

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PROJETO DE BANCADA DE TESTES PARA DOSADORES
DE SEMEADORAS DE PRECISÃO**

GABRIEL PEREIRA ALMEIDA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019

**PROJETO DE BANCADA DE TESTES PARA DOSADORES DE
SEMEADORAS DE PRECISÃO**

GABRIEL PEREIRA ALMEIDA

Orientador: PROF. Dr. NATANAEL TAKEO YAMAMOTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte das exigências para conclusão do curso de
Engenharia Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

A447p Almeida, Gabriel Pereira

Projeto de bancada de testes para dosadores de semeadoras de precisão [recurso eletrônico] / Gabriel Pereira Almeida. -- 2019.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Natanael Takeo Yamamoto.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. produtividade. 2. ensaio. 3. mecanismo dosador. I. Yamamoto, Natanael Takeo. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**PROJETO DE BANCADA DE TESTES PARA DOSADORES DE SEMEADORAS DE
PRECISÃO**

Por

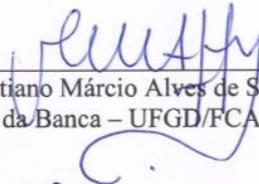
Gabriel Pereira Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

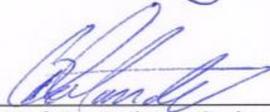
Aprovado em: 26 de novembro de 2019.



Prof. Dr. Natanael Takeo Yamamoto
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
Membro da Banca – UFGD/FCA



Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando
Membro da Banca – UFGD/FCA

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus.

Aos meus familiares os quais sempre me apoiaram em todas minhas decisões em especial meus pais Jesus Medina Almeida, Rosangela de Fatima Pereira Almeida e minha irmã Marcela Pereira Almeida, sem eles nada seria possível.

À Universidade Federal da Grande Dourados pelo ambiente sempre agradável e incentivador, à Faculdade de Ciências Agrárias, ao Curso de Engenharia Agrícola pelos valiosos conhecimentos adquiridos e ao Projeto Baja Guaicurus em que me dediquei durante quatro anos da graduação

A todos os professores que de alguma maneira contribuíram para minha formação não só como profissional mas também como pessoa, em especial ao meu orientador durante os cinco anos de graduação Professor Dr. Natanael Takeo Yamamoto e também ao Professor Dr. Roberto Carlos Orlando e ao técnico Alexandre Zuiewskiy que sempre deram apoio nas tarefas em laboratório.

Agradeço também ao André Niciporengo Neto grande amigo e Bruna Beatriz de Paiva minha namorada pelo apoio na construção desse TCC.

Por fim agradeço aos meus amigos que percorreram comigo essa caminhada, especialmente aos integrantes do grupo BDR e todos aqueles com que contribuíram com minha trajetória até aqui.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Tipos de Semeadura.....	3
2.2 A semeadura como fator determinante na produtividade	3
2.2.1 Fatores que influenciam na semeadura.....	4
2.3 Dosadores de semeadoras de precisão	5
2.3.1 Fatores que influenciam no desempenho de mecanismos dosadores	7
2.4 Ensaio de bancada para avaliação de mecanismos dosadores	7
2.5 Metodologia de projeto.....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1. Requisitos de projeto	11
3.1.1 Lista de requisitos	11
3.2. Projeto conceitual	12
3.2.1 Estrutura funcional da bancada.....	12
3.2.2 Função Global.....	12
3.2.3 Funções parciais.....	13
3.2.4 Funções elementares	14
3.2.5 Busca por soluções	14
3.2.6 Escolha das soluções.....	16
3.3 Projeto preliminar	16
3.3.1 Equações para projeto dos roletes.....	17
3.3.2 Equações para potência do motor	17
3.3.3 Cálculo para seleção de correia e polia.....	19
3.4.6 Análise de elementos finitos (FEA).....	21

3.5 Projeto detalhado	22
3.6 Implementação do sistema elétrico – eletrônico	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Projeto preliminar	23
4.1.1 Esboço do projeto	23
4.1.2 Estrutura da bancada	24
4.1.3 Suporte universal para dosador	24
4.1.4 Correia transportadora, roletes e mancais	26
4.1.5 Seleção do motor de acionamento	29
4.1.6 Seleção da correia trapezoidal e polia	30
4.2 Projeto detalhado	32
4.2.1 Características gerais da bancada	32
4.2.2 Detalhamento da Estrutura	34
4.2.3 Suporte regulável de acoplamento do dosador	34
4.2.4 Transportador	34
4.2.5 Sistemas elétrico e eletrônico	36
5. CONCLUSÃO	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39
ANEXO 1 - DETALHAMENTO DOS COMPONENTES DA BANCADA	42
ANEXO 2 – PROGRAMAÇÃO PARA O CONTADOR DE SEMENTES	47

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1. Sub divisões dos dosadores. Fonte: Adaptado de Portella (1997).....	5
FIGURA 2. Vista explodida de um dosador com reservatório de sementes. Fonte: Manual de instruções Jumil - J2 S.	6
FIGURA 3. Metodologia de projeto. Fonte: traduzido de Pahl e Beitz 2007.	10
FIGURA 4. Função global do sistema.	13
FIGURA 5. Estrutura de funções parciais.	13
FIGURA 6. Estrutura funcional final.	14
FIGURA 7. Esboço inicial da bancada, com as soluções empregadas.....	23
FIGURA 8. Movimentos do suporte do dosador e suas chapas guia.	25
FIGURA 9. Dosador pneumático típico instalado no suporte.....	25
FIGURA 10.Deslocamento da chapa guia.	26
FIGURA 11. Análise com base no critério de tensão de von Mises da chapa guia.	26
FIGURA 12. Análise com base no critério de tensão de von Misses sobre o rolete.....	28
FIGURA 13. Análise de deslocamento do rolete.	28
FIGURA 14. Representação da bancada pela perspectiva frontal.....	33
FIGURA 15. Representação da bancada vista pela perspectiva traseira.	33
FIGURA 16. Representação de a) defletor, b) caixa para recolhimento das semente e c) esticador da correia transportadora.	35
FIGURA 17. Mecanismo de transmissão da bancada.	35
FIGURA 18. Esquema elétrico de ligação do motor.....	36
FIGURA 19. Posicionamento do sensor de velocidade do transportador.	37

ALMEIDA, Gabriel Pereira. **Projeto de bancada de testes para dosadores de semeadoras de precisão**. 2019. 50p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

A operação de semeadura é fator determinante no arranjo das plantas no ambiente de produção com atuação direta no desenvolvimento e conseqüentemente na produtividade, sendo a velocidade de semeadura e características do mecanismo dosador os aspectos da operação com mais influência. O objetivo deste trabalho foi projetar uma bancada de testes para dosadores de semeadoras de precisão utilizando como base metodológica o modelo de fases de projeto. Foram levantados os requisitos de projeto, definidas as funções a serem realizadas pela bancada e selecionadas as soluções para o cumprimento das funções. A bancada foi projetada em ambiente computacional 3D, onde verificou-se diferentes arranjos e dimensões também foram realizadas análises de componentes e desenvolvido um projeto de automatização para a contagem de sementes. O modelo finalizado foi detalhado com suas dimensões e especificações, pronto para construção. Foi concluído que a aplicação do modelo de fases de projeto possibilitou criar um projeto de uma bancada de testes que atendesse os requisitos dos ensaios de dosadores de sementes de semeadoras de precisão.

Palavras-chave: produtividade; ensaio; mecanismo dosador.

ALMEIDA, Gabriel Pereira. **Test bench design for precision seeders**. 2019. 50p. Monograph (Undergraduate in Agricultural Engineering) - Federal University of Grande Dourados, Dourados - MS.

ABSTRACT

The seeding operation is a determining factor in the arrangement of plants in the production environment with direct action on development and consequently on productivity, being the sowing speed and dosing mechanism characteristics are the most influential aspects of the operation. The objective of this work was to design a test bench for precision seeders feeders using the design phase model as a methodological basis. The project requirements were raised, the functions to be performed by the workbench were defined and solutions were selected to fulfill the functions. The bench was designed in a 3D computer environment, where different arrangements and dimensions were verified. Component analysis was also performed and an automation project for seed counting was developed. O modelo finalizado foi detalhado com suas dimensões e especificações, pronto para construção. It was concluded that the application of the design phase model made it possible to create a test bench design that would meet the precision seeders testing requirements

Keywords: productivity; test; dosing mechanism.

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira tem obtido destaque internacional com recordes de produção, principalmente em commodities como soja, milho e algodão. De acordo com CONAB (2019), a safra brasileira de grãos em 2018/2019 obteve crescimento de 6,4% em relação a 2017/18, passando de 227,7 para 242,1 milhões de toneladas.

Ao longo dos anos o cenário da agricultura brasileira sofreu com diversas modificações que contribuíram para que a produção atual atingisse esse patamar. Segundo Gasques et al. (2018), as lavouras temporárias que ocupavam 36,8 milhões de hectares em 1975 chegaram a 69,5 milhões em 2016, contudo segundo os autores o fator predominante para o atual cenário foi a produtividade dessas áreas, que entre esses 41 anos alcançaram um crescimento da produção de 3,84% ao ano. Desta forma, aumentar a produtividade, ou seja, obter maiores produções sem aumento de área tem sido o maior trunfo da agricultura brasileira.

São inúmeros os fatores que estão impulsionando a agricultura brasileira, cita-se algumas delas: a qualidade de pesquisas realizadas tanto pelo setor público como privado, o conhecimento do produtor rural que atualmente detém de melhores dados e ferramentas para o auxilia-lo nas tomadas de decisões, tecnologia e aumento das capacidades de máquinas agrícolas, o uso maior de insumos como os defensivos, sementes e fertilizantes. De acordo com Gasques et al. (2018), a maior e melhor utilização de insumos foi o fator preponderante na crescente produtividade, o uso de fertilizantes por exemplo cresceu de 2 milhões para 15 milhões toneladas entre 1975 a 2016.

A melhor gestão dos recursos é uma das bases para um tipo sistema que vem sendo muito difundido nos campos de produção brasileiro, a agricultura de precisão, que é definida pelo Ministério da Agricultura como “um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente” (BRASIL, 2014). Portanto, os insumos são geridos levando em consideração a variabilidade da área, ou seja, cada ponto deve ser avaliado e tratado individualmente.

Para que ocorra a correta distribuição e dosagem dos insumos torna-se necessário o aprimoramento dos equipamentos, estes que antes eram ajustados para correta aplicação de doses únicas, devem agora variar instantaneamente a distribuição e a dosagem conforme as recomendações agronômicas baseadas nas variabilidades da área. As empresas, sejam elas nacionais ou estrangeiras, têm aumentado a capacidade de suas máquinas e implementos embarcando juntamente alta tecnologia para o auxílio em cada etapa de produção. Os tratores,

pulverizadores, distribuidores de sólidos, semeadoras e colhedoras estão entre os mais afetados por tais modificações.

Vale ressaltar que, dentre as etapas de produção nenhuma deve ser negligenciada, porém a etapa de semeadura deve receber atenção especial. Segundo Schmidt et al. (1999), a qualidade da semeadura e da semeadura afetam diretamente o estabelecimento do estande de plantas final, o que está diretamente ligado ao potencial produtivo da lavoura.

A qualidade da semeadura é dependente do arranjo de alguns fatores como: sementes de qualidade, a abertura e fechamento do sulco para deposição e cobertura da semente, espaçamento e profundidade de semeadura, velocidade da operação e espaçamento entre as linhas de plantio (MÁRQUEZ, 2004). Ainda de acordo com Santos et al. (2010), pesquisas indicam que uma das características que mais colaboram para um estande adequado de plantas é a uniformidade de distribuição longitudinal de sementes.

No âmbito de aspectos tecnológicos de precisão em semeadoras-adubadoras o que têm sido encontrados são grandes avanços no controle de taxa de aplicação e sistemas de dosagem, fazendo necessário a utilização de meios para avaliação das novas soluções.

Para que o estudo baseado em dosadores seja aprofundado e novas tecnologias de dosagem sejam validadas, torna-se necessário a utilização de bancadas de teste que possam aferir a eficiência e eficácia dos modelos propostos. No entanto, materiais para estudo são escassos e o mercado não possui bancadas de teste para dosadores disponíveis para comercialização, o que leva os pesquisadores a desenvolverem seus próprios mecanismos para estudo.

O presente trabalho teve como objetivo projetar uma bancada de testes que auxilie nos ensaios de dosadores de sementes de semeadoras de precisão, para tal foi utilizado como base metodológica o modelo de fases de projeto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Tipos de Semeadura

É chamada semeadura a operação na qual a instalação de uma cultura é realizada por meio de sementes. O termo plantio é utilizado quando a propagação é realizada através de órgãos vegetativos como colmos, raízes e gemas, já o transplante é assim chamado quando a propagação é feita por meio de mudas ou plântulas. De maneira geral o termo plantio é utilizado para denominar a operação de instalação de uma cultura (MIALHE, 2012).

De acordo com Mialhe (2012) os tipos de plantio ou semeadura podem ser denominados de acordo com o tipo de preparo do solo, eles são dois basicamente, plantio convencional e plantio direto. O plantio convencional, é denominado assim quando o preparo do solo é realizado em toda a área, já o plantio direto é realizado de maneira localizada apenas na linha de semeadura. O autor ainda comenta que o termo plantio direto é um eufemismo já que o termo agrônômico correto é semeadura, mas por convenção vem sendo chamado assim.

2.2 A semeadura como fator determinante na produtividade

Santos et al. (2017) elencou os fatores e técnicas de produção que afetam a produtividade de soja, segundo a autora os fatores são divididos em: fatores genéticos, ambientais, climáticos e edáficos. Dentre as técnicas de produção estão: escolha de variedade, escolha de época de semeadura, definição de população de plantas, tipo de semeadura, adubação, manejo do solo, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, além da colheita da safra anterior.

A redução da produtividade de algumas culturas como de soja e de milho está relacionada com a não uniformidade da distribuição de plantas, que resulta em modificação das condições de concorrência entre as plantas. Um artifício que pode-se fazer uso para alavancar a produção de milho e soja é aumentar a densidade de plantas assim como reduzir o espaçamento entre linhas. Tal artifício vem sendo largamente utilizado em campos de produção brasileiros e só é possível com melhorias na semeadura e melhorias genéticas das culturas (MANTOVANI et al 2015).

Segundo Mantovani (1990), um dos fatores que mais afetam a produtividade do milho é a densidade de semeadura, a qual é dependente do tipo de semeadora utilizada e de suas

regulagens. A irregularidade da distribuição longitudinal de semente tem potencial de diminuir a produtividade de uma cultura, distribuição maior do que a desejada pode trazer competição por nutrientes, água, espaço e luminosidade assim como uma distribuição abaixo do necessário acarreta em um menor aproveitamento dos recursos (Delafosse, 1986). O autor ainda salienta que a carência de espaço pode trazer perdas na ordem de 15% para o milho, 10% para soja e 35% para a cultura do girassol.

Tourino et al. (2002) avaliaram o efeito do espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade. Foram utilizados espaçamentos de 45 e 60 cm, densidades de 10, 13, 16, 19 e 22 sementes por metro e uniformidade de 25%, 35%, 60% e 100%. Os autores concluíram que a produtividade da soja aumenta com a redução do espaçamento entre linhas acompanhada de uma menor densidade, a maior produtividade foi conseguida com espaçamento de 45 cm, densidade de 10 plantas por metro e uniformidade acima de 60%, verificou-se também que maior uniformidade resulta em menor acamamento e maior produtividade.

