



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Fabício Carboni Tolotti

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ESPALHAMENTO DE PALHA EM
COLHEITADEIRAS DE GRÃOS**

Porto Alegre

2018

Fabício Carboni Tolotti

**ANÁLISE DO SISTEMA DE ESPALHAMENTO DE PALHA EM
COLHEITADEIRAS DE GRÃOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Design da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco.

Porto Alegre
2018

CIP - Catalogação na Publicação

Tolotti, Fabrício Carboni
Análise do sistema de espalhamento de palha em
colheitadeiras de grãos / Fabrício Carboni Tolotti. --
2018.

73 f.

Orientador: Joyson Luiz Pacheco.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura,
Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-
RS, 2018.

1. Colheitadeiras. 2. Gerenciamento de Resíduo. 3.
Espalhador de Palhas. I. Pacheco, Joyson Luiz,
orient. II. Título.

Fabrcio Carboni Tolotti

**ANLISE DO SISTEMA DE ESPALHAMENTO DE PALHA EM
COLHEITADEIRAS DE GRÃOS**

Esta Dissertao foi julgada adequada para a obtenao do Ttulo de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pds-Graduao em Design da UFRGS.

Porto Alegre 09, de Marao de 2018.

Prof. Dr. Rgio Pierre da Silva
Coordenador do Programa de Pds-Graduao em Design da UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco - Orientador

Jlio Carlos de Souza van der Linden - Examinador

Luis Henrique Alves Cndido – Examinador

Alcy Rodolfo dos Santos Carrara – Examinador

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmão e família por todo apoio e incentivo para a realização desta etapa muito importante em minha vida.

À minha esposa pelo suporte e compreensão em todos os momentos que passamos ao longo deste período.

Às minhas afilhadas por compreenderem os momentos em que me fiz ausente em suas vidas.

Ao Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco por toda orientação e ensinamentos que contribuíram com mais uma jornada acadêmica.

Aos Professores, Prof. Dr. Júlio Carlos de Souza van der Linden e Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido, pelos conhecimentos adquiridos durante as suas disciplinas e por acreditarem neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Alcy Rodolfo dos Santos Carrara pela disponibilidade em participar da banca examinadora.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Programa de Pós-Graduação em Design (PGDESIGN) por todas as contribuições ao longo do mestrado.

Aos meus gestores da AGCO que disponibilizaram o tema e a carga horária para a realização deste trabalho, em especial ao colega Eng. Lauro Bonetti por incentivar e ajudar na execução dos testes para a conclusão deste estudo.

Meus sinceros agradecimentos a todos, sou muito grato por tudo, foram momentos que levarei para sempre comigo.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a influencia da configuração física do sistema de espalhamento de palha em colheitadeira de grãos na eficiência do espalhamento da palha, visando cobertura mais uniforme do solo de cultivo. Tal processo produzirá melhoramentos no próximo plantio, pois espalhamento mais uniforme de palha evita perdas de nutrientes do solo por incidência luz solar, assim como previne erosão hídrica e eólica. Para analisar a influencia dos parâmetros da configuração física do sistema espalhador de palha foram realizados testes alterando parâmetros como quantidade de pás, ângulo de pás, rotação dos rotores, diâmetro dos rotores, defletor central e vazão de material. Devido à importância econômica no cenário nacional e mundial, utilizou-se a cultura de soja e os testes foram realizados em laboratório seguindo as normas da Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos (ASAE). O trabalho visa fornecer dados que auxiliem designers no desenvolvimento de novos projetos de gerenciamento de resíduos, de modo que venham a aumentar a eficiência desses sistemas, contribuindo com o crescimento da agricultura em no país. Os resultados apontam que a geometria do defletor central apresenta o parâmetro de maior influencia na uniformidade de cobertura da palha ao solo.

Palavras-chave: Colheitadeiras. Gerenciamento de Resíduo. Espalhador de Palhas.

