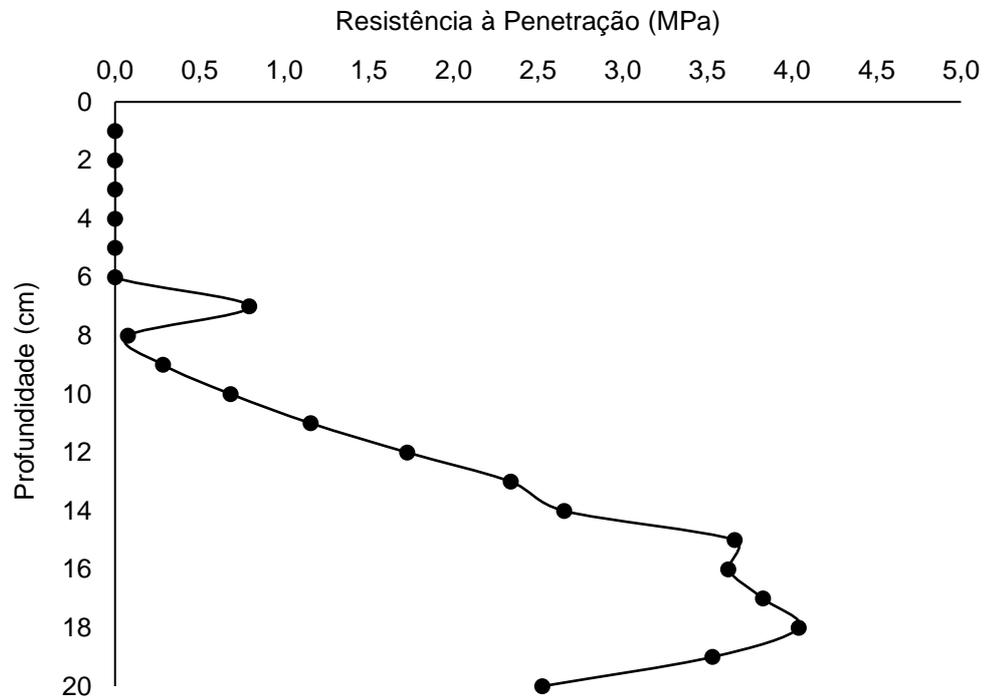


Gráfico da análise da resistência a penetração do segundo ponto do canteiro 2.

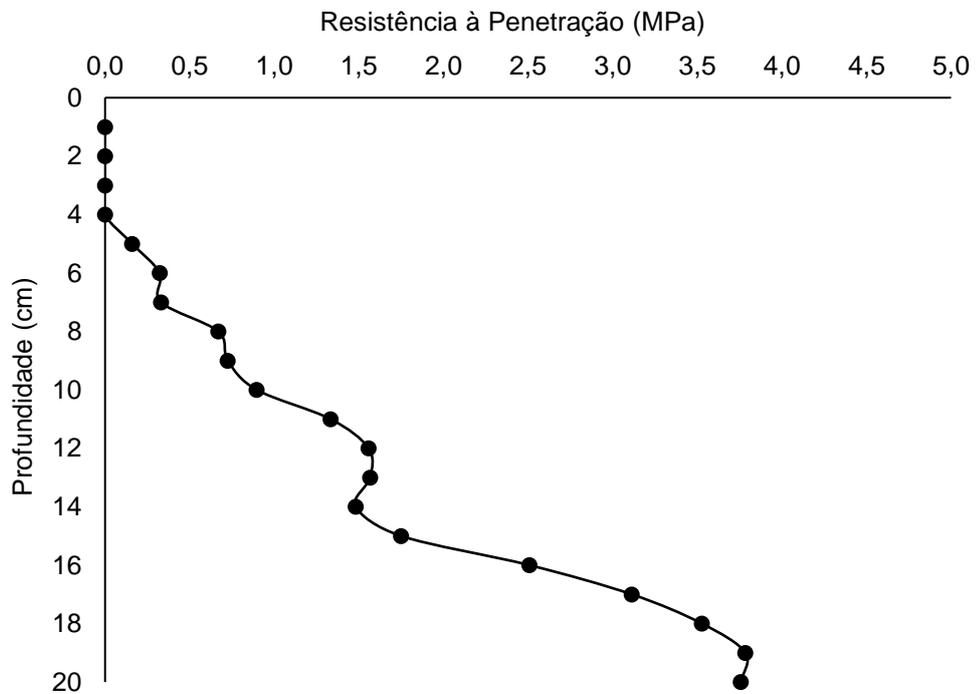


Gráfico da análise da resistência a penetração do terceiro ponto do canteiro 2.