2.2.1 Fatores que influenciam na semeadura

Segundo Balastreire (1990), as sementes, o clima, a máquina, o solo e a operação são os fatores que mais influenciam a semeadura. De acordo com o autor a respeito do fator máquina os aspectos mais influentes são o tipo de mecanismo de cobertura, tipo de mecanismo dosador e tipo de sulcador, em relação ao fator operação. Ainda segundo o autor os aspectos mais influentes são a habilidade do operador em regular corretamente a distribuição, profundidade e controle da velocidade de operação.

De acordo com Dambrós (1998), a distribuição de sementes e sua homogeneidade são afetadas com o aumento da velocidade de semeadura. A medida em que se aumenta a velocidade, os espaçamentos múltiplos e falhas aumentam, tem-se maior variação da densidade, índice de precisão menor e consequentemente menor produtividade.

Garcia et al. (2011) avaliaram a influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora na semeadura de milho, constatando que o aumento da velocidade, acarretou em aumento da patinação dos pneus da semeadora, maior profundidade de plantio, ocorrência de duplos, maior espaçamento entre sementes e sementes descobertas. Os autores ainda concluíram que sementes que passaram pelo mecanismo dosador tiveram porcentagem de germinação menor do que as que não passaram e, atribuíram isso a velocidade periférica do disco aumentada com o aumento da velocidade de deslocamento.

2.3 Dosadores de semeadoras de precisão

Há diferentes maneiras de se classificar as semeadoras, o tipo de classificação diz respeito ao objetivo visado com a mesma, a classificação quanto a forma de distribuição sementes é a mais comum. De acordo com Balastreire (1987), as semeadoras quanto a sua forma de distribuição são classificadas assim:

Em linha:

- Contínua;
- De precisão;
- Em quadrado;
- Em grupos.

A lanço:

- Aéreas;
- Terrestres.

Os tipos mais utilizados no Brasil são semeadoras em linha contínua ou de precisão e semeadoras a lanço terrestre. Tratando de semeadoras de precisão, são chamadas assim pois há precisão na dosagem de sementes, elas são dosadas preferencialmente uma a uma com espaçamento uniforme, ao contrário das semeadoras contínuas que apesar de serem dosadas em linha não se tem controle do número de sementes dosada (BALASTREIRE 1987).

De acordo com Portella (1997) os dosadores de precisão são classificados em dois grandes grupos, dosadores mecânicos e dosadores pneumáticos. A sub classificação dos dosadores está na Figura 1.

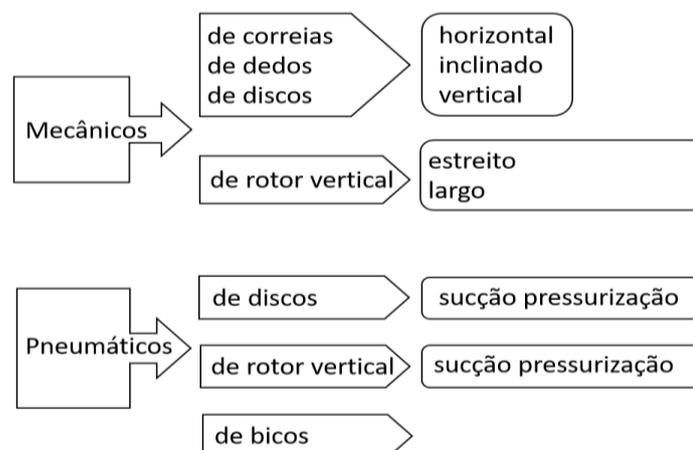


FIGURA 1. Sub divisões dos dosadores. Fonte: Adaptado de Portella (1997).

Dosadores mecânicos de disco são comumente mais utilizados nas semeadoras brasileiras principalmente as de discos horizontais. Trata-se de um mecanismo cujo o principal componente é o disco rotativo provido de orifícios ou alvéolos responsáveis pela captura e dosagem da sementes, o mecanismo é acionado pela roda da semeadora através de transmissão por engrenagens, correntes e rodas dentadas, sendo que essa relação de transmissão pode ser modificada, assim a velocidade de giro do dosador é proporcional a de deslocamento da semeadora (MIALHE, 2012). Um exemplo de dosador mecânico está disposto na Figura 2.

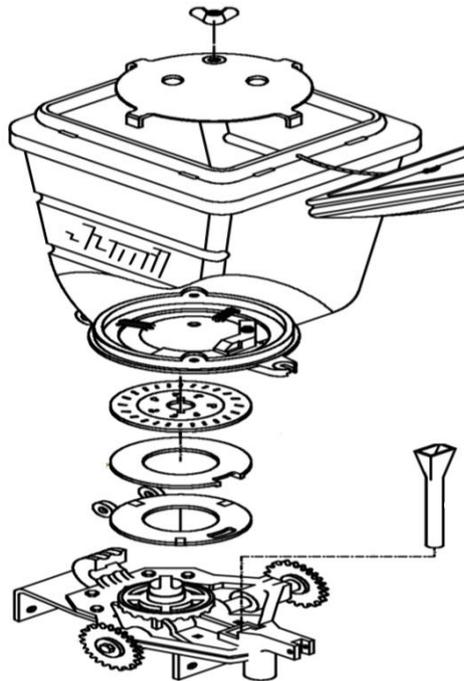


FIGURA 2. Vista explodida de um dosador com reservatório de sementes. Fonte: Manual de instruções Jumil - J2 S.

Os dosadores pneumáticos utilizam pressurização ou sucção de ar como princípio para captura de sementes, seu acionamento pode ser individual ou conjunto com a semeadora, a construção desse tipo de dosador varia de acordo com os fabricantes mas o objetivo é sempre o mesmo, individualizar as sementes nos orifícios de um disco independente da forma ou tamanho, as vantagens desse tipo de dosador são os menores danos à semente e maior precisão de dosagem (Portella, 1997).

2.3.1 Fatores que influenciam no desempenho de mecanismos dosadores

É função dos mecanismos dosadores a correta distribuição de plantas na linha de semeadura e o estabelecimento da população das mesmas. A baixa densidade de plantas acarretam em baixos rendimentos das culturas, sob outra perspectiva, densidades acima do ideal pode ocasionar plantas de maior altura e debilitas causando acamamento e quebramento das mesmas (SIQUEIRA, 2008).

O erro na dosagem é tido como uma relação entre a distância de sementes dosadas e a distância teórica determinada nos dosadores (REIS e FORCELLINI, 2003). Os pesquisadores elencaram os principais fatores que afetavam o desempenho de mecanismos dosadores, segundo eles: as características da semente, a relação tamanho e forma ente as células de captura dos discos e as sementes, a velocidade do mecanismo rotativo, desgaste dos componentes, as regulagens, os lubrificantes, a geometria dos reservatórios, a conformidade com os dados dos fabricantes e o desempenho dos mecanismos exclusor e ejetor são os fatores que claramente afetam a dosagem.

Após uma avaliação a respeito das relações entre os fatores que afetam o desempenho de mecanismos dosadores, Reis e Forcellini (2003) concluíram que a relação entre tamanho e forma das células de captura dos discos e as sementes em confronto com o desempenho dos mecanismos auxiliares do dosador causam a maior interferência na dosagem. Notou-se ainda que problemas na individualização das sementes afetam a regularidade da distribuição longitudinal de sementes e causam danos mecânicos que afetam a germinação.

Siqueira (2008), afirma que o sistema de distribuição de semente tende a melhorar proporcionalmente à menor distância entre o dosador e o sulco de deposição, pois ao serem liberados pelo dosador, as sementes podem se chocar contra as paredes do tubo condutor e sofrerem um processo chamado recochiteamento que aumenta o tempo para a deposição e diminui sua suavidade.

Mello et al. (2003), após avaliação concluíram que o dosador que utilizava sistema pneumático teve desempenho superior ao dosador mecânico, segundo os autores o sistema pneumático obteve espaçamentos mais aceitáveis.

2.4 Ensaio de bancada para avaliação de mecanismos dosadores

Com o auxílio de uma bancada é possível simular de maneira controlada as condições de campo e aferir seus efeitos no desempenho dos mecanismos dosadores, de condução e de

lançamento. Existem diferentes tipos de bancadas, as mais comuns são constituídas de bases metálicas com suporte para uma semeadora ou somente para o mecanismo isolado, com auxílio de motores eletromagnéticos. Realiza-se a variação da velocidade dos mecanismos, e também a simulação do deslocamento das semeadoras (MIALHE, 1996).

Colombino e Pollacino (1996) descrevem os requisitos necessários para construção de uma bancada, ela dever ser capaz de possibilitar:

- a regulagem do dosador para diferentes culturas a qual é recomendada;
- a modificação da velocidade dos mecanismos linearmente com a velocidade de semeadura;
- ensaios com diferentes níveis de sementes do reservatório.

Os ensaios são realizados com o dosador junto do tubo condutor montado na bancada. A simulação do deslocamento é feita variando a velocidade de uma correia coberta por uma material capaz de capturar as semente no local onde ela foi depositada. O acionamento da correia deve ser feito sincronizando o seu acionamento com o mecanismo dosador, de maneira que a velocidade do dosador corresponda a velocidade do deslocamento da semeadora. O ensaio não leva em consideração a patinagem das rodas. Além disso, os autores sugerem que a avaliação do desempenho dos mecanismos seja feita através de parâmetros, que podem ser: fluxo de sementes, quantidade de sementes por metro, maneira com que as sementes se depositam.

Mialhe (2012) cita alguns ensaios possíveis de serem realizados em bancadas, um deles é os de regulagem do mecanismo dosador (também chamado de calibração) no qual é possível verificar se o ajuste indicado para cada cultura condiz com o apresentado, fazer o diagrama das transmissões das semeadoras e verificar correspondência de velocidade entre a roda motriz e a velocidade do rotor do dosador. Pode ser realizado também ensaios com velocidade variável, no qual o objetivo é avaliar os efeitos da velocidade sobre o fluxo e deposição das sementes além de danos causados as mesmas; outra possibilidade é o ensaio com variação do nível de sementes no reservatório.

De acordo com Kempiski (2006), as bancadas mais antigas utilizavam esteira rolante coberta em graxa ou algum material para captura das sementes e as avaliações eram feitas contando o espaçamento uma a uma. O autor conta também que esse processo foi aprimorados nos centros de pesquisas com utilização de sensores para a contagem das sementes, com os dados processados têm-se diretamente a distância entre sementes facilitando a aferição e dando mais precisão ao dados.

Jasper et al. (2009) avaliou o desempenho de bancadas de teste para dosadores com esteira com feltro e esteira com material colante, utilizou velocidades de 3, 5, 7 e 9 km.h⁻¹ combinadas com densidades de 4, 4,8 e 5,6 sementes por metro e concluiu que não há diferença significativa na comparação de desempenho entre as duas.

Walker et al. (2018) desenvolveram uma bancada de ensaios para semeadora com construção diferente das citadas até aqui. Em seu projeto não há esteira, a avaliação do dosador é feita através de um sensor no tubo condutor que realiza a contagem das sementes. Uma bancada com princípios parecidos foi utilizada por Reis et al. (2007) em suas pesquisas.

Kempski (2006) desenvolveu uma bancada do tipo rolo, na qual a semeadora é avaliada sem que seja necessário a remoção de nenhuma parte da semeadora, a bancada conta com dois rolos colocados paralelamente que tem a função de acionar a roda motriz da semeadora fazendo assim que ela acione os mecanismos dosadores, de acordo com o autor a bancada se mostrou um ótimo recurso para avaliação por sua agilidade e gama de aplicação.

2.5 Metodologia de projeto

De acordo com Bomfim (1995), metodologia é definida como o estudo da técnicas, ferramentas e métodos e suas aplicações em organizações e soluções teóricas e práticas. Mello (2011) descreve método de projeto como um caminho a ser seguido por um *designer* para a solução de um problema, levando em consideração as características e os processos envolvidos que um produto deve transpor para alcançar funções pré-estabelecidas.

Back (1983) cita que um projeto de produto industrial pode ser dividido em fases com diferentes formas, sendo elas com maiores ou menores detalhamento, ele elege que pontos principais de um projeto são: estudo de viabilidade, projetos preliminar e detalhado, revisão e testes, além de planejamentos do mercado, para o consumo e manutenção.

Pahl e Beitz (2007) criaram um método com origem na engenharia na qual o processo de projeto se divide em quatro etapas: Clarificação das necessidades projeto conceitual projeto preliminar projeto detalhado. Neste método cada etapa requer uma lista de objetivos serem cumpridos para passagem a próxima fase, o projeto é concluído quando é finalizada a documentação das soluções do produto elaborado, Na Figura 3 tem-se o método proposto completo com as descrições de cada fase.

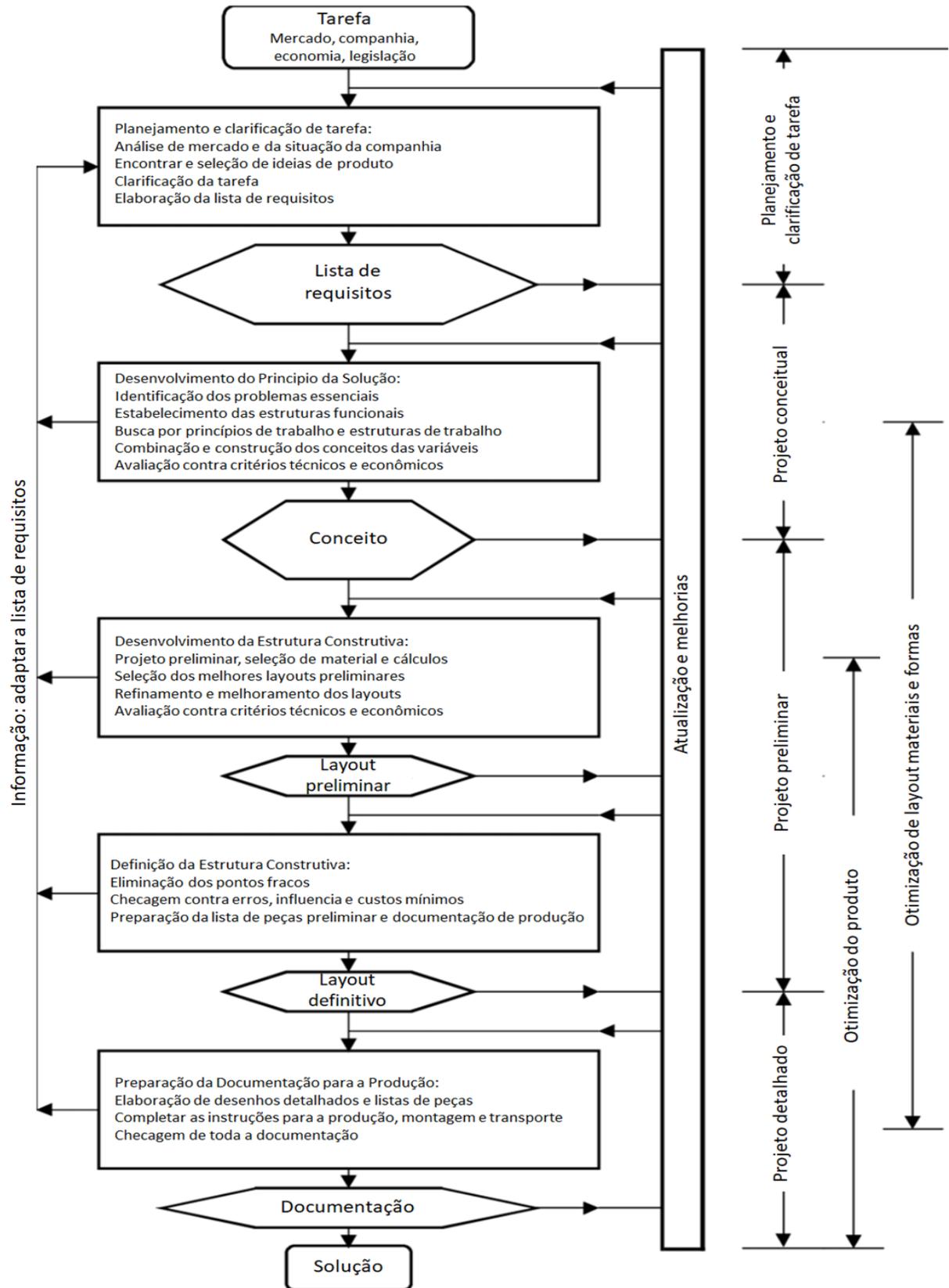


FIGURA 3. Metodologia de projeto. Fonte: traduzido de Pahl e Beitz 2007.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do produto foi realizado no Laboratório de Máquinas e Implementos Agrícolas da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) localizado na unidade 2 da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), para tal foi utilizado como metodologia de projeto uma adaptação do modelo proposto por Pahl e Beitz (2007).

