



Airton Gilberto Schmidt

**REMODELAMENTO DE UM SISTEMA DE CORTE DE
PALHA UTILIZADO EM SEMEADORAS E SEMEADORAS
ADUBADORAS DE PLANTIO DIRETO**

Horizontina

2015

Airton Gilberto Schmidt

**REMODELAMENTO DE UM SISTEMA DE CORTE DE PALHA
UTILIZADO EM SEMEADORAS E SEMEADORAS ADUBADORAS DE
PLANTIO DIRETO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Felipe Dal Piva Ely, Eng. Esp.

Horizontina

2015

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

**“Remodelamento de um sistema de corte de palha utilizado em semeadoras e
semeadoras adubadoras de plantio direto”**

Elaborada por:

Airton Gilberto Schmidt

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: __/__/2015
Pela Comissão Examinadora**

**Prof. Esp.. Felipe Dal Piva Ely
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Prof. Me.. Luis Carlos Wachholz
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Prof. Esp.. Valmir Vilson Beck
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina
2015**

DEDICATÓRIA

Dedico essa conquista aos meus pais Rinaldo e Lúcia, e aos meus irmãos Adriano e Eliane, pois sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado saúde para superar as dificuldades. A minha família pela Educação e Apoio. Aos mestres pelos ensinamentos e sabedoria e a todos aqueles que de uma forma ou de outra acompanharam minha caminhada.

“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez.”

Thomas Edison

RESUMO

A expansão do agronegócio e as novas práticas de plantio trouxeram consigo as semeadoras e semeadoras adubadoras de plantio direto, máquinas capazes de realizar o plantio sem uma pré-preparação do solo. Para que isso ocorra de maneira eficaz, utiliza-se um sistema de corte capaz de partir os restos de cultivo, bem como promover uma pré-mobilização localizada no entorno do leito de plantio. Através de estudos realizados pelo departamento de marketing da empresa onde o trabalho foi realizado, percebeu-se a necessidade de um remodelamento do sistema de corte de palha, possibilitando a inserção de um disco de maior diâmetro, visto que esta mudança traz vantagens em relação ao tempo entre uma troca e outra desse componente. O objetivo deste trabalho foi remodelar o sistema de corte de palha para que o mesmo comportasse a inserção de um disco de maior diâmetro sem interferências com os demais componentes do conjunto e da máquina. Para atingir esse objetivo foi adotada a metodologia PDP, desenvolvendo-se desde o projeto informacional, avaliação de conceitos existentes no mercado, elaboração do novo conceito, bem como o modelamento de novos componentes, montagem e análise de leiautes das semeadoras. Os resultados atingidos a partir da utilização da metodologia PDP mostrou sua eficácia, apontando o sentido do prosseguimento dos trabalhos para que os objetivos fossem alcançados, mesmo que de forma parcial.

Palavras-chaves: sistema de corte de palha, PDP, semeadoras

ABSTRACT

The expansion of agribusiness and new planting practices brought with them the planters and fertilizer planters tillage, machines capable to perform planting without pre-preparation of ground. For it occurs of effective mode, it uses a cutting system capable to break crop residues, both to promote a pre-mobilization located in the round of planting bed. Through studies developed marketing department of company where the work was developed, realized the need of a redesigning of cutting system enabling the insertion a disk of more diameter, since the change bring advantages in relation at time between an exchange and other this component. The goal this work was redesign the straw cutting system for that it support the insertion a disk of more diameter without interferences with the others components of group and of machine. For to arrive this goal was adopted the PDP methodology, development since the informational project, the evaluation of already existing concepts on market, making the new concept, both the designing the new components, assembly and review the layouts of planters. The achieved results with the use of the PDP methodology shows the its efficiency, demonstrating the path of work to reach the goals.

Keywords: straw cutting system, PDP, planters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Semeadora de plantio direto.....	15
Figura 2: Sistema de corte de palha.....	16
Figura 3: Disco corrugado.....	17
Figura 4: Disco ondulado.....	17
Figura 5: Disco liso.....	17
Figura 6: Comparativo de mobilização entre os três tipos de disco.....	18
Figura 7: Fatores de sucesso para o desenvolvimento de produtos novos.....	19
Figura 8: Cronograma de atividades - Projeto coulter de 20 polegadas.....	29
Figura 9: Requisitos de Clientes - Novo sistema de corte de palha.....	32
Figura 10: Requisitos de Projeto - Novo sistema de corte de palha.....	32
Figura 11: Sistema de corte de palha utilizado nas semeadoras e semeadoras adubadoras da John Deere.....	33
Figura 12: Sistema de corte de palha - Concorrente A.....	34
Figura 13: Sistema de corte de palha - Concorrente B.....	34
Figura 14: Sistema de corte de palha - Concorrente C.....	34
Figura 15: Análise do leiaute de uma semeadora adubadora.....	36
Figura 16: Linha de plantio curta.....	37
Figura 17: Linha de plantio longa.....	37
Figura 18: Sistema de corte para linha curta e para linha longa.....	38
Figura 19: Conjuntos soldados dos suportes do sistema de corte de palha.....	38
Figura 20: Análise de proximidade do disco com os demais componentes do conjunto do disco de corte.....	39
Figura 21: Análise de proximidade do conjunto do disco de corte com outros componentes da semeadora.....	39
Figura 22: Sistema atual de mancalização.....	40
Figura 23: Sistema de mancalização encontrado na pesquisa.....	41
Figura 24: Eixo de fixação.....	42
Figura 25: Braço fundido.....	42
Figura 26: Buchas de desgaste; fixa e móvel.....	43
Figura 27: Análise de custo, conjunto soldado x item fundido.....	44
Figura 28: Conjunto soldado X item fundido.....	44
Figura 29: Conjunto soldado X item fundido.....	45
Figura 30: Disco de corte corrugado baixo.....	45
Figura 31: Novos sistemas de corte de palha, para linha longa e curta.....	46
Figura 32: Proximidade do conjunto com o mancal do rodado da semeadora adubadora.....	47
Figura 33: Análise da distância entre os componentes do sistema de corte de palha.....	48
Figura 34: Análise de elementos finitos - FEA braço fundido.....	49
Figura 35: Análise de elementos finitos - FEA braço fundido.....	50

Figura 36: Análise de elementos finitos - FEA fundido para linha longa	50
Figura 37: Análise de elementos finitos - FEA fundido para linha curta.....	51
Figura 38: Análise de risco - Funcionamento e desempenho do novo sistema de corte de palha.	52

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 JUSTIFICATIVA	12
1.2. OBJETIVOS	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 SEMEADORAS	14
2.1.1 HISTÓRICO	14
2.1.2 SISTEMAS DE CORTE DE PALHA	15
2.2. PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS – PDP.....	18
2.2.1 Metodologias de Planejamento de Desenvolvimento de Produto – PDP's.....	18
2.2.2. Fase 1 – Planejamento do projeto	20
2.2.3 Fase 2 – Projeto informacional	20
2.2.4 Fase 3 – Projeto conceitual	21
2.2.5 Fase 4 – Projeto preliminar	22
2.2.6 Fase 5 – Projeto detalhado.....	22
2.2.7 Fase 6 – Preparação da produção	23
2.2.8 Fase 7 – Lançamento do produto	23
2.2.9 Fase 8 – Validação do produto	24
2.3. DESENVOLVIMENTO DE ITENS FUNDIDOS	24
2.3.1 Histórico	24
2.3.2 Desenvolvimento de peças fundidas	25
3. METODOLOGIA	27
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS	27
3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	30
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	31
4.1 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO	31
4.2 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL	32
4.3 FASE 3 – PROJETO CONCEITUAL.....	33
4.4 FASE 3 – PROJETO PRELIMINAR	35
5. CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil vem se difundindo nas últimas décadas, devido principalmente ao avanço tecnológico e a descoberta de novas práticas de cultivo e manejo do solo (FARO, 2013). Uma dessas práticas é a do plantio direto que vem trazendo bons resultados com uma redução de custos operacionais, se comparado com o plantio em área mobilizada como anteriormente era feito (CANAL DO PRODUTOR, 2013).

Para viabilizar o plantio direto, foi de suma importância à incorporação das máquinas semeadoras ao processo de produção. A semeadora tem como principal função a inserção de fertilizantes e sementes no solo através de dispositivos que cortam a palha, abrem o sulco, dosam e depositam tanto os fertilizantes quanto as sementes no leito de plantio. As exigências quanto ao desempenho destas máquinas em campo têm aumentado cada vez mais, dentre elas temos: redução no número de paradas para a retirada de materiais acumulados entre seus componentes e a redução de eventos de manutenção e substituição de seus componentes por consequência de alguma forma de desgaste ou quebra.

O sistema de corte de palha utilizado atualmente pela empresa onde o estudo foi realizado, opera com um disco de 18 polegadas de diâmetro, que segundo dados de clientes, é substituído quando alcança por desgaste um diâmetro médio de 16 polegadas. Além disso, o sistema atual possui um design que causa embuchamentos devido à proximidade entre o disco e alguns componentes do conjunto. Segundo dados do departamento de marketing da empresa, alguns clientes utilizam, sem nenhuma instrução vinda da empresa, um disco de 20 polegadas de diâmetro, que segundo eles proporciona um aumento no intervalo de substituição dos discos. Entretanto esse disco pode causar danos nos componentes do sistema e nos itens da linha de plantio.

Partindo do contexto acima descrito, apresenta-se a problemática a ser trabalhada: quais as alterações necessárias para que o novo sistema de corte de palha comporte a inserção de um disco de maior diâmetro, sem causar interferência com os demais componentes, reduzindo a frequência de acúmulos de materiais.

Para tanto foi preciso um remodelamento no sistema, permitindo a inserção do novo disco e aumentando o espaço entre o disco e os elementos que promovem

a fixação do mesmo à máquina. Essas alterações poderão trazer um aumento no tempo entre a substituição dos discos, bem como uma redução nas paradas por embuchamento, visto que ao aumentarmos o espaço entre disco e componentes há uma melhora no fluxo de palha.

1.1 JUSTIFICATIVA

Observando a relevância do sistema de corte de palha em uma semeadora, o presente estudo justifica-se, pois origina o remodelamento do sistema utilizado em semeadoras de uma empresa de grande porte, fabricante de máquinas agrícolas. Este remodelamento se mostra de suma importância por promover a inserção de um disco de diâmetro maior visto que clientes já utilizavam em suas máquinas e esperavam uma solução de fábrica para o uso do mesmo. Paralelamente a isso o remodelamento promove um aumento nas distâncias entre o disco e componentes, trazendo uma melhora no fluxo de palha e, dessa forma, diminui a frequência de embuchamentos.

Outro ponto de suma importância no projeto é a redução dos custos proporcionada pela transformação de conjuntos soldados em itens fundidos. Além dessas, outras vantagens atreladas a essa mudança são a redução na complexidade de fábrica e o aumento na repetitividade dos itens, que passam por menos etapas de produção, se comparado com os conjuntos soldados.

Neste contexto a metodologia utilizada foi de grande valia, possibilitando o acompanhamento e a visualização do projeto pelas áreas por ele afetadas, através do envolvimento do time multifuncional, criado para o desenvolvimento das atividades do projeto.

1.2. OBJETIVOS

Na execução da presente pesquisa objetivou-se a realização de um projeto de desenvolvimento para remodelar o sistema de corte de palha, promovendo a inserção de um disco de maior diâmetro, sem causar interferências com o restante dos componentes do sistema e da linha de plantio. Este remodelamento também promoveu o afastamento do disco de outros componentes do sistema, podendo aumentar o fluxo de palha e diminuir, desta forma, a frequência de embuchamentos.

Outro objetivo foi transformar os conjuntos soldados em itens fundidos, aumentando o número de peças sem defeitos devido ao menor número de etapas

de produção que estes processos contem, quando comparados com itens oriundos de um processo de soldagem, bem como promover redução de custos.

Para que os objetivos acima expostos pudessem ser atingidos, foi aplicada a metodologia PDP (Planejamento de Desenvolvimento de Produto), sendo esta seguida até a fase 3.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Tendo em vista o desenvolvimento da pesquisa apresentada, tornou-se necessário, a apresentação dos assuntos abordados no trabalho, uma vez que estes serviram de base para o prosseguimento do mesmo.

2.1 SEMEADORAS

Tornou-se de suma importância o conhecimento das características e funcionalidades desse equipamento, ampliando dessa maneira o conhecimento a respeito do assunto e conseqüentemente aumentando as possibilidades de acerto na realização do trabalho. Dessa forma, a seguir, são apresentadas algumas informações sobre a máquina como um todo, bem como das partes envolvidas no trabalho.

2.1.1 Histórico

Segundo Mialhe (2012), os primeiros registros de máquinas utilizadas na semeadura datam de muitos séculos A.C., e esses equipamentos teriam sido usados por assírios e chineses. Afirma também que persas e hindus teriam suas próprias máquinas de semear e que europeus jamais as adotaram, sendo a semeadura manual, o único método de plantio adotado até o final do século XVII.

Na Europa a primeira semeadora surgiu apenas em 1636 com a invenção de Joseph Locatelli de Corinto dando o nome para seu invento de “sembradore” . Seu invento era constituído basicamente de um depósito de madeira e um eixo rotativo com conchas presas a ele, estas jogavam a semente em tubos que as conduziam até a proximidade do solo. É importante salientar que elas não enterravam as sementes, apenas as depositavam na superfície do solo (BALASTREIRE, 1987).

Balastreire (1987) também afirma que ao final do século XVII, o inglês Jethro Tull aperfeiçoou a máquina desenvolvida por Locatelli e criou um dispositivo que permitia a introdução das sementes no solo. Em 1785, outro inglês, James Cook, desenvolveria o conceito que é utilizado até hoje. A partir dessas invenções inúmeros conceitos foram criados para as mais variadas culturas existentes.