Apêndice M – Gráficos das médias da resistência mecânica do solo à penetração dos pontos aferidos (continuação).

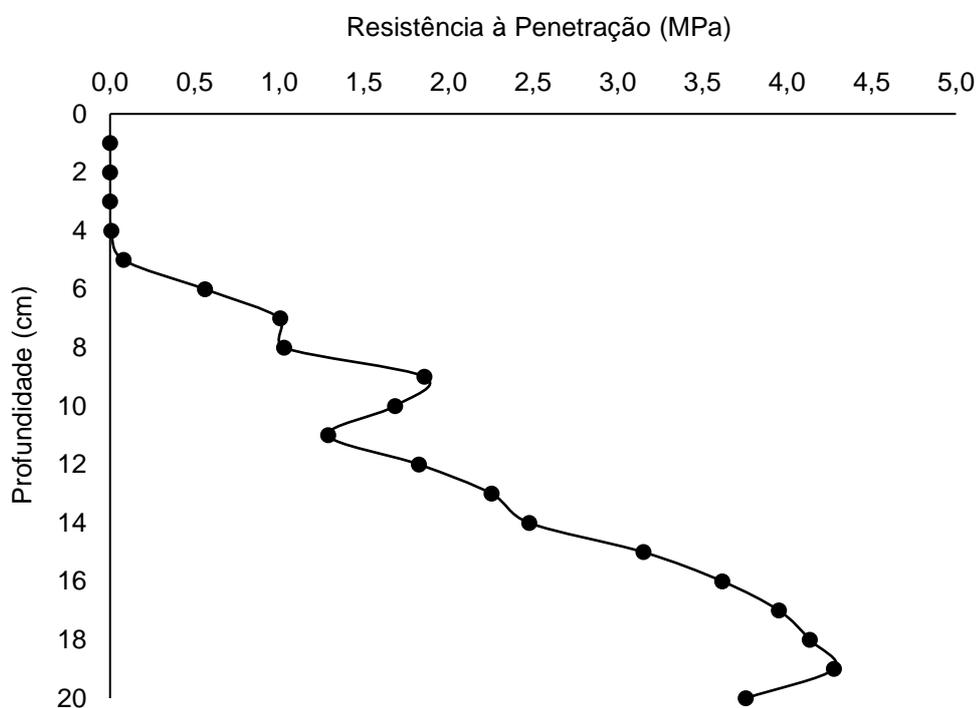


Gráfico da análise da resistência a penetração do primeiro ponto do canteiro 3.

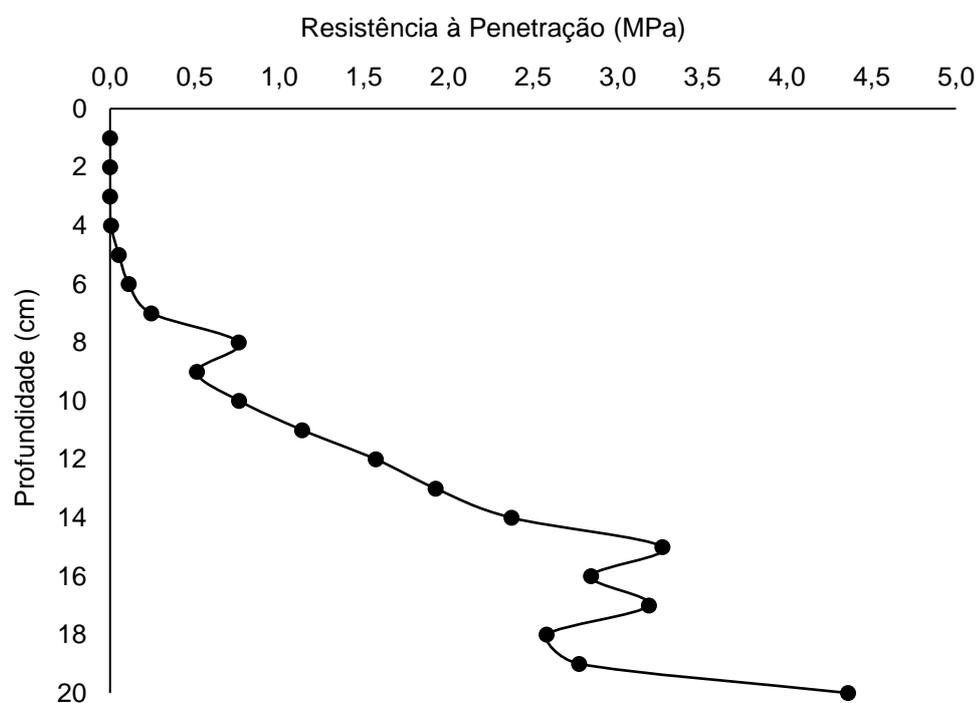


Gráfico da análise da resistência a penetração do segundo ponto do canteiro 3.