Foi dado início ao projeto pulando algumas etapas iniciais do modelo proposto, pois o produto a ser desenvolvido já estava definido, iniciou-se o projeto pela etapa de levantamento de dados, informações e lista de requisitos. Foi dada continuidade pelo projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado, esse último também não se fez necessário sua conclusão, já que a manufatura não foi realizada nesse trabalho, além disso os custos de produção e avaliação da produção em larga escala que também são etapas do projeto detalhado não foram discutidos neste trabalho pois a venda não foi uma finalidade do projeto.

3.1. Requisitos de projeto

Para levantamento dos requisitos de projeto foi realizada uma coleta de informações através de pesquisas e levantamento de dados em diferentes fontes como livros, artigos científicos, teses, materiais de fabricantes de máquinas e peças agrícolas, a fim de compreender as necessidades dos possíveis usuários e levantar uma lista de requisitos que o produto deveria cumprir.

Os requisitos de projeto foram baseados nas dificuldades e necessidades encontradas em desenvolvimentos de outras bancadas.

3.1.1 Lista de requisitos

A lista de requisitos foi dividida em três classes: ensaios possíveis de serem realizados, baseados nos ensaios propostos por Mialhe (2012), regulagens possíveis, baseadas nos requisitos de projeto para bancadas segundo Colombino e Pollacino (1996), e facilidades ao operador, de acordo com Kempesky (2006). A lista de requisitos está no Quadro 1.

QUADRO 1. Lista de requisitos de projeto.

Classe	Requisitos necessários
Ensaio possíveis	Regulagem e calibração do mecanismo dosador Ensaio com velocidades variáveis Ensaio com níveis diferentes de reservatório
Regulagens possíveis	Possibilitar modificação da velocidade do mecanismo dosador de acordo com a velocidade de semeadura Regulagens de altura do dosador
Facilidades ao operador	Contagem das sementes pela bancada Recolhimento das sementes pela bancada

3.2. Projeto conceitual

Dispondo da lista de requisitos o próximo passo foi o projeto conceitual, onde foram selecionadas as soluções para o cumprimento dos requisitos, que só foram possíveis através do estabelecimento de estruturas, princípios adequados de trabalho e identificação do problema principal. Para tal desenvolveu-se uma estrutura de funções macro que puderam ser subdivididas em funções micro, as quais quando relacionadas, tornaram possível a identificação das funções que permitem a realização de uma tarefa.

3.2.1 Estrutura funcional da bancada

O estabelecimento de uma estrutura funcional se fez através de uma análise funcional a qual resultou em uma estrutura com três níveis de funções, chamada aqui de função global, funções parciais ou macro e funções elementares ou micro. O objetivo desse passo foi estabelecer as ações necessárias para o pleno funcionamento do equipamento e buscar soluções para o desenvolvimento.

3.2.2 Função Global

A função global é o ponto de partida para a determinação das funções elementares da bancada, ela foi definida a partir da ação principal que a bancada deveria realizar. Nesse caso realizar a avaliação da semeadura feita por um mecanismo dosador. Na Figura 4 tem-se a função global

da bancada bem com a fronteira e os fluxos do sistema, e no quadro 2 estão dispostas as entradas e saídas do sistema:

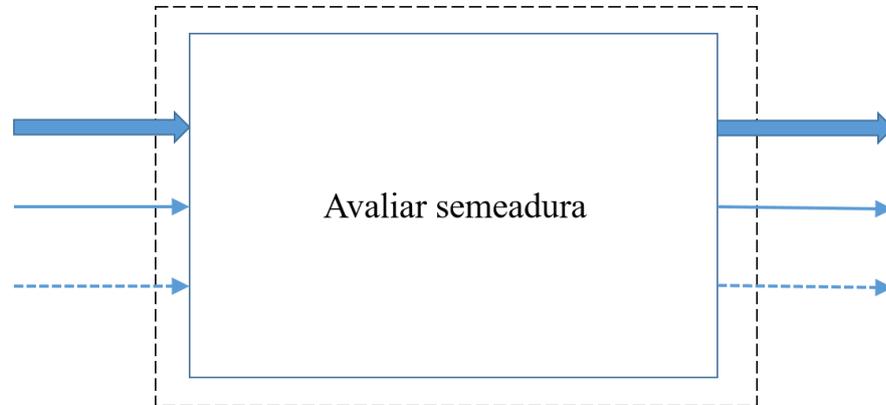


FIGURA 4. Função global do sistema.

QUADRO 2. Entradas saídas do sistema na função global.

Simbologia	Entrada	Saída
Material 	Semente	Semente
Energia 	Energia elétrica	Energia mecânica
Sinal 	Ajustes de velocidade	Semeadura avaliada

3.2.3 Funções parciais

Com a função global definida pode-se decompô-la em funções parciais. Na Figura 5 tem-se a estrutura de função parcial.

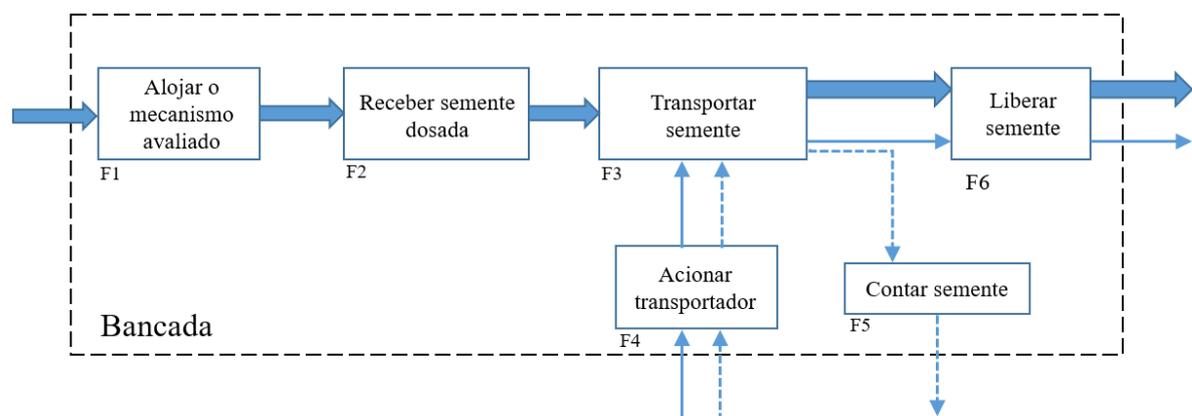


FIGURA 5. Estrutura de funções parciais.

Dentro da fronteira do equipamento há seis funções nas quais: F1 diz respeito ao alojamento do mecanismo avaliado; F2 tem a função de receber a semente; após o recebimento, a função F3 é responsável pelo transporte das sementes, simulando o deslocamento da plantadeira; F4 é responsável por acionar o transportador de sementes; a função F5 é responsável por contar o número de sementes, essa será a saída principal; finalizando o processo, F6 deverá dar destino na bancada para a semente dosada.

3.2.4 Funções elementares

As funções elementares foram conseguidas através do desdobramento das funções parciais resultando na estrutura funcional final disposta na Figura 6.

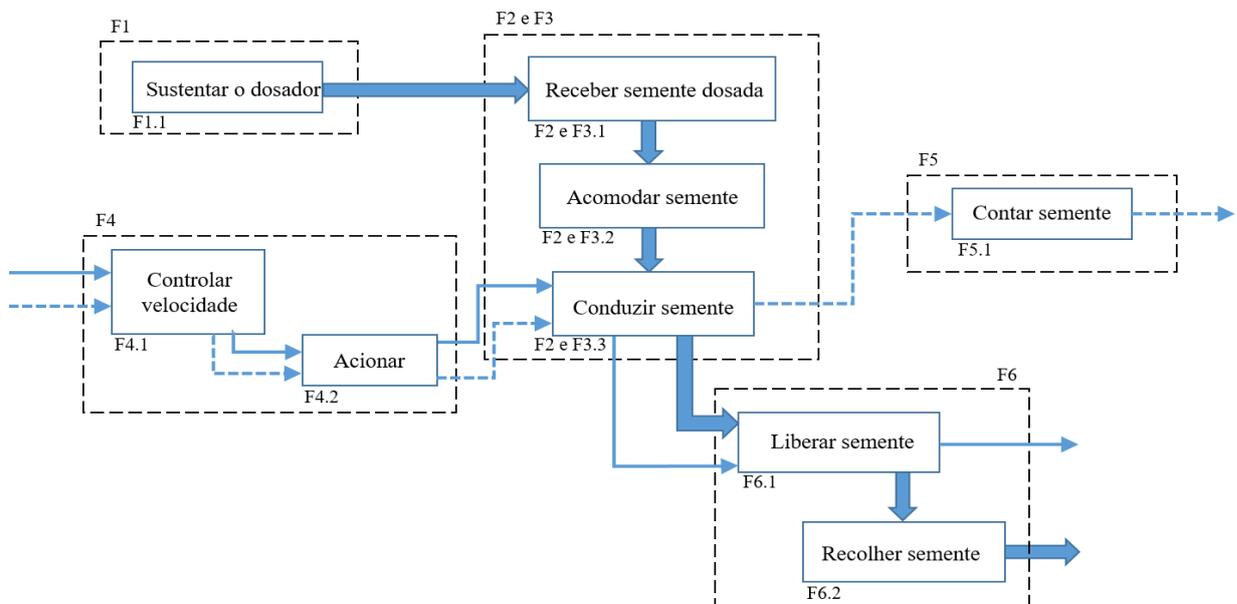
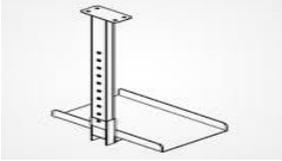
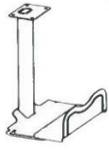
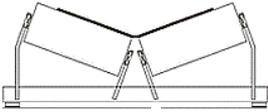
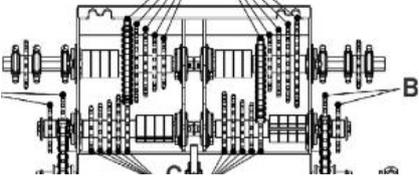
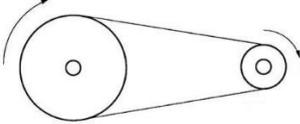
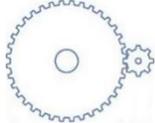
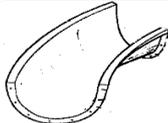
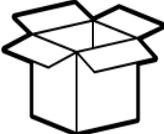
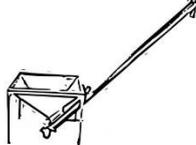


FIGURA 6. Estrutura funcional final.

3.2.5 Busca por soluções

Diversos métodos para busca de soluções são propostos por Pahl e Beitz (2007) como: *brainstorm*, análise de valor, função síntese e matriz morfológica. A última foi abordada nesse projeto. A matriz morfológica no Quadro 3 foi construída de forma a listar as funções elementares e ao lado dessas funções as respectivas possíveis soluções listadas em forma de esboço ou imagens, as soluções selecionadas encontram-se do lado esquerdo do quadro.

QUADRO 3. Matriz morfológica.

Função	Soluções	
F1.1: Sustentar o dosador	 Sustentação regulável	 Sustentação fixo
F2 e F3.1; F2 e F3.2; F2 e F3.3: Receber, acomodar e conduzir	 Transportador em “V”	 Transportador plano com cola
F4.1: Controlar velocidade do transportador	 Inversor de frequência	 Caixa de velocidades
F4.2: Acionar o transportador	 Transmissão por correia trapezoidal.	 Transmissão por engrenagens
F5.1: Contar distância entre sementes	 Sensor fotoelétrico (infravermelho)	 Sensor capacitivo
F6.1: Liberar sementes	 Defletor	 Raspador
F6.2: Recolher sementes	 Recolher em recipiente	 Devolver para caixa de sementes

3.2.6 Escolha das soluções

Começando por F1.1, para ela foi escolhida uma base móvel para o dosador, como atendimento a um dos requisitos, haver a possibilidade de ensaios com dosadores em alturas diferentes.

As funções elementares da função F2 e F3 foram todas incorporadas em uma só solução já que uma correia poderia atender todas elas. Sabendo que não há diferença de performance entre transportador com cola e com feltro, a escolha por utilizar uma correia em “V” veio para facilitar a operação já que não é necessário a reposição de material colante, não causa sujeira e não é necessário a retirada de sementes do material no fim do percurso, pois elas são lançadas por força centrífuga.

Para F4.1 foi selecionada a solução de um inversor de frequência pela praticidade, economia de espaço e peso.

Para a função F4.2 a escolha foi pelo acionamento por correia, mesmo sabendo da perda por patinagem, que é facilmente resolvida com um sensor de velocidade no eixo da correia que já seria utilizado para a eletrônica da bancada.

Na função F5.1 a escolha do sensor fotoelétrico se deu pelo não contato com as sementes e menor erro de leitura.

Como solução para F6.1 um defletor foi escolhido, pois com a força centrífuga a função de aparar as sementes lançadas será necessária.

Percebendo que a necessidade era apenas recolher as sementes foi escolhido para a função F6.2 recolher as sementes em um recipiente, retirando a necessidade de utilizar todo um mecanismo a mais para repô-las no reservatório.

3.3 Projeto preliminar

No projeto preliminar o produto deixou de ser uma função e passou a ter forma com base na solução encontrada na fase anterior. Nessa fase foram elaborados os projetos preliminares, com formas iniciais, posicionamentos e arranjos dos sistemas, todos realizados em ambiente computacional utilizando o software *SolidWorks* possibilitando a modelagem, realização da avaliação e análises de comportamento de algumas peças submetidas à esforços,

além posicionamento de alguns componentes. A seleção dos materiais e cálculos também fizeram parte dessa fase.

3.3.1 Equações para projeto dos roletes

Para validação dos roletes escolhidos é necessário saber as forças atuantes sobre os mesmo, ABNT (2014) traz as equações necessárias para encontrar a carga sobre os roletes de transportadores de correia. As Equações 1 e 2 são referente aos cálculos de rolos de retorno, os quais apenas recebem a carga da massa da correia, que é o caso desse projeto.

$$P_r = q_c \cdot a_r \cdot g \quad (1)$$

onde:

$$q_c = \rho \cdot e \cdot l \quad (2)$$

em que,

P_r : carga sobre o rolete, N;

q_c : massa da correia por metro, kg.m^{-1} ;

a_r : distância entre os rolos, m;

g : aceleração da gravidade, m.s^{-2} ;

ρ : massa específica da correia, kg.m^{-3} ;

e : espessura da correia, m;

l : largura da correia, m.

3.3.2 Equações para potência do motor

ABNT (2014) também traz as equações necessárias para se chegar na potência requerida de um transportador de correia, será feito o uso delas para selecionar o motor da bancada.