Esses métodos de plantio partiam do princípio de que a superfície deveria estar previamente preparada, necessitando desta forma, duas ou mais operações antecedentes a semeadura. Mais tarde percebeu-se que em alguns tipos de terreno,

este preparo de superfície trazia danos ao solo, como erosão hídrica causada pela água das chuvas e erosão eólica acarretada por ventos fortes em solos com menor percentual de argila (MIALHE, 2012).

Tais fatores levaram a uma mudança na forma de plantio, principalmente em países de clima temperado, onde o revolvimento do solo tornou-se desnecessário, pois não possuem períodos de intensas nevascas causando a morte da sua microbiologia. Aliado a estes, outro fator determinante foi à busca por redução de custos operacionais, já que realizar duas ou mais operações antecedentes ao plantio tornava-o muito oneroso. Desta forma saiu-se do plantio convencional, com pré-preparação do solo, para o plantio direto, onde a semeadora sofre a interação direta com a palhada do cultivo anterior (MIALHE, 2012). A Figura 1 mostra uma semeadora de plantio direto.



Figura 1: Semeadora de plantio direto.

Fonte: John Deere, 2015

2.1.2 Sistemas de corte de palha

Quando se fala em máquinas de plantio direto ouvimos afirmações dizendo que esta realiza o plantio em solo não mobilizado. Esta afirmação não é de um todo verdadeira, pois a abertura do sulco pode ser considerada uma mobilização mesmo que apenas nas proximidades da linha de centro do leito de semeadura (MIALHE, 2012).

Nas máquinas de plantio direto o principal objetivo dos abridores de sulco, obviamente, é abrir um espaço suficiente para a deposição das sementes, mas

cumpra também um importante papel; o de deixar o solo às margens do sulco em condições de facilitar a ação dos cobridores. Por esse motivo os abridores de sulco obtêm melhores resultados quanto à função acima descrita em solos previamente mobilizados. Desta forma constatou-se em máquinas de plantio direto que a frente dos abridores de sulco encontra-se montado um disco cortante que além de cortar os restos de um cultivo anterior tem o importante papel de revolver uma estreita faixa de terra facilitando desta forma o papel dos abridores de sulco (MIALHE, 2012). A Figura 2 mostra o sistema de corte utilizado em um modelo de semeadora de plantio direto.



Figura 2: Sistema de corte de palha.

Fonte: Stara, 2015

Ainda segundo o mesmo autor, em máquinas de fabricação nacional o disco de corte é montado em um conjunto separadamente do sistema de abertura de sulco e posicionado de maneira que o peso da máquina esteja concentrado em cima do sistema de corte, aumentando dessa maneira a pressão ou força de corte entre o disco e a superfície do solo, auxiliando no corte dos restos de cultivo depositados sobre o mesmo.

Segundo Mialhe (2012) os discos utilizados nos sistemas de corte de palha em máquinas de plantio direto seguem três tipos distintos:

Disco de face corrugada/estriada, Figura 3: apresenta a borda cortante lisa e um setor circular corrugado posicionado logo atrás do gume cortante, que tem o papel de promover uma leve mobilização no solo (de 2 a 5 cm) logo após o corte dos restos de palha. Tem a vantagem de exigir menor carga aplicada do que o próximo disco a ser apresentado (MIALHE, 2012).



Figura 3: Disco corrugado.

Fonte: Metisa, 2015.

Disco de bordo ondulado/estriado: apresenta a borda cortante ondulada que além de cortar os restos de palha, promovem uma mobilização maior do que do anterior cerca de 8 cm de largura (MIALHE, 2012).



Figura 4: Disco ondulado.

Fonte: Metisa, 2015.

Disco liso, Figura 5: apresenta uma superfície lisa sem detalhes. É o disco que promove menor mobilização de solo de todos, aproximadamente 3 cm apenas (MIALHE, 2012).



Figura 5: Disco liso.

Fonte: Metisa, 2015.

A Figura 6 mostra um comparativo de mobilização originada pelos três tipos de discos apresentados acima, sendo que o disco que apresenta o maior revolvimento é o ondulado podendo chegar a uma faixa de 9 cm.

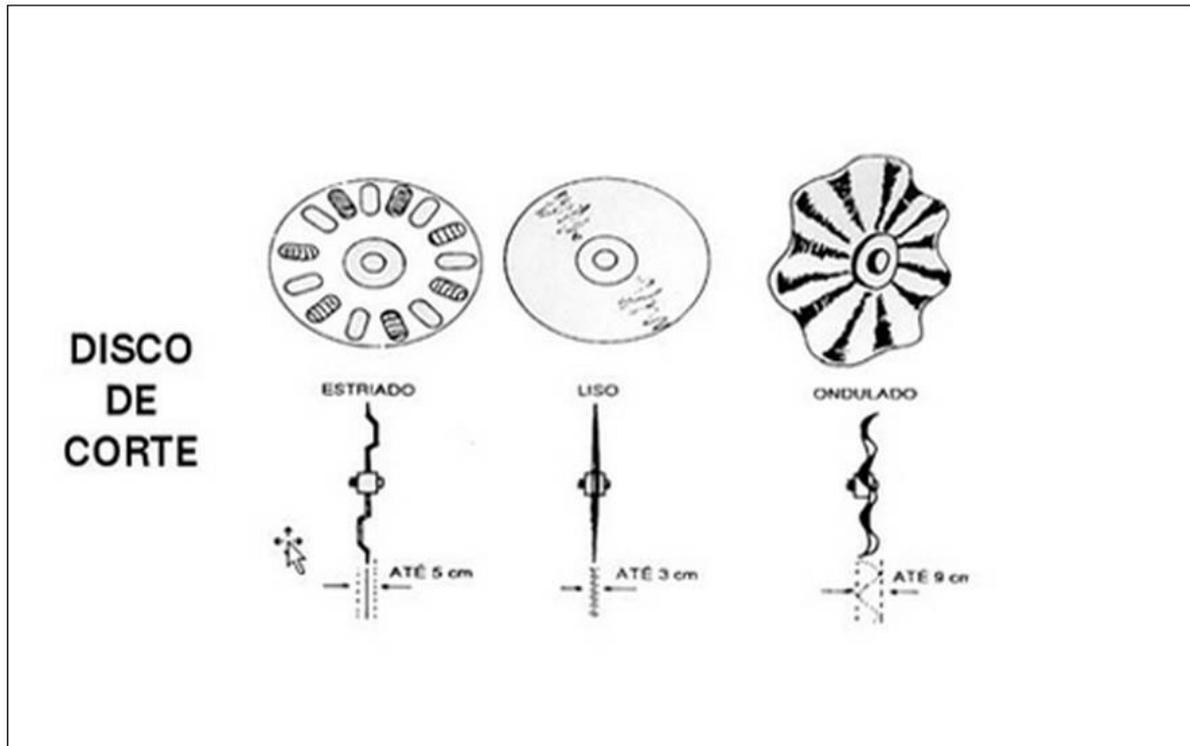


Figura 6: Comparativo de mobilização entre os três tipos de disco.

Fonte: Ageitec - Agência Embrapa de Informação e Tecnologia, 2015.

2.2. PROJETO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS – PDP

O projeto foi baseado em uma metodologia de desenvolvimento de produto denominada Projeto de Desenvolvimento de Produto – PDP, seguindo por todas as suas fases, visto que esta é a metodologia adotada pela empresa onde o projeto foi desenvolvido.

2.2.1 Metodologias de Planejamento de Desenvolvimento de Produto – PDP's

Segundo Cheng e Filho (2007), desenvolver um novo produto utilizando uma determinada metodologia PDP tem como principal objetivo a diminuição do tempo de chegada do produto ao mercado. O autor também cita as razões pelas quais se estabelecem um PDP:

“A necessidade de estabelecer um PDP deve-se a três razões: (1) o processo de desenvolvimento do produto contém um número muito grande de atividades interdependentes entre as áreas funcionais da empresa que precisam ser integradas; (2) o processo de desenvolvimento de produto envolve uma margem grande de risco de insucesso que pode ser reduzida; (3) por ser um longo processo, existe uma grande chance de perda de foco, por isso deve ser melhor norteado. (CHENG e FILHO, 2007, pag 74).

Baxter (1998) cita que o desenvolvimento de produto é uma atividade importante e arriscada, pois pode retratar o sucesso, bem como o fracasso do projeto. Segundo o mesmo autor estudos realizados nos Estados Unidos, Inglaterra e Canadá apontam quais os fatores que mais influenciam para o sucesso em um projeto de produto, podendo estes ter até cinco vezes mais chances de sucesso do que de produtos que não levaram em consideração estes fatores. A Figura 7 mostra as observações feitas pelo autor.

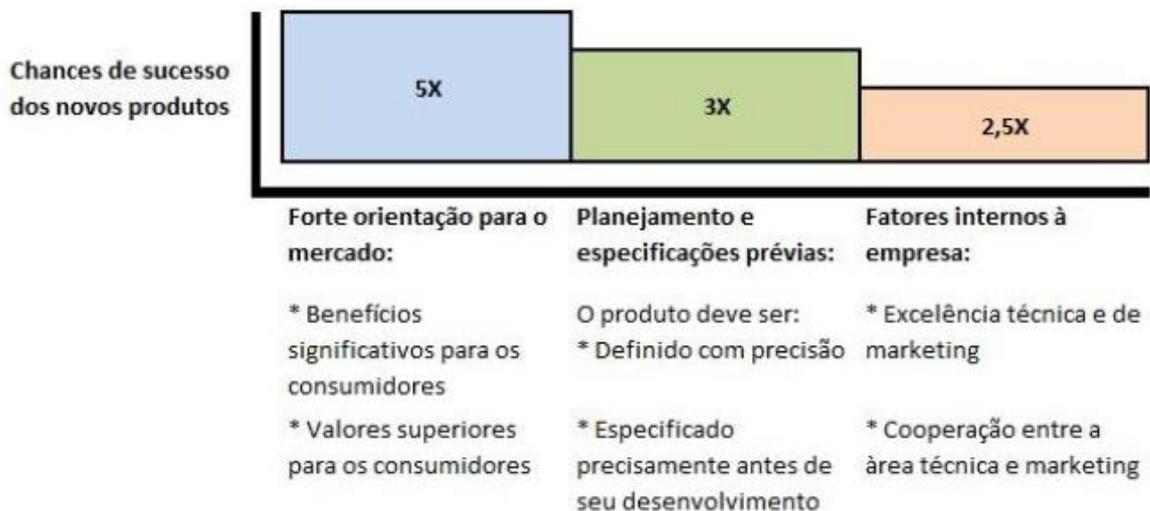


Figura 7: Fatores de sucesso para o desenvolvimento de produtos novos.

Fonte: Baxter, 2000, pág.7

A partir das informações da Figura 7 alguns autores desenvolveram modelos de Projetos de Desenvolvimento de Produtos (PDP's) diferentes para as mais variadas aplicações, divididos em fases bem definidas e com valores de entrada e saída para facilitar e padronizar o emprego desta metodologia. A diferenciação entre modelos se deve a aplicação e complexidade do projeto, bem como as fases que o projeto deve seguir (BAXTER, 2000).

Cheng e Filho (2007) complementam dizendo que os modelos de PDP's diferenciam-se uns dos outros pelo destaque a algumas etapas relacionadas a áreas específicas. Desta forma alguns tem uma abordagem maior na área de Marketing outros encontram sua área de destaque voltada a Engenharia, outros ainda tem enfoque maior no Design do Produto.

Visto que existem inúmeros tipos e enfoques de PDP's, cabe ao autor ou o time de projeto escolher a melhor metodologia a ser utilizada levando em consideração o foco principal do projeto (CHENG e FILHO, 2007).

Para o desenvolvimento do projeto procurou-se uma metodologia dividida em fases, mas que se assemelha a usada pela empresa onde o projeto será desenvolvido, pois devido a informações estratégicas da empresa esta não será exposta neste trabalho. A metodologia que mais se assemelha e que tem suas fases voltadas ao desenvolvimento de um novo produto é a que foi desenvolvida por Back (2008) e que está dividida em 8 fases distintas, sendo elas: Planejamento do produto; Projeto informacional; Projeto conceitual; Projeto preliminar; Projeto detalhado; Preparação da produção; Lançamento do produto; Validação do produto. As fases citadas acima serão apresentadas mais detalhadamente nas seções abaixo.

2.2.2. Fase 1 – Planejamento do projeto

Segundo Back (2008), esta fase é destinada ao alinhamento das estratégias de negócio da empresa com a organização do trabalho desenvolvido. O mesmo autor cita que para a criação do termo de abertura do projeto ou carta de projeto é necessário que o planejamento de marketing seja criado e aprovado. O termo de abertura do projeto é o documento que torna oficial o início do projeto na organização.

Com a definição das partes envolvidas no projeto é elaborada a declaração de escopo de projeto, que contém a justificativa do projeto, as suas restrições, as características do projeto, o que é desejado na saída de cada fase. Partindo desse documento o projeto é decomposto em partes específicas, podendo ser definidos os objetivos do projeto e feita uma avaliação de riscos as áreas da companhia envolvidas no projeto (BACK, 2008).

Partindo desta avaliação é definida a equipe de gerenciamento de projeto e as atividades fundamentais para a criação do plano de projeto, bem como os planos de suprimentos e qualidade. Quando as atividades desta fase são completadas, o plano de projeto passa por uma aprovação o que possibilita o progresso para a fase seguinte (BACK, 2008).

2.2.3 Fase 2 – Projeto informacional

Segundo Back (2008) esta fase é dedicada a definir as especificações do projeto, sendo nela que acontece a primeira reunião da equipe de desenvolvimento

e apresentado a todos o plano de projeto. Nesta fase também ocorrem às divisões de tarefas para rastrear os fatores que influenciam no desenvolvimento do projeto.