ABSTRACT

The objective of this work is to analyze the influence of the physical configuration of the straw spread system in grain harvester on the efficiency of the straw spread, aiming at a more uniform coverage of the crop soil. This process will produce improvements in the next planting, because more uniform straw spread prevents soil nutrient losses by sunlight, as well as prevent water and wind erosion. In order to analyze the influence of the parameters of the physical configuration of the straw spreader system, tests were performed changing parameters such as blade quantity, blade angle, rotor rotation, rotor diameter, central deflector and material flow. Due to the economic importance in the national and world scenario, the soybean crop was used and the tests were carried out in laboratory according to the standards of the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASAE). The work aims to provide data to assist designers in the development of new waste management projects, so that they will increase the efficiency of these systems, contributing to the growth of agriculture in the country. The results indicate that the geometry of the central baffle presents the parameter of greatest influence on the uniformity of covering of the straw to the soil.

Keywords: Combine harvester. Residue Management. Straw Spreader.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	-	American National Standards Institute
ASAE		Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos
B.O.M.	-	Bill of Materials
CEPEA	-	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CONAB	-	Companhia Nacional de Abastecimento
CV	-	Ciclo de Vida
CV	-	Coeficiente de variação
MOS	-	matéria orgânica do solo
ONU	-	Organização das Nações Unidas
PIB	-	Produto Interno Bruto
RS	-	Rio Grande do Sul
SPD	-	Sistema Plantio Direto
SSCs	-	Sistemas, Subsistemas e Componentes

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Projeção Populacional Mundial.....	13
Figura 2 - Projeção Aumento Temperatura.....	14
Figura 3 - Avanço da área plantada e da produção de grãos no RS — 1976-2015	14
Figura 4 - PIB Agronegócio.....	15
Figura 5 - Sistema Plantio Direto	20
Figura 6 - Produção total de grãos por cultura.....	22
Figura 7 - Colheitadeira Convencional.....	23
Figura 8 - Opções de utilização dos Sistemas de Gerenciamento de Resíduo em Colheitadeira de Grãos	24
Figura 9 - Vista aérea da área de descarte da palha na lavoura	24
Figura 10 - Direções de Trabalho do Espalhador de palhicho	25
Figura 11 - Vista explodida do Espalhador de Palhicho.....	25
Figura 12 - Vista Explodida do Picador de Palhas	26
Figura 13 - Vista em Corte do Picador de Palhas	27
Figura 14 - Espalhador de Palhas.....	28
Figura 15 - Fluxograma Realização dos Testes.....	34
Figura 16 - Classificação do Coeficiente de Variação (CV)	37
Figura 17 - Esteira transportadora e Colheitadeira MF9695 com plataforma de corte Draper.....	38
Figura 18 - Recipientes de coleta da palha.....	38
Figura 19 - Pesagem da Soja	39
Figura 20 - Esteira Carregada com Palha e Grão.....	40
Figura 21 - Variáveis do teste	41
Figura 22 - Fluxo de Palha saindo do Sistema de Processamento de Grão.....	42
Figura 23 - Vista em perspectiva do Defletor Central	43
Figura 24 - Vista em Superior do Defletor Central.	43
Figura 25 - Regulagem de altura do defletor central.....	43
Figura 26 - Posição avançada do Espalhador de Palhas	44
Figura 27 - Espalhador de Palhas com 4 pás a 90	45
Figura 28 - Graus. Espalhador de Palhas com 3 pás a 120 graus.....	45
Figura 29 - Pás com angulo de 60° graus.....	45
Figura 30 - Pás com angulo de 90° graus.....	46