Primeiro são calculadas as resistências impostas pela bancada e seus mecanismos, essas resistências são divididas em: resistências distribuídas, localizadas, especiais, especiais localizadas, especiais distribuídas e resistência de elevação. As resistências que se aplicam no projeto da bancada são referente as resistências distribuídas dada pela Equação 3.

$$FD = (FD1 + FD2) \cdot L \quad (3)$$

em que,

FD: resistência devido rotação dos roletes e flexão das correias, N;

FD1: resistência rotacional dos roletes, $N.m^{-1}$;

FD2: resistência ao movimento pela flexão da correia e material transportado, $N.m^{-1}$;

L: distância entre centro dos roletes, m.

onde:

$$FD1 = k_x \cdot g \quad (4)$$

Sendo k_x dado pela Equação 5 um coeficiente de resistência provocado pelo deslizamento da correia por imperfeições na instalação e atrito nos roletes.

$$k_x = (0,015 \cdot q_c) + 0,0068 \cdot (q_c + q_m) + \frac{f}{ac} \quad (5)$$

em que,

k_x : coeficiente de resistência devido deslizamento da correia e atrito interno dos roletes;

g: aceleração da gravidade, $m.s^{-2}$.

q_c : massa da correia por metro, $kg.m^{-1}$;

q_m : massa do material transportado por metro, $kg.m^{-1}$;

f: coeficiente de resistência dos rolos;

ac: espaçamento entre os roletes de carga, m.

A resistência FD2 está relacionado com as resistências resultante da flexão da correia e do material transportado ao passar pelo rolo.

$$FD2 = (q_c + q_m) \cdot k_y \cdot g \quad (6)$$

em que,

k_y : coeficiente de resistência devido à flexão da correia;

Para o cálculo de força efetiva é empregado o somatório de todas as resistências contempladas no projeto, nesse caso:

$$T_e = FD \quad (7)$$

em que,

T_e : força efetiva, N.

A potência requerida para acionamento do transportador é dada na equação 8:

$$N_a = \frac{T_e V}{1000} \quad (8)$$

em que,

N_a : potência necessária, kW;

V : velocidade da correia, $m.s^{-1}$.

A potência efetiva leva em consideração as perdas na transmissão de movimento, conforme Equação 9.

$$N_e = \frac{P}{\eta} \quad (9)$$

em que,

N_e : potência efetiva, kW;

η : eficiência de transmissão, decimal.

A eficiência de transmissão por correia trapezoidal, segundo Budynas (2009) fica entre 95 a 98%. Neste trabalho utilizou-se 95%.

3.3.3 Cálculo para seleção de correia e polia

A transmissão de movimento para a bancada será feita através de correia, especificamente correia trapezoidal;

Budynas (2009) descreve o passo a passo para a seleção de correia e polia. O método é baseado em tentativas, é necessário definir um diâmetro inicial de uma das polias, a secção de correia a ser utilizada e determinar os fatores de serviço e projeto.

Inicia-se com o cálculo da potência de projeto, conforme Equação (10):

$$H_d = H_{nom} \cdot K_s \cdot n_d \quad (10)$$

em que,

H_d : potência de projeto, hp;

H_{nom} : potencia nominal, hp;

K_s : fator de serviço;

n_d : fator de projeto.

Então é calculado o diâmetro da polia ainda não definida, segundo a Equação 11:

$$d = D \cdot \frac{N_1}{N_2} \quad (11)$$

em que,

d_2 : diâmetro da polia a ser calculada, mm;

D_1 : diâmetro da polia definida, mm;

N_1 : rotação da polia a ser calculada, rpm;

N_2 : rotação da polia definida, rpm.

O comprimento da correia é encontrado conforme a Equação 12:

$$L_c = 2 \cdot c + \frac{\pi}{2} \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot c} \quad (12)$$

em que:

L_c : comprimento da correia, mm;

d : diâmetro da polia menor, mm;

D : diâmetro da polia maior, mm;

c : distância entre centros, mm.

Com o comprimento da correia e seu perfil é possível seleciona-la com base em um catalogo, para a seleção é necessário entrar com o valor de comprimento em polegada, por ser o padrão de fabricação.

O próximo passo é saber quantas correias do modelo selecionado serão necessárias para a transmissão, para isso é necessário saber a potência admissível pela correia e relacionar com a potência de projeto conforme as equações 13, 14, e 15.

Velocidade da correia:

$$V = \frac{\pi \cdot \frac{d}{25,4} \cdot n}{12} \quad (13)$$

em que,

V: velocidade da correia, pés.min⁻¹

d: diâmetro da polia motora, mm;

n: rotação do motor, rpm.

Potência admissível por correia:

$$H_a = H_d \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (14)$$

em que,

H_a : potência admissível por correia, hp;

H_d: potência d projeto, hp;

K₁: fator de correção de ângulo de contato;

K₂: fator de correção de comprimento de correia.

Número de correias (N):

$$N = \frac{H_d}{H_a} \quad (15)$$

3.4.6 Análise de elementos finitos (FEA)

Com o objetivo de prever o comportamento de alguns componentes quando submetidos as cargas de trabalho, foram realizadas análises de elementos finitos. As análises foram realizadas com o suplemento *simulation* do software *SolidWorks*, onde foram avaliadas duas peças, a chapa guia do suporte do dosador e o rolete de retorno da esteira transportadora, em ambos o objetivo da análise foi determinar se a estrutura dos mesmos poderiam suportar com segurança as forças sobre elas incidentes, então foram feitas análises de tensão com base no critério de tensão de von Mises e avaliado o deslocamento das peças em relação a suas posições sem carga.

Na chapa guia foi aplicada a força relativa a carga de um reservatório de sementes junto ao dosador haja vista um dos requisitos onde a bancada deveria realizar ensaios com

diferentes níveis de semente. Após pesquisas em manuais e folhetos de fabricante encontrou-se caixas dos mais diversos volumes, para o dimensionamento foi utilizado o valor de 80 kg sobre o suporte, 70 kg de carga da caixa com sementes e 10 kg do dosador, como são necessárias pelo menos duas guias para sustentar um dosador esse valor foi dividido pela metade, assim a carga aplicada sobre as guias foi de 400 N, o material usado na chapa foi aço 1020.

No rolete foi aplicada a carga da correia encontrada pelas Equações 1 e 2, o material utilizado também foi aço 1020.

3.5 Projeto detalhado

A última etapa do desenvolvimento foi o projeto detalhado onde as formas, dimensões, materiais, componentes e dinâmica foram definidos. A montagem computacional do modelo e documentação dos desenhos para manufatura assim como no projeto preliminar foram feitos em ambiente computadorizado.

3.6 Implementação do sistema elétrico – eletrônico

A fonte de potência para o acionamento do transportador será um motor elétrico e o controle da velocidade do transportador se dará através de um inversor de frequência, o qual modula a frequência de trabalho do motor consequentemente variando sua velocidade, o esquema elétrico com os diagramas de força e comando foram elaborados através do software *CADe SIMU*, onde foi possível realizar também, simulações de trabalho e de proteção quanto a curtos e sobrecargas.

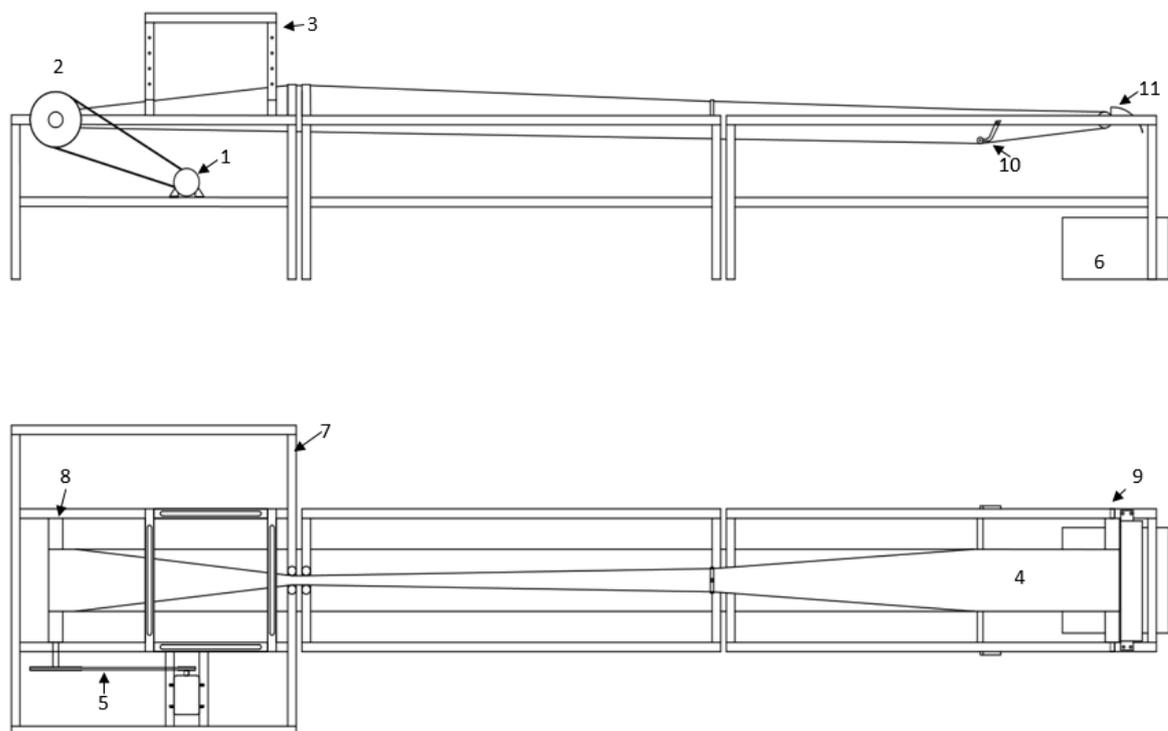
Como requisito de projeto foi necessário criar um contador de sementes, a programação para o contador elaborada utilizando o software Arduino que será o controlador do contador, a linguagem de programação utilizada foi C++, requisitada pelo controlador. A lógica de programação e os demais componentes estão descritos na secção 4.2.5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Projeto preliminar

4.1.1 Esboço do projeto

Para início do projeto preliminar foi criado um esboço inicial aplicando as soluções escolhidas, este esboço está na Figura 7:



- | | |
|---------------------------|-----------------------------|
| 1- Motor | 7- Estrutura da bancada |
| 2- Polia de acionamento | 8- Rolete de acionamento |
| 3- Base do dosador | 9- Rolete de retorno |
| 4- Correia transportadora | 10- Tensor do transportador |
| 5- Correia de transmissão | 11- Defletor |
| 6- Recipiente coletor | |

FIGURA 7. Esboço inicial da bancada, com as soluções empregadas.

Utilizando o esboço foi possível fazer alguns apontamentos:

- Estrutura deveria ser feita com tubos retangulares e quadrados;
- Comprimento da bancada de 3 a 4 metros e altura da esteira até 0,60 m;
- Largura da esteira até 25 cm.

4.1.2 Estrutura da bancada

Para dar início a criação do modelo foram selecionados os tubos e suas especificações descritas no Quadro 4.

QUADRO 4. Especificações dos tubos utilizados no projeto.

Perfil	Espessura (mm)
35x20x2	2,0
20x20x2	2,0
30x30x2,6	2,6
40x40x4	4,0

A escolha de quatro especificações de tubo foi devido a funções diferentes na estrutura da bancada, para as longarinas e pés foi escolhido o perfil 35x20x2, devido seu maior momento de inércia e ser mais leve que um perfil quadrado 30x30x2,6, por exemplo. A função do tubo 20x20x2 é dar rigidez estrutural a bancada esse tubo foi usado para o travamento dos pés da bancada. O tubo 30x30x2 será utilizado na região onde comportará os dosadores e possíveis reservatórios de sementes, será utilizada a seção quadrada para que seja possível um movimento telescópico junto ao tubo 40x40x4, responsável pelo suporte dos dosadores, esses tubos são mais robustos justamente por que estão localizados na região onde sofrerá os maiores esforços.

4.1.3 Suporte universal para dosador

Para atender ao requisito de que a bancada deveria comportar diferentes modelos de dosadores, sejam eles mecânicos ou pneumáticos, foi elaborado um suporte que se adequasse a dosadores de diferentes tamanhos, formas e alturas de cano de descargas das sementes.

O suporte tem regulagens no três eixos x, y e z, de maneira a sempre deixar o dosador independentemente do tamanho, centralizado na altura e inclinação mais semelhante à de trabalho. Na Figura 8 é possível ver como são possíveis tais regulagens e na Figura 9 tem-se um dosador pneumático ao qual já está instalado para teste, nesse caso temos um suporte para um motor acionar o dosador, vale ressaltar que a bancada não tem essa funcionalidade mas tem todo suporte para a instalação dos acionadores como pode ser visto.

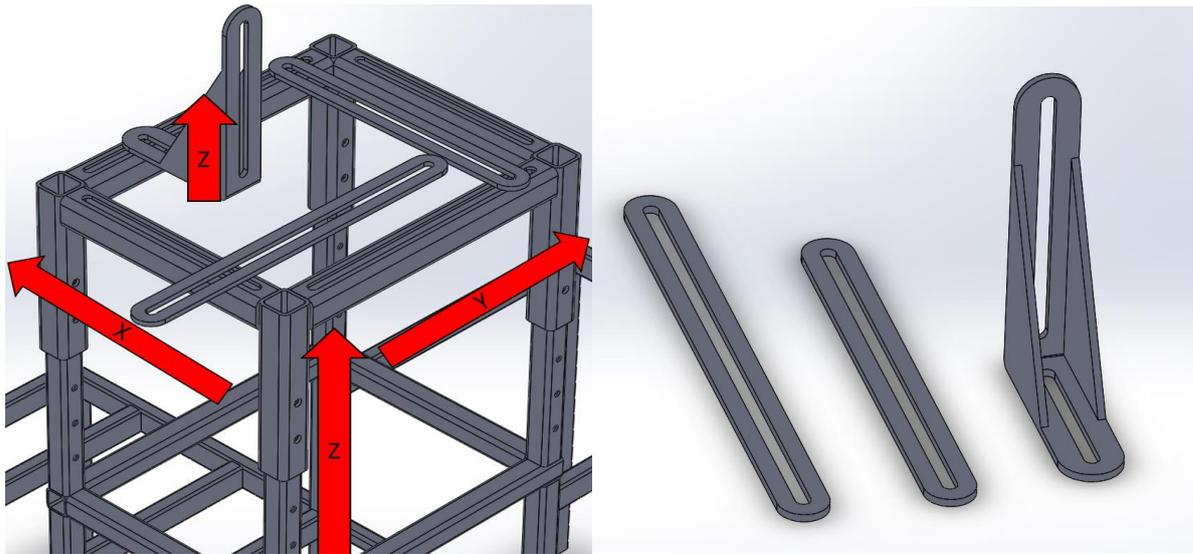


FIGURA 8. Movimentos do suporte do dosador e suas chapas guia.