Para a criação das especificações do projeto é necessário identificar os requisitos dos clientes e desdobrá-los em requisitos dos usuários. A partir destes são definidos os requisitos do projeto levando em consideração vários atributos: funcionais, ergonômicos, de segurança, de confiabilidade, estéticos e legais. Definidos os requisitos do projeto deve ser feita uma pesquisa comparativa no mercado e verificar se os produtos existentes atendem os requisitos dos usuários bem como os requisitos do projeto (BACK, 2008).

As especificações de projeto são definidas a partir dos requisitos de projeto e são os objetivos que o produto deverá atender. A partir deles são definidos os fatores que influenciam a manufatura, o desenvolvimento de fornecedores dos componentes, informações de segurança no ciclo de vida (BACK, 2008).

De acordo com Back (2008) para a conclusão da fase informacional do projeto, as especificações do projeto de produto são submetidas à aprovação, bem como uma análise econômica e financeira.

2.2.4 Fase 3 – Projeto conceitual

Fase destinada à realização de diversas tarefas com o propósito de estabelecer a estrutura funcional do produto. Nesta fase são definidas a função global e suas subfunções para posteriormente se desenvolver concepções alternativas. Tendo as concepções em mãos parte-se para uma análise comparativa entre elas levando em conta as especificações do projeto, os custos do projeto, os riscos de desenvolvimento do produto, as metas de qualidade, segurança e dependabilidade (BACK, 2008).

Conforme Back (2008) após a seleção da concepção do produto são iniciados os estudos para a identificação de processos de manufatura conhecidos ou novos que possam ser utilizados. Juntamente com essa etapa são definidos os prazos com os fornecedores para o desenvolvimento do projeto preliminar e detalhado das subfunções especificadas na estrutura funcional.

Para a passagem para a fase seguinte a concepção é avaliada de acordo com o escopo do projeto, se aprovado o projeto segue para a fase de projeto preliminar (BACK, 2008).

2.2.5 Fase 4 – Projeto preliminar

Nesta fase são definidos os arranjos finais do produto bem como é determinada a viabilidade técnica e econômica do projeto. Para que o leiaute final do produto seja estabelecido e a fase preliminar terminada é necessária a finalização de algumas tarefas: identificação das especificações de projeto (dimensões, posição dos elementos, material, segurança, ergonomia, e manufatura); identificar o processo de obtenção dos itens (fabricados internamente, comprados ou manufaturados por fornecedores); revisão de patentes e aspectos legais referentes ao projeto; estabelecer as principais dimensões e tolerâncias dos componentes dependendo o tipo de material e processo de fabricação; realizar testes com mock-up; avaliar o dimensional dos componentes observando a viabilidade técnica do projeto, processos de manufatura, objetivando a otimização da concepção (BACK, 2008).

Segundo o mesmo autor, para que os objetivos desta fase sejam atendidos o projeto preliminar usa de diversos tipos de modelos: icônicos, analógicos, numéricos, e computacionais conhecidos por muitos como protótipos virtuais.

Após as definições acima descritas é iniciado o plano de fabricação e de testes dos protótipos, bem como elaborada uma estrutura preliminar do protótipo tendo como funções um cálculo inicial de custos. De posse destes dados determina-se a viabilidade econômica do projeto sendo esta avaliada quanto ao atendimento do plano estratégico de negócio da empresa. Este é o requisito para aprovação da fase (BACK, 2008).

2.2.6 Fase 5 – Projeto detalhado

A fase do projeto detalhado é destinada basicamente a aprovação de protótipos, finalização das especificações dos componentes, detalhamento do plano de manufatura e preparação do pedido de investimento. Nesta fase também são construídos os protótipos e feitos os testes de campo e de laboratório em conformidade aos planos geridos na fase anterior. Paralelamente a essas tarefas ocorre a elaboração do manual de instruções, o de assistência técnica e o catálogo de peças (BACK, 2008).

De acordo com o mesmo autor ainda nessa fase é concluído o projeto de produto e o plano de manufatura, para posteriormente a documentação se revisada. A partir desses documentos é preparada a solicitação de investimento, para antes de

aprovada, ser avaliada de acordo com o plano estratégico de negócio da empresa. O prosseguimento para a fase seguinte se dá quando a solicitação de investimento é aprovada (BACK, 2008).

2.2.7 Fase 6 – Preparação da produção

Segundo Back (2008) nesta fase diversas atividades são realizadas ao mesmo tempo com o objetivo de preparar a produção para realizar o teste de montagem.

Essas atividades incluem tipicamente: elaboração da documentação de montagem; liberação para a construção de ferramental; compra, recebimento, instalação, teste, preparação das máquinas operatrizes, dos dispositivos e ferramentas para a implementação da linha de produção e montagem do lote piloto; e desenvolvimento do plano de produção e da programação do lote piloto (BACK, 2008, p. 83)

Na produção do lote piloto os procedimentos de montagem são avaliados para verificação de não conformidades no processo, bem como o treinamento dos operadores da linha de montagem. Os produtos fabricados no lote piloto são comparados à estrutura do produto e se caso necessário são submetidos a novos testes de laboratório e de campo. Em paralelo a isso, ocorre a revisão do plano de manufatura, implementação do plano de qualidade, é concluída a elaboração dos procedimentos de assistência técnica, treinadas as áreas de vendas e pós-vendas e também as concessionárias (BACK, 2008).

Back (2008) ainda afirma que os documentos do projeto de produto e do plano de manufatura são encerrados nesta fase, e os investimentos envolvidos no desenvolvimento do produto são rastreados. A partir disso é elaborada a liberação para o lançamento do produto sendo a aprovação da liberação o critério para que o projeto evolua de fase.

2.2.8 Fase 7 – Lançamento do produto

Nesta fase é realizada a produção do lote inicial e o produto é lançado no mercado. São liberados o material promocional e a literatura técnica para a divulgação do produto ao mercado consumidor. É iniciada a certificação dos componentes para a produção em série, elaborado o cronograma para a fabricação dos itens, preparada a produção do lote inicial e revisadas as ferramentas necessárias para a produção dos itens (BACK, 2008).

O mesmo autor ainda afirma que ao iniciar a produção é dado o suporte técnico para a produção do lote inicial, verificando a existência de não

conformidades no processo. Quando o lote inicial é aprovado de acordo com os padrões de qualidade avalia-se quanto ao atendimento ao escopo do projeto.

O lançamento acontece com a apresentação do produto aos clientes, concessionárias, vendedores e a imprensa. Para a passagem de fase o lote inicial é submetido a avaliação, se aprovado segue para a próxima fase (BACK, 2008).

2.2.9 Fase 8 – Validação do produto

Esta é a última fase do desenvolvimento de produto e é nela que acontece a validação junto ao consumidor e/ou usuário, bem como a avaliação de satisfação dos consumidores, monitoramento do desempenho do produto, avaliação das informações de segurança e operação do produto e ocorrência de acidentes (BACK, 2008).

De acordo com o mesmo autor a validação ocorre com os produtos do lote inicial comercializado aos usuários. Desta validação resulta uma avaliação, que é analisada e, posteriormente, geradas as ações corretivas aos problemas identificados e definidas as datas de implementação destas ações.

O encerramento da fase de validação acontece quando os relatórios de validação e progresso do projeto são submetidos à auditoria juntamente com o usuário final ou patrocinador. Ao final é assinado um documento de aceitação do projeto, realizada a prestação de contas do projeto, a equipe de desenvolvimento do projeto é desmobilizada. Desta maneira tem-se a finalização do projeto de desenvolvimento de produto (BACK, 2008).

2.3. DESENVOLVIMENTO DE ITENS FUNDIDOS

O desenvolvimento de itens fundidos pode ser considerado de grande importância em projetos mecânicos, visto que podem ser utilizadas geometrias complexas, o que auxilia o projetista no momento do modelamento dos componentes de um projeto. Abaixo segue um breve histórico e algumas considerações no momento do modelamento de itens em ferro fundido.

2.3.1 Histórico

De acordo com Casotti (2011) o processo de fundição é conhecido desde 5000 a.C. através da fabricação de instrumentos em cobre fundido utilizando como molde pedras lascadas. A razão por ter sido o cobre o primeiro metal a ser fundido é

que seu ponto de fusão é baixo em relação a outros metais. O minério de ferro é encontrado em abundância na natureza, porém sua utilização em fundições é bastante recente, datando de 600 a.C. sendo o primeiro item conhecido foi um tripé de 275 Kg produzido na China.

Depois de seu pleno conhecimento a fundição em minério de ferro era utilizada principalmente para fabricar machados, ferramentas, canos e armamento. O processo permaneceu sem grandes evoluções durante um período muito longo, apenas em 1638 foram efetuados estudos sobre a resistência dos materiais a ruptura, por Galileu Galilei. Em meados do século XVII foram feitas inovações no processo e adicionado carbono ao ferro, o que posteriormente daria origem ao aço (CASOTTI, 2011)

Segundo o mesmo autor o processo de fundição do aço data de 1740 e a descoberta foi atribuída ao inglês Benjamin Huntsman. Mas em 1830 Seth Boyden descobriu que o ferro fundido branco poderia ser tratado a quente, decompondo a grafita e dando origem ao ferro fundido maleável de núcleo preto. Durante a Segunda Guerra Mundial Morrogh e Millis através de experimentos visando o controle da morfologia da grafita durante a solidificação descobriram o ferro dúctil.

No Brasil, a primeira fundição data de 1580, construída em São Paulo para a fundição de ouro, vindo de minas em Jaraguá e arredores (CASOTTI, 2011).

2.3.2 Desenvolvimento de peças fundidas

De acordo com Chiaverini (1986) a transformação de metais e ligas metálicas em peças para o uso industrial, sendo esta transformação feita por diversos processos, todos partindo do metal líquido, derramado em uma fôrma que pode ter a forma aproximada da peça final ou apresentar formas regulares – cilíndrico ou prismático- para posteriormente em outros processos de transformação ser modificados em peças de diversas formas e aplicações.

Existem diversos fenômenos que ocorrem durante a solidificação do material a ser fundido e que devem ser observados no momento de desenhar as peças a serem fundidas. Estes fenômenos são: cristalização, contração de volume, concentração de impurezas e desprendimento de gases (CHIAVERINI, 1986).

No desenvolvimento de peças fundidas devemos levar em consideração diversos fatores. Um deles é projetar a peça com mudanças graduais de secção, evitando cantos vivos e mudanças bruscas de secção, devemos considerar uma

espessura mínima de paredes, pois devido à velocidade de resfriamento, em paredes finas causam pontos de dureza mais elevados. Este fenômeno acontece principalmente em ferro fundido. Para o projeto de componentes fundidos devemos levar em consideração uma determinada angularidade nas peças, com a finalidade de extração dos moldes das caixas de fundição. Esta angularidade denomina-se ângulo de extração e de acordo com o autor a mais adequada é a de 3 graus (CHIAVERINI,1986).

3. METODOLOGIA

Para um melhor entendimento da maneira como foi desenvolvido o trabalho, este capítulo aborda os métodos e técnicas utilizados para alcançar os objetivos propostos.

3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

Para a desenvolvimento deste trabalho foi utilizada a metodologia PDP – Projeto de Desenvolvimento de Produto, da forma descrita anteriormente. A utilização desta metodologia se deve a adaptação desta as características do projeto, bem como o fato de ser a metodologia escolhida pela empresa para a realização deste tipo de trabalho. Estão apresentados no capítulo seguinte apenas os métodos e técnicas empregados em cada etapa da metodologia em questão, uma vez que esta, já foi detalhada na pesquisa bibliográfica apresentada no capítulo anterior.

O trabalho iniciou-se na fase 1 -, Planejamento do projeto, onde definiu-se a equipe multifuncional com integrantes de todas as áreas envolvidas no projeto, acompanhando-o por todas as fases e tomando as decisões necessárias para o prosseguimento das atividades. A primeira atividade desta equipe foi à definição da Carta de Abertura do Projeto (Charter) e posteriormente a Definição do Escopo. Estes dois documentos definiram a abertura do projeto e são responsáveis por passar as intenções e limitações do projeto, sendo a elaboração destes, o requisito para que o projeto avance para a fase 2.

Na fase 2 – Projeto informacional, que em pesquisa realizada com clientes e concessionários, coletou-se informações a respeito do projeto, para que posteriormente, fossem transformadas em especificações do projeto. As informações contemplam o que os clientes estão esperando com a implementação do projeto, pois disso depende o sucesso e/ou o fracasso do mesmo. Como a empresa em que o trabalho foi desenvolvido é de grande porte, a responsabilidade pela coleta das informações e o refinamento das mesmas foi do setor de marketing. Com as especificações de projeto definidas, o projeto avançou para a fase seguinte.

Na fase 3 – Projeto conceitual, com a definição das especificações de projeto e juntamente com a equipe multifuncional definiu-se as funções globais e subfunções afetadas pelo projeto.

Após o conhecimento das funções e subfunções afetadas pelo projeto, iniciou-se os estudos das alterações que o projeto poderia sofrer. A escolha por um conceito a ser seguido, autorizou a passagem para a próxima fase.

Na fase 4 foi realizado um estudo de leiaute das máquinas em que o sistema foi inserido, levando em consideração a área livre, o espaço para a montagem dos componentes e observando as diferentes configurações passíveis de serem realizadas com o mesmo modelo de máquina. Esta análise tem grande importância, pois o novo projeto deve operar de forma simultânea com os outros sistemas e subsistemas, não sendo admissível a interferência entre os mesmos.

