

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**MODELAGEM E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO
PARA AUXILIAR O SISTEMA DE CORTE DE PALHADA DE
SEMEADORA-ADUBADORA**

**FABRÍCIO JOSÉ MEURER
LEONARDO DA SILVA REGINALDO**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

**MODELAGEM E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA
AUXILIAR O SISTEMA DE CORTE DE PALHADA DE
SEMEADORA-ADUBADORA**

**FABRÍCIO JOSÉ MEURER
LEONARDO DA SILVA REGINALDO**

Orientador: PROF. DR. CRISTIANO MÁRCIO ALVES DE SOUZA

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
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M598m Meurer, Fabricio Jose

MODELAGEM E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA AUXILIAR O SISTEMA DE CORTE DE PALHADA DE SEMEADORA-ADUBADORA [recurso eletrônico] / Fabricio Jose Meurer, Leonardo da Silva Reginaldo. -- 2018.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Cristiano Márcio Alves de Souza.

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2018.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

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

1. plantio direto. 2. semeadora-adubadora. 3. CAD. 4. ensaio de máquinas. 5. qualidade da sementeira. I. Reginaldo, Leonardo da Silva. II. Souza, Cristiano Márcio Alves De. III. 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.

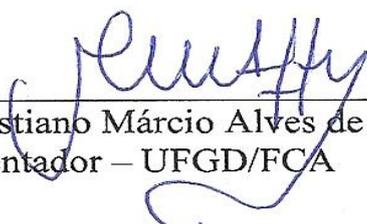
MODELAGEM E CONSTRUÇÃO DE UM DISPOSITIVO PARA AUXILIAR O SISTEMA DE CORTE DE PALHADA DE SEMEADORA-ADUBADORA

Por

Fabício José Meurer
Leonardo da Silva Reginaldo

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

Aprovado em: 11 de dezembro de 2018.



Prof. Dr. Cristiano Márcio Alves de Souza
Orientador – UFGD/FCA



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



Prof. Dr. Salvio Napoleão Soares Arcoverde
Membro da Banca – UFGD/PGEA

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por desde o início termos sido abençoados com a aprovação no vestibular. Nosso obrigado por nos transmitir força, foco e fé que nos acompanharam ao longo desses anos e que não nos permitiram desistir. Seremos eternamente gratos a Deus, por todas as bênçãos sobre a nossa família e por nos proporcionar tranquilidade aos corações daqueles que acompanharam nossa trajetória acadêmica.

As nossas famílias e a todos aqueles que de alguma maneira singular se tornaram especiais em nossas vidas, fazendo parte delas e transmitindo forças e sempre prezando pelo nosso melhor como seres humanos, José Alberto Meurer, Soeli Tenório Meurer, José Nilton Vasconcelos Reginaldo, Marlene Correa da Silva Reginaldo, Gabriel, Leticia, Ana Clara, Vinícius Eduardo, Debora, Mayra e Lorena Rafagnin.

Aos amigos que fizemos durante essa caminhada, que nos mostraram o valor de uma amizade verdadeira, e sempre estiveram conosco em todos os momentos tornando essa caminhada mais fácil, Priscila Aryele, Ruth Jara, Wendel Silva, Rene Naban, Gustavo Esteves, Pedro B. Colman, Vinícius Lima, Julie Wenglity, Diego Pagnan, Guilherme Hilário, Evair da Silva, Cassio Doreto, Diego Silva e Paulo Neto.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Cristiano Marcio Alves de Souza, pelo conhecimento transmitido de forma ímpar, pelo profissional que é, e pela amizade construída e zelada na forma em que conduziu suas sugestões com respeito e clareza, nos fazendo ter mais certeza de que o caminho que escolhemos é o melhor para nós, sendo um verdadeiro exemplo para nós, que tivemos a honra de termos sido seus orientados.

A todos aqueles que sem eles não conseguiríamos obter sucesso nessa etapa do curso, nos ofereceram sua ajuda, seus conhecimentos e meios de tornar possível todo o nosso projeto. Ao Prof. Dr. Roberto Carlos Orlando, pelas ideias e por todo conhecimento transmitido em sala e fora dela, que certamente foram essenciais; ao Dr. Salvio Napoleão Soares Arcoverde, por tornar possíveis os testes na área da Fazenda Experimental da UFGD; aos técnicos da Fazenda Experimental, pela disposição e profissionalismo; ao amigo e colega de curso Gabriel Pereira Almeida, pela ajuda na etapa de construção de nosso protótipo.

A UFGD, pela oportunidade do desenvolvimento desse projeto e pela estrutura que pude usufruir para a realização da mesma.

SUMÁRIO

PÁGINA

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Semeadura direta.....	3
2.2. Semeadora-adubadora.....	4
2.3. Sistema de corte	5
2.4. Metodologia de projeto	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Local	9
3.2. Clarear a tarefa	9
3.3. Projeto conceitual	9
3.3.1. Estabelecimento de uma estrutura de funções	11
3.3.2. Princípios e estruturas de trabalho	13
3.4. Projeto do dispositivo	13
3.5. Projeto preliminar	14
3.5.1. Concepções de projeto	14
3.5.1.1. Concepção 1	14
3.5.1.2. Concepção 2	15
3.5.1.3. Concepção 3	16
3.5.1.4. Concepção 4	17
3.5.1.5. Concepção 5	18
3.5.1.6. Concepção 6	19
3.5.2. Seleção da solução	20
3.6. Construção	22
3.7. Teste do protótipo do dispositivo	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Projeto detalhado	28
4.2. Teste de funcionamento	32
4.3. Germinação de sementes.....	35
5. CONCLUSÕES	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

MEURER, Fabrício José; REGINALDO, Leonardo da Silva. **Modelagem e construção de um dispositivo para auxiliar o sistema de corte de palhada de semeadora-adubadora**. 2018. 41f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

O sucesso da semeadura direta envolve a seleção e a eficiência dos componentes da semeadora-adubadora. Nesse caso, há necessidade de um sistema de corte eficiente de palhada em sistema de semeadura direta, auxiliando a sulcação e colocação de sementes no solo. Assim, o objetivo do trabalho foi modelar um dispositivo que auxilie no processo de corte de palhada em uma semeadora-adubadora, bem como uma posterior construção do protótipo com as medidas e características fiéis ao modelo obtido em uma ferramenta de desenho auxiliado por computador – CAD. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Projeto de Máquinas da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, e os ajustes feitos no Laboratório de Construções Mecânicas da Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA-UFGD), localizada no município de Dourados-MS. Com a construção do protótipo terminada, foi colocado o protótipo a toda prova, em testes de funcionamento, avaliando o desempenho do dispositivo na semeadura da cultura da soja em solo com diferentes níveis de compactação, germinação das sementes na linha do protótipo em comparação as linhas sem o protótipo. A modelagem computacional em ferramenta CAD permitiu uma concepção válida, pois como todas as dimensões do sistema original da semeadora foram a base do projeto, as peças dimensionadas e construídas puderam se ajustar no disco de corte não havendo interferências, o que pode-se dizer que uma modelagem com uso das ferramentas de softwares 3D torna-se possível a visualização de um projeto e suas características mesmo antes da sua construção. O uso da ferramenta de análise de tensão proporcionou contornar a possível ruptura da braçadeira projetada após modelar e simular a peça que serviu de batente, redistribuindo a tensão sofrida não concentrando os esforços no ponto frágil da peça. O dispositivo projetado atendeu o objetivo de aumentar a eficiência de corte testado no solo compactado e coberto por palhada da cultura do milho, onde os resultados de emergência foram maiores na linha da semeadora onde foi instalado o dispositivo, demonstrando sua validade em melhorar a qualidade de semeadura.

Palavras-chave: plantio direto, CAD, ensaio de máquinas, qualidade da semeadura.

MEURER, Fabrício José; REGINALDO, Leonardo da Silva. **Modeling and construction of a device to assist the straw cutting system in a seeder-fertilizer machine** 2018. 41f. Monograph (Graduation in Agricultural Engineering) - Federal University of Grande Dourados, Dourados - MS.

ABSTRACT

The no-till system success involves the selection and efficiency of components from the seeder-fertilizer machine. In this case, an efficient straw cutting system is needed in no-till systems, helping the suction and placement of seeds in the soil. Thus, the goal of the work was to model a device that assists the straw cutting process in a seeder-fertilizer machine, as well as the construction of a prototype with faithful measurements and features to the model obtained in a drawing tool in a computer - CAD. The work was developed in the Machines Projects Lab in the College of Agricultural Science from the Federal University of Grande Dourados, the adjustments were performed in the Mechanical Constructions Lab at the Agricultural Science Experimental Farm (FAECA-UFGD), located in Dourados-MS. With the construction of the prototype finished, it was put to be tested, on functioning tests, evaluating the device's performance in the soil beans sowing under different compaction levels, germination of seeds in the prototype sowing line in comparison to sowing lines without the prototype. The computational modeling in CAD tool allowed a valid conception, because as all the seeder's original system's dimensions were the basis of the project, the dimensioned and built parts were able to adjust in the cutting disc having no interferences, which allow us to claim that a modeling using a 3-D software tool makes possible the visualization of a project and its features even before it's built. The use of a tension analysis made possible to outline the clamp rupture projected after modeling and simulating the part that was used as a jamb, redistributing the suffered tension not concentrating its efforts in the part's fragile point. The projected device complied with the goal to increase its cutting efficiency tested on the compacted soil and covered with corn straw, where the results of seedling emergence were higher in the sowing line where the device was installed, showing its validity in getting better the sowing quality.

Key-Words: no-till farming, CAD, machines assay, sowing quality.

1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Semeadura Direto (SD) tem como objetivo realizar a semeadura em sucessão de uma cultura ou rotação de mais de duas culturas em uma mesma área destinada a produção. É caracterizado como um sistema conservacionista, pois não faz uso de aração e gradagem no preparo do solo, onde só há revolvimento nas linhas de plantio, promovidos pelos discos e sulcadores da semeadora.

Dessa forma, os restos da cultura de cobertura e/ou palhada processada pela colhedora promovem uma cobertura na superfície do solo. Os restos culturais devem cobrir, pelo menos, 80% da superfície do solo ou manter 6 Mg ha^{-1} de matéria seca para cobertura adequada do solo. Este é um dos requisitos mais importantes para o sucesso do plantio direto por afetar praticamente todas as modificações que o sistema promove. É também um dos requisitos mais variáveis entre diferentes regiões, pois as opções de explorações agrícolas e de cobertura do solo dependem das condições climáticas, bem como da disponibilidade de informações relativas a espécies alternativas e as épocas de semeadura em cada local (CRUZ et al., 2018).

Problemas quanto ao desempenho e alta resistência à penetração dos sulcadores têm exigido constante adaptação das máquinas. Assim, o corte irregular da vegetação, embuchamentos, abertura inadequada dos sulcos, aderência do solo aos componentes, profundidade de semeadura desuniforme, cobertura deficiente do sulco de semeadura e contato inadequado do solo sobre as sementes são frequentes (SIQUEIRA, 2018).

A qualidade e a eficiência no corte da palhada são elementos determinantes no processo de semeadura, em função da ocorrência de embuchamentos e de paradas, no afastamento da palhada ou mesmo no conhecido efeito do envelopamento da semente que ocasiona a deposição sobre a palha enterrada pelo mecanismo. Com isso têm exigido uma constante adaptação das máquinas, especialmente na busca de soluções para problemas que afetam a uniformidade de emergência das plantas (SANTOS et al., 2010).

Assim, deve-se buscar sistemas robustos, rígidos, de fácil instalação, que pressione e segure a palhada, possibilitando melhoria no corte, diminuição no embuchamento e aumento na germinação de cultura. Modelar um dispositivo para auxiliar o corte da palhada em uma semeadora, bem como construir e testar em campo o

protótipo com as medidas e características fiéis ao modelo obtido em ferramenta de desenho auxiliado por computador foram os objetivos deste trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Semeadura direta

A área cultivada com o sistema de semeadura direta no Brasil apresentou uma significativa expansão, passando de 1 milhão de hectares em 1992 para 25 milhões em 2007. Crescimento esse, impulsionado, principalmente, pela disponibilidade de semeadoras adequadas (CASÃO JUNIOR et al., 2012).