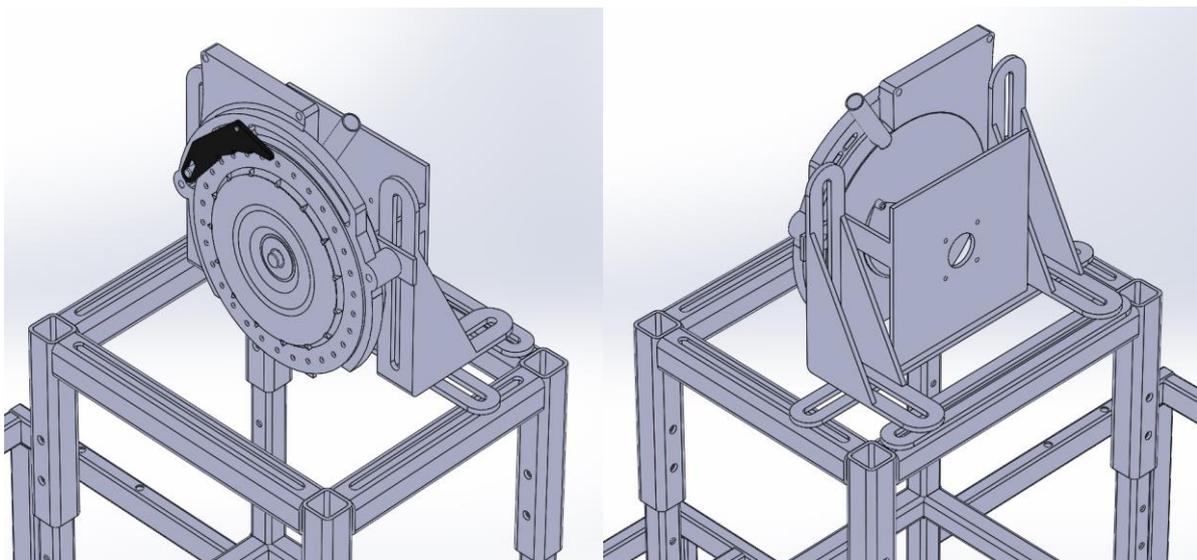


FIGURA 9. Dosador pneumático típico instalado no suporte.

Com base em análise de elementos finitos foi possível concluir que chapas são capazes de suportar um dosador de sementes com sua caixa, cheia a análise foi feita considerando o conjunto caixa cheia de sementes e dosador com 80 kg, foi obtida um deslocamento máximo de 0,27 mm, quanto ao limite de escoamento foi obtido um fator de segurança de 2,5. Os resultados podem ser vistos nas figura 10 e 11.

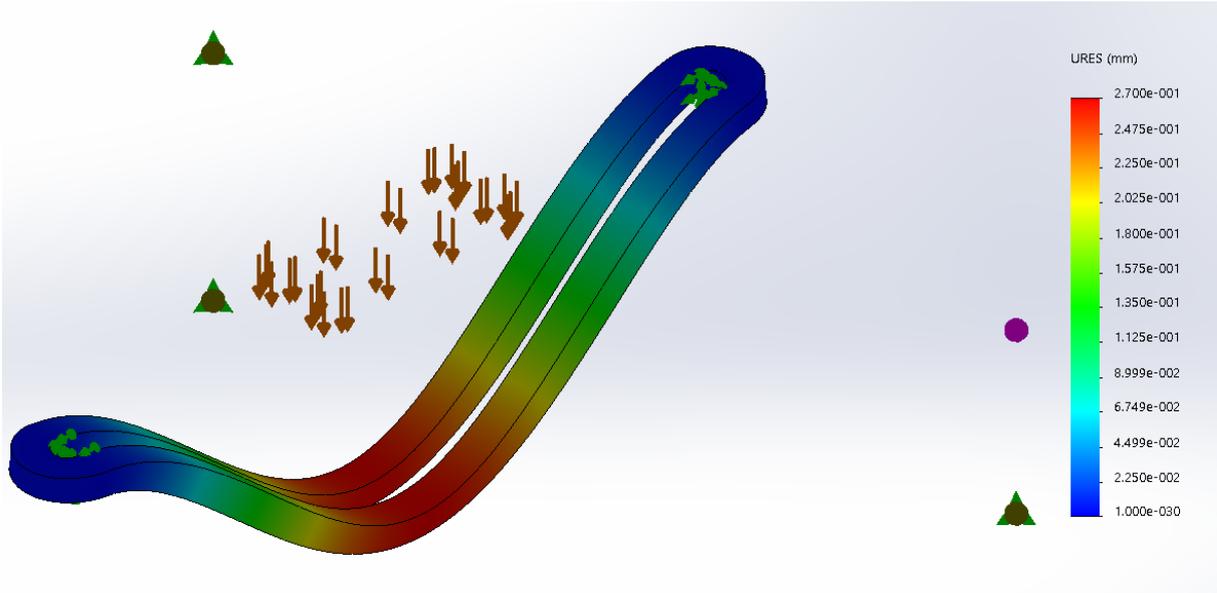


FIGURA 10. Deslocamento da chapa guia.

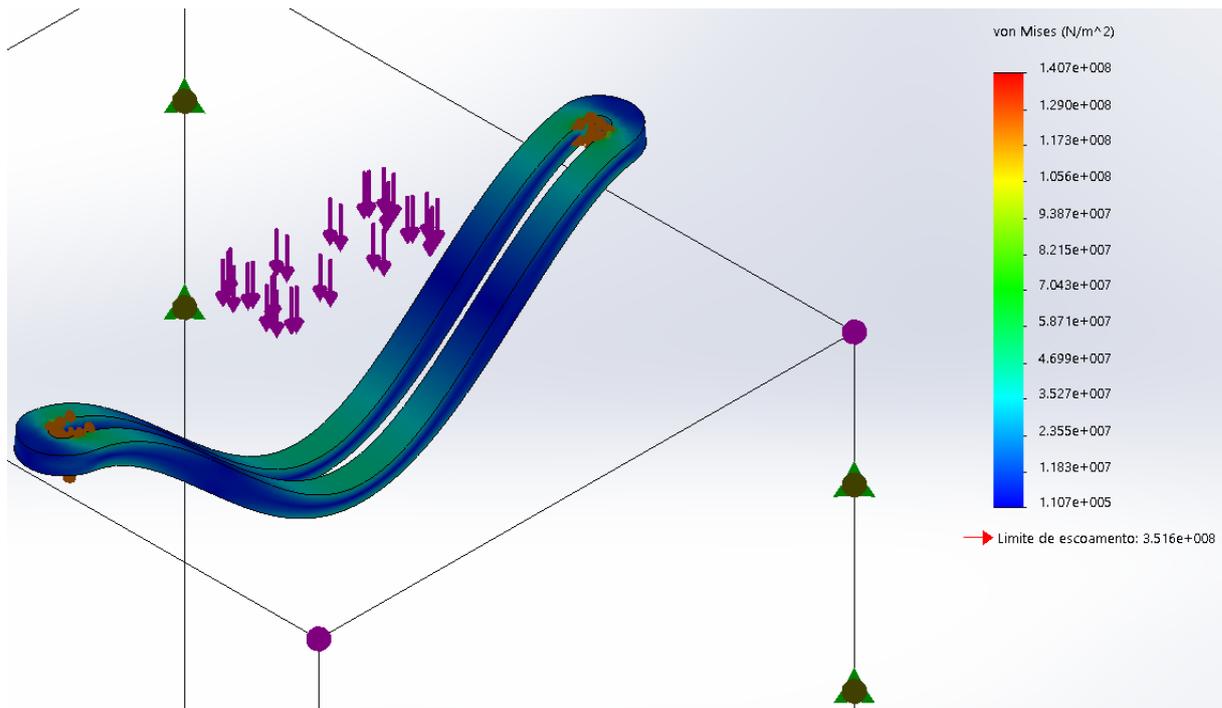


FIGURA 11. Análise com base no critério de tensão de von Mises da chapa guia.

4.1.4 Correia transportadora, roletes e mancais.

A correia transportadora desse projeto é composta de duas camadas, na camada de inferior duas tiras paralelas de 12,5 cm de largura e 3 mm de espessura de lençol de borracha e na camadas superior um tira de feltro de 25 cm de largura e 2 mm de espessura, assim o formato

“v” é facilitado, a borracha ajuda na aderência necessária e o feltro tem o papel de capturar e suavizar a queda das sementes pelo tubo.

No Quadro 5 encontram-se as dimensões dos roletes utilizados no projeto.

QUADRO 5. Especificações dos roletes utilizados no projeto.

Componente	Diâmetro do eixo (mm)	Diâmetro do tambor (mm)	Comprimento (mm)
Roleta de tração	20	76,2	448
Roleta de retorno	15	76,2	370
Roleta do tensor	15	50,8	350

Para obtenção da carga sobre os roletes foi considerado que a carga de transporte da correia seria desprezada, assim para na análise dos roletes eles foram considerado como roletes de retorno os quais só recebem carga do peso da correia, aplicando a Equações 1 e 2:

O massa específica da correia de acordo com o fabricante é de 1,5 g/cm³ e do feltro 0,2 g/cm³, como a correia tem 25 cm de largura por 0,3 cm de espessura da correia e 0,2 cm do feltro, assim temos:

$$q_{\text{correia}} = \rho \cdot e \cdot l = 1500 \cdot 0,25 \cdot 0,003 = 1,125 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{feltro}} = \rho \cdot e \cdot l = 200 \cdot 0,25 \cdot 0,002 = 0,1 \text{ kg/m}$$

$$q_c = q_{\text{feltro}} + q_{\text{correia}} = 1,125 + 0,1 = 1,225 \text{ kg/m}$$

A distância entre os roletes é de 4 metros e a aceleração da gravidade foi considerada 9,81 m/s²

$$P_r = q_c \cdot a_r \cdot g = 1,225 \cdot 4 \cdot 9,81 = 48,7 \text{ N}$$

A carga sofrida por cada rolete é de 48,7 N e o material utilizado é aço 1020. A força foi aplicada em análise computacional com o propósito de validação dos roletes, foi utilizado o rolete de menor diâmetro para análise, os resultados podem ser vistos nas Figuras 12 e 13.

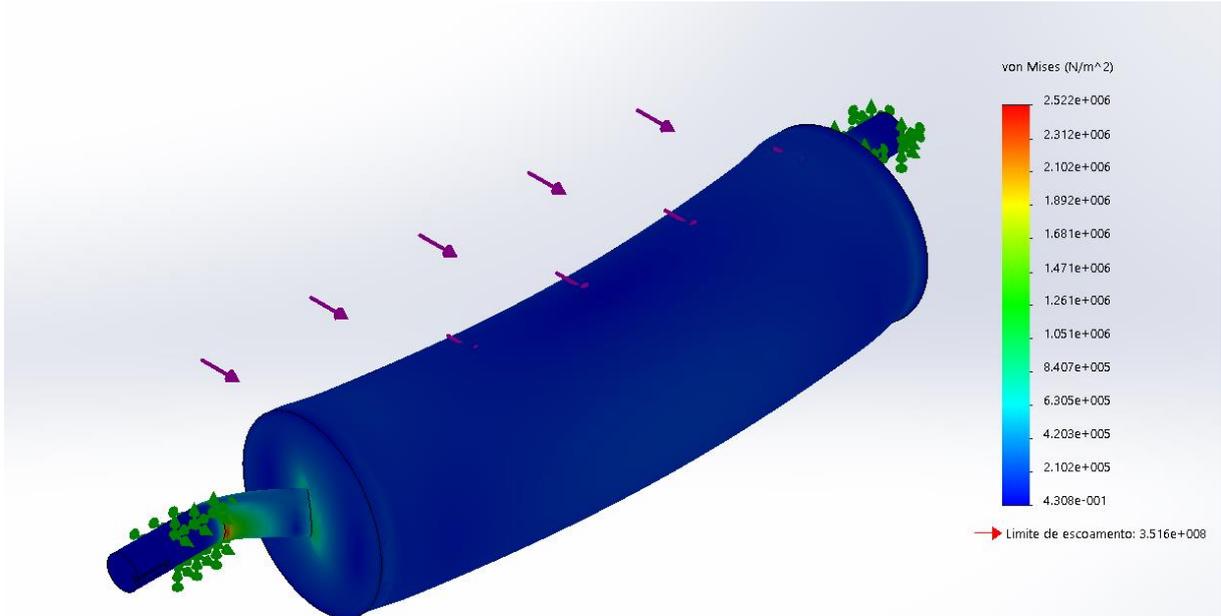


FIGURA 12. Análise com base no critério de tensão de von Mises sobre o rolete.

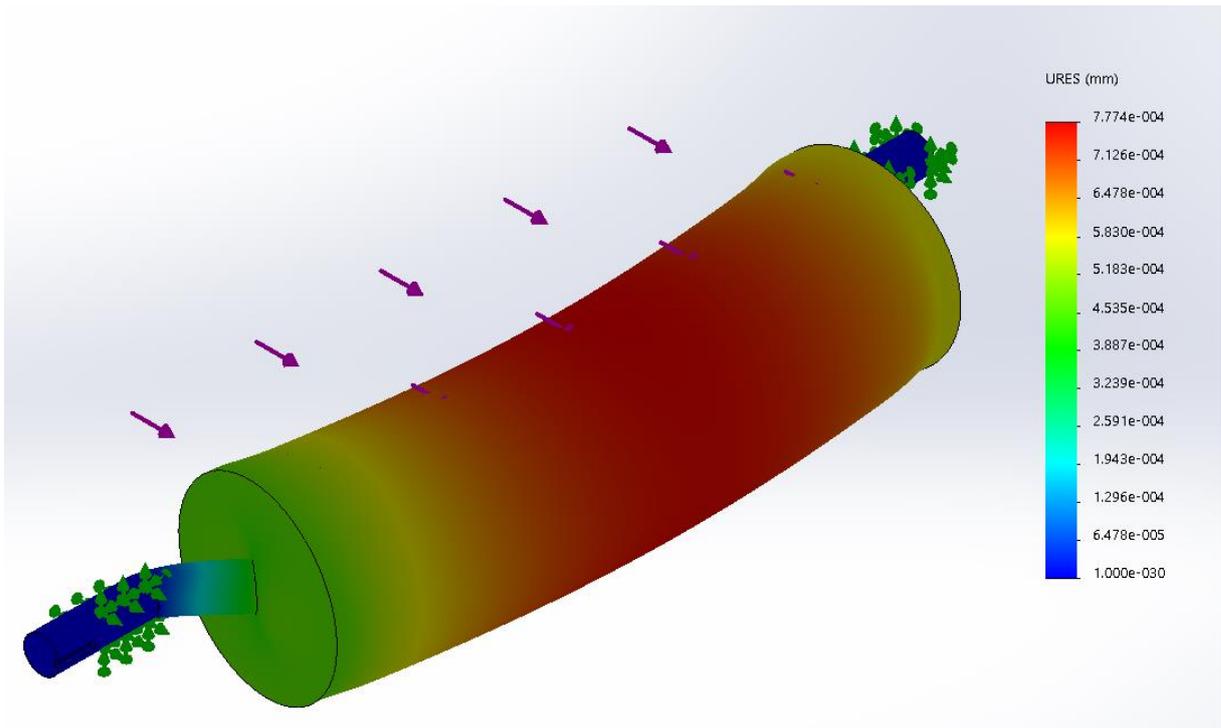


FIGURA 13. Análise de deslocamento do rolete.

Como pode ser visto na Figura 12 a tensão máxima atingida foi menor do que o limite de escoamento, provando assim a resistência a esse tipo de falha, na Figura 13 é mostrada a deformação do rolo devido a carga aplicada sendo essa deformação muito baixa não comprometendo o projeto.

Os mancais foram selecionados com base na carga sobre o eixo e diâmetro interno dos rolamentos, os mancais utilizados no projeto estão no Quadro 6, como pode ser visto a carga dinâmica está muito acima da imposta pelo projeto, sabendo também que na bancada esses mancais não sofreram esforço axial, foram selecionados mancais fabricado em termoplástico.

QUADRO 6. Especificações dos mancais.

Código	Diâmetro interno (mm)	Carga dinâmica (N)
TP202	15	7.500
TP204	20	10.000

4.1.5 Seleção do motor de acionamento

Para seleção do motor de acionamento primeiro foi necessário o conhecimento da potência exigida pela operação da bancada. Para encontrar a força efetiva sobre os rolos é necessário descobrir as resistências ao movimento imposta pelos componentes, que são descobertas aplicando as Equações 3, 4, 5 e 6.