Apêndice M – Gráficos das médias da resistência mecânica do solo à penetração dos pontos aferidos (conclusão).

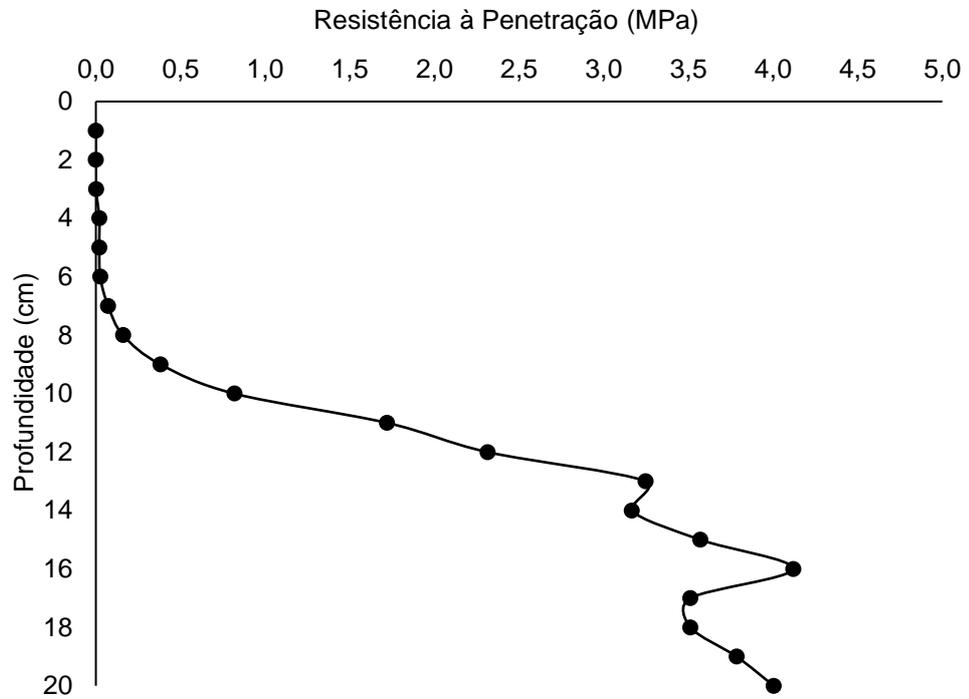


Gráfico da análise da resistência a penetração do terceiro ponto do canteiro 3.

Apêndice N – Gráfico da análise das forças horizontais atuantes no protótipo (continua).