Partindo da análise de leiaute, das especificações e requisitos do projeto, iniciou-se o modelamento dos componentes novos, observando o espaço disponível para a concepção e montagem dos mesmos, evitando a interferência destes com os demais itens e subsistemas que compõe a máquina como um todo.

Tendo em vista que o tempo hábil para o desenvolvimento do projeto até o seu lançamento no mercado excede o tempo de realização do presente trabalho, a fase preliminar foi a última a ser abordada pelo mesmo. A sequência de eventos abordados até o momento e a previsão para as fases seguintes está disposta na Figura 8.

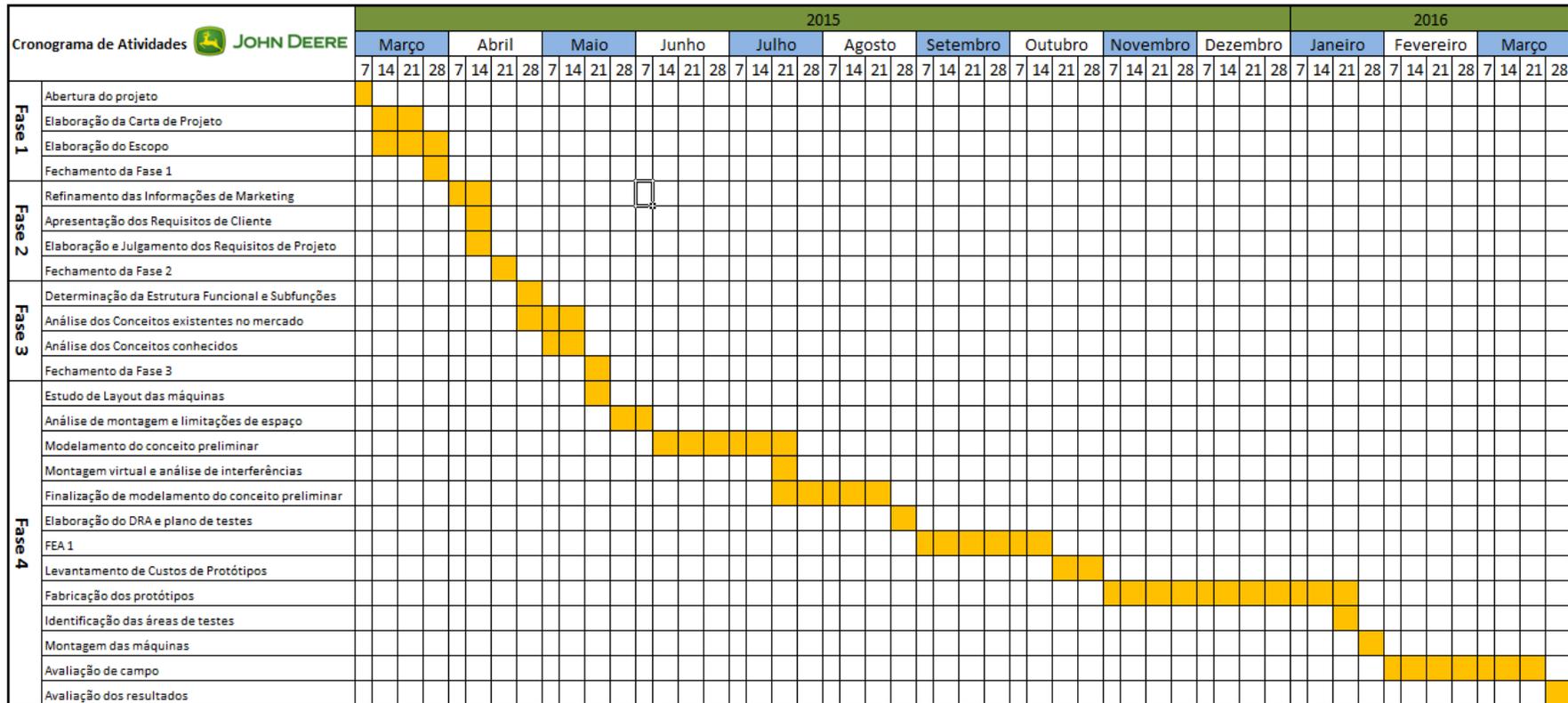


Figura 8: Cronograma de atividades - Projeto coulter de 20 polegadas.

Fonte: Time de projeto - John Deere, 2015.

3.2 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados alguns recursos comuns a todos os projetos desenvolvidos na empresa em que o trabalho foi realizado. Desta forma o trabalho foi concebido em software de modelamento 3D denominado CREO *Parametric* criado pela empresa PTC, usado pela empresa onde o trabalho foi executado.

Para a Análise de Elementos Finitos – FEA utilizou-se o software de simulação ANSYS, por ser um programa de alta confiabilidade e adotado pela empresa para a realização deste tipo de verificação. Na avaliação do projeto através do FEA fez-se necessária a utilização de alguns dados como o carregamento atuante no conjunto e sua frequência. Estes dados foram retirados de um banco de dados já coletados em tarefas de coletas de dados realizada pelo setor de testes da empresa.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo como ponto de partida a pesquisa bibliográfica e a metodologia, partiu-se para o desenvolvimento do estudo, colocando em prática as informações e conceitos acerca da metodologia estudada.

4.1 FASE 1 – PLANEJAMENTO DO PROJETO

O ponto de partida para o desenvolvimento de qualquer novo produto vem a ser a pesquisa pelos anseios do cliente, ou seja, quais os objetivos que o cliente espera que sejam alcançados com a implementação do projeto. Esta pesquisa foi feita pelo setor de marketing e, partindo desta, foi elaborada a carta de abertura do projeto, que na empresa é denominada Charter. Este documento contém as informações iniciais do projeto, os integrantes da equipe multifuncional e uma data prevista de implementação do projeto. A carta de abertura do projeto do novo sistema de corte de palha está disponível no anexo A.

Com a carta de abertura do projeto elaborada, foi criado, por meio de reuniões com a equipe multifuncional de projeto o escopo do projeto. Este documento tem como principal função a abertura oficial do projeto e alguns de seus principais pontos estão descritos a seguir:

- Prover a inserção de um disco de 20 polegadas de diâmetro, com ou sem ondulações, sem que haja interferência com os demais componentes do sistema ou da máquina onde ele está montado.
- Manter o mesmo limite inferior do sistema, limitando o mesmo na parte superior, evitando desse modo interferências com o restante dos componentes da semeadora.
- Não desenvolver conceitos que causem o acúmulo de palha entre o disco a mola de compressão e o braço que prende o disco no sistema.
- O sistema de corte de palha é o único que deve ser alterado. Não deve ser realizada nenhuma outra modificação nos componentes da linha de semente da semeadora.

Para a finalização da fase, a carta de abertura e o escopo do projeto foram levados a um fórum com as lideranças da empresa, analisados e aprovados. Desta forma foi oficializada a abertura do projeto e o mesmo seguiu para a próxima fase.

4.2 FASE 2 – PROJETO INFORMACIONAL

O projeto a ser apresentado surgiu de uma solicitação de clientes, dessa forma, foram levantados os requisitos que os clientes consideram que o projeto deve atender, quando da sua implementação. Por se tratar de uma empresa de grande porte, esses requisitos foram levantados pelo Departamento de Marketing e estão disponíveis na Figura 9.

Requisitos de cliente - Projeto Novo sistema de corte de palha  JOHN DEERE
Inserção de disco de 20 polegadas de diâmetro como solução de fábrica
Realizar o plantio em solos com alto índice de resíduos (palha)
Realizar uma pré mobilização dos solo

Figura 9: Requisitos de Clientes - Novo sistema de corte de palha.

Fonte: Time de projeto – John Deere, 2015.

Identificados os requisitos dos clientes, partiu-se para a identificação dos requisitos de negócio, através de discussões com o time de projeto. Esses requisitos expressam o que a companhia ou o negócio espera com a implementação do projeto. Partindo dos requisitos de clientes e juntamente com os requisitos de negócio, são definidos os requisitos de projeto. Estes requisitos estão dispostos na Figura 10.

Requisitos de Projeto - Projeto Novo sistema de corte de palha  JOHN DEERE
1. Evitar aumento de complexidade de fábrica
2. Tempo de implementação do projeto
3. Reduzir "embuchamentos" (acúmulo de palha)
4. Custo do projeto
5. Mudar mancalização para o centro do disco
6. Aumentar tempo entre as trocas de discos
7. Custo do sistema

Figura 10: Requisitos de Projeto - Novo sistema de corte de palha.

Fonte: Time de projeto – John Deere, 2015.

4.3 FASE 3 – PROJETO CONCEITUAL

Com o fechamento da fase 2 e tendo definidos os requisitos de projeto, foi realizada a definição da função global e suas subfunções. Essas definições foram feitas através de reunião com a Engenharia do Produto e a Engenharia de Verificação e Validação do Produto, sendo que essa é responsável pelos testes práticos e a validação de produtos novos e alterações nos produtos correntes, ou seja, aqueles que já estão sendo produzidos pela empresa.

Dessa reunião surgiram a função global e subfunções do conjunto de corte de palha a ser desenvolvido pela empresa:

- Função global: realizar o corte da palha depositada sobre o perfil do solo.
- Subfunção 1: realizar um corte preliminar no perfil do solo.
- Subfunção 2: realizar uma pré-mobilização no solo afim de facilitar a atuação dos mecanismos de deposição de sementes e cobridores de sulco.

Foram consultadas normas e patentes existentes, evitando dessa maneira o uso de conceitos de projeto já patenteados ou de uso restrito por outra empresa. As Figuras 11 a 14 ilustram sistemas de corte de palha utilizados por empresas fabricantes de semeadoras e semeadoras adubadoras.

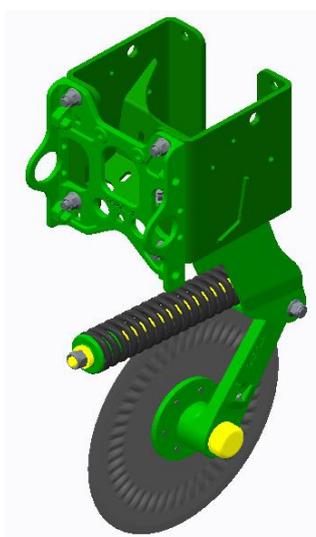


Figura 11: Sistema de corte de palha utilizado nas semeadoras e semeadoras adubadoras da John Deere.



Figura 12: Sistema de corte de palha - Concorrente A.

Fonte: Stara, 2015.



Figura 13: Sistema de corte de palha - Concorrente B.

Fonte: Marchesan, 2015.

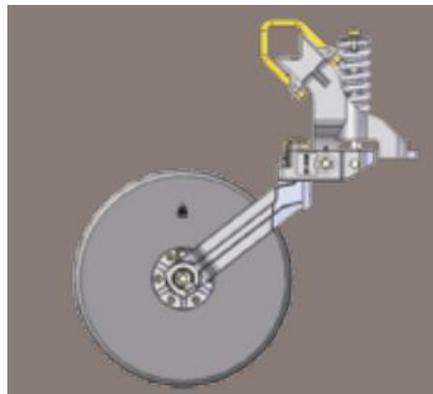


Figura 14: Sistema de corte de palha - Concorrente C.

Fonte: Valtra, 2015.

Observando os conceitos apresentados acima, verificou-se algumas similaridades entre os conceitos das Figuras 11, 12 e 13. O conceito representado pela Figura 14 possui grandes diferenças dos demais, pois utiliza a mola na posição vertical em relação ao nível do solo, o que nos outros conceitos não ocorre.

Em uma análise de espaços disponíveis para o projeto a ser desenvolvido, foi verificado certa limitação, ou seja, verificou-se que o espaço disponível para que as alterações se propagassem era limitado e que o conjunto atual já ocupa de forma eficaz praticamente todo o espaço disponível.

No escopo do projeto, o time multifuncional optou por não realizar modificações no restante da linha de plantio e somente no conjunto de corte de palha. A decisão do time de projeto quanto ao conceito a ser seguido foi o de alterar o conjunto atual, fazendo com que este comporte a inserção de um disco de 20 polegadas de diâmetro, evitando a interferências entre os componentes do próprio sistema, com peças da linha de plantio e demais componentes da semeadora. Outra decisão foi a de afastar os componentes do disco, para dessa forma, evitar o acúmulo indesejado de materiais, impedindo “embuchamentos”.

4.4 FASE 4 – PROJETO PRELIMINAR

Para uma maior eficácia na execução do projeto, tornou-se de suma importância a análise dos leiautes das semeadoras, para identificar onde o conjunto do disco de corte existente é montado e quanto espaço haveria para o desenvolvimento do novo conjunto. Pode-se observar a localização do conjunto a ser remodelado, na Figura 15.

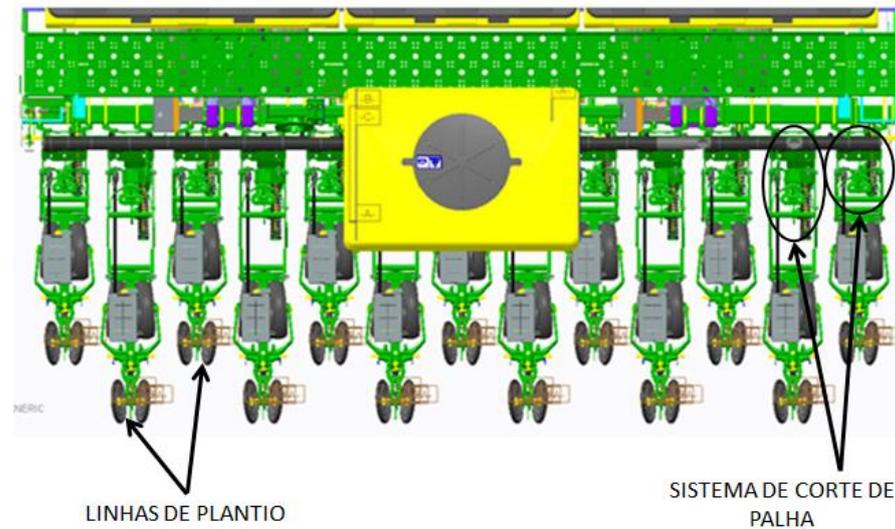


Figura 15: Análise do leiaute de uma semeadora adubadora

A imagem acima mostra a disposição das linhas de plantio ao longo da extensão da máquina e os espaços disponíveis entre elas. Esta análise permitiu o conhecimento dos vários leiautes disponíveis bem como os espaços que poderiam ser utilizados, auxiliando no desenvolvimento do projeto.