O coeficiente de resistência k_x devido deslizamento da correia e atrito interno dos roletes é encontrado pela Equação 4, o fator f para o os rolos de 76,2 mm é de 1,41 e para a distância entre os rolos de carga ac foi usado 4 metros por terem apenas dois rolos no projeto, assim:

$$k_x = (0,015 \cdot q_c) + 0,0068 (q_c + q_m) + \frac{f}{ac} = (0,015 \cdot 1,275) + \left(0,0068 \cdot (1,225 + 0) + \frac{1,41}{4}\right) = 0,38$$

Multiplica-se o fator k_x pela aceleração da gravidade na Equação 3 e obtém-se a resistência rotacional dos roletes:

$$FD1 = k_x \cdot g = 0,38 \cdot 9,81 = 3,73 \text{ N.m}^{-1}$$

Para cálculo da resistência devido à flexão da correia e material transportado é utilizada a Equação 5, onde a resistência devido a flexão da correia (k_y) para transportadores menores que 75 metros e com inclinação zero é de 0,035, assim:

$$FD2 = (q_c + q_m) \cdot k_y \cdot g = (1,225 + 0) \cdot 0,035 \cdot 9,81 = 0,42 \text{ N.m}^{-1}$$

A resistência devido a rotação dos roletes e flexão das correias, conforme Equação 4:

$$FD = (FD1 + FD2) \cdot L = (3,73 + 0,42) \cdot 4 = 16,6 \text{ N}$$

Como outras resistências ao movimento não são encontradas nesse projeto a força efetiva T_e pela Equação 6:

$$T_e = 16,6 \text{ N}$$

No cálculo da potência requerida, foi considerada uma velocidade de 25 km/h ou 7 m/s, de acordo com a Equação 16:

$$N_a = \frac{T_e \cdot V}{1000} = \frac{16,6 \cdot 7}{1000} = 0,12 \text{ kW}$$

Para a potência efetiva, utilizada na seleção do motor, foi levado em consideração 95% de eficiência de transmissão, o pior caso. Assim de acordo com a Equação 17.

$$N_e = \frac{P}{\eta} = \frac{0,12}{0,95} = 0,13 \text{ kW}$$

Sabendo que 1 kW equivale a 1,36 cv:

$$N_e = 0,13 \cdot 1,36 = 0,18 \text{ cv}$$

Para seleção do motor foi utilizado o catalogo da WEG na qual foi escolhido um motor de 0,25 cv trifásico de 4 polos.

4.1.6 Seleção da correia trapezoidal e polia

Foram feitas algumas considerações antes de iniciar os cálculos para seleção:

- Motor trabalhando com carga uniforme;

- potência do motor: 0,25 hp;
- diâmetro da polia motriz de 150 mm;
- distância entre centros dos eixos de 402 mm;
- rotação nominal do motor 1700 rpm, rotação do eixo de acionamento 1000 rpm para atingir no máximo 7 m/s.

No cálculo da potência de projeto foi considerada K_s e n_d iguais a 1,1 e 1 respectivamente considerando o regime de trabalho do motor, conforme equação 10:

$$H_d = H_{nom} \cdot K_s \cdot n_d = 0,25 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,275 \text{ hp}$$

O diâmetro da polia motora foi encontrado com a Equação 11:

$$d_2 = D_1 \cdot \frac{N_1}{N_2} = 150 \cdot \frac{1000}{1700} = 88 \text{ mm}$$

O diâmetro comercial mais próximo é 90 mm.

A seleção da correia é baseada em seu comprimento, encontrado através da equação 13:

$$L_c = 2 \cdot c + \frac{\pi}{2} \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot c} = 2 \cdot 402 + \frac{\pi}{2} \cdot (150 + 90) + \frac{(150 - 90)^2}{4 \cdot 380} = 1183,23$$

Na seleção cruza-se o perfil da correia com seu comprimento. A correia utilizada será A-45 com comprimento efetivo de 1193mm.

A fim de saber a necessidade de utilizar mais de uma correia foi preciso conhecer a potência admissível dela, encontrando primeiro a velocidade dela pela equação 15:

$$V = \frac{\pi \cdot (d/25,4) \cdot n}{12} = \frac{\pi \cdot (90/25,4) \cdot 1700}{12} = 1577 \text{ ft/min}$$

Relacionado a velocidade, diâmetro da polia e perfil da correia em tabela proposta por Budynas (2009), foi encontrado 1,31 hp como potência admissível, os valores das constantes K_1 e K_2 utilizados são 0,97 e 0,9 respectivamente, assim pela equação 16:

$$H_a = H_d \cdot K_1 \cdot K_2 = 1,31 \cdot 0,97 \cdot 0,9 = 1,14 \text{ hp}$$

O número de correias é dado pela equação 17:

$$N = \frac{H_d}{H_a} = \frac{0,275}{1,14} = 0,24 \text{ correias}$$

Assim nesse projeto será utilizada uma correia trapezoidal A-45, polia motora de 90 mm e polia movida de 150 mm.

4.2 Projeto detalhado

Neste tópico serão detalhadas as especificações da bancada, aspectos do seu funcionamento e desenhos 3D, o desenho detalhado dos principais componentes estão em anexo em pranchetas de projeto.

4.2.1 Características gerais da bancada

QUADRO 7. Características gerais da bancada.

Característica dimensional	
Comprimento total	4452 mm
Largura total	420 mm
Altura do transportador	500 mm
Massa total	70,743 kg
Característica operacional	
Velocidade de trabalho	Variável de 0 a 7m/s
Coleta de dados	Automatizada
Acessibilidade	Desmontável com componentes reguláveis

Nas Figuras 14 e 15 estão dispostas as perspectivas frontal e traseira da bancada montada.

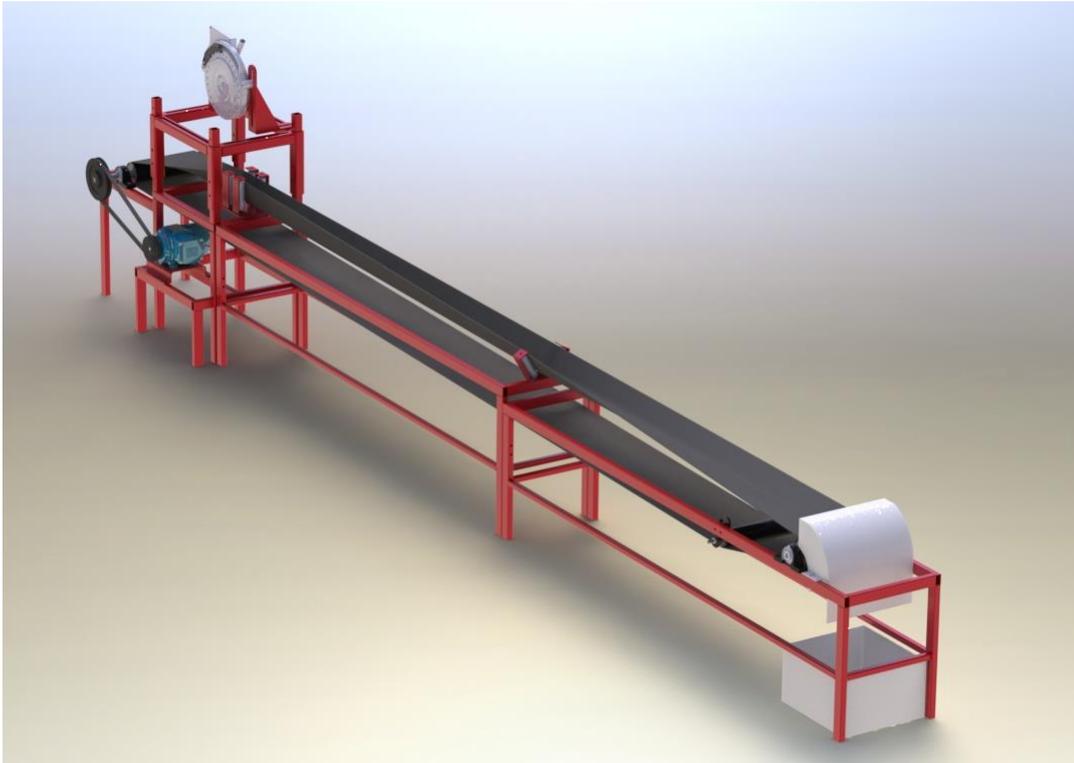


FIGURA 14. Representação da bancada pela perspectiva frontal.

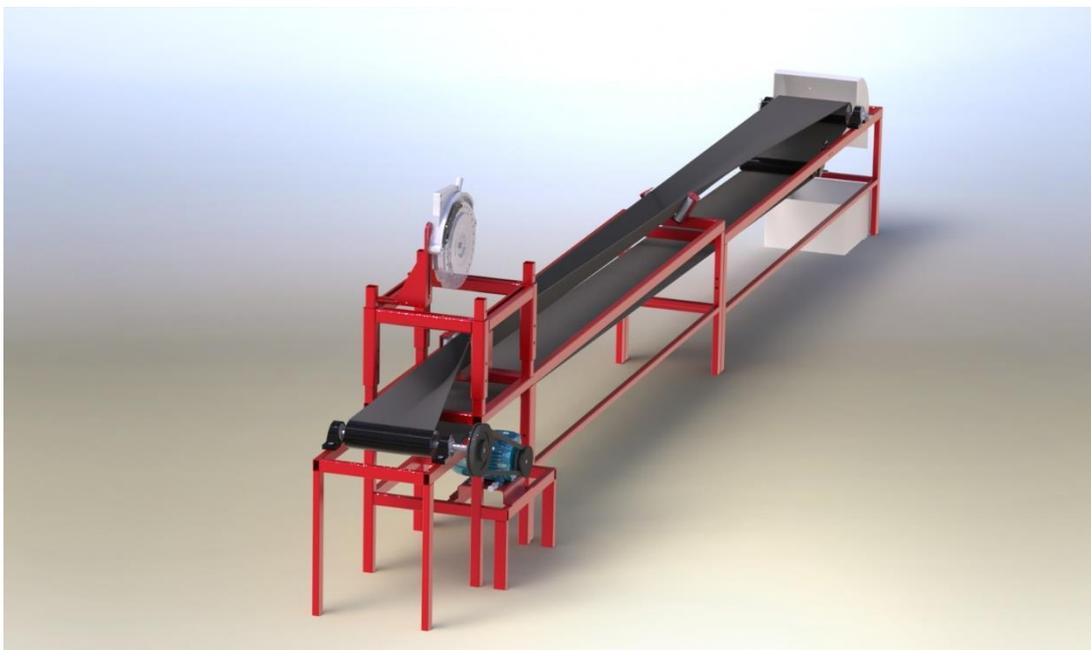


FIGURA 15. Representação da bancada vista pela perspectiva traseira.

4.2.2 Detalhamento da Estrutura

A estrutura da bancada é composta basicamente por tubos de seção retangular e quadrada conforme o quadro 4, é responsável por toda sustentação da bancada e pesa sozinha 46,24 kg. A estrutura é dividida em 3 módulos ligados entre si por parafusos sendo assim transportável, os dois maiores módulos tem 1810 mm, eles são responsáveis pelo apoio aos mecanismos que suportam e guia a correia transportadora, enquanto o outro ultimo modulo tem 825 mm e é responsável pelo acoplamento do motor e dosador.

4.2.3 Suporte regulável de acoplamento do dosador

O detalhamento do sistema regulável do suporte do dosador está disposto no Anexo 1, esse sistema tem como materiais principais chapas e tubos quadrados, os tubos dão a sustentação do suporte e movimento vertical ao sistema enquanto as chapas tem a função de adequar o dosador à bancada, o suporte pesa entorno de 12 kg dependendo da configuração de chapas utilizada.

4.2.4 Transportador

QUADRO 8. Especificações da bancada.

Especificações do Transportador	
Comprimento do transportador	8310 mm
Largura do transportador	250 mm
Potencia no acionamento	0,25 cv
Correia de transmissão	Trapezoidal A-45
Comprimento do caminho da semente	Entre 3400 e 3650 mm dependendo do tubo de descida

Esse sistema foi o mais atendido pelas soluções propostas nesse projeto, direta ou indiretamente todos os outros mecanismos tem contato com transportador. Soluções aplicadas ao transportador foram: rolete guia utilizado para dar o formato V à correia, feltro como solução para “segurar as sementes”, transmissão de movimento à bancada através de correia, defletor para “conduzir” as sementes à um reservatório, o reservatório como uma solução simples recolher as sementes, esses dois últimos não agindo diretamente no transportador mas recebendo o material dele, os roletes de acionamento e retorno além do esticador de que a apesar

de não ser um requisito no início do projeto foi implementado. Os roletes, o esticador e as chapas dos roletes guia estão detalhados no Anexo 1, as outras soluções podem ser vistas nas Figuras 15 e 16.

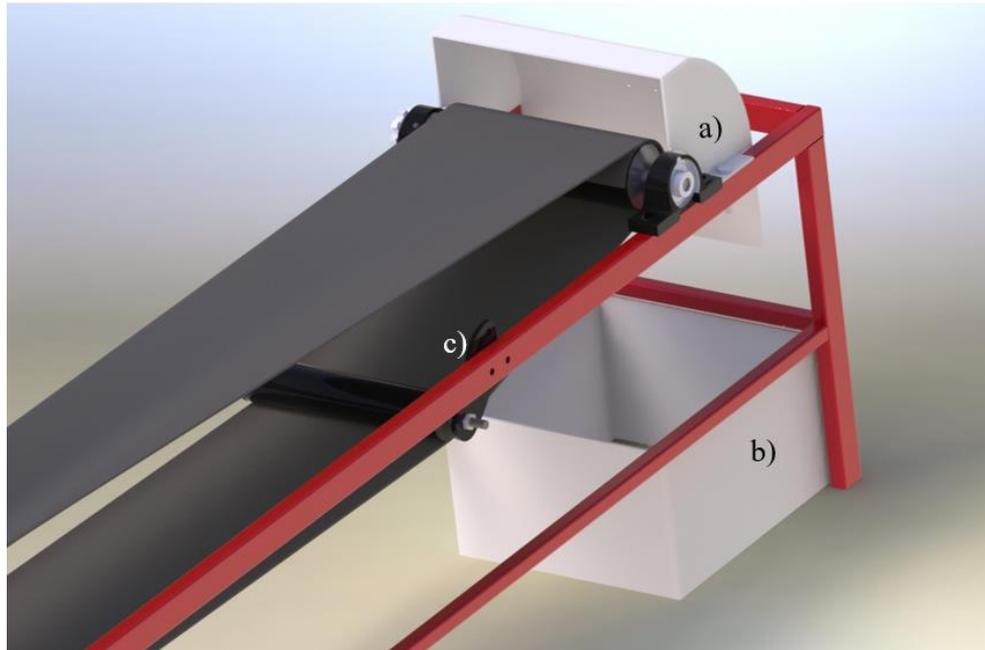


FIGURA 16. Representação de a) defletor, b) caixa para recolhimento das semente e c) esticador da correia transportadora.