No Brasil, depois de muito tempo de plantio convencional consolidado no meio agrícola, onde havia revolvimento constante do solo, práticas conservacionistas foram ganhando espaço, e hoje, o sistema de semeadura direta, está cada vez mais difundido e domina esse meio, trazendo com ele uma bagagem de tecnologia que se fez necessária para sua implantação.

O SD fundamenta-se no não revolvimento e na cobertura permanente do solo, e na rotação de culturas. Sua utilização é de vital importância para a agricultura, pois dessa forma, é possível reduzir perdas causadas pela erosão que, além do solo, carrega para os cursos d'água, adubos e outros produtos químicos, constituindo-se em fonte de poluição e degradação dos rios e outros mananciais (SALTON et al., 1998).

No plantio direto, os solos apresentam, em geral, na camada superficial, após três a quatro anos, maiores valores de densidade e microporosidade e menores valores de macroporosidade e porosidade total, quando comparados com os do preparo convencional. Isto decorre, principalmente, do arranjo natural do solo, quando não é mobilizado, e da pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas, sobretudo quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de água (VIEIRA, 1985).

Oliveira et al. (2003) relatam que a densidade do solo em SD consolidado pode ser menor do que a encontrada nos primeiros anos após a implantação sistema, devido ao aumento da matéria orgânica na camada superficial, podendo melhorar inclusive a estrutura do solo.

O sucesso da semeadura direta está diretamente relacionado à seleção e à eficiência dos componentes das semeadoras-adubadoras, bem como da adequação da velocidade de deslocamento e das características do solo e da cobertura vegetal (MAHL, 2006).

Nas condições de clima e solo de Cerrado, o emprego de plantio direto sobre a palhada implica o conhecimento e definição das espécies para cobertura, as quais devem ter boa produção de biomassa e ser suficientemente persistentes, para proteção física do solo e disponibilização de nutrientes, nos períodos de excesso ou escassez de água, resultando em benefícios para a cultura posterior (NUNES et al., 2006).

Os resíduos vegetais mantidos na superfície do solo protegem-no contra radiação solar excessiva, impacto de gotas de chuva e evaporação, mantendo relativamente estabilizadas a temperatura, o teor de água e a atividade microbiana nas camadas superficiais do solo. Possuem também efeito significativo (alelopático) sobre a emergência de espécies de plantas daninhas (HERNANI e SALTON, 1997).

2.2. Semeadora-adubadora

Segundo Boller (1990), depois do trator, as semeadora-adubadoras são consideradas as de maior importância na agricultura. Para, Santos et al. (2008a) a semeadora é o equipamento mais importante para o sucesso da semeadura direta. Além da distribuição uniforme das sementes e sua colocação adequada no sulco para garantir a germinação, a semeadora sob SD desempenha as funções de cortar a palha, romper o solo, depositar a semente e cobrir o sulco na linha de semeadura.

Segundo Coelho (1996), as semeadoras passaram a assumir importância fundamental nos modernos sistemas de produção agrícola, uma vez que, na grande maioria das regiões onde tais técnicas começaram a ser adotadas, passaram a significar fator limitante de sucesso operacional do sistema. Isso porque, com a presença de resíduos na superfície, e, em solo revolvido apenas na linha de semeadura, as máquinas utilizadas até então no sistema convencional, não mais atingiam desempenho satisfatório. A grande diversidade de tipos de solos também exigiu dos fabricantes um significativo e árduo trabalho de adequação de projetos, principalmente no que se refere aos elementos sulcadores e estruturas das semeadoras desenvolvidas para operar nos novos sistemas conservacionistas de produção.

A adubadora pode ser definida como o implemento capaz de distribuir diferentes tipos de produtos (fertilizantes), os quais podem apresentar as mais diversas constituições (FRANCETTO et al., 2014).

O conjunto semeadora-adubadora, conta com sistema de corte (disco e rompedores), sistema de distribuição de fluxo contínuo ou de precisão, para insumos, e sistema de fechamento de sulcos.

De acordo com Silva (2003), no Brasil, a produção de semeadoras-adubadoras de precisão para a SD, está concentrada nos estados de São Paulo e Rio Grande do Sul. No entanto, a maior expansão do mercado dessas máquinas ocorre na região Centro-Oeste do país, onde as propriedades adquirem rapidamente um alto nível de desenvolvimento no sistema de produção, em função da disponibilidade de recursos tecnológicos e, também, pela necessidade de modernização dos processos de produção devido às características de um mercado altamente competitivo.

As semeadoras-adubadoras para plantio direto devem ter: capacidade para cortar restos vegetais e romper o solo não preparado; elementos de corte, adubação e semeadura que evitem embuchamentos por restos culturais; possibilidade de regulagem de profundidade, densidade de semeadura e espaçamentos entre linhas; rodas compactadoras para fechar os sulcos e compactar o solo ao redor das sementes (DERPSCH et al., 1991).

2.3. Sistema de corte

Os discos de corte se destinam primeiramente ao corte dos resíduos vegetais e não ao preparo do solo, existindo quatro tipos de discos: liso, estriado, estriado com borda lisa e ondulado, devendo os mesmos atuarem a uma profundidade ligeiramente menor que àquela de deposição das sementes (DICKY, 1992).

Discos de corte podem ser encontrados em diferentes diâmetros e formatos. Quanto ao formato, os mais usuais são do tipo liso, estriado, corrugado, ondulado e recortado. Os discos lisos quando devidamente afiados cortam melhor os resíduos vegetais e requerem menor peso e pressão das molas para penetração no solo (PORTELLA, 2001).

No caso de semeadoras-adubadoras, o maior esforço de tração pode resultar, também, do aumento na profundidade de atuação dos órgãos ativos, especialmente discos de corte de resíduo e sulcadores para abertura de sulcos de adubação e semeadura (ASAE, 1999).

A semeadora é o equipamento mais importante para o sucesso do plantio direto. Além da distribuição uniforme e da colocação adequada para garantir a

germinação, a semeadora sob plantio direto desempenha a função de abertura do sulco e descompactação do solo, fazendo o corte da palhada e o rompimento do solo na linha de semeadura (SANTOS et al., 2008b).

A aderência de solo nos sulcadores (disco de corte, disco duplo e haste) é tanto maior quanto mais alto forem os teores de argila e de água no solo. Um dos efeitos mais evidentes da aderência nos sulcadores é a abertura de sulcos mais largos e o aumento da mobilização do solo. Em geral, quando a aderência é excessiva, ou seja, quando a quantidade de solo agregado é igual ou superior à largura do sulcador, em ambos os lados e em toda superfície do mesmo, também ocorre embuchamento de palha nos sulcadores, pois esta não é cortada completamente (ARAÚJO et al., 2001a). Na Figura 1 está mostrado o embuchamento no disco de corte de uma semeadora-adubadora.



FIGURA 1. Embuchamento no disco de corte de uma semeadora-adubadora.

A Figura 2 mostra que um dos efeitos do embuchamento é o mau cobrimento do sulco quando se desloca a semeadora com grandes quantidades de palhada em seus mecanismos, provocando um arrasto da cobertura do solo podendo deixar sementes expostas ao solo quando não enterradas devidamente.



FIGURA 2. Solo descoberto após a palhada sofrer arraste, resultado de embuchamento.

Outro fato que ocorre durante o embuchamento na semeadura, é quando o operador levanta a semeadora e desloca a mesma até sair o acúmulo do material, após a saída abaixa novamente e segue a linha de plantio; em que durante esse processo áreas da largura do implemento durante o arrasto pode não receber semente, pois para plena distribuição a roda motriz deve percorrer alguns metros, fato esse mostrado na Figura 3.



FIGURA 3. Efeito do processo de levante da semeadora-adubadora, deixando uma falha significativa nas linhas de semeadura.

2.4. Metodologia de projeto

Para Back (1983), “projeto é a criação de algo novo, de algo que nunca tenha sido montado desta forma e para esta finalidade, mesmo que seja a montagem de peças velhas”. Caracteriza ainda o projeto, o de engenharia mais especificamente, como

“uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas, principalmente daquelas que podem ser satisfeitas por fatores tecnológicos de nossa cultura”.

Segundo Ullman (1992), as diversas modalidades em que se pode enquadrar o projeto são tão somente casos particulares, restringidos, do projeto original. Assim, uma metodologia clara para projetos originais é suficiente para orientar o projetista na resolução de qualquer projeto de engenharia, obedecendo às restrições de cada caso.

Para formular e concretizar uma solução quando se realiza um projeto, toma-se alguns passos para criação de uma estrutura de organização que segue alguns passos, subdividindo os processos até alcançar as metas pretendidas.

Uma das formas de se organizar o processo, é a utilização da metodologia de projeto proposta por Pahl et al. (2005), que se faz uma ordenação, na qual o primeiro passo é o clareamento da tarefa, que consiste em buscar as necessidades de aplicação e possíveis soluções. O passo seguinte é o levantamento de hipóteses que possam gerar a solução do problema, alternativas e esboços ou concepções, que caracterizam a fase do projeto conceitual.

Tomado uma das concepções como solução possível no projeto conceitual, passa-se para a fase de projeto preliminar, na qual através de uma estrutura de função estabelecida, inicia-se a projeção estrutural do projeto proposto, levando em conta as características e dimensões de um caso físico (PAHL et al., 2005). Nesta fase, o auxílio de softwares de modelagem para esboços dimensionais pode ser de grande valia obtendo leiautes que possibilitam a visualização do projeto em 2D, e até mesmo 3D, criando uma perspectiva física real antes mesmo da fase de construção.

O projeto detalhado irá utilizar a modelagem feita na fase de projeto preliminar para criação de uma estrutura final do projeto, definindo suas características dimensionais que serão levadas para as fases finais que são a construção e testes, nos quais são avaliados seus comportamentos e desempenho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Projeto de Máquinas da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, localizada no município de Dourados-MS, e os testes de campo foram conduzidos na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias-FAECA.

3.2. Clarear a tarefa

O desenvolvimento do dispositivo foi dividido em três etapas: 1) modelagem e projeto do dispositivo; 2) construção do protótipo; 3) teste do protótipo do dispositivo de auxílio do corte de palhada em campo.

Para início de projeto deve-se buscar a problemática central do estudo. A etapa inicial, identificação da necessidade, geralmente consiste em uma exposição mal definida e vaga do problema. O desenvolvimento das informações na pesquisa de suporte foi necessário para definir e compreender o problema, sendo depois possível estabelecer o objetivo de forma mais razoável e realista do que a exposição do problema, conforme proposto por Norton (2011).

Para projetar o dispositivo e buscou-se clarear a tarefa, levantando-se os problemas propostos na operação da semeadura, propor a solução mais adequada. No presente trabalho o foco se deu no mecanismo de corte da palhada, envolvendo o disco de corte o principal componente, e com isso propor uma solução que possa ser mais adequada para aumentar sua eficiência de corte sem modificar os componentes originais da semeadora a ser trabalhada.

3.3. Projeto conceitual

Nesta fase o dispositivo foi modelado funcionalmente e descrito de maneira abstrata, sem a preocupação com aspectos físicos, a partir da definição do produto em termos de suas funções. Para isto, primeiramente foi definida a função principal do produto e esta foi desdobrada em várias estruturas de funções do dispositivo, até que uma fosse selecionada. A seguir, princípios de solução foram propostos para satisfazer

cada uma das funções da estrutura de funções anteriormente selecionada, conforme proposto por Forno et al. (2008).

No projeto conceitual buscou-se por uma solução essencialmente qualitativa - uma concepção - para o problema de projeto do dispositivo. Poucos foram os problemas para os quais pôde-se atribuir de imediato uma solução inicial. O que dificultou a busca direta por uma solução (concepção) foi a complexidade intrínseca aos problemas de projeto (FERREIRA, 1997), neste caso os de elementos de máquinas agrícolas. Por isso, buscou-se no mercado e na literatura por proposta iniciais que satisfizesse o problema de projeto proposto, e por tratar-se de um dispositivo acoplado a um sistema já construído, houve limitada liberdade de projeto.

Para as atuais tendências do mercado foram listadas no Quadro 1 alguns requisitos destinados ao desenvolvimento deste projeto. Tendo como principal divisão os requisitos desejáveis (D), cujo alocação no projeto não seria de suma importância, sendo necessariamente enquadrados em segundo plano, e os requisitos indispensáveis (I), cujo adequação é de extrema importância.