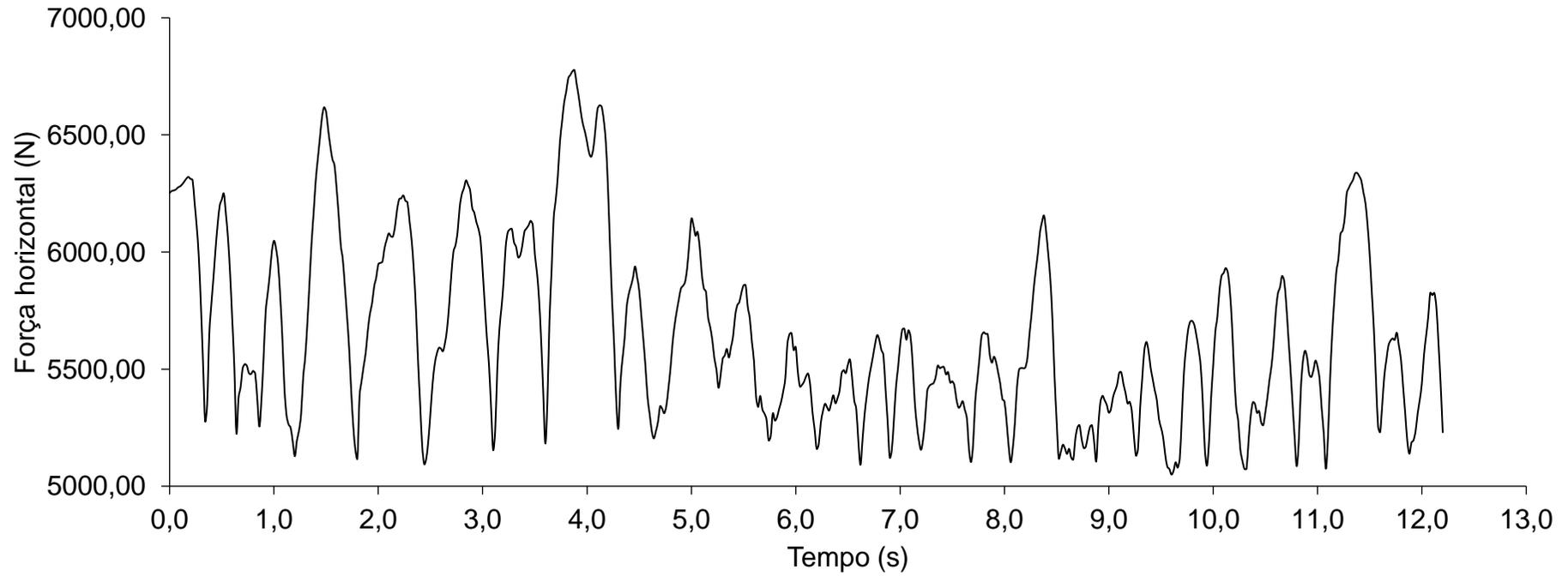


Gráfico da análise das forças horizontais atuantes no protótipo no momento da conformação do primeiro canteiro.

Apêndice N – Gráfico da análise das forças horizontais atuantes no protótipo (continuação).

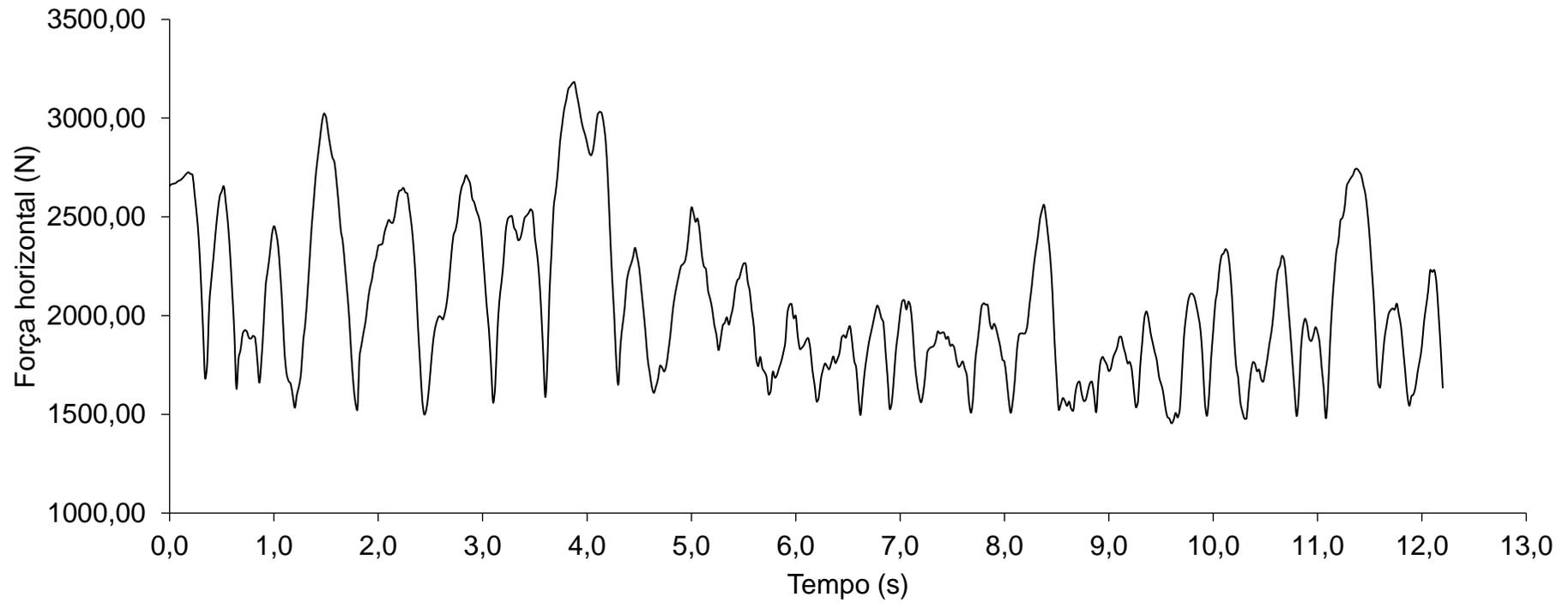


Gráfico da análise das forças horizontais atuantes no protótipo no momento da conformação do segundo canteiro.

Apêndice N – Gráfico da análise das forças horizontais atuantes no protótipo (conclusão).