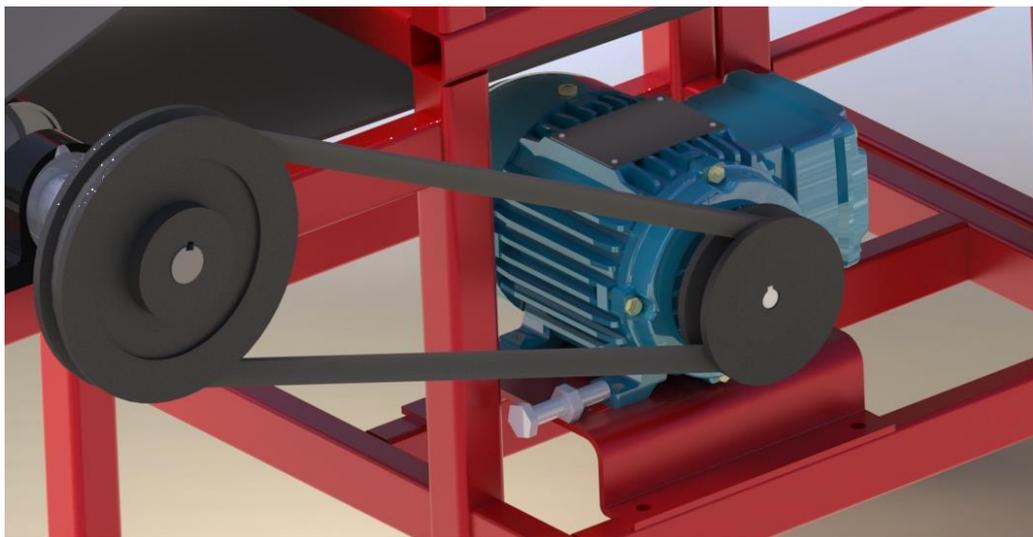


FIGURA 17. Mecanismo de transmissão da bancada.

4.2.5 Sistemas elétrico e eletrônico

QUADRO 9. Lista de componentes do sistema elétrico e eletrônico.

Lista de componentes		
Quantidade	Componente	Descrição
1	Motor	0,25 cv 4P 3F 220/380 V
1	Inversor de frequência	CFW 10 Plus
1	Potenciômetro	-
1	Disjuntor motor	Termomagnético MPW40
1	Arduino	Mega 2560
1	Sensor Indutivo	PNP
1	Sensor Infravermelho	Alcance de 30 a 800 mm
1	Módulo micro SD	-
1	Display LCD	16x2

O controle de velocidade do transportador será feito através de um inversor de frequência, para tal será utilizado um potenciômetro externo como controlador analógico o qual insere um valor no borne de entrada analógica do inversor enquanto a frequência de saída do inversor varia dentro de um limite pré-programado pelo usuário. O esquema elétrico que está representado na Figura 18, conta também com uma chave liga/desliga e um disjuntor motor cuja a função é proteção contra curto e sobre carga, a tensão de alimentação é de 127v fase/neutro e saída 220v trifásico.

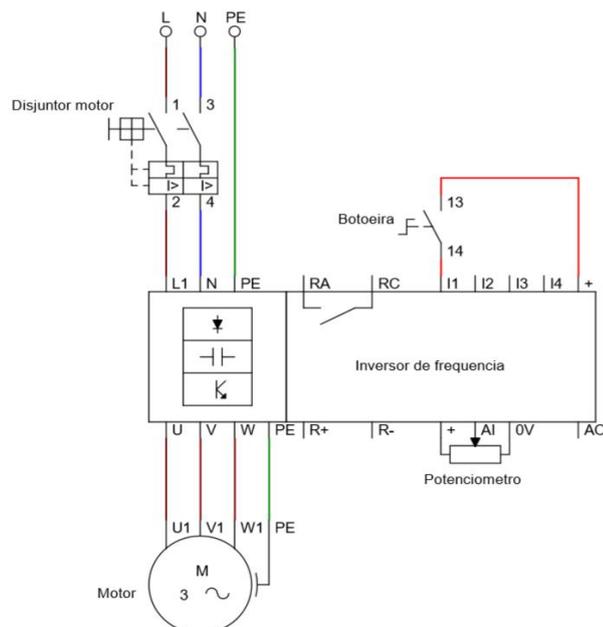


FIGURA 18. Esquema elétrico de ligação do motor.

A contagem de sementes é feita por um sistema automatizado seu componentes estão expressos no Quadro 9. A lógica empregada no algoritmo aborda a seguinte ideia: As bibliotecas dos componentes são inicializadas na interface do Arduino, seguida das variáveis de leitura dos sensores e definição de pinos dos mesmos. Como o sensor infravermelho realiza somente a contagem de objetos, no caso, sementes, há uma variável (contador) que realiza a contagem e uma lógica de programação para verificar a presença e garantir que a mesma não conte duas vezes a mesma peça. Posteriormente, outra variável (semec) é responsável em calcular o espaço entre sementes, sendo obtida pela velocidade a qual o sensor Indutivo PNP o qual detecta a presença de metal sendo responsável por verificar a rotação do eixo que movimenta a esteira multiplicada pelo tempo, este tempo é dividido pelo número de sementes computado dentro daquele intervalo de tempo. Assim, a quantidade de sementes por metro é obtida dividindo a quantidade de sementes que foram contadas pelo espaço calculado. Para que não haja dupla contagem ou que o tempo de processamento do Arduino interfira, a funções são sempre atualizadas no final, por fim um módulo micro SD é responsável por gravar os dados de contagem em formato .txt possibilitando elaborar gráficos após a coleta de dados. O sistema também conta com um display LCD que apresenta os dados em tempo real. A posição do sensor infravermelho deverá ser encontrada após a construção da bancada, para ajusta-la quanto a sensibilidade e possibilidade de interferência na leitura.

A posição do sensor de velocidade está na Figura 19 e programação do contador encontra-se no Anexo 2.

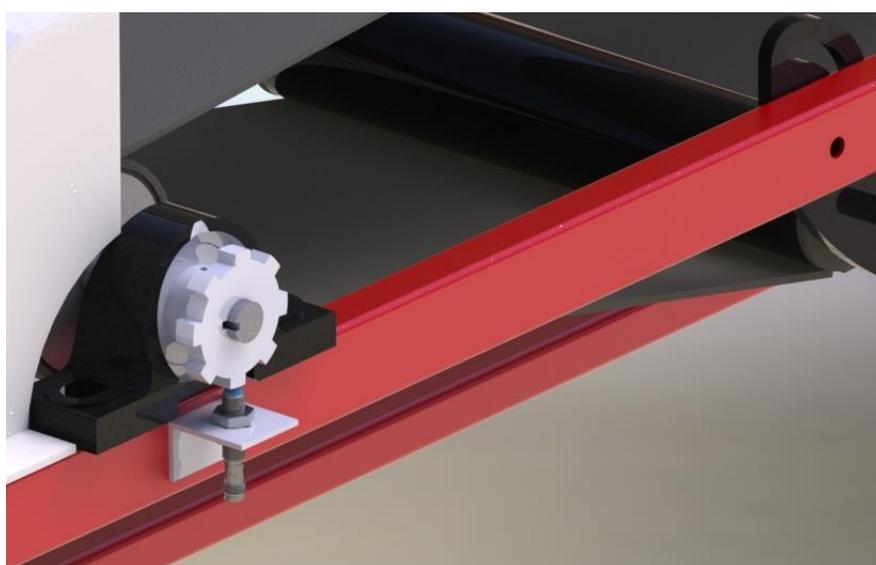


FIGURA 19. Posicionamento do sensor de velocidade do transportador.

5. CONCLUSÃO

Com a aplicação do modelo de fase de projeto foi possível criar um projeto de um bancada de testes que atendesse os requisitos dos ensaios de dosadores de sementes de semeadoras de precisão. Esses requisitos foram relevantes em todas as tomadas de decisão.

A realização de dimensionamentos, análise e simulações em pontos considerados críticos resultou em confiabilidade nas soluções propostas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – **NBR 8205**: Transportadores Contínuos - Transportadores de Correias – Cálculo de força e potência – Dimensões. 2. ed. Rio de Janeiro: 2014. 26 p. ISBN 978-85-07-04756-9.

BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307p

BOMFIM, Gustavo Amarante. **Metodologia para desenvolvimento de projetos**. Editora Universitária, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agricultura de Precisão 2014/2030**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2014. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologiaagropecuaria/agricultura-de-precisao-l/arquivos-de-agricultura-de-precisao/agenda-estrategica-do-setordeagricultura-de-precisao.pdf>>. Acesso em: 30 agosto 2019

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de máquinas de Shigley**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2009. 1084 p.

COLOMBINO, A.A.; POLLACINO, JC. Diseño y construcción de un banco de ensayo para conjuntos dosificadores de sembradoras y fertilizadoras, **Revista de la Facultad de Agronomía**, Buenos Aires, v 16, n 1/2, p 69-72, 1996.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Safra 2018/19. ISSN 2318-6852; v. 6, n. 12, p. 1-21, setembro 2019.

DELAFOSSÉ, R.M. **Máquinas semeadoras de grão grosso**. Santiago: FAO, 1986. 48 p.

GARCIA, R. F.; DO VALE, W. G.; DE OLIVEIRA, M. T. R.; PEREIRA, É. M.; AMIM, R. T.; BRAGA, T. C. Influência da velocidade de deslocamento no desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão no Norte Fluminense. **Acta Scientiarum. Agronomy (Online)**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 417-422, Sept. 2011 Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86212011000300005&lng=en&nrm=iso> acessado em 15 Out. 2019.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. Crescimento e produtividade da agricultura brasileira de 1975 a 2016. Carta de Conjuntura, n. 38, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2018. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/cartadeconjuntura/index.php/2018/03/02/crescimento-e-produtividade-da-agricultura-brasileira-de-1975-a-2016/>>. Acesso em 30 agosto 2019.

JASPER, R.; JUSTINO, A.; MORGADO, C. B.; DYCK, R.; GARCIA, L. C. Comparação de bancadas simuladoras do processo de semeadura em milho. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v. 29, n. 4, p. 623-629, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000400012&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 11 nov. 2019.

JUMIL. **Manual de instruções J2 - S.** 58 p. Disponível em: <http://www.jumil.com.br/_adm/assets/uploads/manual/3a75e-Man.89.32.101-Rm-A.pdf>. Acesso em 8 novembro 2019.

KEMPSKI, Luciano Aparecido. **Construção de uma bancada de ensaio para avaliação de mecanismos dosadores de sementes.** 2006. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2006.

MANTOVANI, E. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, A. C. de. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para plantio de milho de alta densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 38-48, 2015.

MANTOVANI, E. C.; BERTAUX, S. **Avaliação do desempenho de semeadoras-adubadoras de milho no campo.** Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1990. 49 p.

MÁRQUEZ, Luis. **Maquinaria agrícola.** Madrid: B&H, 2004. 700 p.

MELLO, Willyams Bezerra de. **Proposta de um método aberto de projeto de produto-três alternativas de criação.** 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MELLO, L. M. M.; PINTO, E. R.; YANO, E. H. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função da velocidade de semeadura e tipos de dosadores. *Engenharia Agrícola*, v. 23, n. 3, p. 563-567, 2003.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas para plantio.** Campinas: Millenium, 2012. 609 p.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação.** Piracicaba: Fealq, 1996. 722 p.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design-a systematic approach.** 3.ed London: Springer Verlag 2007. 617 p.

PORTELLA, J.A. **Mecanismos dosadores** de sementes e de fertilizantes em máquinas agrícolas. Passo Fundo: Embrapa-CNPCT, 1997. 40p.

REIS, A.V. dos.; MACHADO, A.L.T.; BISOGNIN, A. Avaliação do desempenho de três mecanismos dosadores de sementes de arroz com vistas à semeadura de precisão. **R. Bras. Agrociência**, Pelotas, v.13, n.3, p. 393-398, 2007.

REIS, A. V. dos; FORCELLINI, F. A. Análise da Precisão Funcional da Semeadora. **Tecnológica**, Santa Cruz do Sul - RS, v. 6, n.2, p. 90-104, 2003.

SANTOS, A. C.; U., DE OLIVEIRA, B. A.; GOMES, I. F.; GROFF, A. M. Fatores e técnicas de produção e sua influência na produtividade e qualidade da soja. XI Encontro nacional de engenharia de produção agroindustrial. 2007

SCHMIDT, A. V.; LEON, C. J.; GAUSMANN, E.; MELO, I. J. B. **Semeadora adubadora para plantio direto.** Emater: Porto Alegre, 1999.

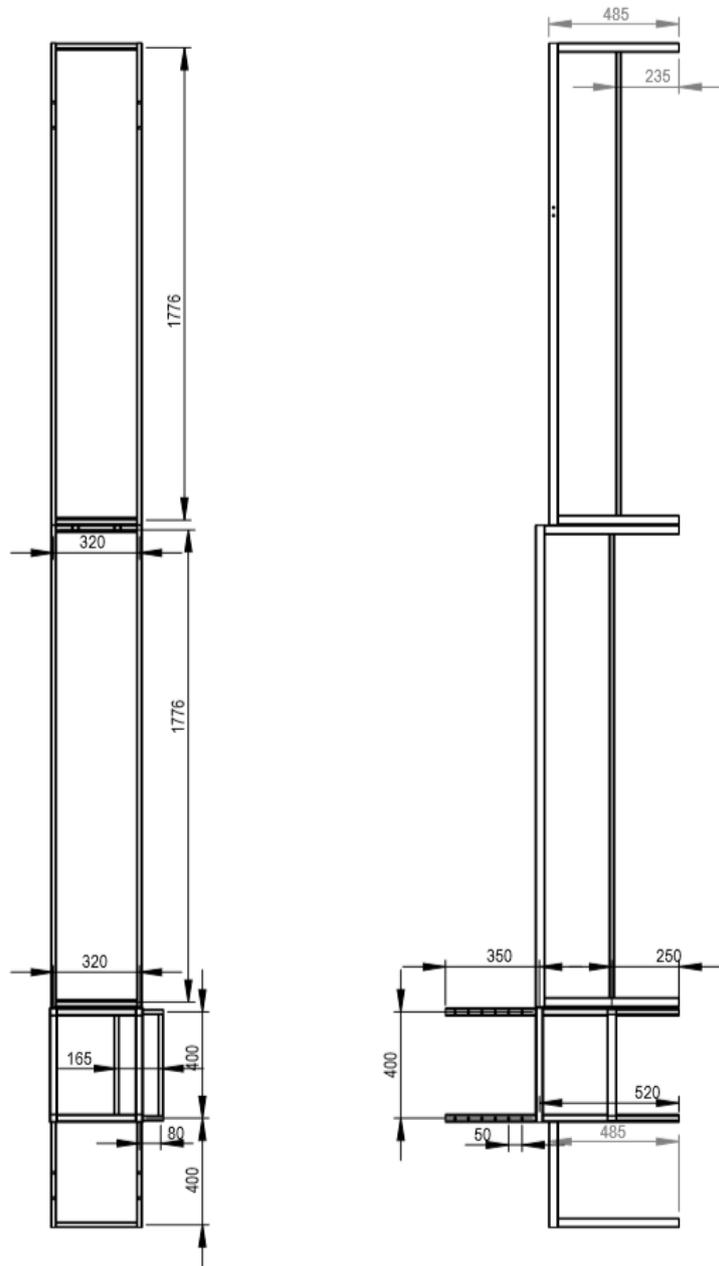
SILVA, M. C.; GAMERO, C. A. Qualidade da operação de semeadura de uma semeadora-adubadora de plantio direto em função do tipo de martetele e velocidade de deslocamento. **Revista Energia na Agricultura**, vol. 25, n.1, p.85-102, 2010.

SIQUEIRA, R. Semeadoras-adubadoras para sistema plantio direto com qualidade. Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), 2007

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. Milanez; SALVADOR, N. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.8, p. 1071-1077, 2002. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000800004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 15 out. 2019.

WALKER, Eduardo; DOS REIS, Ângelo Vieira; STEFANELLO, Giusepe. Projeto, desenvolvimento e construção de uma bancada de ensaios para dosadores de semente. **Revista Thema**, v. 15, n. 2, p. 498-505, 2018.