QUADRO 1. Lista de requisitos para o projeto do dispositivo

Desejável ou indispensável	Requisitos de projeto	Descrição dos requisitos
D	1 - Baixo custo de aquisição	Baixo custo de fabricação
I	2 - Mecânica simples	Sistema simples, poucos componentes
I	3 - Facilidade de ajustes	Rapidez e facilidade das regulagens, minimizar uso de ferramentas
D	4 - Consumo de potência	Maior requerimento na força exigida
I	5 - Materiais comuns	Utilização de materiais normalizados facilmente encontrados no mercado
I	6 - Vida útil	Boa relação custo benefício
I	7 - Processos convencionais de fabricação	Facilitar a fabricação e manutenção
I	8 - Desempenho	Rapidez de operação
D	9 - Peso	Compatibilizar peso com desempenho, consumo de potência, custo e transporte
I	10 - Fácil manuseio	Facilidade de manuseio em operação
D	11 - Peças normalizadas	Uso de componentes normalizados
D	12 - Aspectos estéticos	Promover empatia do cliente

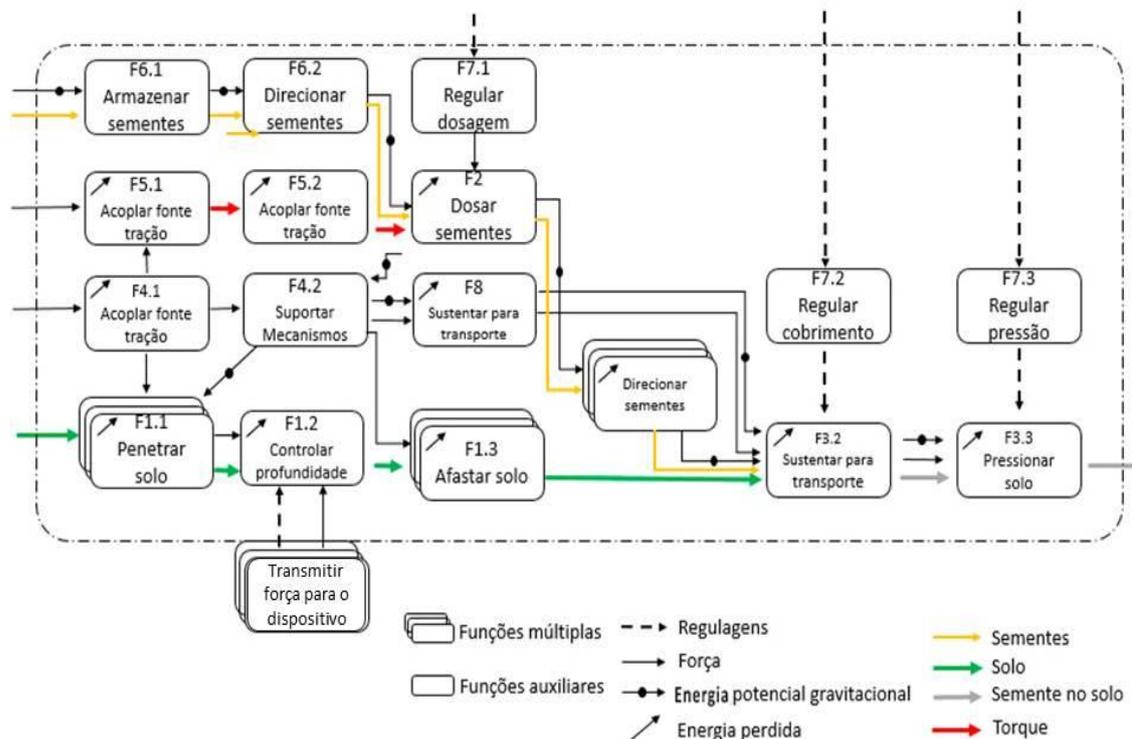
O projeto deve seguir as premissas de que foi desenvolvido para o meio agrícola, utilizado em operações onde demandará um certo esforço sobre o protótipo, devido à disposição sobre a máquina semeadora. Assim, suas partes devem ser robustas e ter certa durabilidade.

Tendo em vista que sua função é de apoiar a palhada para facilitar o corte, optou-se por rodas de dimensão menor que o disco de corte e configuradas próximas a face ao disco de corte, para que possa realizar tal função. Outro elemento considerado foi um tirante onde o dispositivo pudesse ser fixado nos elementos da semeadora e na roda de pressionamento da palhada, para que a mesma se desloque junto com o sistema de corte.

Como a roda por si só não atende a função de pressionar a palhada, assim, outro dispositivo que pudesse atender à solicitação, considerou-se um sistema de mola. Com essa configuração pode-se fazer o ajuste da pressão necessária para segurar a palhada entre as rodas e o disco, facilitando seu corte e não acumulando palha entre as partes da semeadora.

3.3.1. Estabelecimento de uma estrutura de funções

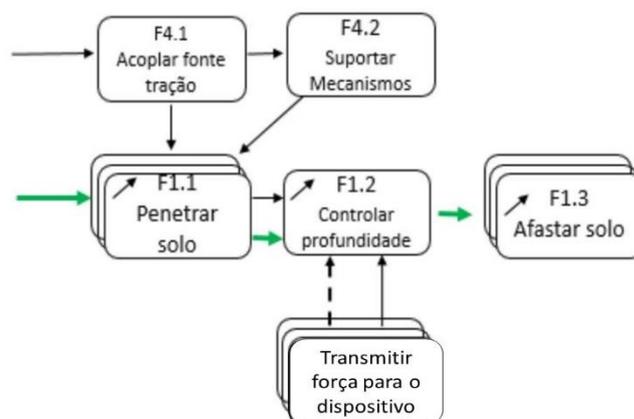
A função global (FG), representada pelas entradas e saídas de material, energia e sinal em relação a um sistema periférico que delimita a fronteira entre a máquina e suas interfaces (ambiente e usuário), foi definida como: semear com precisão e qualidade. Durante a semeadura, o material (sementes e solo) é progressivamente modificado por meio dos diversos subsistemas da máquina que interagem com o ambiente e o usuário até que a operação seja concluída. A partir da FG, identificaram-se as funções (Figura 4) “F1: abrir solo”, “F2: dosar sementes” e “F3: acondicionar sementes no solo”. Essas funções foram decompostas em “F1.1: penetrar mecanismo no solo”, “F1.2: controlar profundidade”, “F1.3: afastar o solo”, “F2.1: captar sementes”, “F2.2: conduzir sementes”, “F2.3: ejetar sementes”, “F3.1: direcionar sementes”, “F3.2: cobrir sementes” e “F3.3: pressionar solo” (STEFANELLO et al., 2014).



Fonte: Adaptado de Stefanello et al. (2014).

FIGURA 4. Estrutura de funções para uma semeadora.

A entrada de energia no trabalho proposto se insere na estrutura como uma função múltipla em F1.2, pois se a função auxiliar identificada como sendo do disco de corte é o controle de profundidade no solo depois de realizar a função de penetrar no solo identificada por F1.1, o dispositivo a ser projetado deve ter regulagens para transmitir uma força para o dispositivo, tal força implica em uma pressão maior das rodas auxiliares sobre a palhada, que pode aumentando a eficiência do corte, conforme a Figura 5.



Fonte: Adaptado de Stefanello et al. (2014).

FIGURA 5. Estrutura de funções adotado no projeto.

3.3.2. Princípios e estruturas de trabalho

O equipamento que foi projetado não apresentou muitas finalidades diferentes, a não ser aquelas que foram destacadas. Primeiramente o implemento é considerado do tipo arrasto para trabalho. O dispositivo é montado suporte do sistema de corte da semeadora e seu trabalho é controlado sob pressão das molas e posicionada sobre o solo pressionando a palhada.

3.4. Projeto do dispositivo

Para projetar o dispositivo foi feito o planejar e o clarear a tarefa, onde foram levantados os problemas propostos na etapa da semeadura, e propostas soluções mais adequadas. Com base nas possíveis soluções, foi disposto em forma de tabela de requisitos desejáveis e indispensáveis, onde o segundo foi o fator de maior importância, tais como simples mecânica, com fáceis ajustes e que visa proporcionar melhor desempenho, conforme mencionado no Quadro 1.

No projeto preliminar, determinou-se o leiaute e as formas, e desenvolveu-se uma proposta de dispositivo de acordo com considerações técnicas e econômicas. Foi necessário produzir vários leiautes em escala para obter mais informações sobre as vantagens e desvantagens das diferentes variantes, abrindo caminho para avaliações técnicas e econômicas. Obtido o melhor leiaute, pôde-se checar a função, os esforços, a compatibilidade espacial, entre outros, conforme descrito em Resende (2005).

O dispositivo foi modelado usando a ferramenta CAD SolidWorks®, onde inicialmente foi tomada as medidas exatas do conjunto disco de corte da semeadora-adubadora, modelo Solografic-4500 Directa.

Na Figura 6 mostra-se o conjunto do sistema de corte que foi fixado o dispositivo. Após mensuradas as dimensões dos elementos utilizou-se a ferramenta CAD – SolidWorks para reproduzir o sistema e modelar o projeto proposto. Para realizar o dimensionamento das peças que foram construídas, as geometrias seguiram alguns parâmetros que puderam se ajustar entre o disco de corte e o suporte que o segura para verificação de folgas e evitar contato com a face do disco, pois não pode comprometer o funcionamento da semeadora na momento de realizar o corte da palhada de cobertura.

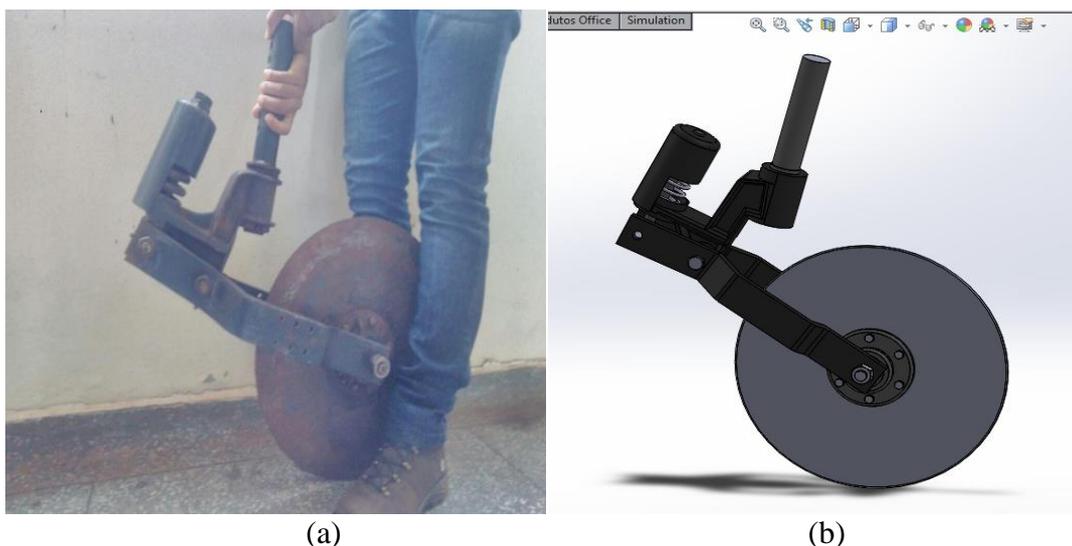


FIGURA 6. Conjunto de sistema de corte real (a) e modelado em computador (b).

3.5. Projeto preliminar

3.5.1. Concepções de projeto

Na concepção de projeto foram levantadas todas as hipóteses de funcionamento do dispositivo, tomando como configuração central o sistema disco de corte da semeadora, pois não se pode interferir no funcionamento do conjunto original da máquina restringindo algum tipo de movimento que a mesma faça, e o dispositivo projetado deve trabalhar em conjunto, então ele foi dimensionado para que ambos realizem o trabalho em sincronia.

Para tanto, as características geométricas e dimensões do sistema disco de corte formaram a base para modelar as peças do protótipo.