Figura 31 - Proposta de Pás com angulo de 120° graus	46
Figura 32 - Vista superior do Espalhador de Palhas	47
Figura 33 - Vista frontal da palha descartada com vazão 30 ton/h e tempo duração 10 segundos	48
Figura 34 - Vista frontal da palha descartada com vazão 30 ton/h e tempo duração 2 segundos	48
Figura 35 - Vista lateral palha descartada com vazão 30 ton/h e tempo duração 2 segundos	49
Figura 36 - Figura ilustrativa da Uniformidade da palha na Saída dos Rotores realizada em Campo.....	49
Figura 37 - Imagem do defletor central1	50
Figura 38 - Imagem do defletor central2 com um novo defletor triangular adicionado	53
Figura 39 - Imagem do defletor central 3 com defletor com curvas adicionado	54
Figura 40 - Imagem do defletor central com defletor 4 com curvas estendidas	55
Figura 41 - Fluxo do material com e sem defletor superior	56

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Teste Base Sem Defletor Traseiro.....	50
Gráfico 2 - Comparação entre Sem Defletor Central e com Defletor Central 1 Posição A.....	51
Gráfico 3 - Comparação entre Defletor Central 1 posição A e Defletor Central 1 Posição B.....	51
Gráfico 4 - Comparação entre Defletor Central 1 posição B e Defletor Central 1 Posição C.....	52
Gráfico 5 - Comparação entre Defletor Central 1 posição C e Defletor Central 2 Posição C.....	53
Gráfico 6 - Comparação entre Defletor Central 2 posição C e Defletor Central 3 Posição C.....	54
Gráfico 7 - Comparação entre Defletor Central 3 posição C e Defletor Central 4 Posição C.....	55
Gráfico 8 - Comparação entre Defletor Central 4 posição C e Defletor Central 4 Posição C com Defletor superior.....	56
Gráfico 9 - Teste de Rotação dos Rotores.....	57
Gráfico 10 - Comparação entre Posições do Espalhador de Palha.....	58
Gráfico 11 - Comparação entre Quantidade de Pás Rotação 550 rpm.....	58
Gráfico 12 - Comparação entre Quantidade de Pás Rotação 350 rpm.....	59
Gráfico 13 - Comparação entre Ângulo das Pás Rotação 550 rpm.....	60
Gráfico 14 - Comparação entre Ângulo das Pás Rotação 225 rpm.....	60
Gráfico 15 - Comparação entre Diâmetro do Rotor com 550 rpm.....	61
Gráfico 16 - Comparação entre Diâmetro do Rotor com 225 rpm.....	62
Gráfico 17 - Comparação entre Vazão de Material.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA.....	13
1.2 PROBLEMA	15
1.3 HIPÓTESE	16
1.4 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS.....	16
1.5 JUSTIFICATIVA	16
1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	18
2.2 PRINCIPAIS CULTURAS.....	21
2.3 FUNCIONAMENTOS BÁSICO DA COLHEITADEIRA	22
2.3.1 Sistemas de Gerenciamento de Resíduo em Colheitadeiras de Grãos	23
2.3.1.1 Espalhador de Palhiço.....	24
2.3.1.2 Picador de Palhas	26
2.3.1.3 Espalhador de Palhas	27
2.4 Processos de Desenvolvimento de Produto	28
2.4.1 Projeto Informacional.....	29
2.4.2 Projeto Conceitual	30
2.4.3 Projeto Executivo	31
2.4.5 Otimização	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.1 NORMAS ANSI/ASAE	34
3.1.1 Norma ANSI/ASAE S396.2	35
3.2 MÉTODO AVALIAÇÃO DO TESTE	36
3.3 LABORATÓRIO DE TESTE	37
3.3.1 Taxa de Alimentação da Palha	38
4 METODOLOGIA	41
4.1 UNIFORMIDADE DA PALHA NA SAÍDA DOS ROTORES	42
4.2 DEFLETOR CENTRAL.....	42
4.3 ROTAÇÃO DOS ROTORES	44
4.4 POSIÇÃO DO ESPALHADOR	44