ANEXO 1 - DETALHAMENTO DOS COMPONENTES DA BANCADA



SE NÃO ESPECIFICADO:
DIMENSÕES EM MILÍMETROS
ACABAM. SUPERFÍCIE:
TOLERÂNCIAS:
LINEAR:
ANGULAR:

ACABAMENTO:

REBARBAR E
QUEBRAR
ARESTAS
AGUDAS

NÃO MUDAR ESCALA DO DESENHO

REVISÃO

	NOME	ASSINATURA	DATA	
DESEN.				
VERIF.				
APROV.				
MANUF.				
QUALID.				
				MATERIAL:
				PESO:

TÍTULO:

DES. Nº

Estrutura da bancada

14

ESCALA:1:25

FOLHA 1 DE 1

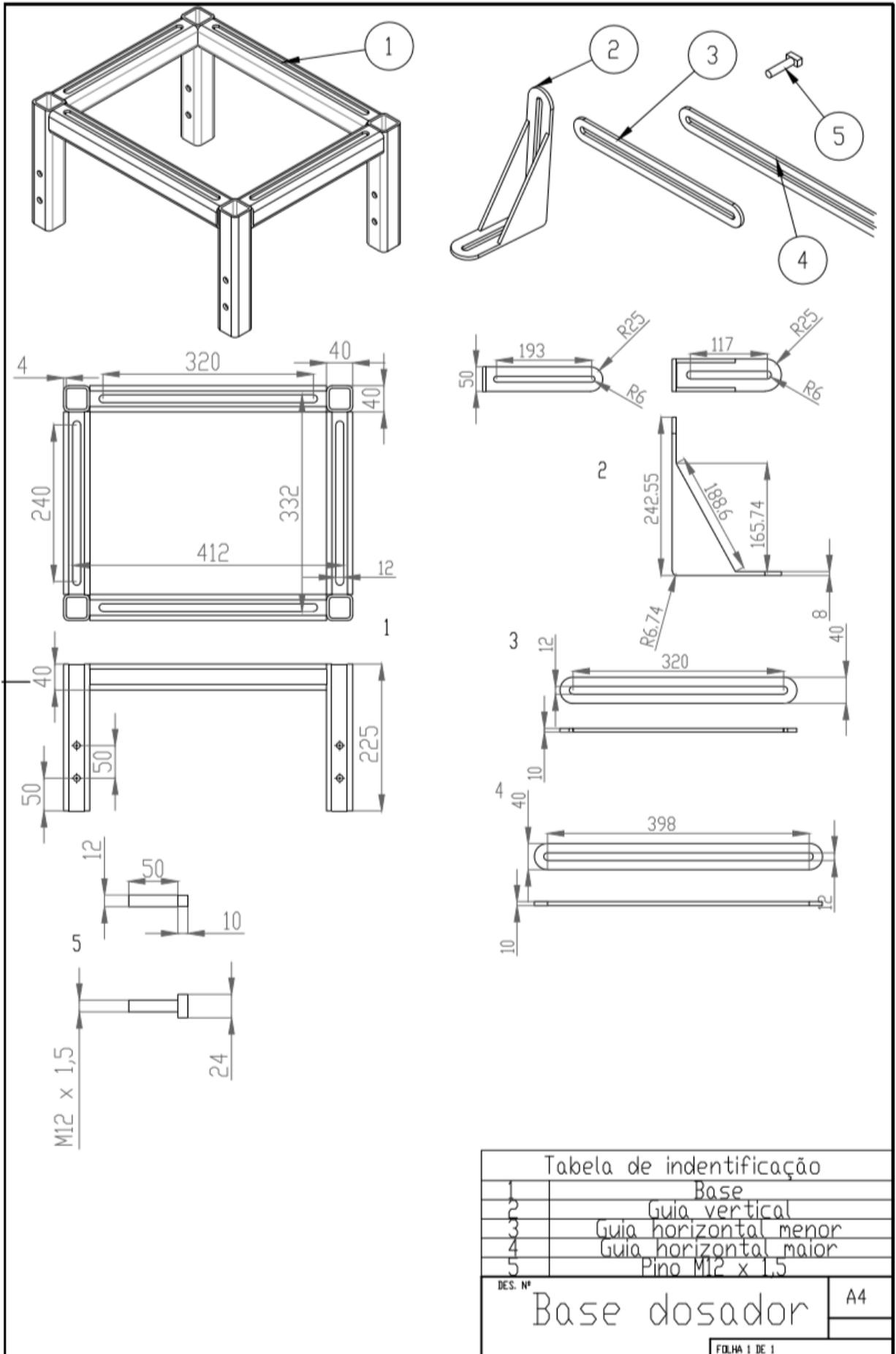
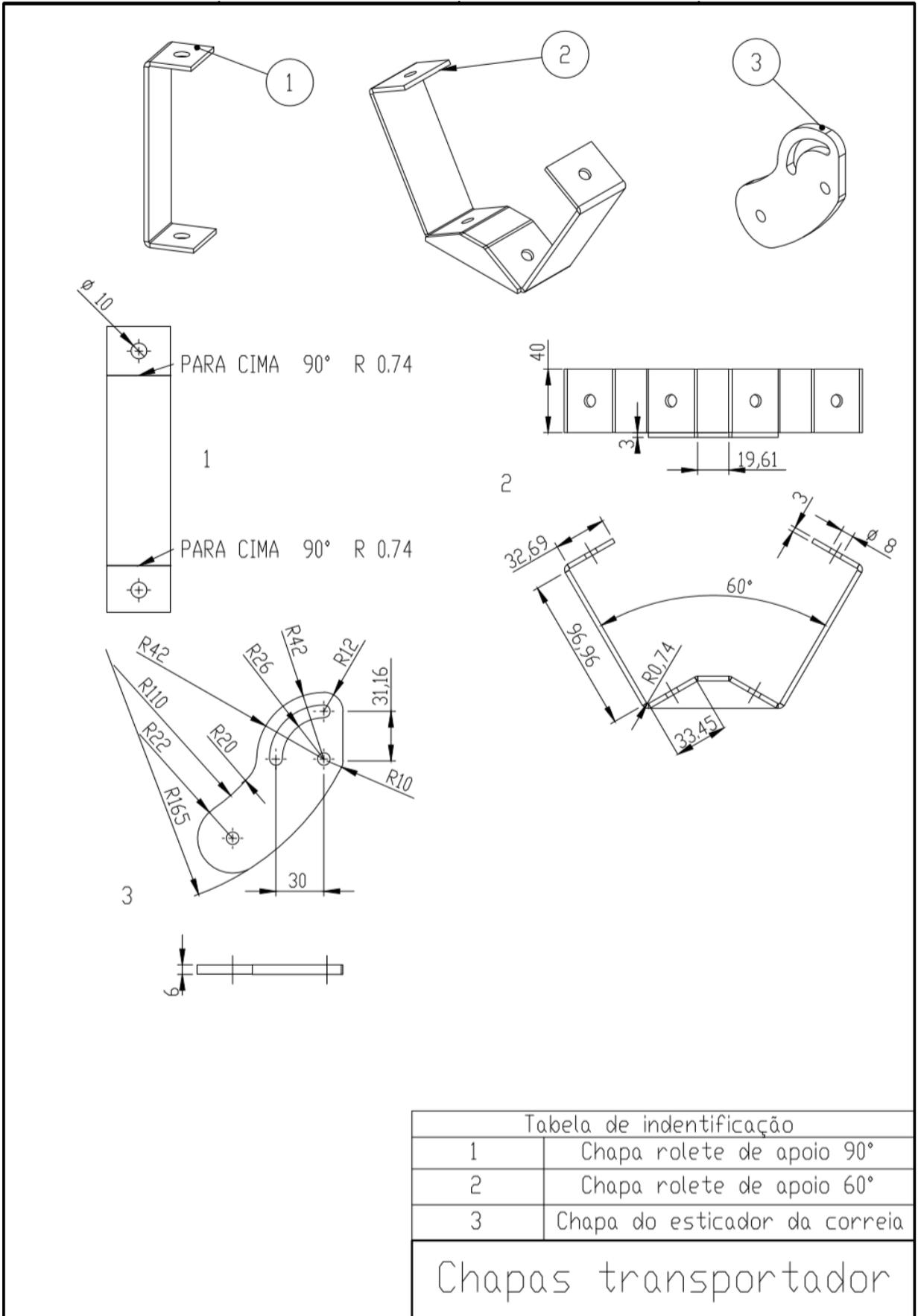
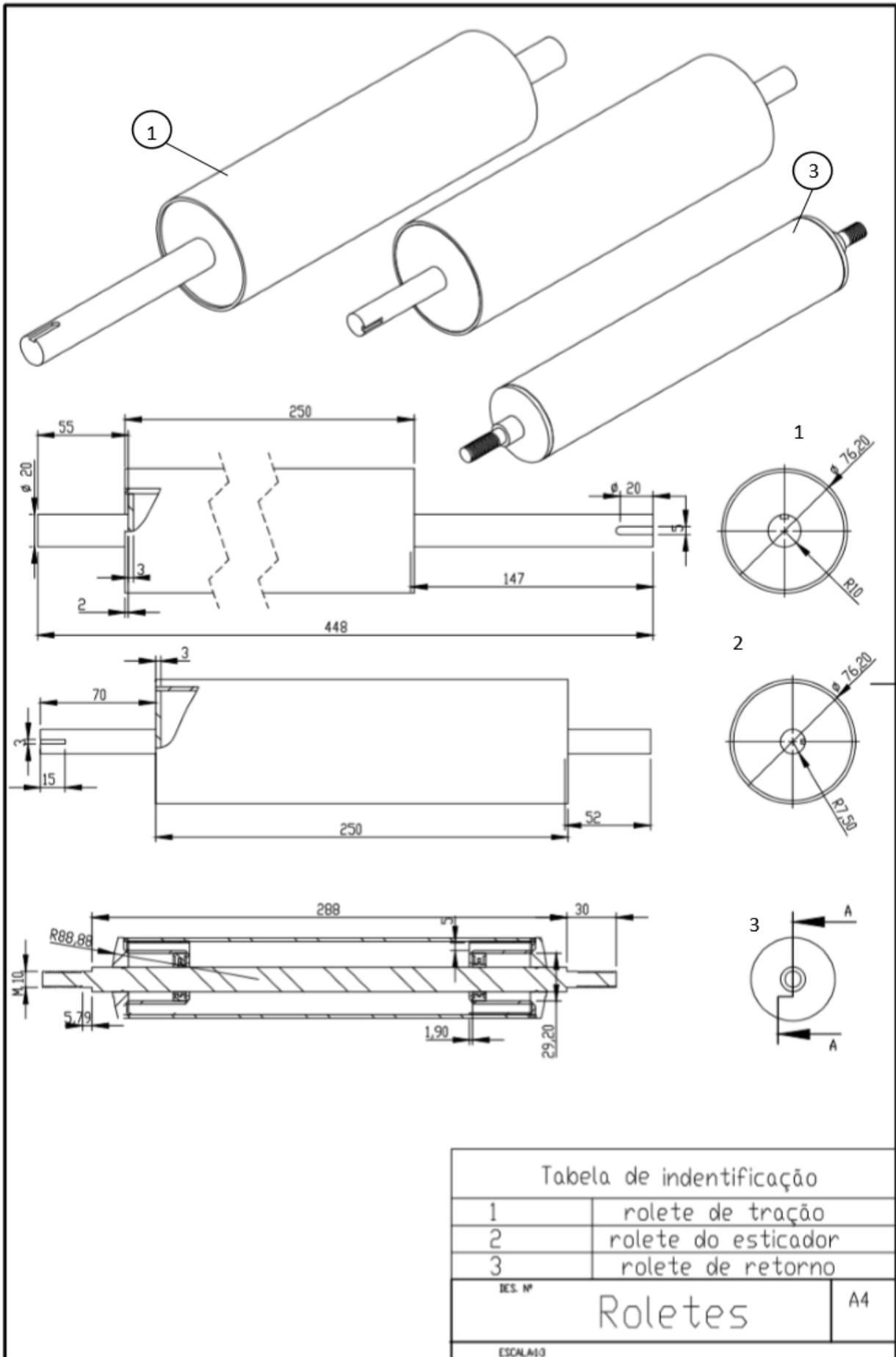


Tabela de identificação	
1	Base
2	Guia vertical
3	Guia horizontal menor
4	Guia horizontal maior
5	Pino M12 x 1,5
DES. Nº	Base dosador
	A4
FOLHA 1 DE 1	





ANEXO 2 – PROGRAMAÇÃO PARA O CONTADOR DE SEMENTES

```
//PROGRAMAÇÃO PARA CONTADOR DE SEMENTES
```

```
//GABRIEL PEREIRA ALMEIDA - 2019.2
```

```
#define REFRESH_TIME 1000 // Atualiza a cada 1000 milissegundos
```

```
#include <LiquidCrystal.h> //Biblioteca Display LCD
```

```
#include <SD.h> //Biblioteca do SD
```

```
#include <SPI.h> //Biblioteca do SD
```

```
File meuarq;
```

```
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2); // Inicializa o display
```

```
//VELOCIDADE
```

```
int sensorvel = 2; //Pino do sensor velocidade
```

```
long lasttime; //Millis()
```

```
float perimetro = 0.157079; //Eixo [m]
```

```
float veloc; //Variável da velocidade [m/s]
```

```
long cont; // Contador de giros
```

```
//PARA SEMENTES
```

```
const int sensor = 5; //Pino do sensor infravermelho
```

```
int contador = 0; //Variavel para contador
```

```
int leitura; // Armazena o estado do sensor
```

```
int semec = 0; //Variavel de espaço
```

```
int quantsemente = 0; // Quantidade de sementes por metro
```

```
int pinoSS = 53; //Pino do sensor SD
```

```
void setup(void) {
```

```
//Define o LCD com (16,2)
```

```
lcd.begin (16, 2);
```

```
lcd.clear();
```

```
//Velocidade da esteira
attachInterrupt(0, speedCalc, RISING);
pinMode(sensorvel, INPUT);
cont = 0;
lasttime = millis();
float veloc = 0;

//Semente
pinMode (sensor, INPUT); // Declara sensor como entrada
pinMode(pinoSS, OUTPUT); // Declara pinoSS como saída

//Cartão SD
if (SD.begin()) { // Inicializa o SD Card
  lcd.print ("SD Card pronto para uso."); // Imprime na tela
}

else {
  lcd.print ("Falha na inicialização do SD Card.");
return;
}

meuarq = SD.open("dosador.txt", FILE_WRITE); // Cria / Abre arquivo .txt

}

void speedCalc()
{
  cont++;
}

void loop(void) {

  if (millis() - lasttime >= REFRESH_TIME) {
```

```

cont = (cont/8);
veloc = (1000 * perimetro * cont) / abs (millis() - lasttime);
cont = 0;
lasttime = millis();
}

```

```
float t = abs (millis() - lasttime);
```

```
if (t >= REFRESH_TIME) { //Só realiza as leituras a cada 2 segundos
```

```
    //Lê contador de sementes
```

```
    leitura = digitalRead(sensor);
```

```
    if (leitura != 1) { //Verifica presença de objeto - Sensor NPN por isso diferente de 1
```

```
        contador = contador++; //Soma a quantidade de sementes
```

```
    }
```

```
    else {
```

```
        contador == contador; //Mantem a quantidade anterior
```

```
    }
```

```

    semec = (veloc)*(((millis() - lasttime)/1000)/contador); //Divide por 1000 para transformar
em segundos

```

```
    quantsemente = contador/semec;
```

```
    contador = 0;
```

```
    lasttime = millis();
```

```
    }
```

```
    lcd.setCursor(0, 0);
```

```
    lcd.print("Sementes por metro: ");
```

```
    lcd.print(int(quantsemente));
```

```
//Grava dados em dosador.TXT
```

```
    meuarq.print("Sementes por metro: ");
```

```
    meuarq.println(quantsemente);
```

```
if ( cont == 0)
{
  // Interrompe o processo e fecha o arquivo
  lcd.clear();
  lcd.print("Processo de gravacao interrompido. Retire o SD!");
  meuarq.close();
  while (1) {}
}
delay(2000);
}
```