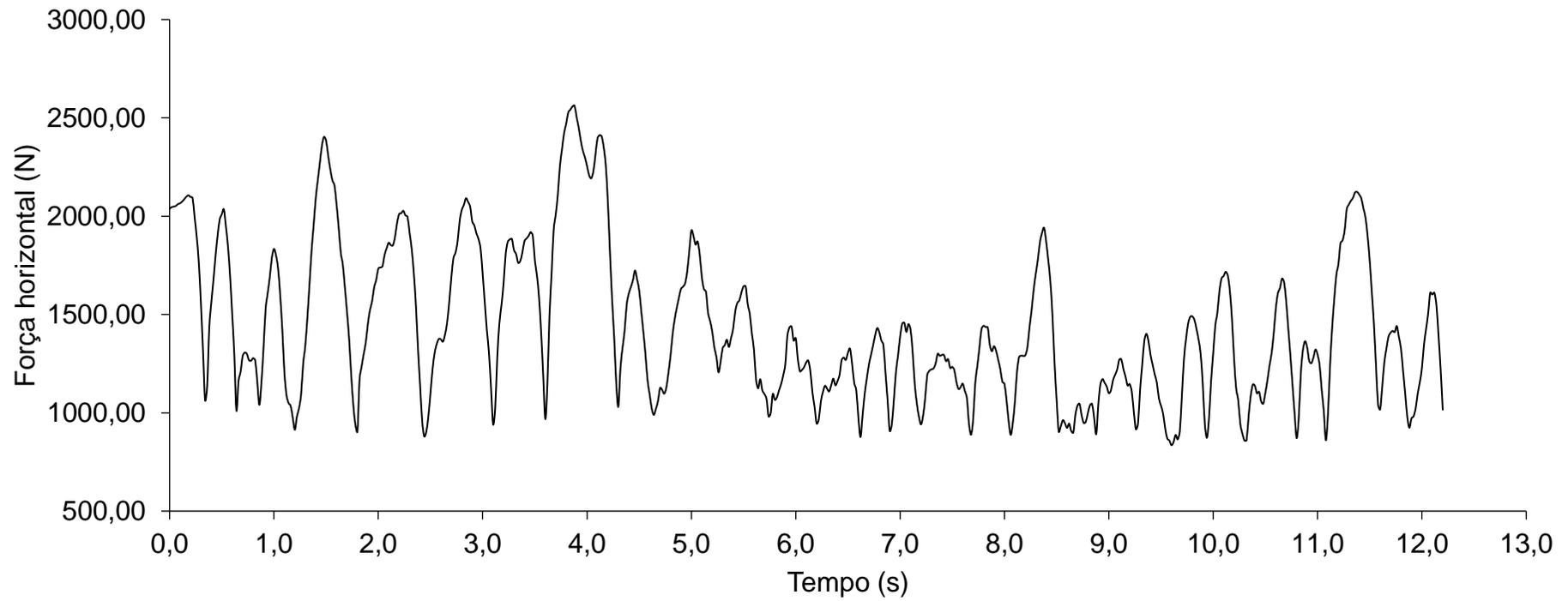


Gráfico da análise das forças horizontais atuantes no protótipo no momento da conformação do segundo canteiro.

Apêndice O – Tabela da capacidade de levantar a 610mm do olhal de tratores com menos de 25kW de potência, vendidos no Brasil.

Fabricante	Modelo	Tipo de tração 2RM ou TDA	Potência (kW)	Peso do trator sem lastro (N)	Capacidade de levantar (N)
Agrale	4100	2RM	11,03	10.983,45	4.314,93
Agrale	4100.4	TDA	11,03	11.179,58	4.314,93
Agrale	4118.4	TDA	13,24	11.277,65	4.314,93
Agrale	4230	2RM	22,06	14.709,98	6.374,32
Agrale	4230.4	TDA	22,06	15.984,84	6.374,32
Agrale	4233	4x4	22,06	10.591,18	10.296,98
Mahindra	MAX 26XL	TDA	19,12	8.090,49	9.708,58
Mahindra	2025	TDA	18,39	10.002,78	7.354,99
Yanmar	GK200	TDA	15,08	6.080,12	5.393,66
Yanmar	1235 Cafeeiro	TDA	22,06	13.062,46	8.335,65
Yanmar	1235 Parreira	TDA	22,06	13.062,46	8.335,65
Yanmar	1235	TDA	22,06	13.062,46	8.335,65
Tramontini	TR332	TDA	23,54	15.729,87	4.412,99
Budny	BDY-2540	TDA	18,39	16.082,91	5.589,79
Budny	BDY 2840	TDA	20,59	17.946,17	7.394,21

Apêndice P – Pedido de patente do encanteirador-depositor de fertilizantes mineral e orgânico para tratores de baixa potência.