3.5.1.1. Concepção 1

A primeira concepção baseou-se em um protótipo desenvolvido durante elaboração do projeto final da disciplina de Projeto de Máquinas Agrícolas, no qual um dos requisitos foi o desenvolvimento de um projeto relacionado a soluções na agricultura. O projeto base se deu pelo desenvolvimento de uma roda alocada no suporte do conjunto do disco da semeadora (Figura 7).

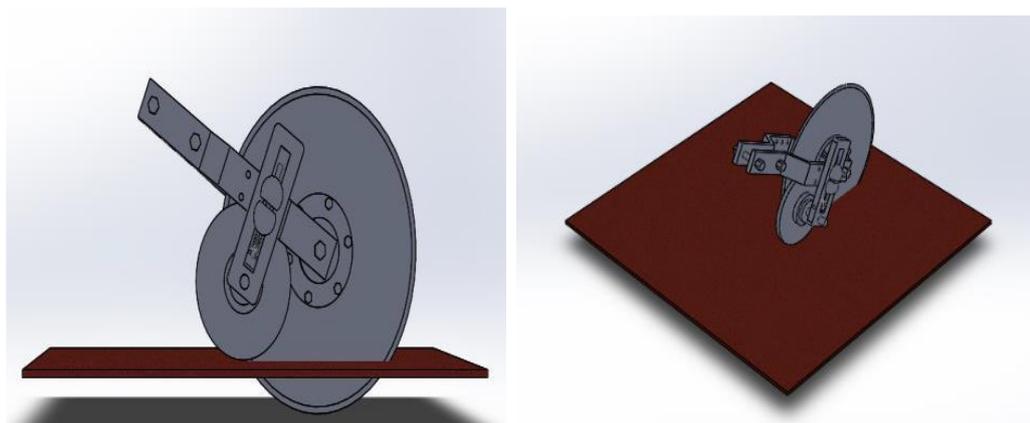


FIGURA 7. Concepção 1 do dispositivo.

As características do projeto foram:

- i) disposição de uma roda auxiliadora de corte;
- ii) suporte para fixação do eixo da roda;
- iii) mola de regulação de pressão.

O projeto atendeu o requisito de segurar a palhada, porém, como a distância entre uma roda e outra era considerável, a eficiência de corte pretendida não foi alcançada, devido também a uma menor pressão exercida pela mola utilizada. E ainda houve interferência na flutuação do disco, pois, todo o esforço sobre a roda auxiliar é descarregado sobre o sistema de flutuação do disco, diminuindo sua pressão sobre o solo.

3.5.1.2. Concepção 2

Na segunda concepção teve como princípio de estudo a alocação do dispositivo a frente do disco, com a funcionalidade de ser o primeiro dispositivo a ter contato com a palhada e posicionando seu suporte no mesmo furo do parafuso passante da sementeira. A Figura 8 representa o modelo inicial estudado para a concepção 2.

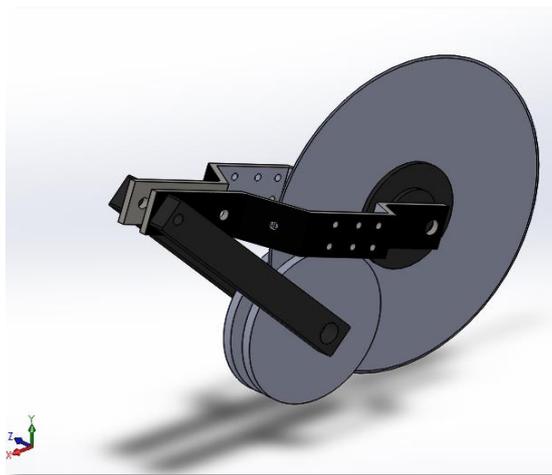


FIGURA 8. Concepção 2 para o dispositivo.

Define-se suas características como:

- i) rodas dispostas pouco à frente do disco;
- ii) suporte para que as rodas fiquem de forma paralelas entre si;
- iii) suporte fixado ao conjunto do disco de corte.

As características apresentadas podem garantir que o dispositivo se movimente junto com o deslocamento do disco, porém não atende a demanda de força e pressão necessária para segurar a palha completamente. O suporte da roda com geometria retangular pode tender a tocar ao conjunto do disco, fazendo assim uma restrição ao movimento de subida da roda.

3.5.1.3. Concepção 3

A terceira concepção tentou solucionar o movimento vertical da roda de auxílio de corte, mudando a geometria do suporte da mesma (Figura 9).

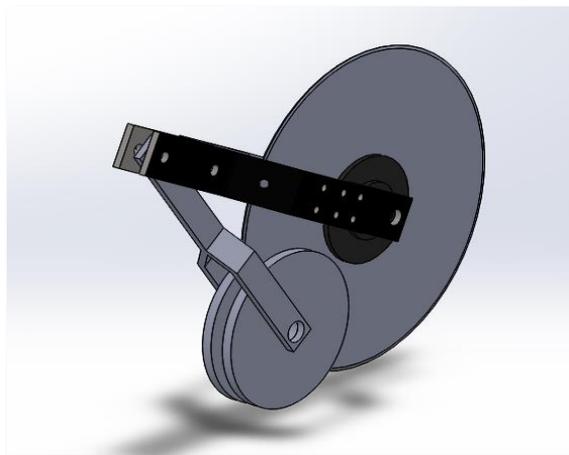


FIGURA 9. Concepção 3 do dispositivo.

Suas características passaram a ser:

- i) rodas dispostas pouco a frente do disco;
- ii) suporte para que as rodas fiquem de forma paralelas entre si;
- iii) suporte fixado ao conjunto do disco de corte;
- iv) geometria do suporte para possibilitar o movimento vertical das rodas auxiliaoras.

A concepção atendeu o requisito de fixação e mobilidade da roda proposto, entretanto não há maneira de pressionar a palhada, deixando o projeto apenas com o princípio de movimentação da roda verticalmente e rolamento com o contato do solo. O movimento vertical ainda se encontra restringido, devido a possíveis contatos com o eixo do disco de corte.

3.5.1.4. Concepção 4

Na concepção 4, o suporte da roda auxiliadora sofreu modificações para estudo de possíveis alocações da mola, e promover mobilidade vertical da roda sem interferências de contato com o conjunto do disco.

Esta concepção apresenta as seguintes características:

- i) rodas dispostas pouco a frente do disco;
- ii) suporte para que as rodas fiquem de forma paralelas entre si;
- iii) suporte fixado ao conjunto do disco de corte;
- iv) geometria do suporte para possibilitar o movimento vertical das rodas auxiliaoras.

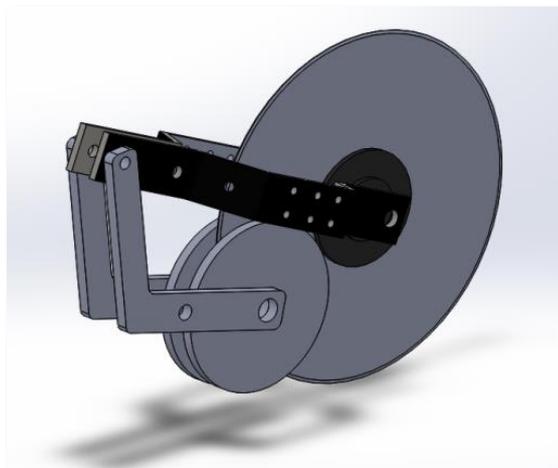


FIGURA 10. Concepção 4 do dispositivo.

O avançar do desenvolvimento das geometrias possibilitou desta vez a mobilidade que se pretende, mas as não-conformidades encontradas foram, o possível acúmulo de palhada pelo fato do suporte da roda se encontrar com sua característica de cotovelo próximo ao nível do solo, e outro fato é dificuldade de arranjar local apropriado para alocação da mola de pressão.

3.5.1.5. Concepção 5

Na quinta concepção, a modelagem das geometrias do suporte da roda auxiliadora foram modificados a ponto de resolver a não conformidade de sua altura em relação ao solo, após a remodelagem, possibilitou arranjar um local entre os mecanismos do conjunto do disco de corte para que fosse possível o uso de uma mola de pressão, seguindo então as premissas iniciais idealizadas (Figura 11).

O uso de molas é importante nas máquinas agrícolas e no caso de semeadoras-adubadoras proporcionam uma carga razoavelmente uniforme aos mecanismos responsáveis pela abertura e fechamento dos sulcos, em função de alterações no relevo e na consistência do solo, sendo amplamente utilizadas as helicoidais, as quais, na grande maioria, são complexas e robustas (LAMBRECHT et al., 2017).

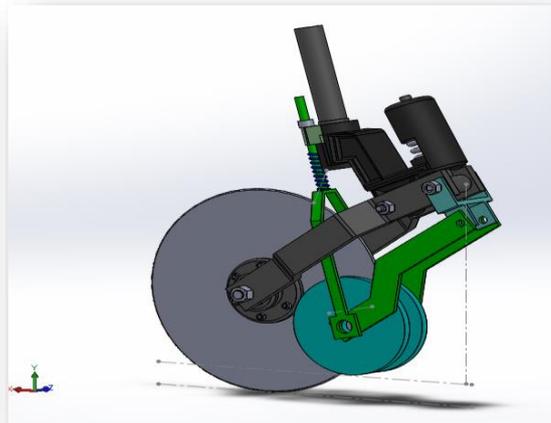


FIGURA 11. Concepção 5 do dispositivo.

Esta concepção apresenta as seguintes características:

- i) rodas dispostas pouco a frente do disco;
- ii) suporte para que as rodas fiquem de forma paralelas entre si;
- iii) suporte fixado ao conjunto do disco de corte;
- iv) geometria do suporte para possibilitar o movimento vertical das rodas auxiliaadoras;
- v) alocação de mola de pressão;
- vi) mobilidade do suporte da mola para acompanhamento do terreno;
- vii) possibilidade de ajuste de pressão da mola.

A modelagem na concepção 5 (Figura 11) se aproximou das características que possa solucionar o objetivo do estudo, sendo ela então o novo modelo base para refinamento da ideia e ser levada a construção de um produto final. Porém, não foram levados em conta os elementos de fixação do sistema, deixando vago a possibilidade de nenhuma interferência de contato com o conjunto do disco acontecer.

3.5.1.6. Concepção 6

A concepção 6 (Figura 12) retrata o protótipo de forma a apresentar também os tipos de elementos de fixação, como parafusos, porcas, abraçadeira de fim de curso da mola e de fixação do suporte de curso da mola com o disco, para promover movimento linear durante o movimento vertical da roda auxiliadora.

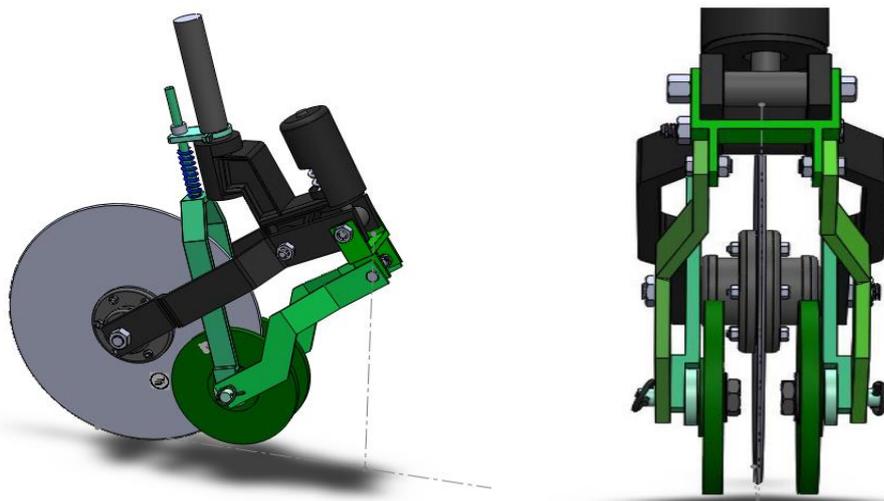


FIGURA 12. Concepção 6 do dispositivo.