Na figura 15 pode-se verificar ainda, certa disparidade entre duas linhas próximas. Esse desalinhamento existe para que não aconteça de todas as linhas ataquem a palha ao mesmo tempo, dessa maneira, a palha tem espaço suficiente entre os componentes da linha para passar evitando possíveis “embuchamentos”.

Para que este desalinhamento aconteça, as linhas de plantio possuem diferenças entre elas, no que diz respeito à algumas peças a serem montadas no conjunto da linha. As Figuras 16 e 17 mostram duas linhas de plantio.

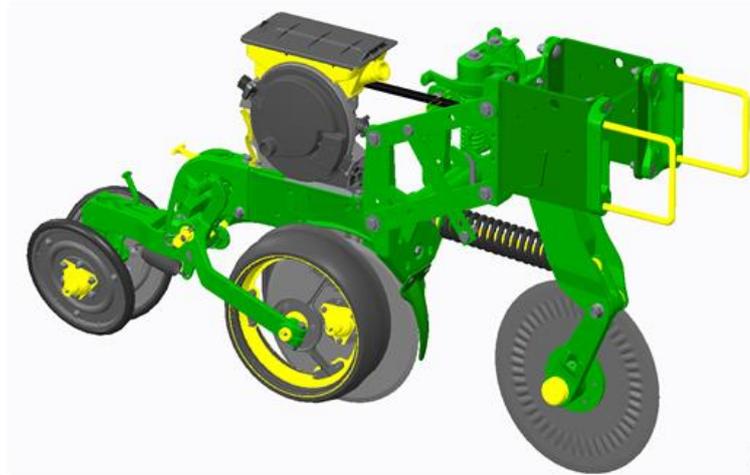


Figura 16: Linha de plantio curta

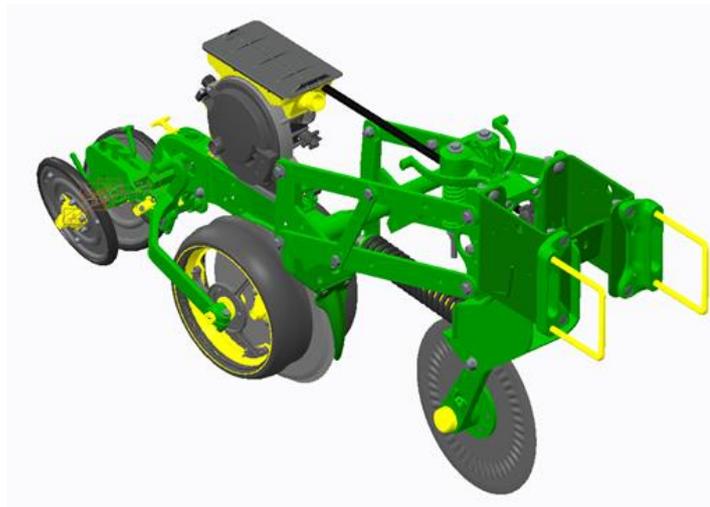


Figura 17: Linha de plantio longa

Por esse motivo existem dois sistemas de corte de palha diferentes, uma para a linha longa e outro para a linha curta como assim conhecidas, porém diferenciando-se um do outro, por apenas um conjunto soldado. A Figura 18 mostra os dois conjuntos e aponta suas diferenças.

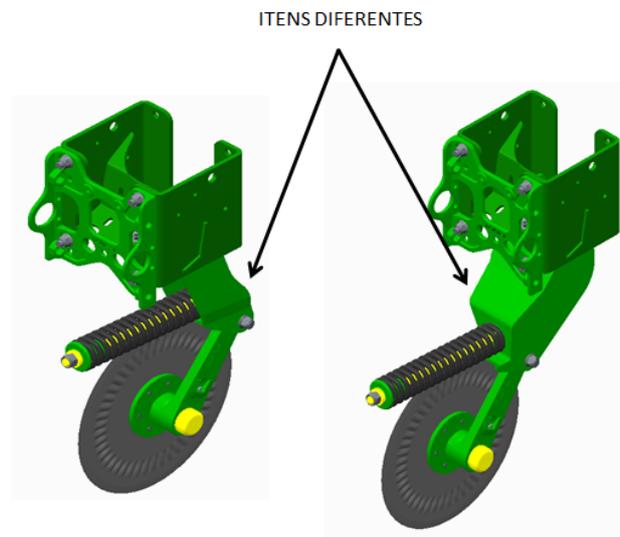


Figura 18: Sistema de corte para linha curta e para linha longa.

Os conjuntos soldados identificados na Figura 19 tem o papel de mancalizar os braços que fixam o disco de corte, bem como servir de apoio para a mola. Outra função fundamental desses elementos é a fixação do restante dos itens na linha de plantio, que posteriormente é fixada na estrutura da semeadora. Os dois conjuntos soldados são os únicos elementos diferentes entre as duas linhas de plantio.

CONJUNTO SOLDADO LINHA CURTA X CONJUNTO SOLDADO LINHA LONGA

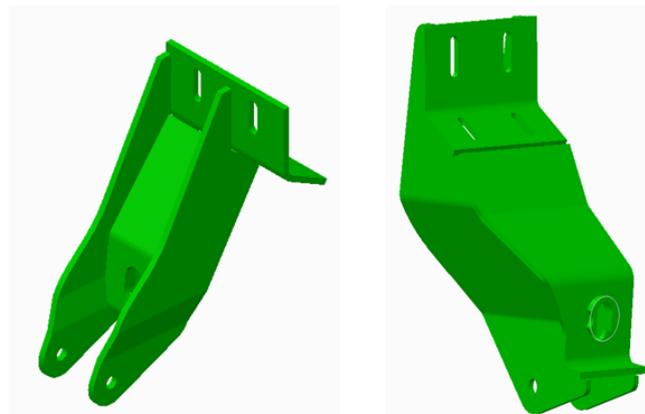


Figura 19: Conjuntos soldados dos suportes do sistema de corte de palha

Outra análise foi a de verificação dos espaços entre o disco de corte e demais componentes do conjunto onde ele é fixado. Este estudo serviu para entender o quanto de espaço o conjunto possui e como desenvolver o novo projeto para aumentar as distâncias entre os componentes. A Figura 20 demonstra o estudo realizado no conjunto do disco de corte. A Figura 21 mostra a proximidade do

conjunto que fixa o disco de corte na máquina com outros componentes da semeadora.

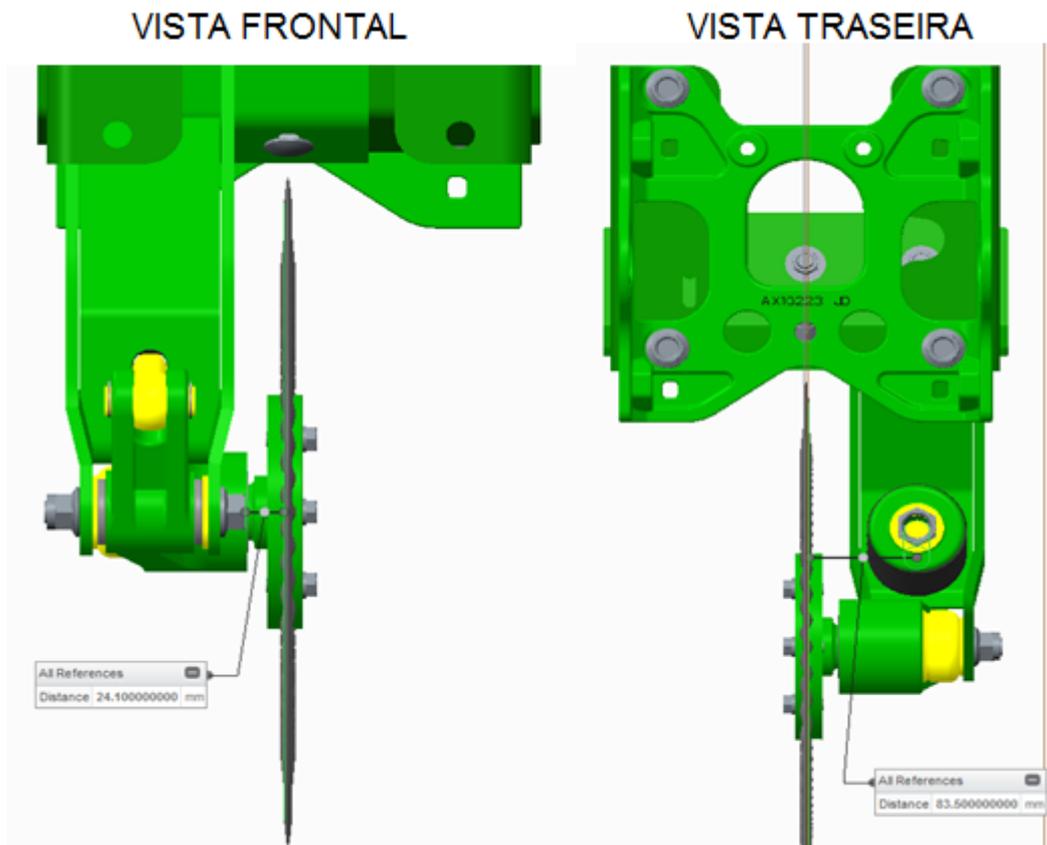


Figura 20: Análise de proximidade do disco com os demais componentes do conjunto do disco de corte.

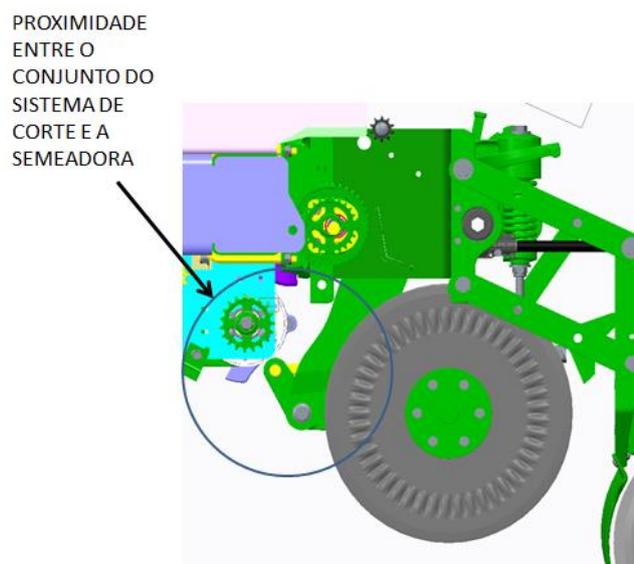


Figura 21: Análise de proximidade do conjunto do disco de corte com outros componentes da semeadora.

Foi analisada também a possibilidade de utilização de um novo sistema de mancalização, levando em conta que no sistema atual os rolamentos que permitem a movimentação do sistema estão localizados no braço que fixa o disco de corte ao restante do conjunto. A proposta foi retirar a mancalização do braço e colocá-la junto ao disco, evitando dessa maneira esforços radiais nos rolamentos. Foi realizada uma busca por soluções já existentes, evitando o desenvolvimento de itens novos.

Ao final da busca por mancais de rolamentos similares e passíveis de utilização no novo sistema, encontrou-se um mancal utilizado em um dos modelos para qual o projeto está sendo desenvolvido. As Figuras 22 e 23 mostram mancalização atual do sistema e a nova mancalização, proposta.

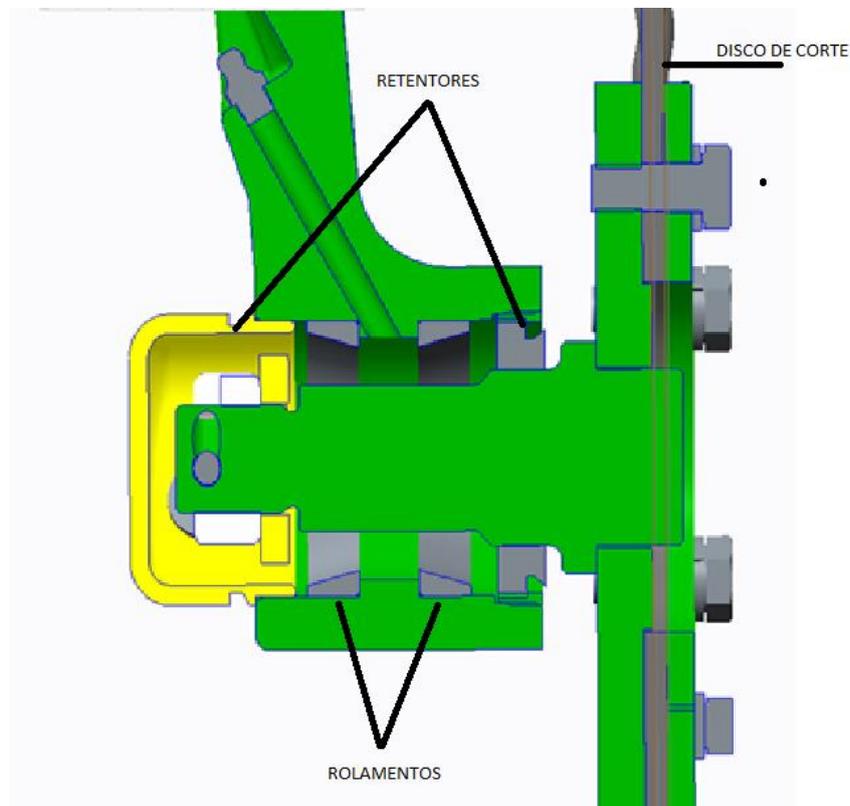


Figura 22: Sistema atual de mancalização.