27/12/2019 870190139898  
09:51  
  
29409161912893753

## Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2019 027963 0

### Dados do Depositante (71)

---

#### Depositante 1 de 1

**Nome ou Razão Social:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

**Tipo de Pessoa:** Pessoa Jurídica

**CPF/CNPJ:** 92242080000100

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Jurídica:** Instituição de Ensino e Pesquisa

**Endereço:** Rua Gomes Carneiro, 01 - Ed. Delfim Mendes Silveira - Campus Porto/Reitoria - 4º Andar - PRPPG

**Cidade:** Pelotas

**Estado:** RS

**CEP:** 96010-610

**País:** Brasil

**Telefone:** (53) 3284 4086

**Fax:**

**Email:** cit@ufpel.edu.br

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 27/12/2019 às 09:51, Petição 870190139898

**Dados do Pedido**

---

**Natureza Patente:** 10 - Patente de Invenção (PI)

**Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):** CONFORMADOR DE CANTEIROS E DOSADOR DE FERTILIZANTES

**Resumo:** A presente invenção consiste de equipamento capaz de conformar canteiros e depositar, fertilizante mineral ou orgânico no estado sólido sem a necessidade da substituição do dosador de fertilizantes (4). Apresenta funcionamento e regulagens simples, que podem ser executadas por uma única pessoa, assim contribuindo para a economia dos agricultores. O dosador de fertilizantes (4) e o sistema de movimentação e uniformização do fertilizante (2) podem ser acionados por diferentes tipos de fonte de potência, como por exemplo a tomada de potência do trator, a dosagem de fertilizantes pode ser regulada através regulador de vazão, localizada no fundo do reservatório ou mediante a modificação da relação de transmissão (8). Devido as regulagens na dosagem de fertilizante, o equipamento é capaz de trabalhar com diferentes tipos de fertilizantes, solos com teores de nutrientes distintos, diversas espécies vegetais e diferentes velocidades de trabalho. O sistema de conformação de canteiros possibilita a utilização de discos, aivecas ou qualquer outro dispositivo como órgãos ativos, também permite a regulagem da altura e largura de conformação dos canteiros.

**Figura a publicar:** 1

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 27/12/2019 às 09:51, Petição 870190139898

**Dados do Inventor (72)**

---

**Inventor 1 de 7****Nome:** ANTÔNIO LILLES TAVARES MACHADO**CPF:** 45301417053**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Professor do ensino superior**Endereço:** Rua Gonçalves Chaves, 4581**Cidade:** Pelotas**Estado:** RS**CEP:** 96015-560**Pais:** BRASIL**Telefone:** (53) 981 150332**Fax:****Email:** lilles@ufpel.edu.br**Inventor 2 de 7****Nome:** TIAGO VEGA CUSTÓDIO**CPF:** 81225970091**Nacionalidade:** Brasileira**Qualificação Física:** Doutorando**Endereço:** Rua João da Silva Silveira, 265**Cidade:** Pelotas**Estado:** RS**CEP:** 96075-810**Pais:** BRASIL**Telefone:** (53) 984 277705**Fax:****Email:** tiagovegacustodio@gmail.com**Inventor 3 de 7**

---

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 27/12/2019 às 09:51, Petição 870190139898

**Nome:** ROGER TOSCAN SPAGNOLO

**CPF:** 82791937072

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Física:** Professor do ensino superior

**Endereço:** Rua Santiago Dantas, 235, casa: 141

**Cidade:** Pelotas

**Estado:** RS

**CEP:** 96065-450

**Pais:** BRASIL

**Telefone:** (55) 991 810232

**Fax:**

**Email:** roger.toscan@gmail.com

**Inventor 4 de 7**

**Nome:** FABRÍCIO ARDAIS MEDEIROS

**CPF:** 68076789087

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Física:** Professor do ensino superior

**Endereço:** Rua Dr. Fernando Ferrari, 257/102-A

**Cidade:** Pelotas

**Estado:** RS

**CEP:** 96080-090

**Pais:** BRASIL

**Telefone:** (55) 999 141254

**Fax:**

**Email:** medeiros.ardais@gmail.com

**Inventor 5 de 7**

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 27/12/2019 às 09:51, Petição 870190139898

**Nome:** ÂNGELO VIEIRA DOS REIS

**CPF:** 45895465072

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Física:** Professor do ensino superior

**Endereço:** Rua Tomaz Soares Vieira

**Cidade:** Pelotas

**Estado:** RS

**CEP:** 96083-472

**Pais:** BRASIL

**Telefone:** (55) 999 898766

**Fax:**

**Email:** areis3@gmail.com

**Inventor 6 de 7**

**Nome:** ROBERTO LILLES TAVARES MACHADO

**CPF:** 57240965015

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Física:** Professor do ensino superior