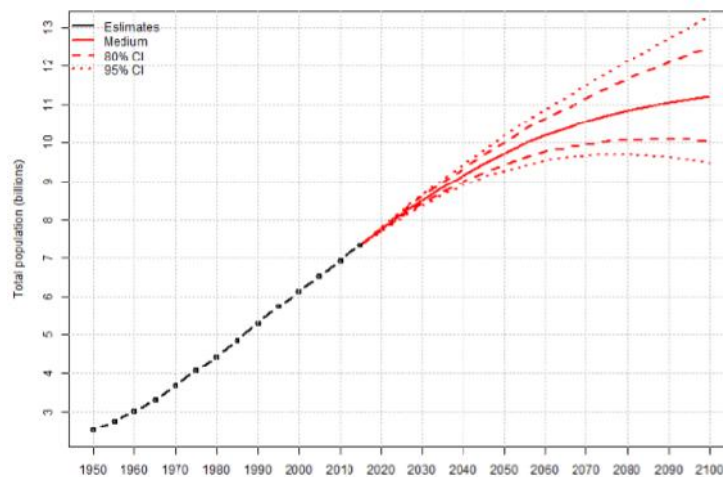
4.5 QUANTIDADES DE PÁS	44
4.6 ÂNGULO DAS PÁS.....	45
4.7 DIÂMETRO DOS ROTORES	46
4.8 VAZÃO DE MATERIAL	47
5 RESULTADOS.....	48
5.1 UNIFORMIDADE DA PALHA NA SAÍDA DOS ROTORES	48
5.2 DEFLETOR CENTRAL.....	50
5.3 ROTAÇÃO DOS ROTORES	57
5.4 POSIÇÃO DO ESPALHADOR	57
5.5 QUANTIDADE DE PÁS.....	58
5.6 ÂNGULO DAS PÁS.....	59
5.7 DIÂMETRO DOS ROTORES	61
5.8 VAZÃO DE MATERIAL	62
5.9 DISCUSSÕES.....	63
6 CONCLUSÕES	64
7 TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS	66
REFERÊNCIAS.....	67
ANEXO – Projetos Gráficos.....	70

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Para as próximas décadas, um dos grandes desafios é como se evitar uma possível crise alimentar mundial resultante do crescente aumento populacional e das mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento do planeta. Segundo o relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) de 2015, a projeção de aumento populacional é de um bilhão pessoas para os próximos 15 anos, chegando a 8,5 bilhões em 2030, crescendo para 9,7 bilhões em 2050 e 11,2 bilhões em 2100.

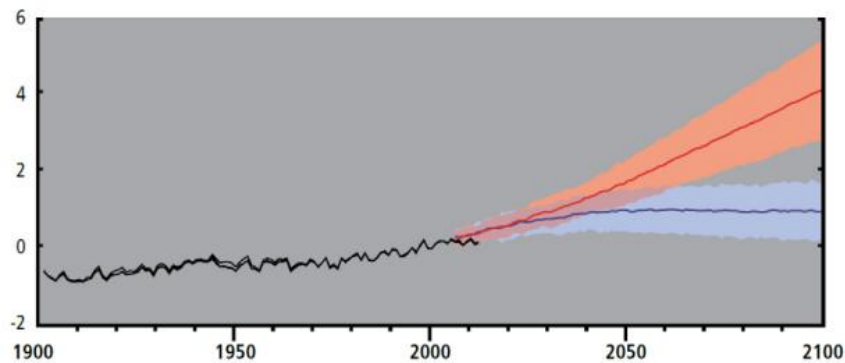
Figura 1 - Projeção Populacional Mundial



Fonte: Organização das Nações Unidas (2015).

Até 2100, a temperatura do planeta poderá aumentar em até 5°C, aponta a previsão mais pessimista do relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2015); em uma previsão mais otimista, o relatório aponta um aumento de 0,3°C a 1,7°C, entre 2081 a 2100. Como consequências, a elevação da temperatura traz a mudança no regime das chuvas e a diminuição da unidade do solo, causando impacto direto na agricultura de cereais e grãos.