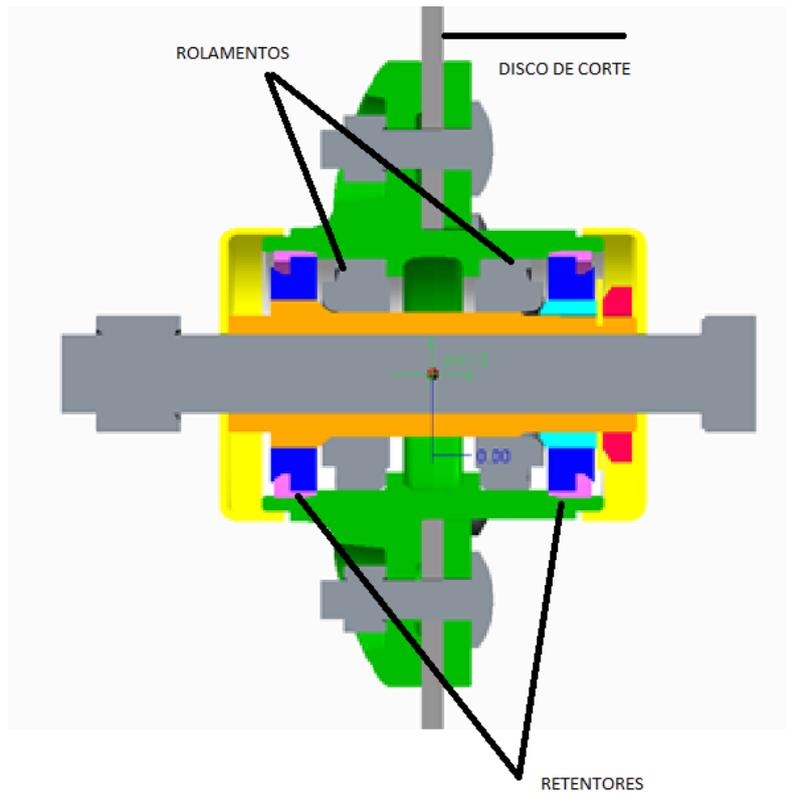


Figura 23: Sistema de mancalização encontrado na pesquisa.

A Figura 22 mostra o sistema de mancalização atual, onde os rolamentos estão situados a uma certa distância do centro do disco, o que pode gerar um momento fletor e produzindo esforços radiais, o que poderia ser prejudicial aos rolamentos. Na concepção de mancal ilustrado pela Figura 23, os rolamentos estão localizados de forma equidistante em relação a montagem do disco, situação que gera uma melhor distribuição da carga entre os rolamentos podendo evitar os esforços radiais.

Tendo como ponto de partida as análises realizadas anteriormente e posteriormente expostas em reuniões, na presença do time de projeto, foi identificada a necessidade de criação de 7 componentes novos, para que pudessem ser atendidos os requisitos do projeto. Na Figura 24 está apresentado o primeiro item novo, responsável pela união entre o mancal que fixa o disco e o braço fundido.



Figura 24: Eixo de fixação

O segundo componente desenvolvido e apresentado na Figura 25 é similar ao que já existe, porém precisou ser redesenhado, retirando os assentamentos de rolamento e retentores, criando-se um alojamento para o eixo e a fixação do mesmo. Foram também desenvolvidas nervuras para reforçar o item quanto a esforços laterais provenientes de plantio em curva, e alargada a mancalização entre o braço e o item que fixa o conjunto a linha de plantio da semeadora. Este item tem a função de ligar o mancal do disco à articulação situada no conjunto soldado preso a linha de plantio. Outra finalidade do item é a tração do tirante da mola, que comprime e expande, mantendo uma determinada pressão do disco em relação ao solo, copiando os desníveis do mesmo.



Figura 25: Braço fundido

A terceira peça que foi desenvolvida, foi uma bucha de desgaste, responsável pela mancalização entre o braço fundido e o item que fixa o conjunto do disco de corte a linha de plantio. Este item também é similar ao já existente, porém teve seu comprimento aumentado devido ao braço fundido ter sua mancalização estendida,

aumentando a área de contato entre a bucha de desgaste fixa e a bucha de desgaste móvel. O quarto item redesenhado foi outra bucha, porém móvel, que tem o papel de girar no furo da bucha fixa, quando o braço fundido movimentado, copiando os desníveis do terreno. A Figura 26 mostra as duas buchas, a fixa e a móvel.

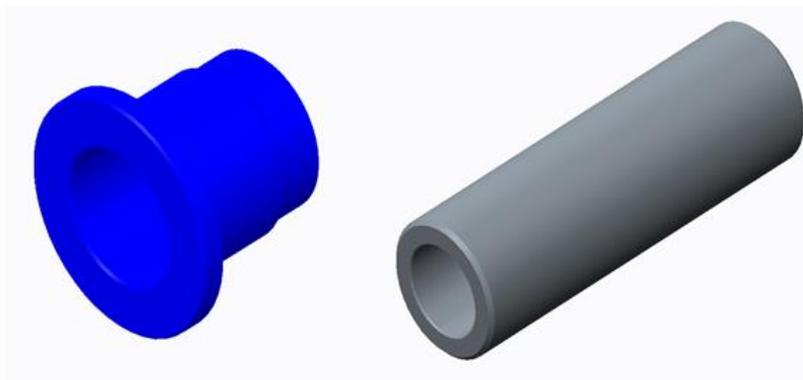


Figura 26: Buchas de desgaste; fixa e móvel.

O quinto item desenvolvido, surgiu através de uma análise em reunião com o time de projeto. A proposta foi a transformação do conjunto soldado que fixa o sistema de corte a linha de plantio em um único item, deixando de ser soldado e passando a ser fundido. O desenvolvimento de itens fundidos permitem ao projetista uma determinada flexibilidade em relação as geometrias que podem ser desenvolvidas.

Nos conjuntos soldados desenvolvidos em chapas e obtidas através de processos de corte e dobra, o projetista deve tomar cuidado com geometrias dobradas de forma abrupta e os locais onde devem ser dispostos os cordões de solda de forma a não sobrecarregar estas regiões, podendo gerar falha por quebra ou trinca nas regiões afetadas pela solda.

Outro fator de grande impacto para a decisão de transformar este conjunto em um item fundido foi o custo, sendo ele mais atrativo em relação a utilização de conjuntos soldados. Realizou-se um levantamento de custo dos conjuntos soldados, comparando-os com os itens fundidos e o valor percentual de redução de custo encontra-se na Figura 27.

ANÁLISE DE CUSTO	
ITEM	% REDUÇÃO
SUPOORTE LINHA CURTA	12,21%
SUPOORTE LINHA LONGA	13,92%

Figura 27: Análise de custo, conjunto soldado x item fundido

Devido ao processo de fundição ter menos etapas em relação aos de conjuntos soldados, que possuem processos de corte, dobra e solda, atinge-se uma maior repetitividade, ou seja, um maior número de peças uniformes.

Os maiores cuidados a serem observados no desenvolvimento de componentes fundidos devem ser as mudanças abruptas de seção e a atenção nas inclinações e sentidos de extração das peças do molde. O ângulo de inclinação de extração utilizado neste projeto foi 3 graus, que é recomendado pela bibliografia estudada. O autor ainda atenta para o arredondamento de arestas e cantos vivos, pois estes concentram tensões, o que é indesejável em itens deste tipo. A Figura 28 mostra a diferença de geometria entre o conjunto soldado e o item para a linha curta, desenvolvido através do processo de fundição.

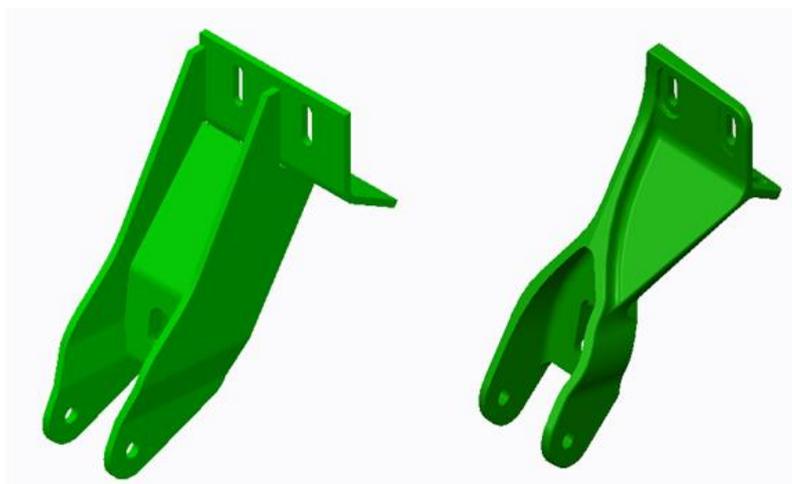


Figura 28: Conjunto soldado X item fundido.

O sexto item desenvolvido, possui a mesma função do item anterior, porém este fixa o braço fundido à linha de plantio na linha longa. Para este caso a decisão também foi transformar o conjunto soldado em um único item, concebido através do processo de fundição. Respeitando os mesmos requisitos do item anterior em relação a ângulos de extração, mudanças abruptas de seção e arredondamento das arestas, chegamos ao modelo apresentado na Figura 29.

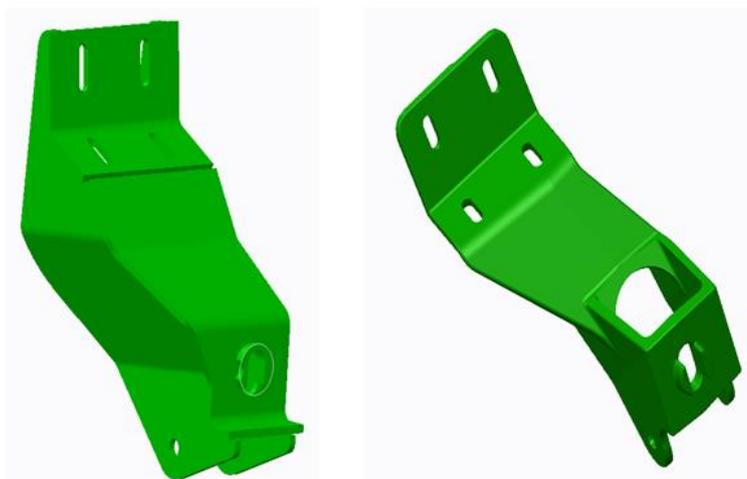


Figura 29: Conjunto soldado X item fundido.

Anteriormente ao desenvolvimento do sétimo item, o disco de corte propriamente dito, realizou-se uma pesquisa na empresa para verificar a existência de itens similares, ou que atenderiam as especificações necessárias à utilização no conjunto do sistema de corte de palha.

A decisão dos tipos de disco a serem utilizados no sistema partiu de uma reunião com o time multifuncional. A semeadora, porém sairá de fábrica somente com um modelo de disco, evitando dessa maneira complexidade na logística e armazenagem no interior da fábrica. A decisão de qual modelo de disco o produto sairá de fábrica foi tomada a partir de um levantamento de volumes de venda realizado pelo departamento de marketing, sendo o disco corrugado baixo, o de maior quantidade anual de vendas. Os modelos de discos, ondulado, liso, corrugado alto e turbo serão disponibilizados para venda através das concessionárias. A Figura 30 mostra o disco que sairá de fábrica.

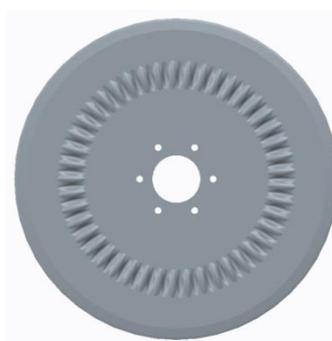


Figura 30: Disco de corte corrugado baixo.

Após a criação de todos os componentes, realizou-se a montagem destes itens nos conjuntos funcionais, para posteriormente executar a montagem em um leiaute de máquina e verificar a existência ou não de interferências entre componentes do conjunto, bem como de outros componentes da máquina. A Figura 31 mostra os novos sistemas de corte de palha desenvolvidos.

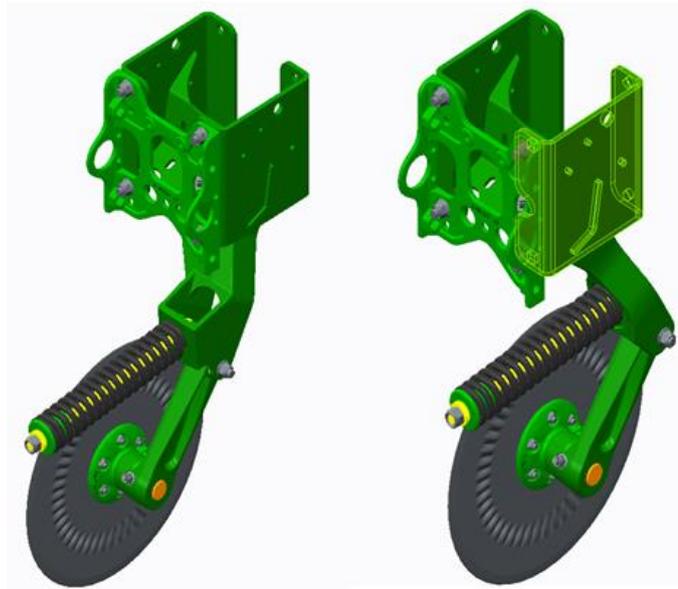


Figura 31: Novos sistemas de corte de palha, para linha longa e curta.