**Endereço:** Rua Dr. Fernando Ferrari, 248/101

**Cidade:** Pelotas

**Estado:** RS

**CEP:** 96080-090

**Pais:** BRASIL

**Telefone:** (53) 981 252997

**Fax:**

**Email:** rlilles3@gmail.com

**Inventor 7 de 7**

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 27/12/2019 às 09:51, Petição 870190139898

**Nome:** ANDRÉ OLDONI

**CPF:** 00426939000

**Nacionalidade:** Brasileira

**Qualificação Física:** Professor do ensino superior

**Endereço:** Rua Santiago Dantas 235. Casa 654

**Cidade:** Pelotas

**Estado:** RS

**CEP:** 96065-450

**Pais:** BRASIL

**Telefone:** (53) 999 966535

**Fax:**

**Email:** andreoldoni@gmail.com

#### Documentos anexados

---

<b>Tipo Anexo</b>	<b>Nome</b>
Comprovante de pagamento de GRU 200	Comprovante de pagamento.pdf
Desenho	Figuras.pdf
Reivindicação	Reivindicações.pdf
Relatório Descritivo	Relatório Descritivo.pdf
Resumo	Resumo.pdf
Procuração	PROCURAÇÃO_2017.pdf
Portaria	Termo de Posse MEC.pdf

#### Acesso ao Patrimônio Genético

---

- Declaração Negativa de Acesso - Declaro que o objeto do presente pedido de patente de invenção não foi obtido em decorrência de acesso à amostra de componente do Patrimônio Genético Brasileiro, o acesso foi realizado antes de 30 de junho de 2000, ou não se aplica.

#### Declaração de veracidade

---

- Declaro, sob as penas da lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

**PETICIONAMENTO  
ELETRÔNICO**

Esta solicitação foi enviada pelo sistema Petição Eletrônica em 27/12/2019 às 09:51, Petição 870190139898

## **Anexos**

Anexo A – Quadro de informações gerais sobre o cultivo de hortaliças.

<b>Espécie</b>	<b>Tipo de plantio</b>	<b>Espaçamento (linha x planta) (m)</b>	<b>Início da colheita (dias)</b>	<b>Produtividade normal em 10m<sup>2</sup></b>
Acelga	Muda/Canteiro	0,40 x 0,30	60 – 70	15 – 20kg
Alface	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	60 – 90	160 pés
Alface verão	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	60 – 80	160 pés
Alho	Direto/Canteiro	0,25 x 0,10	150 – 180	4 – 6kg
Almeirão	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	60 – 90	160 pés
Batata	Direto/Sulco	0,90 x 0,30	110 – 120	20 – 30kg
Batata-baroa	Direto/Leira	0,80 x 0,30	240 – 360	10 – 20kg
Batata-doce	Direto/Leira	0,90 x 0,30	120 – 150	10 – 15kg
Berinjela	Direto/Muda	1,20 x 1,00	90 – 100	80kg
Beterraba	Direto/Canteiro	0,20 x 0,10	60 – 80	30 – 40kg
Brócolos	Muda/Covas	0,90 x 0,50	90 – 100	10 – 30kg
Cebola	Muda/Canteiro	0,40 x 0,10	100 – 120	10 – 20kg
Cebolinha	Muda/Canteiro	0,25 x 0,15	70 – 90	6kg
Cenoura	Direto/Canteiro	0,20 x 0,05	90 – 110	20 – 30kg
Chicória	Muda/Canteiro	0,25 x 0,25	80 – 90	160 pés
Couve	Muda/Covas	0,90 x 0,50	70 – 90	16 molhos
Coentro	Direto/Canteiro	0,25 x 0,10	50 – 70	6kg
Couve-flor	Muda/Covas	0,90 x 0,50	100 – 110	10 – 12kg
Ervilha torta	Direto/Covas	0,90 x 0,40	70 – 90	9 – 10kg
Ervilha grão	Direto/Sulco raso	0,25 x 0,07	100 – 110	2 – 3kg
Espinafre	Direto/Canteiro	0,25 x 0,10	60 – 70	40 – 50 molhos
Feijão vagem	Direto/Cova	1,00 x 0,50	60 – 80	20 – 25kg
Inhame	Direto/Sulco	0,90 x 0,20	170 – 210	10 – 15kg
Morango	Muda	0,30 x 0,20	70 – 80	30 – 40kg
Mostarda	Muda	0,40 x 0,40	60 – 70	62 pés
Pepino	Direto/Muda	1,00 x 0,50	70 – 80	40 – 50kg
Pimentão	Muda	1,00 x 0,50	100 – 110	30 – 40kg
Quiabo	Direto/Muda	1,00 x 0,40	90 – 100	15 – 22kg
Rabanete	Direto	0,25 x 0,05	30 – 35	15 – 30kg
Repolho	Muda	0,80 x 0,40	85 – 95	30 – 60kg
Repolho verão	Muda	0,80 x 0,40	85 – 90	30 – 60kg
Salsa	Direto/Muda	0,25 x 0,10	65 – 70	6kg
Tomate	Muda	1,00 x 0,50	90 – 100	50 – 100kg

Fonte: Recomendações técnicas para o cultivo de hortaliças em agricultura familiar. EMBRAPA, 2007.