Esta concepção apresenta as seguintes características:

- i) rodas dispostas pouco a frente do disco;
- ii) suporte para que as rodas fiquem de forma paralelas entre si;
- iii) suporte fixado ao conjunto do disco de corte;
- iv) geometria do suporte para possibilitar o movimento vertical das rodas auxiliaadoras;
- v) alocação de mola de pressão;
- vi) mobilidade do suporte da mola para acompanhamento do terreno;
- vii) possibilidade de ajuste de pressão da mola;
- viii) elementos de fixação dos componentes do protótipo;
- ix) não incorporação de possíveis contatos com o disco durante o movimento.

A concepção se fez satisfatória quanto ao atendimento dos requisitos de projeto e da necessidade do usuário.

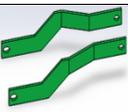
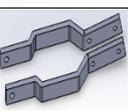
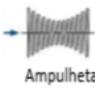
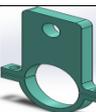
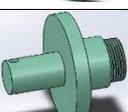
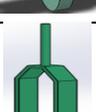
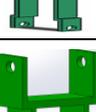
3.5.2. Seleção da solução

A análise morfológica foi desenvolvida pelo cientista espacial suíço e astrofísico Fritz Zwicky no final da década de 1940, no Instituto de Tecnologia da Califórnia - Caltech (RITCHEY, 2006). Zwicky apresentou uma maneira de organizar e sistematizar uma pesquisa morfológica que envolvesse vários eixos temáticos, de maneira que pudesse ser possível misturar conceitos diferentes e que fizessem parte de uma mesma ideia central (KANANDA et al., 2018).

A técnica possibilitou organizar e analisar as combinações dos elementos que constituem problemas multidimensionais, ou seja, a partir de um problema complexo foi selecionado os elementos que o compõem, repartindo-o em problemas mais simples, tratando individualmente cada subproblema (PLENTZ, 2011).

A matriz morfológica (Quadro 2) foi construída passo a passo de maneira mais compreensível possível. Incompatibilidades foram descartadas seguindo somente propostas de soluções promissoras. Somente as soluções mais promissoras foram escolhidas.

QUADRO 2. Matriz morfológica do dispositivo proposto

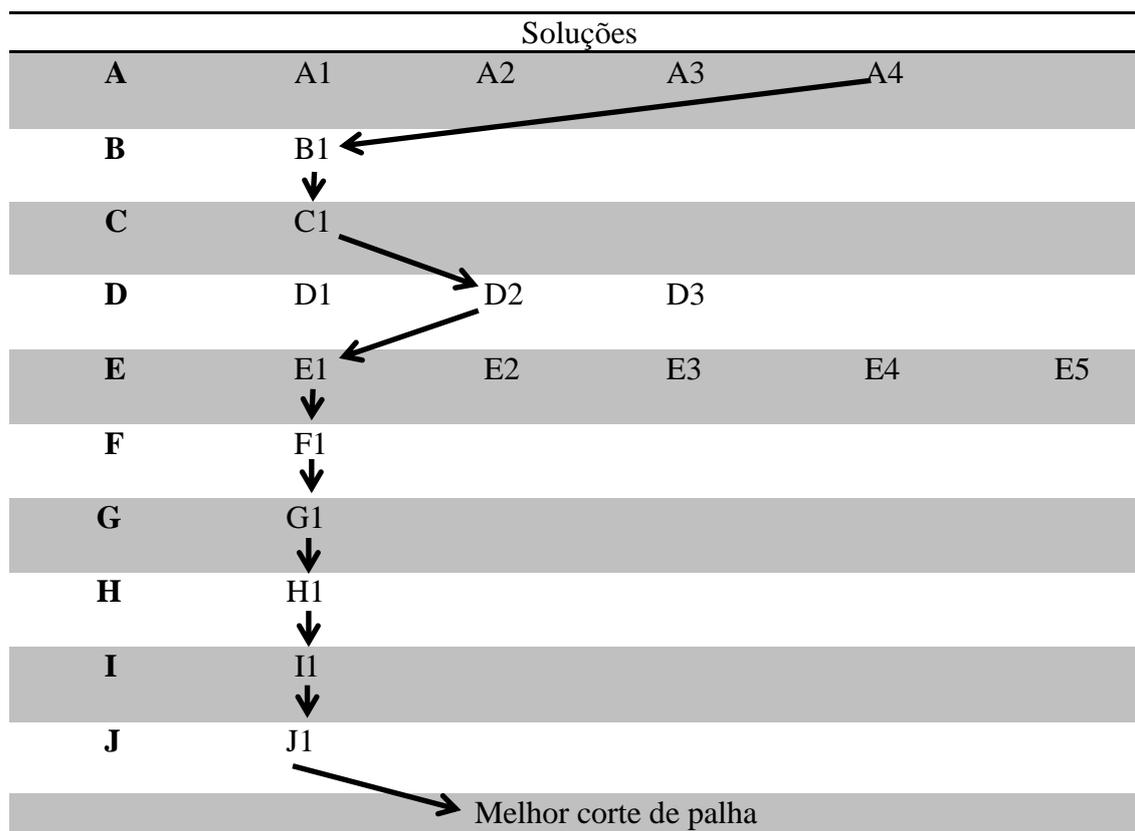
A	Tipos de parafusos	A1 	A2 	A3 	A4 
B	Suporte par roda auxiliar	B1 			
C	Suporte do disco de corte	C1 			
D	Disco de corte	D1 	D2 	D3 	
E	Mola	E1  Passo constante	E2  Barril	E3  Cônica	E4  Ampulheta
					E5  Passo variável
F	Abraçadeira fim de curso	F1 			
G	Abraçadeira	G1 			
H	Eixo	H1 			
I	Garfo	I1 			
J	Acoplamento do protótipo	J1 			

Para satisfazer a função total foi necessário elaborar soluções gerais a partir da combinação de princípios (síntese de sistemas), conforme mostrado no Quadro 3. A

base para esta combinação é a estrutura de funções estabelecida, que reflete lógica ou fisicamente as associações possíveis das subfunções.

O objetivo destas combinações é garantir a compatibilidade física e geométrica dos princípios de solução a serem combinados, que proporcionarão um fluxo suave de energia, material e sinais. As setas indicam a combinação entre as funções.

QUADRO 3. Combinando princípios de solução



3.6. Construção

Nesta etapa o modelo do dispositivo ganhou forma, foram escolhidos os materiais usados e as especificações de cada um, a partir das peças modeladas na ferramenta CAD SolidWorks®, onde foram gerados os desenhos com as vistas e cotas. Esses desenhos serviram como orientação para a construção física do protótipo, moldagem em torno, corte a plasma e corte e dobra. Toda atenção foi necessária nesta etapa para minimizar possíveis erros nas etapas seguintes, construção e teste, respectivamente.

A dureza, resistência e demais propriedades são critérios para escolha dos materiais usados na construção, uma vez que o objetivo é construir um protótipo com rigidez, robustez, de fácil manutenção, durabilidade e de baixo custo para se tornar viável.

As peças não comerciais, projetadas especificamente para o projeto tiveram a necessidade de fabricação, levando os desenhos em metalúrgica cotados e em 2D, onde foram usados corte a plasma CNC (Controle Numérico por Computador) e corte e dobra para dar forma aos leiautes (Figura 13).



FIGURA 13. Sistema de corte e plasma CNC usado na fabricação de peças.

O sistema de corte plasma CNC utilizou gases superaquecidos em plasma para cortar materiais. Estes sistemas eram compostos de uma ferramenta de corte plasma, de alguma forma de manipulador para a ferramenta, uma mesa de base e um software de computador para controlar o equipamento de corte.

Após as chapas serem recortadas nas dimensões propostas, passaram pelo processo de dobra, usando a máquina Newton PLF 17530 (Figura 14), que utiliza um sistema sincronizado composto por servo-válvulas e réguas lineares de alta precisão comandadas por CNC para permitir dobras descentradas, assim como manter o paralelismo entre prensador e mesa.



FIGURA 14. Máquina Newton PLF 17530 de corte e dobra.

As peças fabricadas foram levadas ao Laboratório de Construção Mecânica da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, onde fez-se o uso de fresadora para abertura dos furos (Figura 15)

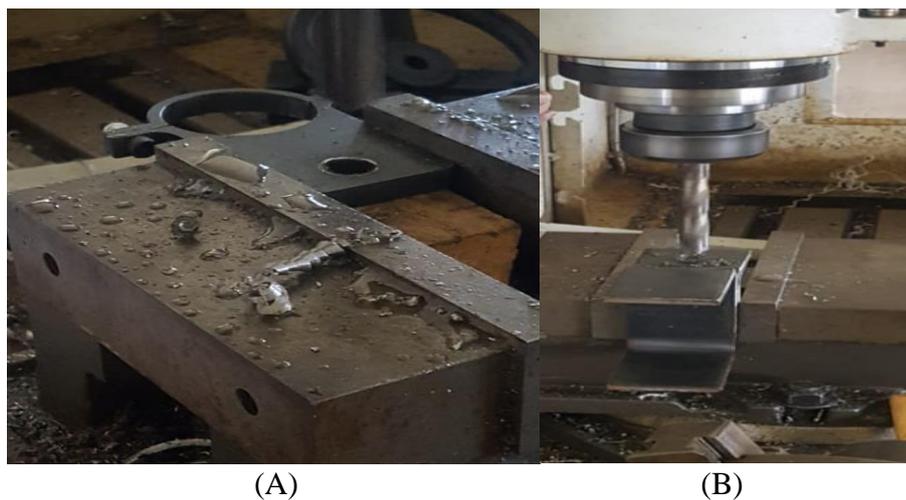


FIGURA 15. Processo de abertura de furos na abraçadeira (A) onde passará a guia da mola e na peça de acoplamento (B) do protótipo.



FIGURA 16. Processo de abertura de furos de 5 mm na peça abraçadeira.

O garfo onde ficará a mola de pressão foi retirado de um sistema de pressão de linha de uma semeadora PSE 8, com o intuito de diminuir custos de fabricação das peças, só havendo a necessidade de encurtar o seu tamanho para adaptar ao sistema projetado no disco de corte, o mesmo processo foi aplicado a mola (Figura 17).



FIGURA 17. Garfo retirado da semeadora modelo PSE 8.

Assim como o garfo, as rodas auxiliaoras e o eixo também foram reutilizados do projeto base, mencionado na concepção 1. Entretanto, os mesmos sofreram modificações, como aumento da profundidade do furo da roda e diminuição do tamanho do eixo, possibilitando a proximidade das rodas com o disco de corte (Figura 18).



FIGURA 18. Rodas reutilizadas do projeto base.

3.7. Teste do protótipo do dispositivo

O teste do protótipo foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal da Grande Dourados, no município de Dourados, MS. O local situa-se em latitude de 22°14'S, longitude de 54 °59'W e altitude de 434 m. O clima regional classificado pelo sistema internacional de Koppen é do tipo Am moçônico, clima úmido e inverno seco, com precipitação média anual de 1500 mm e temperatura média anual de 22°C. A topografia da área experimental apresenta declividade média de 2%. O solo da área é um Latossolo Vermelho Distroférico, textura argilosa. A área experimental está há 14 anos sob cultivo de soja e milho, em um sistema de sucessão de culturas sem revolvimento do solo.

Nos testes usou-se o dispositivo numa linha de semeadura, onde foram avaliadas as capacidades de corte do disco sem o uso do dispositivo e também com o uso do dispositivo, e o efeito do mesmo na emergência das plântulas.

A semeadora-adubadora utilizada se encontra na Fazenda Experimental da UFGD, modelo Solografic-4500 Directa, com 9 linhas e espaçamento de 0,45 m, dosador mecânico e foi tracionada pelo trator New Holland 8030, potência nominal de 122 cv.

O teste de funcionamento para avaliar o desempenho das peças fabricadas do dispositivo foi realizado em uma área onde o teor de as condições de solo se encontrava acima do friável, com resteva de milho e rebrota da cultura que antecedeu os testes.

Antes da semeadura, o equipamento acoplado a semeadora foi levado a campo para verificar seus testes funcionais, observando se durante o deslocamento do conjunto trator-semeadora as peças construídas teriam resistência durante a operação, caso contrário, ajustes deveriam ser realizados antes da semeadura, para garantir que nenhum dos elementos viesse a quebrar, como também se haveria movimentos restringidos.