Com os leiautes dos conjuntos do sistema de corte de palha prontos, seguiu-se para uma análise virtual dos conjuntos nas piores condições de impossibilidades de montagem e risco de interferências, sendo este o menor espaçamento entre linhas e a condição de máquina onde se tem o maior risco de interferência. Essas condições são encontradas nas semeadoras adubadoras e espaçamento entre linhas de 450mm. Nestas condições havia o risco de interferência entre o braço fundido e o conjunto que articula o rodado da semeadora adubadora, o que determinou um cuidado especial no modelamento, evitando o aumento no tamanho do conjunto neste sentido. Os resultados desta análise estão dispostos na Figura 32.

PROXIMIDADE
DO SISTEMA
COM A
MANCALIZAÇÃO
DO RODADO DA
MÁQUINA

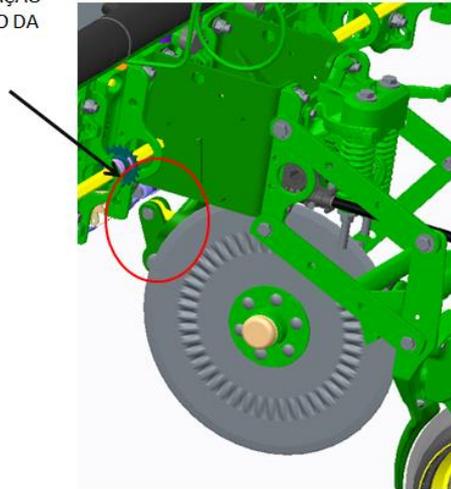


Figura 32: Proximidade do conjunto com o mancal do rodado da semeadora adubadora

Outra análise de interferência precisou ser realizada, esta em relação aos componentes do sistema, uma vez que somente substituindo o disco sem alterações no conjunto, este interferia com componentes do sistema. A Figura 33 mostra as medidas entre o disco e alguns componentes do sistema novo.

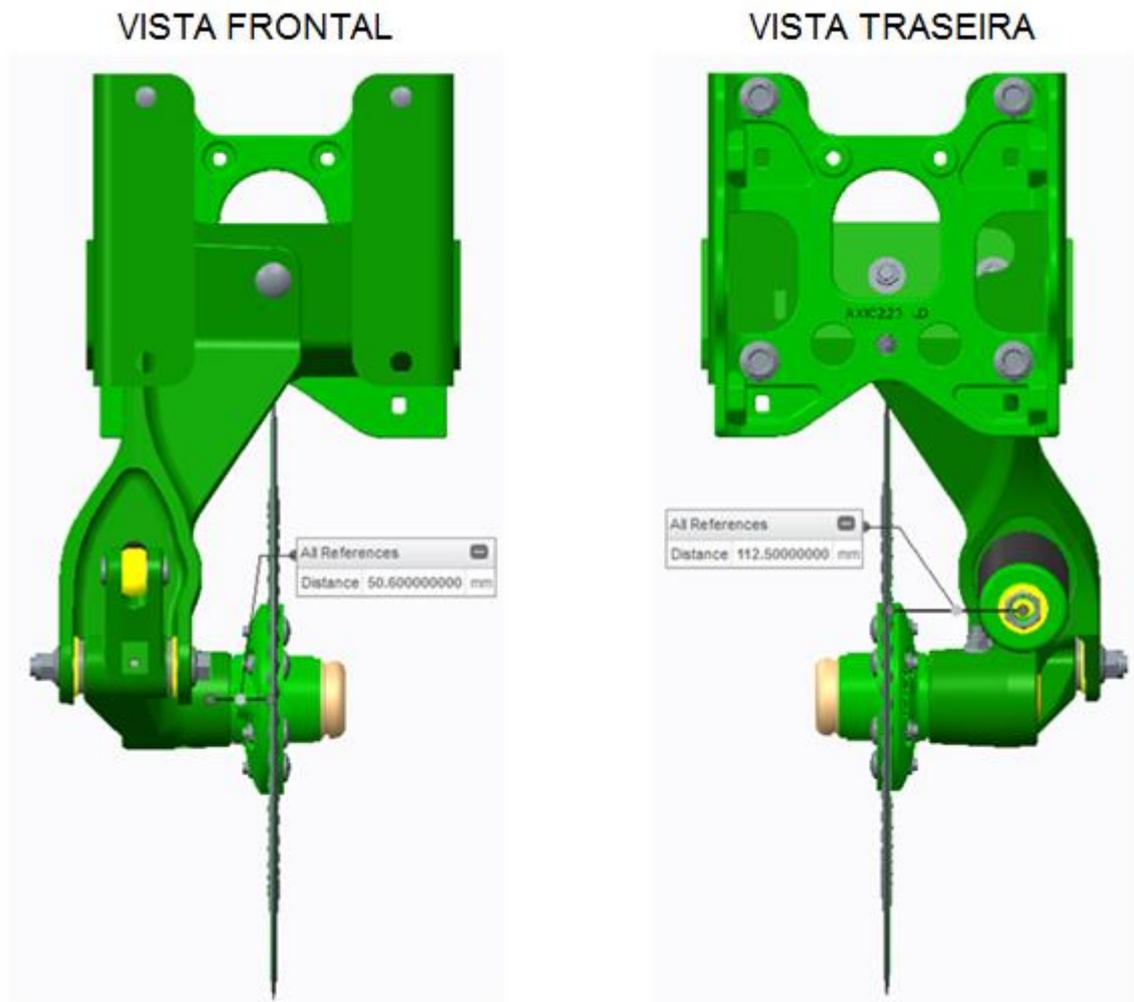


Figura 33: Análise da distância entre os componentes do sistema de corte de palha

Observando a Figura 32 e comparando-a com a Figura 20 verifica-se um ganho de espaço livre de 29 mm entre a lateral do disco e o centro da mola passando de 83,5 mm para 112,5 mm. A medida entre a lateral do disco e a cabeça do parafuso, responsável pela articulação do conjunto teve o acréscimo de 24,5 mm passando de 24,1 mm para 50,6 mm.

Os conjuntos desenvolvidos passaram por uma análise estrutural, aplicada através de FEA (Análise de Elementos Finitos), utilizando valores de carregamento coletados por meio de análises de projetos anteriores. A análise foi realizada através de um software especificamente desenvolvido para este tipo de validação denominado Ansys.

A importância dessa validação está no fato de possibilitar uma visão maior dos esforços que o conjunto irá sofrer durante o seu funcionamento, visando a construção de protótipos adequados as condições de testes, podendo dessa

maneira, obter maior assertividade na realização dos mesmos. Os resultados da exposição a análise de elementos finitos, relativa ao braço fundido, estão expostos nas Figuras 34 e 35, sendo a última iteração, a que apresentou resistência suficiente aos valores de carregamento ao que o item foi submetido. As Figuras 34 e 35 mostram as modificações de design que foram feitas até a aprovação do item via análise de elementos finitos.

As Figuras 34, 35, 36 e 37 foram submetidas a forças de tensão, pois são as mais severas atuantes no conjunto. Os valores dos carregamentos envolvidos nessa análise foram retirados das legendas das imagens permanecendo apenas a escala de cores, uma vez que tais informações são estratégicas da empresa.

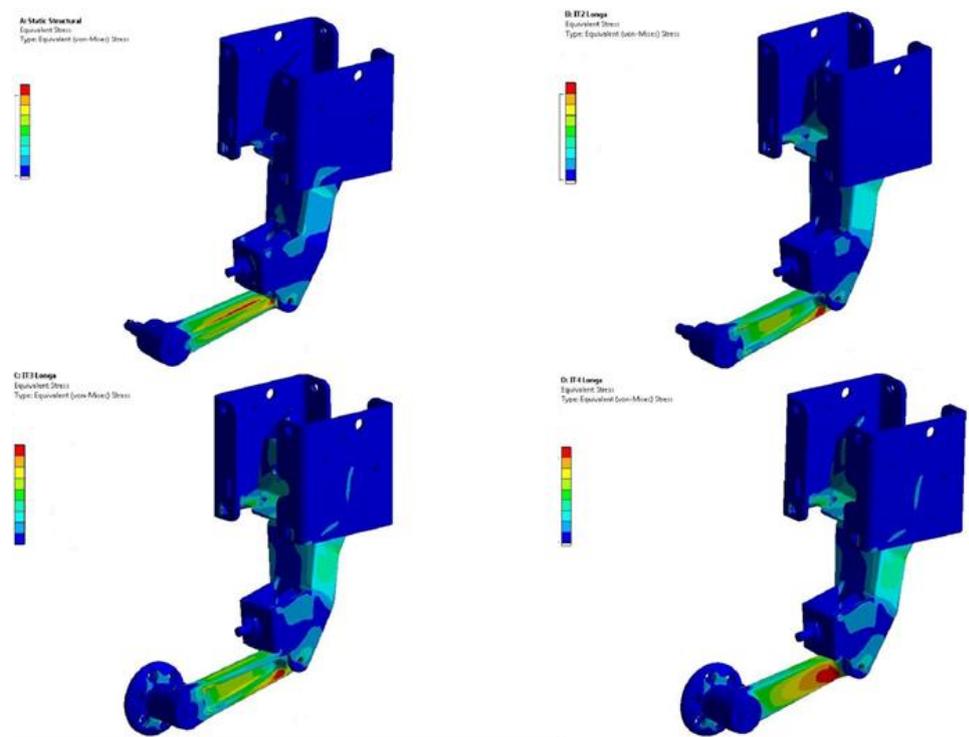


Figura 34: Análise de elementos finitos - FEA braço fundido

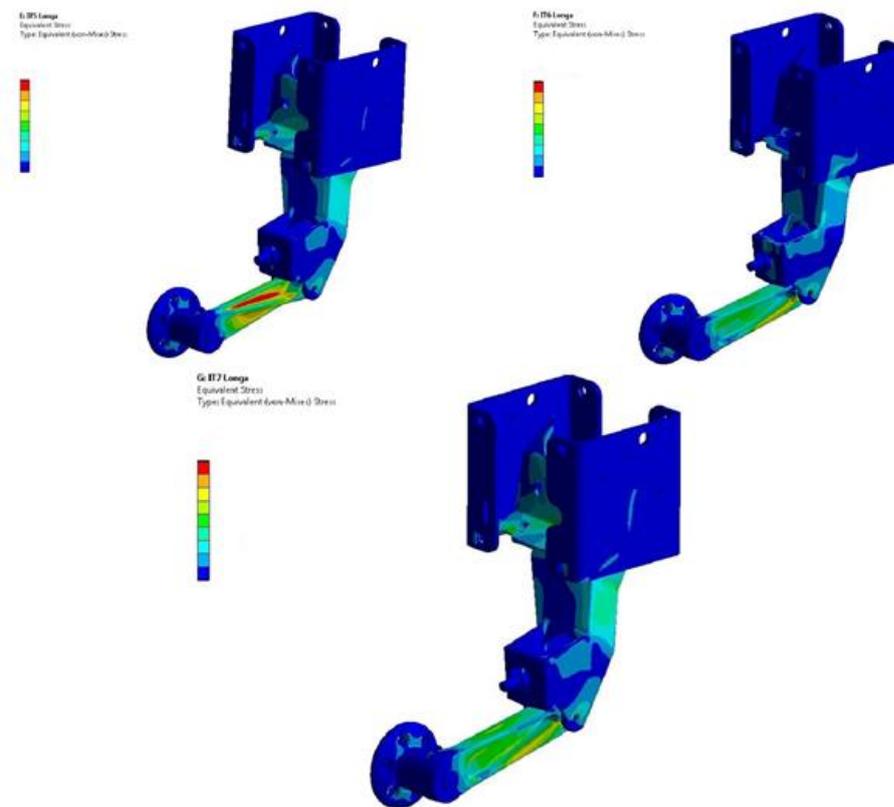


Figura 35: Análise de elementos finitos - FEA braço fundido

Outro item avaliado por meio de análise de elementos finitos foi o fundido para a linha longa tendo esse, apresentado resultados satisfatórios na primeira exposição ao FEA, não necessitando correções posteriores. A imagem abaixo mostra resultado do FEA em que o item fundido para linha longa foi submetido.

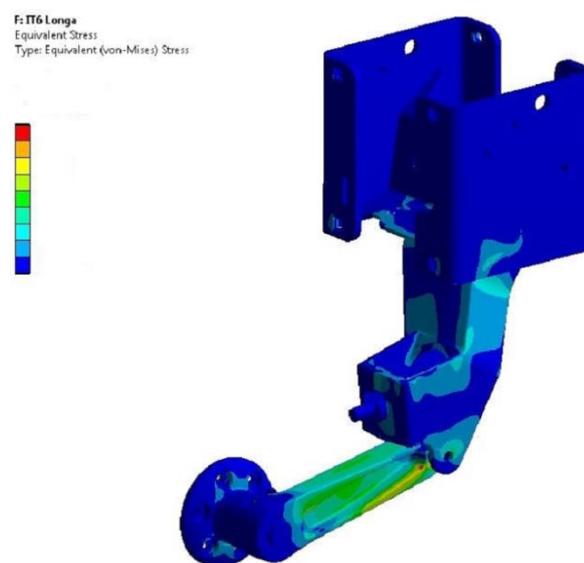


Figura 36: Análise de elementos finitos - FEA fundido para linha longa

A imagem abaixo mostra as exposições do fundido para a linha curta à análise de elementos finitos. As várias imagens se devem as modificações feitas no componente até a sua aprovação por meio do FEA. O item precisou apenas de alterações quanto a alguns raios que geravam concentrações de tensão, sendo que a última imagem mostra o item que apresentou resistência suficiente aos esforços a que o conjunto foi submetido.