Anexo B – Determinação da umidade de fertilizantes e substratos.

Para determinar a umidade a 60 – 65°C (para não alterar a amostra quimicamente):

- ✓ Pesar duas latas de alumínio a serem utilizadas na determinação identificando-as;
- ✓ Pesar 20g da amostra em cada em cada lata correspondente;
- ✓ Tomar o peso da amostra mais a lata;
- ✓ Colocar as amostras por um período de 48h em estufa de ar forçado a 60 – 65°C, observando a obtenção de peso constante;
- ✓ Transferir as amostras da estufa para um dessecador até esfriá-las;
- ✓ Pesar as latas contendo as amostras;
- ✓ Descontar o peso das latas e obter o peso das amostras;
- ✓ Calcular conforme a equação 7.

$$Umidade a 60 - 65^{\circ}C = 100 * \frac{PAU - PAS}{PAU} \quad (7)$$

Em que:

PAU = peso da amostra úmida;

PAS = peso da amostra seca.

Para determinar a umidade a 100 - 110°C:

- ✓ Pesar dois cadinhos de porcelana e identifica-los;
- ✓ Pesar 2,5 a 5g do material já seco;
- ✓ Colocar nos cadinhos de porcelana (sempre seguindo a repetição das latas);
- ✓ Levar à estufa de 4 a 12 horas na temperatura de 100 - 110°C;
- ✓ Transferir as amostras da estufa para um dessecador até esfriá-las;
- ✓ Determinar a umidade em função da análise anterior;
- ✓ Calcular conforme a equação 8.

$$Umidade a 100 - 110^{\circ}C = \frac{[(100 - umidade a 60 - 65^{\circ}C) * peso seco a 100 - 110^{\circ}C]}{peso da amostra seca a 60 - 65^{\circ}C} \quad (8)$$

A umidade total dos fertilizantes foi calculada por intermédio da equação 9, que é definida pela soma das umidades determinadas a 60 - 65 °C e a 100 - 110°C, o resultado é expressado em porcentagem.

$$Umidade total da amostra = Umidade a 60 - 65^{\circ}C + Umidade a 100 - 110^{\circ}C \quad (9)$$

Anexo C – Quadro com a lista de verificações com as principais características para o projeto de forma.

<b>Características principais</b>	<b>Exemplos</b>
Função	A função prevista é satisfeita? Quais as funções auxiliares são necessárias?
Princípio de trabalho	Os princípios de solução selecionados produzem o efeito desejado, grau de eficiência e vantagem? Quais distúrbios devem ser esperados?
Dimensionamento	A forma e dimensões selecionadas garantem, com o material previsto e com (projeto) antecipado tempo de vida útil e sob as cargas de serviço, ter suficiente durabilidade? Deformações admissíveis? Suficiente estabilidade? Suficiência independência de ressonância? Dilatação desacompanhada de distúrbios? Resistências à corrosão e ao desgaste aceitáveis?
Segurança	Foram considerados os fatores que influenciam a segurança dos componentes, da função, da operação e do meio ambiente?
Ergonomia	Foram observadas as relações homem-máquina? Foram respeitados solicitação, exigência e cansaço? Foi atendido o requisito de uma boa forma (estética)?
Produção	Foram considerados critérios de produção com respeito à tecnológica e à economia?
Controle	Os controles necessários são possíveis durante e após a fabricação ou em uma outra data e tais estão especificados?
Montagem	Todos os processos de montagem internos ou externos à fábrica podem ser executados de modo simples e na ordem certa?
Transporte	Foram verificados e considerados as condições e risco de transporte internos e externos à fábrica?
Operação	Foram considerados em dose suficiente todas as ocorrências que surgem durante operação ou utilização como por exemplo: ruído, trepidação e manuseio?
Reciclagem	É possível reaproveitamento ou reprocessamento?
Manutenção	São exequíveis e verificáveis de modo seguro, as providências necessárias para manutenção, inspeção e conserto?
Custos	Foram obedecidos os limites de custo prefixados? Vão surgir despesas operacionais ou incidentais adicionais?
Cronograma	Os prazos podem ser cumpridos? Há possibilidades de projetar a forma visando a melhora da situação no tocante aos prazos?

Fonte: Pahl et al., (2005).