Os testes efetivos do dispositivo, que avaliou seu desempenho e a qualidade da semeadura na emergência das plântulas, foi realizado em uma área previamente submetida a ensaios de compactação induzida por várias passadas de um trator-implemento, o teor de água no solo da camada de 0,20 m se encontrava na faixa de friabilidade (25,7%). A compactação da área foi realizada utilizando o trator NH 8030 com massa de 4,5 Mg, acrescido de 0,439 Mg da roçadora acoplada no sistema três

pontos do trator para aumentar a massa do conjuntos. Foram feitos seis tratamentos na área, cada um com nível de compactação diferente, e para compactar fez o tráfego do trator com 12, 8, 6, 4 e 2 passadas, deixando uma faixa sem trafegar, que corresponde ao tratamento controle.

A semeadora foi regulada para depositar 16 sementes por metro e foi retirado as hastes sulcadoras de adubo, favorecendo a visão sobre efeito direto do sistema do protótipo. Assim, com a utilização das rodas auxiliaadoras com o uso da mola facilita a ação do disco de corte proporcionando maior força.

A coleta de dados sobre a germinação das sementes foi realizada nas três parcelas mais compactadas, com nove repetições de coleta em cada uma das áreas correspondentes (12, 8 e 6 passadas do conjunto trator-implemento).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Projeto detalhado

O projeto de detalhamento foi voltado, principalmente, para demonstrar a configuração, arranjo, forma, compatibilidade dimensional e completude, ajustes e tolerâncias, padronização, atendimento de especificações, juntas, detalhes de fixação e retenção, métodos de fabricação, possibilidades de montagem e de fabricação, segurança, listas de material e de aquisição de peças, seguindo procedimentos discutidos em Collins (2017).

Tendo as geometrias e dimensões definidas pôde-se realizar o processo de desenvolvimento e modelagem das peças do protótipo. A princípio, dispondo de um par de rodas retiradas do sistema de cobertura do sulco de semente de uma semeadora, possibilitou o seu reaproveitamento para uso no protótipo.

A Figura 19 representa a roda que tem como finalidade pressionar a palhada posicionada a uma distância de 23,39 mm com a face do disco de corte e 115 mm a frente que deve rodar conforme o deslocamento da semeadora, pois a matéria seca deve passar primeiro dentre as rodas e em seguida sofrer o corte. A roda possui um diâmetro de 220 mm e espessura de 13 mm, contendo um furo concêntrico com uma extrusão de 62x16 mm. O diâmetro do furo central condiciona ajustar um rolamento de 62x16 mm possibilitando seu giro.

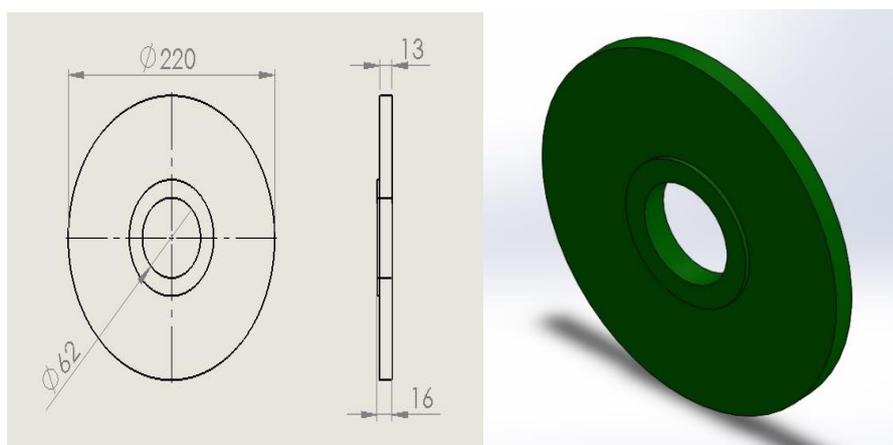


FIGURA 19. Rodas do protótipo e suas dimensões.

Entre o furo da roda fica um eixo que tem como função segurar o rolamento e o suporte de sustentação da roda (Figura 20). O eixo foi modelado com partes de

diferentes diâmetros, pois onde fica o suporte de sustentação tem um diâmetro de 20 e 32 mm de comprimento, como deve prender o rolamento de esfera no centro da roda é adicionado um diâmetro maior 63,50 e 8,50 mm de comprimento, e uma parte com diâmetro de 30 e comprimento de 16 mm onde encaixa o rolamento, e uma rosca no final para uso de parafuso de 24 mm de diâmetro.

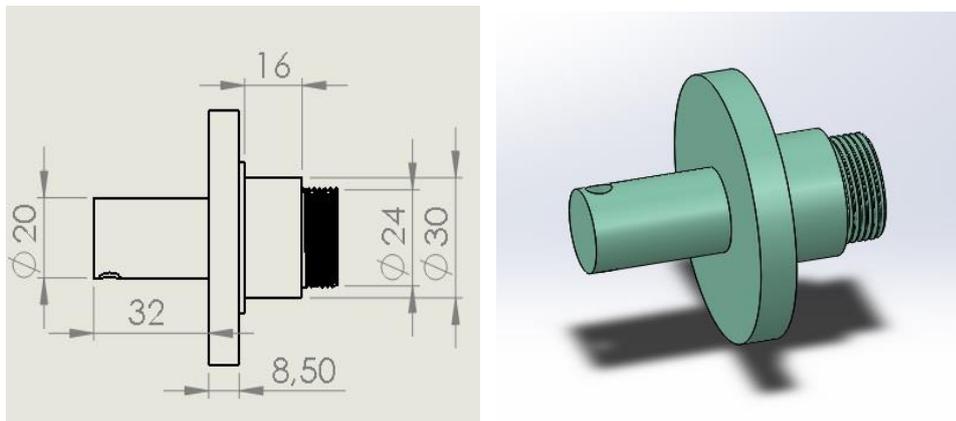


FIGURA 20. Eixo das rodas do protótipo.

O suporte serve para garantir a distância paralela da roda com disco a uma distância de 23,39 mm com a face do disco de corte e 115 mm a frente. Para acoplar o suporte da roda auxiliar no eixo, na Figura 21 está representada as suas geometrias e dimensões. Para prendê-lo no eixo em uma extremidade há um furo com 20 mm de diâmetro e furo de 16 mm na outra extremidade, onde é fixado por um parafuso no suporte do disco de corte da semeadora.

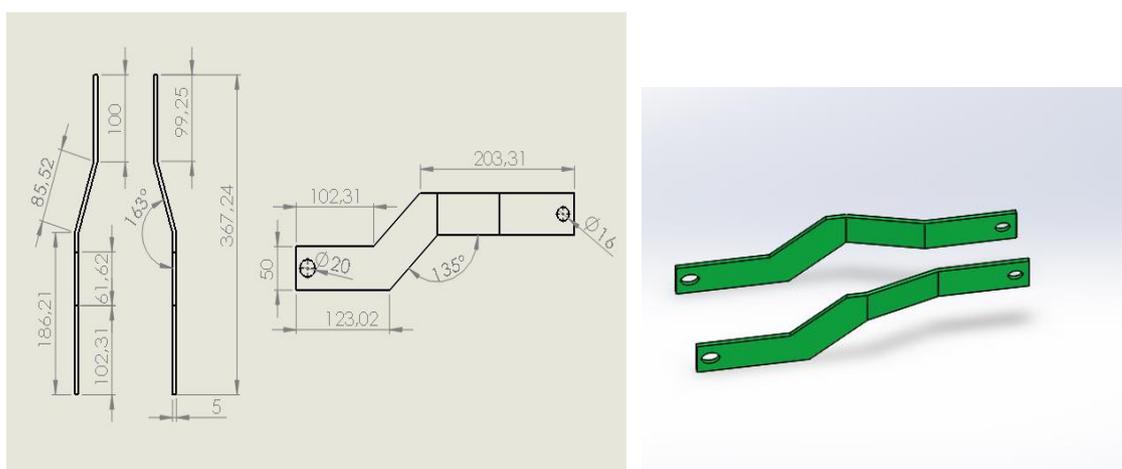


FIGURA 21. Suporte das rodas e suas dimensões.

No processo da semeadura há variações de terrenos alterando o deslocamento vertical do disco, que justifica a possibilidade de a roda projetada também

ter alterações de altura no seu deslocamento. Para tanto, houve uma necessidade de modelar uma peça que se fixa também no suporte, facilitando a flutuação da roda projetado (Figura 22).

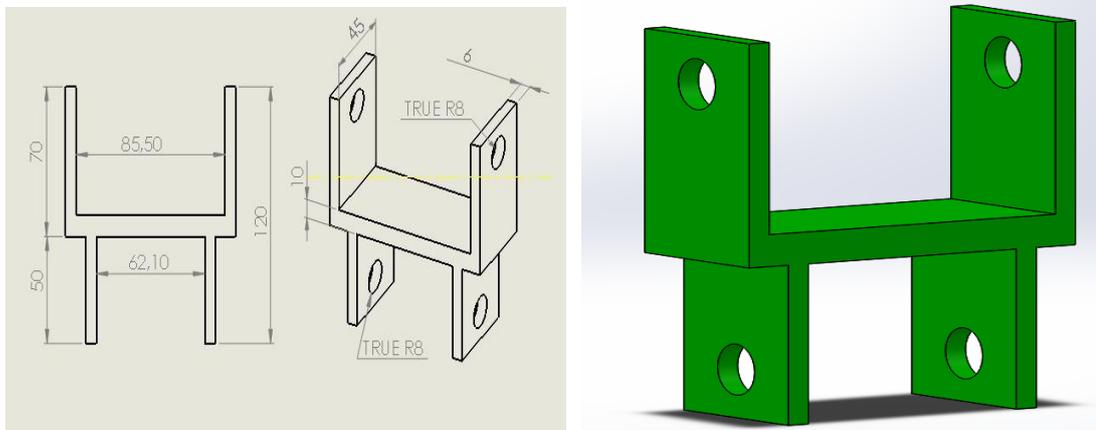


FIGURA 22. Peça de acoplamento do protótipo à semeadora-adubadora.

Como a roda deve exercer uma pressão sobre o solo e a palhada, presume-se que uma mola pode dar tal condição. Uma das ações feitas para reduzir custo de fabricação dos materiais foi a reutilização de um garfo que sustenta o sistema de pressão de linha de uma semeadora modelo PSE8, reduzindo sua haste cilíndrica e aumentando a largura entre suas hastes de fixação, como mostrado na Figura 23, e para que ela fique presa aos componentes da semeadora modelou-se uma braçadeira (Figura 24).

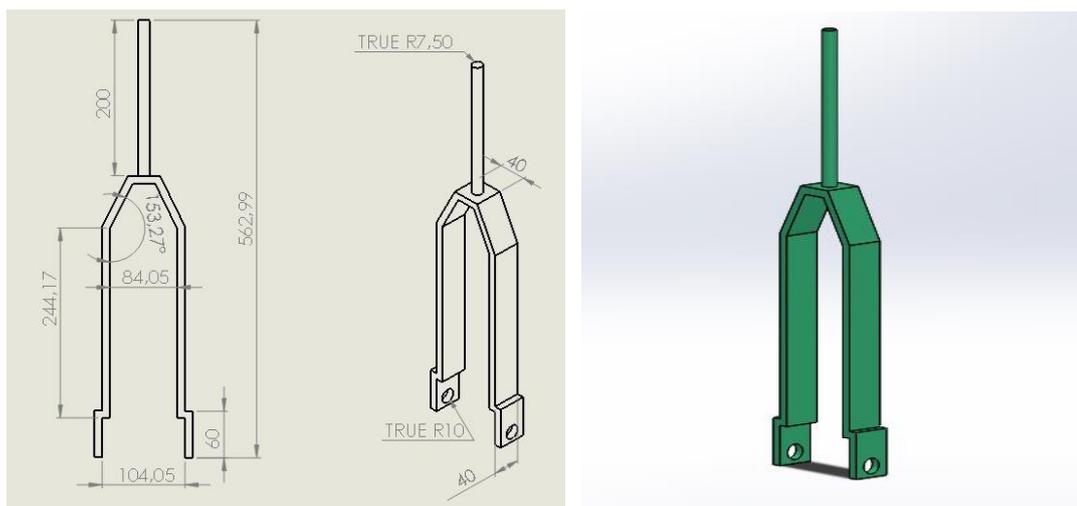


FIGURA 23. Ajustes na largura do garfo.