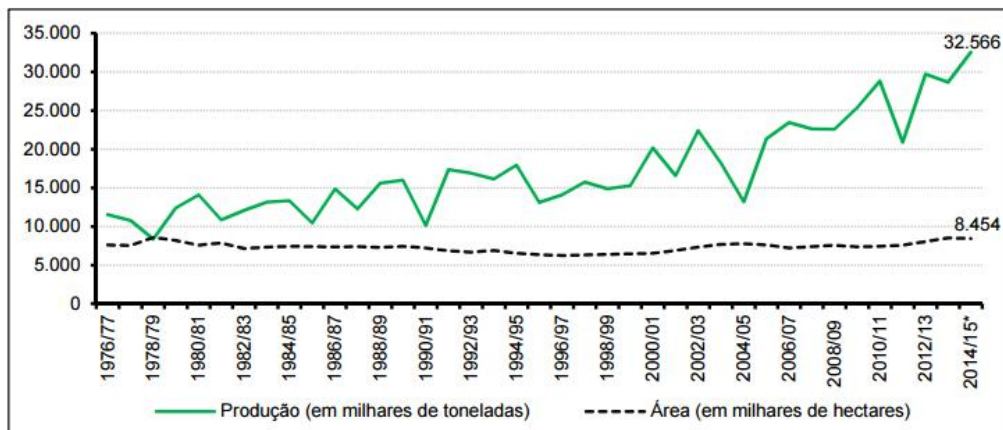
Figura 2 - Projeção Aumento Temperatura



Fonte: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2015).

A fim de suprir a crescente demanda do mercado, ao longo dos anos, a agricultura tem avançado nas áreas de plantio e preparação do solo, garantindo altos índices de produtividade de grãos em uma mesma área plantada. Esse aumento na produtividade de grãos também passa pelo avanço tecnológico do setor de máquinas agrícolas, onde é possível ter máquinas que auxiliam em todos os processos do plantio, minimizando perdas e tempo.

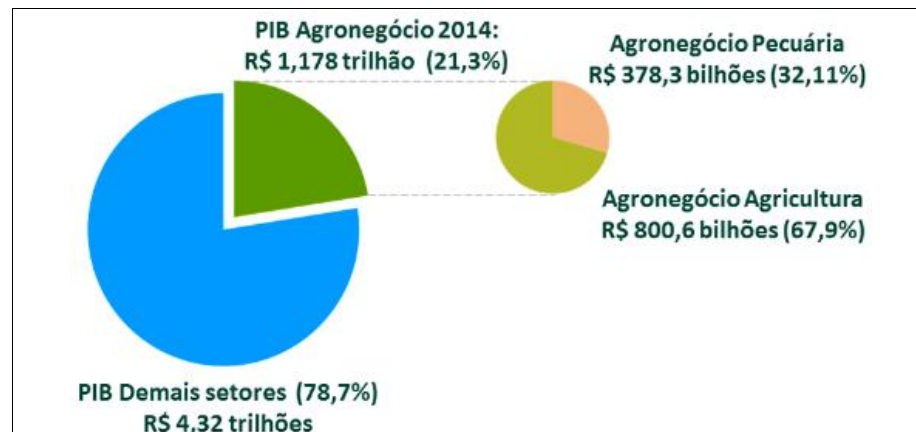
Figura 3 - Avanço da área plantada e da produção de grãos no RS — 1976-2015



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (2015).

O agronegócio é responsável por uma importante parcela da economia do Brasil. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), em 2014, o Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil foi de R\$ 5,5 trilhões, dos quais R\$ 800,6 bilhões foram gerados pela agricultura.

Figura 4 - PIB Agronegócio



Fone: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2014).

Na medida em que cresce a necessidade de produção de alimentos para atender a demanda populacional, aumenta a intensidade de cultivo do solo, o que afeta algumas de suas propriedades físicas. Estas, por sua vez, influenciam na maior ou menor predisposição dos solos ao processo erosivo por ditarem condições de manejo, infiltração, movimentação e armazenamento de água. O plantio direto, por provocar menor desestruturação do solo, tem se mostrado o sistema de plantio mais eficaz no controle de erosão (TAVARES FILHO, 1987).