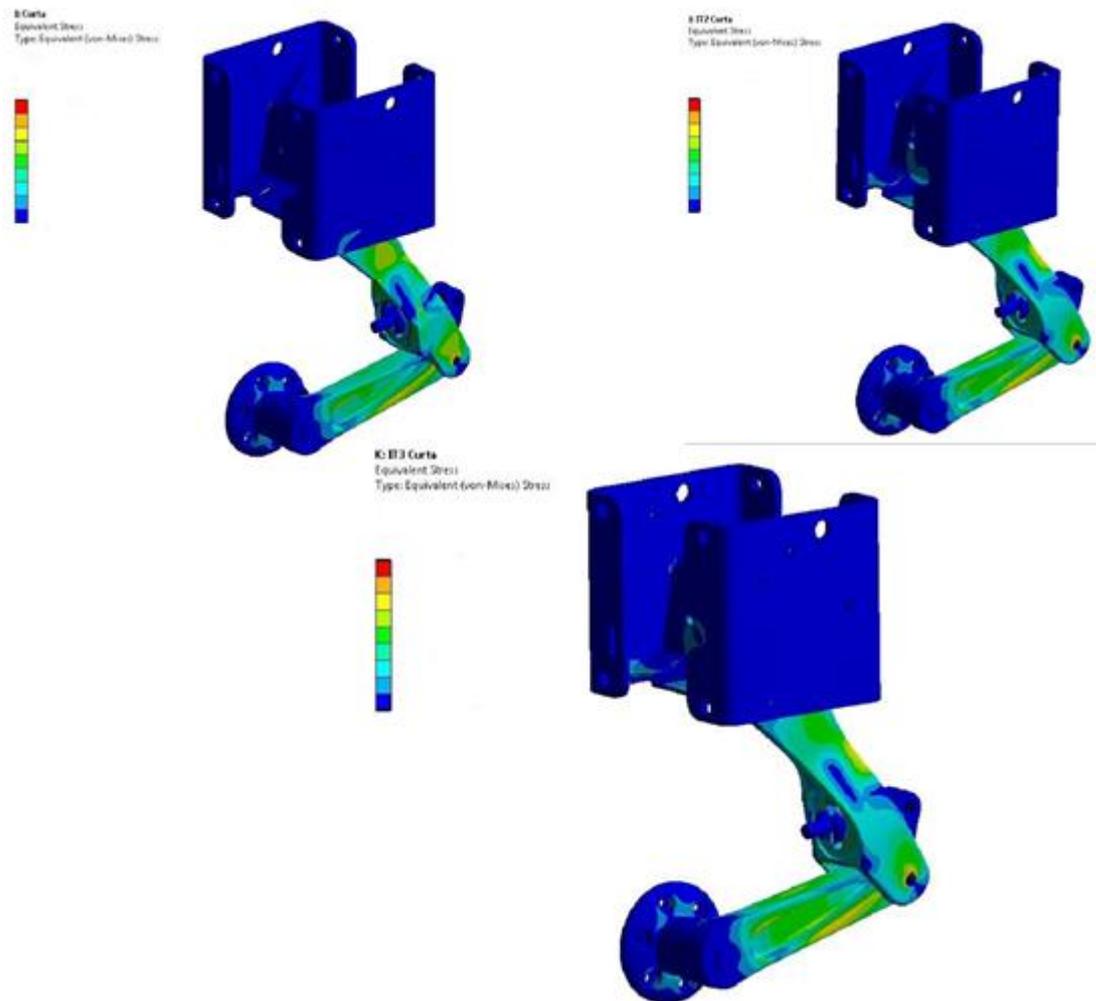


Figura 37: Análise de elementos finitos - FEA fundido para linha curta

Os itens novos que foram apresentados anteriormente foram encaminhados para orçamento para a aquisição de protótipos junto aos fornecedores cadastrados na base de fornecedores da empresa. Posteriormente ao recebimento dos orçamentos, será encaminhado o pedido por protótipos para testes funcionais e testes de campo.

Foram também realizadas reuniões lideradas pelo time de Engenharia de Verificação e Validação do Produto, conhecido pelo nome de PV&V, com o objetivo de levantar os riscos existentes no projeto, no que diz respeito ao desempenho e funcionamento do novo sistema de corte de palha. O resultado das reuniões está exposto na figura abaixo.

Análise de risco- Novo sistema de corte de palha	Ações				
	Revisão de Projeto	Simulação Computacional - FEA	Teste em Laboratório	Teste de campo - Performance	Teste de campo - Durabilidade
Riscos					
A mola irá suportar os esforços , variando a pressão da mesma?					X
O braço curto e longo irá suportar os esforços com o disco de 20'?		X	X		
O suporte irá suportar os esforços?		X	X		
O disco de 20' irá atingir o corte na necessidade do cliente ?				X	
Durabilidade do cubo irá atingir o tempo de uso estipulado?	X		X		X
Durabilidade das buchas do braço irão atingir o tempo de uso estipulado?	X		X		X
Irá ter embuchamento entre o disco e braço ?				X	
Há fixação no eixo do cubo no braço será eficiente?			X		X

Figura 38: Análise de risco - Funcionamento e desempenho do novo sistema de corte de palha.

Fonte: Time de projeto - John Deere, 2015.

5. CONCLUSÕES

O desenvolvimento de um novo sistema de corte de palha partiu da necessidade de inserção de um disco de diâmetro maior, o que não era possível, pois esse causava interferências com componentes do sistema de corte de palha e alguns componentes da linha de plantio.

Partindo da constatação da necessidade de remodelamento no sistema de corte de palha, que permitisse a inserção de um disco de diâmetro maior, a utilização da metodologia PDP foi de grande valia, através da observação do mercado e dos requisitos dos clientes, proporcionando uma ampla compreensão do que o mercado espera com a implementação deste projeto. Após identificados os requisitos de mercado e dos clientes, estes foram transformados em requisitos de projeto, o que traz uma maior confiabilidade no desenvolvimento do projeto.

A metodologia aplicada também trouxe consigo uma característica muito importante no desenvolvimento do projeto, a criação do time multifuncional. A existência deste time possibilitou maior visibilidade ao projeto, bem como o envolvimento de todas as áreas afetadas pelo mesmo, uma vez que o time multifuncional é composto por integrantes de todas as áreas que sofrem impacto direto ou indireto. As atividades foram direcionadas de forma bastante eficaz, pois a participação de todas as áreas nas reuniões foi constante.

Analisando os resultados do presente estudo, pode-se constatar que os objetivos foram alcançados, comprovando que a aplicação da metodologia foi bem sucedida, visto que com a utilização da mesma, foi possível avançar até a Fase 4 – Projeto Preliminar, uma fase além dos objetivos propostos neste trabalho.

Os resultados do trabalho propriamente dito, embora sendo preliminares, apontam para boas perspectivas, uma vez que as análises realizadas foram bem sólidas e a metodologia foi bem aplicada. Ao finalizar pode-se afirmar que o conceito estudado e desenvolvido pelo presente trabalho, tendo como objetivo a inserção de um disco de corte de maior diâmetro sem causar interferências com demais componentes do próprio sistema e da linha de plantio, está aprovado, até a fase onde o trabalho se encerra.

As próximas etapas a serem executadas serão os testes de montagem do conjunto realizados na empresa, os testes de laboratório, realizados também na empresa e os testes de performance e durabilidade, realizados no campo com o

conjunto montado na máquina e em pleno plantio. As datas e locais a serem realizados os testes de campo são definidas pelo time de Engenharia de Validação e Verificação da empresa, bem como o acompanhamento e documentação dos testes abordados acima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC: AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO E TECNOLOGIA. **Árvore do conhecimento: Plantio Direto.** Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/feijao/arvore/CONTAG01_102_1311200215105.html>. Acesso em: (25/08/2015)

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem.** São Paulo: Manole, 2008.

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos.** Edgard Blucher, 2000.

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

CANAL DO PRODUTOR. **Plantio direto garante redução nos custos da agricultura.** Assessoria de comunicação CNA. Disponível em: <<http://www.canaldoprodutor.com.br/comunicacao/noticias/plantio-direto-garante-reducao-nos-custos-da-agricultura>>. Acesso em: (17/09/2015).

CASOTTI, Bruna Pretti; BEL FILHO, Egmar Del; CASTRO, Paulo Castor de. **Indústria de fundição: situação atual e perspectivas.** BNDES Setorial, n. 33, mar. 2011, p. 121-162, 2011.

CHENG e FILHO, L, C, e L, D, R, M. **Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos.** São Paulo: Blucher, 2007.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica,** Vol. 2, Processos de Fabricação e Tratamento. McGrawHill, São, 1986.

FARO, André. **O avanço tecnológico no campo e a transformação da atividade rural.** Disponível em: <<http://www.campograndenews.com.br/artigos/o-avanco-tecnologico-no-campo-e-a-transformacao-da-atividade-rural>>. Acesso em: (17/09/2015)

GERMINO, ROGÉRIO; BENEZ, SERGIO HUGO. **Ensaio comparativo em dois modelos de hastes sulcadoras para semeadoras-adubadoras de plantio direto.** Revista Energia na Agricultura, v. 21, n. 3, 2006.

METISA. **Produtos: Ferramentas Agrícolas.** Disponível em: <<http://www.metisa.com.br/index.php?idioma=1&pagina=2>>. Acesso em: (25/08/2015)

MIALHE, L, G. **Máquinas Agrícolas para Plantio.** Campinas, SP: Millennium, 2012

STARA. **Stara Evolução Constante:** Absoluta, absolutamente eficiente. Disponível em: <<http://www.stara.com.br/wp-content/uploads/2015/05/POR-WEB-ABSOLUTA.pdf>>. Acesso em: (07/09/2015)

ANEXO A – Carta de abertura de projeto – Charter

AGRICULTURE AND TURF DIVISION - DFSS PROJECT CHARTER

Project Title:	Coulter with 20"	Project Start Date	Mar-15		
		Target Completion Date:	Nov-16		
1. Project Description and Opportunity (Product /process)	Briefly describe the project and the problem/process involved. What problem are you trying to solve or what knowledge are you trying to expand.	Disponibilizar a possibilidade de montagem do disco de corte de 20" em frente a linha de sementes (coulter) em substituição ao sistema atual de 18". Clientes já estão realizando esta substituição no campo atualmente e estão solicitando uma solução de fábrica.			
2. Business Impact	Describe the importance of this project to the business. What is the \$ benefit? Please provide as much fact-based \$	O projeto é uma solicitação de clientes, os quais já estão adaptando em suas máquinas o disco de 20", tanto no momento da compra quanto na primeira substituição do disco. A solicitação vem da maioria dos nossos clientes em todas as regiões do Brasil.			
	Check all that apply	Improve customer satisfaction	<input checked="" type="checkbox"/>	Gain technical knowledge	<input checked="" type="checkbox"/>
		Reduce development time and \$	<input type="checkbox"/>	Robust design - enhance quality	<input type="checkbox"/>
		Product cost or capital reduction	<input type="checkbox"/>	Warranty reduction	<input type="checkbox"/>
		Product Innovation (new business)	<input type="checkbox"/>	Incremental Market Share	<input type="checkbox"/>
3. Project Goal(s)	List the specific goals of this project. What are you intending to accomplish? How will you measure the achievement of the goals?	Desenvolver e implementar a opção de disco de corte de 20" em frente a linha de sementes (coulter) em substituição ao sistema atual de 18".			
4. Project Scope	What is in the scope (e.g., system, sub-system, components) and what is not? What are the boundaries of this scope? Also important to define what is <u>Out of Scope</u> .	<p>- In Scope:</p> <p>Disco de 20" com ou sem ondulações como base machine. Possibilidade de montagem do disco de 18" em campo. Manter o mesmo curso inferior do braço e limitar o curso superior de modo a não interferir com demais partes da plantadeira Evitar conceitos que causem embuchamentos entre o disco, mola e braço</p> <p>- Out of Scope:</p> <p>Modificar itens da linha de sementes. Oferecer mais de um tipo de disco de fábrica. Melhorar performance no que se refere a corte de palha quando comparado com o couler atual.</p>			
5. Deliverables (Success criteria)	How will you know when you are finished? What are the major milestones that must be completed? How is success defined?	Atender design life goal			
		Manter o mesmo Cost Price Ratio (CPR) dos modelos atuais			
		Manter a confiabilidade do sistema atual			
		Apresentar performance igual ou superior comparativamente ao disco de 18" (percepção / visual)			
6. Customers and suppliers	Who are your customers and suppliers?	Customers	Suppliers		
		Final Customer	-		
7. Project Team	List your team members and their function/role.	Team Member	Function/Role		
		Airton	Project Leader - Product Design		
		Claudio	Lab Test - PV&V		
		Paulo	Design Analysis - PV&V		
		Vitor	Field Test - PV&V		
		Marcio	Manufacturing		
		Fabricio	Quality		
		Gelson	Supply Management		
Elcebio	Customer Support				
Daniel	Marketing				
8. Other Required Resources	List other resources such as analysis, test materials, lab resources, etc. that are required.	PV&V Lab Test: Daniel PV&V Field Test: Vitor			
9. % of Time Dedicated to this project and estimated total FTE.	For planning purposes, indicate what % of your time and the total amount of your time that you will need to dedicate to this project (Staff-days).	% of Time	<input type="text" value="80"/>	Estimated Staff -Days	<input type="text" value="100"/>
Project Approval	Product Engineer	Airton			
	Project Sponsor	Rogerio			
	Project Coach	Tiago			
	Steering Committee	PLMT / EPDP Meeting			