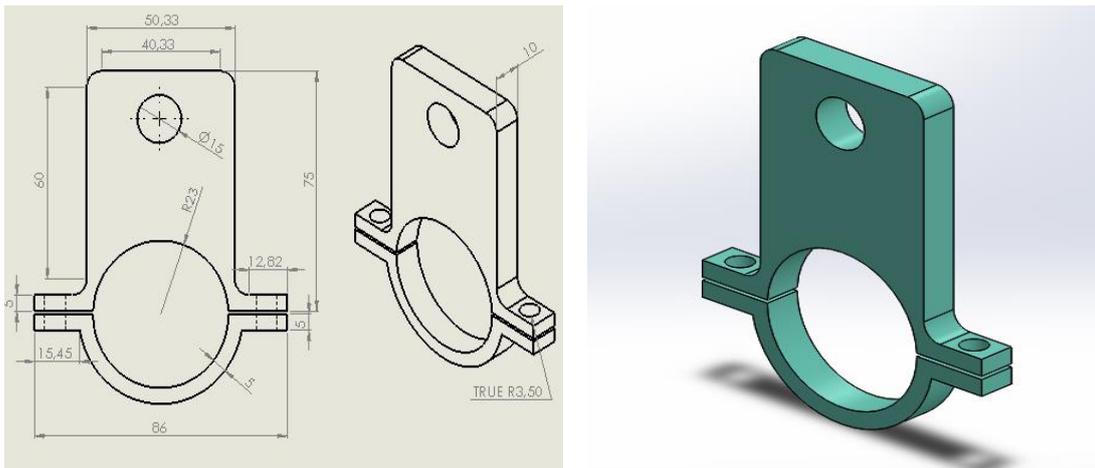


FIGURA 24. Abraçadeira que serve para fixar o garfo e mola no sistema.

Após a modelagem dos mecanismos criando uma montagem das peças idealizadas com o desenho do conjunto disco de corte e suporte do disco, verificou-se por meio de simulação de animação do SolidWorks se haveria alguma interferência no deslocamento das peças consideradas flutuantes no sistema. Feito isso, pôde-se verificar que a modelagem seria satisfatória. A Figura 25 representa o desenho do protótipo que mais se adequou ao conjunto da semeadora e o protótipo depois de pronto (Figura 26).

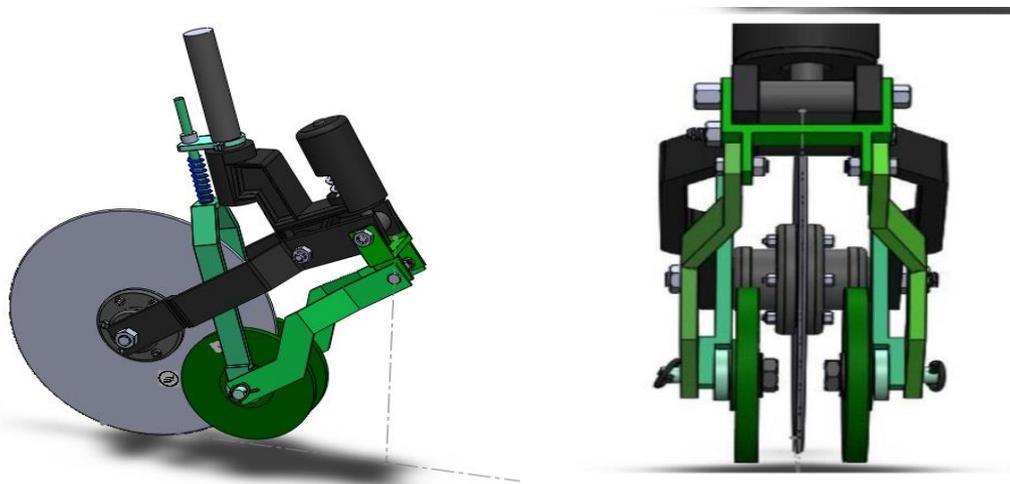


FIGURA 25. Modelo final do protótipo feito no SolidWorks.



FIGURA 26. Protótipo construído e montado.

4.2. Teste de funcionamento

O dispositivo instalado em uma linha da semeadora foi levado a campo para avaliar suas condições de uso. Durante o tempo de teste, verificou-se que os parâmetros como disposição das rodas em relação ao disco funcionaram de maneira aceitável, assim como o garfo e o suporte da roda, que não apresentaram restrições nos deslocamentos, pois não houve contato com o sistema do disco de corte, que poderia afetar a movimentação vertical da roda e do garfo, no momento em que a semeadura entrasse em operação.

Entretanto, durante o teste de funcionamento do dispositivo, ocorreu que a peça Abraçadeira, que serve de guia para o garfo, sofreu efeitos de flexão (Figura 27), devido a espessura da peça, não suportando a carga efetuada pela mola no momento de compressão da mesma, entortando o local de fixação do parafuso. Com o auxílio do Software CAD – Solidworks, pôde-se fazer uma representação do efeito sofrido pela peça, indicando o local que foi sujeito a maior concentração de tensão, sofrendo maior deformação, local esse verificado próximo aos parafusos.

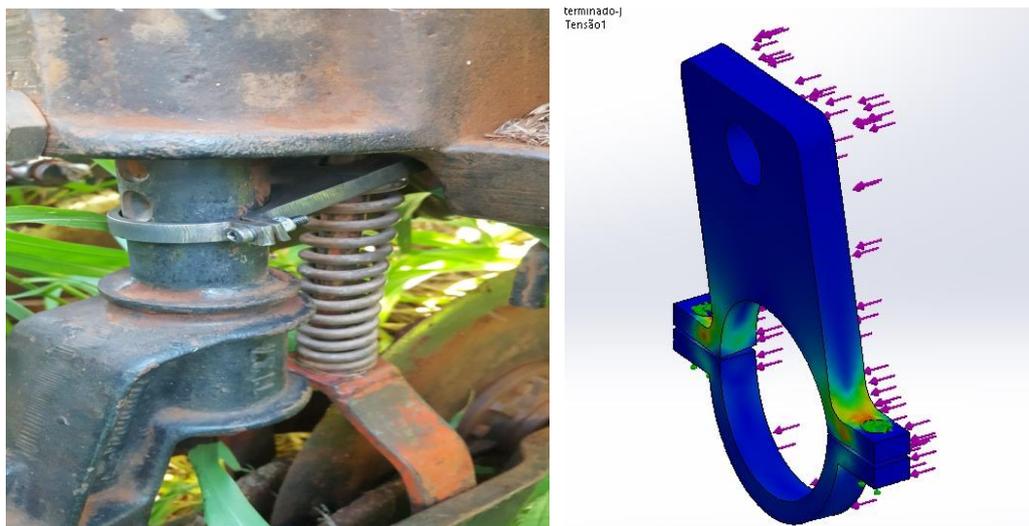


FIGURA 27. Flexão sofrida na peça abraçadeira.

A solução proposta no momento foi de confeccionar uma peça que serviria como um batente (Figura 28), fazendo que o elemento adicionado ficasse junto ao eixo que segura o disco, para que no momento que a peça sofresse o esforço, não flexionasse a ponto de entortar, correndo o risco de posteriores trabalhos viesse a quebrar os parafusos e até mesmo a ruptura da peça. Após a modificação, fazendo as estimativas de carregamento, percebe-se que a tensão máxima que antes estavam concentradas em um ponto, passa a se distribuir ao longo da peça, o que se pode esperar que ela não venha a sofrer ruptura no ponto antes considerado passível do esforço concentrado.

Após a modificação, retornou-se a peça no projeto (Figura 29) e em seguida prosseguiu-se com os testes do funcionamento, e observou-se que a peça após redimensionada atendeu o objetivo de suportar a carga que a mola exercia sobre ela.

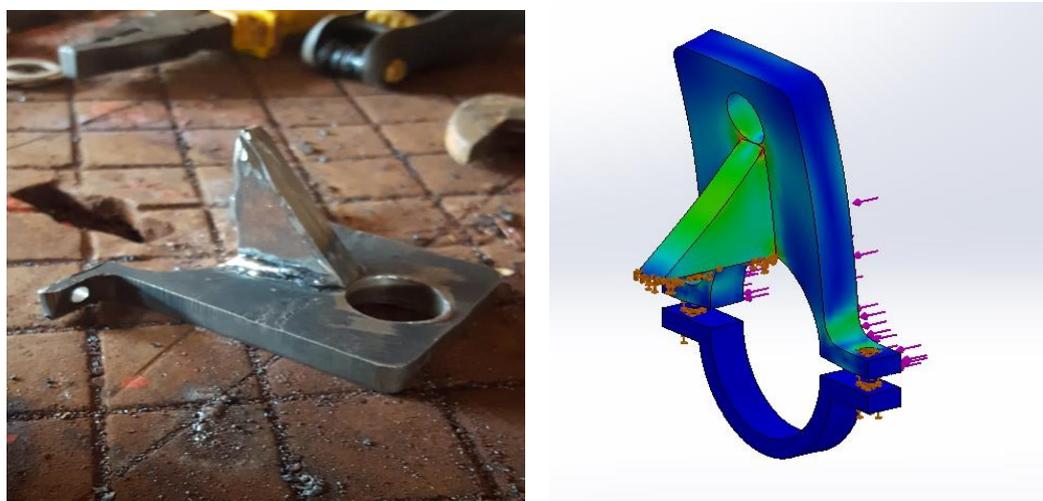


FIGURA 28. Modelagem e confecção do batente da peça abraçadeira.



FIGURA 29. Peça com ajustes feitos no protótipo.

Verificou-se também o trabalho com a mola condicionada em pressão máxima e mínima. Primeiramente foi usada a mola na pressão máxima, comprimindo seu tamanho, e após os testes na área com solo solto e umidade acima da condição friável, observou-se que a pressão exercida pela mola fez com que as rodas auxiliares afundassem além do esperado no solo, e o solo úmido agregasse entre ele e o disco, causando posteriormente o embuchamento da linha, efeito contrário do proposto. A operação com a pressão mínima apresentou bom desempenho, tanto pelo efeito do não embuchamento quanto pelo trabalho realizado pelos componentes do protótipo, conforme a Figura 30.

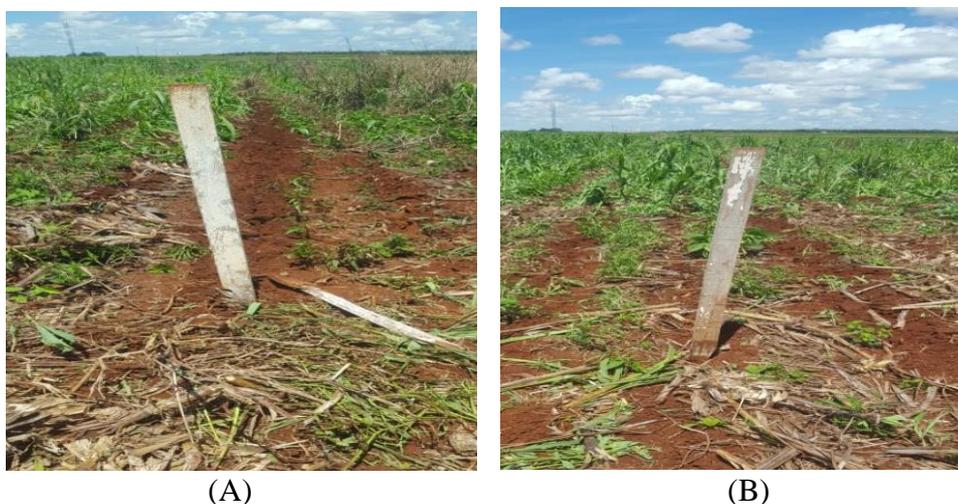


FIGURA 30. Uso de pressão da mola máxima (A) e mínima (B) atuando sobre a roda auxiliar do protótipo.

4.3. Germinação de sementes

Para testar a eficiência do protótipo sobre a deposição de sementes e verificar o efeito de germinação, efetuou a semeadura sobre a área experimental da Fazenda Experimental de Ciências Agrárias – FAECA - UFGD, onde o local se encontrava com diferentes níveis de compactação.