Um dos motivos do sucesso do sistema de plantio direto reside no fato de que a palha depositada ao solo através de um sistema de descarte de resíduos de uma colheitadeira, somada aos resíduos das culturas comerciais plantadas entre safras, cria um ambiente extremamente favorável ao crescimento vegetal. Isso contribui para a estabilização da produção e para a recuperação ou manutenção das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. A quantidade e a uniformidade da palha sobre o solo podem servir como referência para a avaliação das condições do plantio direto (ALVARENGA; CRUZ; NOVOTNY, 2000).

1.2 PROBLEMA

Quais os fatores que influenciam na uniformidade de distribuição e na área de depósito de resíduos descartados pelo sistema espalhador de palhas em uma colheitadeira?

1.3 HIPÓTESE

O sistema atualmente configurado e empregado pode ser melhorado visando eficiência agrícola na qualidade e produtividade do cultivo e nas questões ambientais pertinentes ao manejo e conservação do solo.

1.4 OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICOS

O objetivo geral deste trabalho é analisar as variáveis que influenciam no espalhamento da palha descartada pelo sistema espalhador de palha em uma colheitadeira, através de testes em distintas configurações possíveis em laboratório.

A pesquisa ainda conta como os seguintes objetivos específicos:

- Estudar diferentes configurações no sistema de espalhador de palha em colheitadeira existente em mercado;
- Identificar as principais variáveis que influenciam na uniformidade de distribuição e na área de depósito da palha;
- Analisar os resultados obtidos tendo como base a norma ASAE S396.2.

1.5 JUSTIFICATIVA

A importância do uso da palha que é descartada pela colheitadeira fica em evidência quando se fala em sistema de plantio direto, esse sistema, amplamente utilizado pelos produtores, garante maior eficiência ao agricultor, menor compactação ao solo e maior retenção de umidade.

Quando a palha é depositada no solo cria-se uma camada que:

[...] funciona como atenuadora ou dissipadora de energia, protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, atua como obstáculo ao movimento do excesso de água que não infiltrou no solo e impede o transporte e o arrastamento de partículas pela enxurrada. Dessa forma, minimiza ou elimina a erosão. Protege a superfície do solo, e conseqüentemente, seus agregados da ação direta dos raios solares e do vento. (HECKLER et al., 1998, p. 37).

Segundo Heckler e outros (1998), esse processo diminui a evaporação, aumenta a infiltração e o armazenamento de água no solo, resultando em temperaturas mais amenas na camada superficial, o que facilita o desenvolvimento de plantas e organismos. Além disso, a incorporação lenta e gradativa da água no

solo resulta no aumento de matéria orgânica, a qual representa uma importante fonte de energia.

1.6 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Para a realização deste trabalho será utilizada uma colheitadeira do tipo axial, de médio porte, com uma plataforma de corte do tipo Drapper. Todos os testes previstos neste trabalho serão realizados em laboratório, com isso não serão analisados a incidência de ventos laterais e a inclinação do terreno. A cultura a ser testada será a de soja, devido a sua ampla comercialização no mercado.

Destaca-se a falta de literatura abordando o tema sobre sistemas de resíduos em colheitadeiras para elaboração deste trabalho, na maioria, os autores referem sobre o uso da colheitadeira de forma mais abrangente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo aborda os embasamentos teóricos utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho, o primeiro assunto traz uma revisão de literatura sobre o sistema de plantio direto e a apresentação das principais culturas plantadas no Brasil. A seguir, se descreve o funcionamento de uma colheitadeira com seus principais sistemas, destacando os sistemas que compõem o gerenciamento de resíduo. Após, abordam-se as fases de desenvolvimento dos produtos que servirão de base para a realização deste trabalho.