Após cinco dias da semeadura, no início da germinação das sementes, retornou-se ao local e verificou-se que nas linhas das passadas que o protótipo foi instalado houve germinação relativamente maior do que as demais linhas (Figura 31).



FIGURA 31. Comparação de germinação com protótipo (à direita, vermelho) e testemunha (à esquerda, preto).

O conjunto trator-semeadora fez 9 passadas de ida e volta sobre as parcelas compactadas e marcou-se as linhas onde se encontrava instalado o dispositivo, e após o começo da germinação coletou-se os dados em um metro dos três tratamentos compactados (12, 8 e 6 passadas com trator e implemento na compactação).

O Quadro 4 mostra a média coletada de plântulas emergidas nas áreas compactadas e a porcentagem de germinação com base na regulagem da máquina (16 sementes por metro). Os tratamentos foram das linhas localizadas à esquerda (SER) e à direita (SRD) da linha onde foi acoplado o protótipo (CR), e as passadas de compactação pelo trator-implemento realizadas nos tratamentos R1 (12 passadas), R2 (8 passadas) e R3 (6 passadas).

QUADRO 4. Média de plantas emergidas e porcentagem de germinação

Compactação (n° de passadas)	Local de coleta	Número de Plântulas emergidas	Germinação de sementes (%)
R1	SRE	8,44	52,75
	CR	12,78	79,88
	SRD	9,33	58,31
R2	SRE	11,33	70,81
	CR	13,00	81,25
	SRD	9,67	60,44
R3	SRE	12,33	77,06
	CR	14,33	89,56
	SRD	11,00	68,75

Pode-se observar diferença de germinação entre o tratamento de maior compactação (R1) em relação ao de menor compactação (R3). Observou-se que, quanto maior é o grau de compactação da área menor é a emergência das plântulas, o que se pode atribuir ao fato da não disposição do sulcador tipo haste. O sulcador tipo haste, em contrapartida ao do tipo disco de sementes, abre os sulcos com maior facilidade e com profundidades maiores, então durante a semeadura, os sulcos abertos foram provenientes dos discos de corte e do disco de semente, que em condições de solos compactados não garante boa profundidade de corte, depositando as sementes a menores profundidades.

As médias do disco que utilizou o protótipo (CR) foram maiores que os discos localizados de ambos os lados (SRE e SRD), e mostra que o objetivo de melhorar a eficiência de corte foi atingida, pois o sistema de mola das rodas auxiliaadoras de corte conduziu maior ação do disco de corte, abrindo e cortando com maior eficácia a palhada e o solo sem mesmo o uso do sulcador. A maior ação do disco de corte, conduz melhoramento no corte da palhada, que aumenta a germinação pelo fato de não ocorrer o envelopamento da semente quando enterrada no solo junto a palha, fato observado na porcentagem de germinação das linhas de semeadura onde foi utilizado o dispositivo.

Para Chaudhuri (2001), apesar dos sulcadores de disco apresentarem mínima variação de profundidade durante a operação de semeadura, este tipo de sulcador leva solo seco da superfície para dentro do sulco antes de movê-lo lateralmente, o que diminui a emergência das plântulas.

Segundo Sattler (1996), para se obter um bom desempenho no rompimento do solo, deve-se considerar a geometria dos elementos rompedores, além do arranjo e a

disposição desses ao longo da semeadora. O elemento rompedor deverá ter um deslocamento vertical amplo, independente e com carga uniforme, para acompanhar adequadamente os micros relevos da superfície do solo. O deslocamento vertical do sulcador está relacionado com o curso do elemento de transferência de força, por meio do uso de molas helicoidais de compressão ou de tração.

Em áreas com compactação superficial, no momento da semeadura, o rompimento do solo provocado por sulcadores com maior profundidade, provocam um efeito de leve descompactação, então o solo terá mais espaço para passagem de ar e água, elementos fundamentais para desenvolvimento na germinação e crescimento radicular das plantas.

5. CONCLUSÕES

- A modelagem computacional em ferramenta CAD permitiu uma concepção válida, pois como todas as dimensões do sistema original da semeadora foram a base do projeto, as peças dimensionadas e construídas puderam se ajustar no disco de corte não havendo interferências, o que pode-se dizer que uma modelagem com uso das ferramentas de softwares 3D torna-se possível a visualização de um projeto e suas características mesmo antes da sua construção.
- O uso da ferramenta de análise de tensão proporcionou contornar a possível ruptura da braçadeira projetada após modelar e simular a peça que serviu de batente, redistribuindo a tensão sofrida não concentrando os esforços no ponto frágil da peça.
- O dispositivo projetado atendeu o objetivo de aumentar a eficiência de corte testado no solo compactado e coberto por palhada da cultura do milho, onde os resultados de emergência foram maiores na linha da semeadora onde foi instalado o dispositivo, demonstrando sua validade em melhorar a qualidade de semeadura.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R. **Mecanização do Plantio Direto: Problemas e Soluções**. Informe da pesquisa. n. 137 Instituto Agrônômico do Paraná – IAPAR. Jan. 2001a.

ARAÚJO, A. G.; JUNIOR, R. C.; SIQUEIRA, R. **Máquinas para semear. Cultivar Máquinas**, IAPAR, n. 2, 2001. Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/artigos/maquinas-para-semear>>. Acesso em: 02 novembro 2018b.

ASAE - American Society of Agricultural Engineers. **Agricultural machinery management** data. In: American Society of Agricultural Engineers. ASAE standards 1999. Standards engineering practices data. Saint Joseph: ASAE, 1999. p.359-366.

BACK, Nelson. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 389 p

BOLLER, W. **Desenvolvimento de complementos para semeadoras em solo sob preparo reduzido**. 1990. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1990.

CALLMAQ. **Prensas Dobradeiras Hidráulicas Sincronizadas de Lateral Fechada Newton Linha PLF**. Descritivo Técnico. Disponível em: <http://callmaq.com/data/documents/Descritivo-PLF_20140312.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2018.

CASÃO JUNIOR, R.; DE ARAÚJO, A. G.; LLANILLO, R. F. **Plantio Direto no Sul do Brasil: Fatores que Facilitaram a Evolução do Sistema eo Desenvolvimento da Mecanização**. Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), Londrina, 2012.

CHAUDHURI, D. **Performance evaluation of various types of furrow openers on seed drills**. A review. Silsoe Research Institute. Bhopal. India, 2001.

COELHO, J. L. D. **Ensaio e certificação das máquinas para semeadura**, In: MIAHLHE, L. G. **Máquinas Agrícolas: ensaios e certificações**. Piracicaba, SP: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1996. p 551- 570.

COLLINS, J. A. **Estágios do Projeto**. In: **Projeto mecânico de elementos de máquinas: uma perspectiva de prevenção de falha**. 1 ed. Rio de Janeiro: Grupo Editorial Nacional, 2017.

CRUZ, J.C.; ALVARENGA, R.C.; VIANA, J.H.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; SANTANA, D.P. **Sistema de Plantio Direto de milho**. Brasília: Embrapa. Acesso em: 28/05/2018. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html>

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U.. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschorn: GTZ/IAPAR, 1991. 272f.

DICKEY, E. C. **No-till planting equipment**. In: Conservation Tillage Systems and Management. Iowa State University. 1992. Cap. 17, p.93-95. Disponível em: <<https://store.extension.iastate.edu/Product/Planting-Conservation-Tillage-PDF>> Acesso em: 2 novembro 2018.

FERREIRA, M. G. G.; **Utilização de modelos para a representação de produtos no Projeto Conceitual**. 1997. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 1997.

FORNO, A. J.; BARQUET, A. P. B.; BUSON, M. A.; FERREIRA, M. G. G.; FORCELLINI, F. A. **Gestão de desenvolvimento de produtos: integrando a abordagem Lean no projeto conceitual**. Florianópolis: GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, n. 4, 2008.

FRANCETO, T. R. **Desempenho de mecanismos de corte dos resíduos culturais e abertura de sulco para a semeadura direta**. 2014. 126f. (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

HERNANI, L. C.; SALTON, J. C. **Manejo e conservação de solos**. In: MILHO: informações técnicas. Circular Técnica do Centro de Pesquisa Agropecuária Oeste/EMBRAPA, n.5, p.39- 67, 1997.

KANDA, G. B.; SOUZA, R. O.; **Matriz morfológica e biomimética: geração de alternativas em design**. Projética, Londrina, v.9, n.1, p. 53-68, Jan./Jun. 2018.

LAMBRECHT, E.; FERREIRA, M. F.; MEDEIROS, F. A.; REIS, A. V. Coparativo de cargas verticais sobre molas helicoidais e planas e sua aplicação em Semeadoras-Aubadoras. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 4, p.364-371, 2017. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/320871445>>. Acesso em: 15 novembro 2018.

MAHL, D.: **Desempenho operacional de semeadora em função de mecanismos de corte, velocidade e solos, no sistema plantio direto do milho**. 2006. 143 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP, Botucatu, 2006.

MECÂNICA INDUSTRIAL. **Sistema de Corte Plasma CNC**. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/85-sistema-de-corte-plasma-cnc/>>. Acesso em: 24 nov. 2018.

NORTON, R.L. Metodologia de Projetos. IN: **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2011, p.5-7.

NUNES, N. R.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; SILVA, E. B.; SANTOS, N. F.; COSTA, H. A. O.; FERREIRA, C. A. Produção de palhada de plantas de cobertura e rendimento do feijão em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 943-948, 2006.

OLIVEIRA, G. C.; DIAS JUNIOR, M. S.; RESCK, D. V. S. ; CURI, N. **Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 38, n. 2, p. 291-299, 2003.

PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto de Engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos; Métodos e aplicações.** 1ª ed. São Paulo : Brasil Edgard Blücher, 2005. 1ª ed.

PLENTZ, S.S. **Taxonomia para técnicas criativas aplicadas ao processo de projeto.** 2011. 130 f. Dissertação (Mestre em Design) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

PORTELLA, J. A. **Semeadoras-Adubadoras para plantio direto.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 252f.

RESENDE, R.C. **Projeto Preliminar.** IN: Projeto de engenharia: uma aproximação sistemática. Viçosa: UFV, p. 59. 2005.

RITCHEY, Tom. **Problem structuring using computer-aided morphological analysis.** Journal of the Operational Research Society, Oxford, v. 57, n. 7, p. 792-801, 2006.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998., 1998.

SANTOS, A. P.; TOURINO, M. C. C.; VOLPATO, C. E. S. Qualidade de semeadura na implantação da cultura do milho por três semeadoras-adubadoras de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1601-1608, set./out. 2008a.

SANTOS, A. P.; VOLPATO, C. E. S.; TOURINO, M. C. C.; Desempenho de três Semeadoras-Adubadoras de Plantio Direto para cultura do Milho. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 32, n. 2, p. 540-546, mar./abr., 2008b.

SANTOS, A.J.M.; GAMERO, C.A.; BACKES, C.; SALOMÃO, L.C.; BICUDO S.J. Desempenho de discos de corte de semeadora-adubadora em diferentes quantidades de cobertura vegetal. **Energia na agricultura**, Botucatu, v.25, n.4, p.17-30, 2010.

SATTLER, A. Escolha de semeadoras e a importância dos elementos rompedores em plantio direto. **Conferência Anual de Plantio Direto.** Passo Fundo - RS: [s.n.], 1996. p. 13±6. 1996.

SILVA, M. R. **Classificação de semeadoras-adubadoras de precisão para o sistema plantio direto conforme o índice de adequação.** 2003. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SIQUEIRA, R. **Milho: Semeadoras-Adubadoras Para Sistema Plantio Direto com Qualidade.** Paraná: IAPAR .Disponível em: <<http://www.iapar.br/arquivos/File/semeadora-adubadora%20para%20sistema%20de%20plantio%20direto%20com%20qualidade.pdf>> Acesso em: 28/08/2018.

STEFANELLO, G.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MACHADO, R. L. T.; MORAIS, C. S.; **Estrutura funcional de uma semeadora de tração humana.** Santa Maria, Ciência Rural, v. 44, n. 9, Setembro, 2014.

ULLMAN, David G. **The mechanical design process**. New York: McGraw-Hill, 1992.337 p.

VIEIRA, M.J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. **Atualização em plantio direto**. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.163-179.