2.1 SISTEMA DE PLANTIO DIRETO

Em agroecossistemas convencionais, os quais utilizam o revolvimento intensivo do solo, o decréscimo da matéria orgânica e o conseqüente aumento na emissão de CO₂ são maximizados. A partir disso, inicia-se o processo de degradação química, física e biológica do solo, afetando negativamente a produtividade das culturas. A matéria orgânica do solo (MOS) é um componente chave de qualquer ecossistema terrestre e a variação na sua distribuição, conteúdo e qualidade têm importante efeito nos processos que ocorrem dentro do sistema. Dependendo das práticas de manejo adotadas, o solo pode agir como fonte ou dreno do CO₂ atmosférico, contribuindo diretamente no efeito estufa. (CORAZZA et al., 1999; PERALTA; WANDER, 2008).

O Sistema Plantio Direto (SPD) é definido como o sistema de manejo no qual a implantação da cultura é feita sobre restos de culturas anteriores, com a rotação de culturas e com a movimentação do solo restrita à linha de semeadura. Compreende um conjunto de técnicas integradas visando à redução de custos e à promoção da sustentabilidade ambiental, permitindo interações biológicas e processos naturais benéficos no solo, melhorando as condições ambientais (água-solo-clima) para explorar da melhor forma possível o potencial genético de produção das culturas em condições tropicais, com o menor impacto ambiental possível. Nessa técnica é necessário manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por resíduos vegetais, que têm por finalidade proteger o solo do impacto direto das gotas de chuva, do escoamento superficial e das erosões hídrica e eólica. O plantio direto pode ser considerado uma modalidade do cultivo mínimo,

visto que o preparo do solo limita-se ao sulco de semeadura, procedendo-se à semeadura, à adubação e, eventualmente, à aplicação de herbicidas em uma única operação (CRUZ et al., 2008). Principais vantagens para a adoção do SPD:

- Reduzir a erosão do solo;
- Diminuir os custos de produção;
- Menor dependência do clima, permitindo cumprir o cronograma de plantio, diminuindo riscos de plantio veranicos e viabilizando o plantio de segunda safra ou da safrinha;
- Melhorar a qualidade da mão-de-obra proporcionando operações mais limpas, menos trabalho nos picos de demanda, melhor utilização e maior qualificação de operadores de máquinas e operários;
- Menor investimento em máquinas e equipamentos devido à menor exigência de potência por área, menos manutenção e reposição de peças, maior durabilidade e eficiência e menor consumo de combustível;
- Melhor qualidade e saúde do solo, mais atividade biológica e matéria orgânica no solo, melhor estrutura, maior fertilidade, etc.;
- Maior competitividade e eficiência produtiva;
- Mais tempo para gerenciar e ampliar negócios, assim como para a família e o lazer;
- Sustentabilidade da produção;
- Possibilidade de convivência com a natureza, tendo o solo na parceria pela produção.

Plantio direto com rotações de culturas e culturas de cobertura estimulam a biomassa microbiana e a atividade biológica de grupos de organismos, com reflexos positivos sobre as propriedades físico-químicas do solo, a produtividade das culturas e redução na degradação ambiental.

Figura 5 - Sistema Plantio Direto



Fonte: Cruz et al. (2008).

Os restos culturais devem cobrir pelo menos 80% da superfície do solo ou manter 6 t/ha de matéria seca para cobertura do solo, sendo esse 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 exploração agrícola e de cobertura do solo dependem das condições climáticas, bem como da disponibilidade de informações relativas às espécies alternativas e às épocas de semeadura em cada local. Para a implantação e condução do SPD de maneira eficiente, é indispensável que o esquema de rotação de culturas promova na superfície do solo a manutenção permanente de uma quantidade mínima de palhada, a qual nunca deverá ser inferior a 4,0 t/ha de fitomassa seca. Como segurança, indica-se que devem ser adotados sistemas de rotação que produzam, em média, 6,0 t/ha/ano ou mais de fitomassa seca. Nesse caso, a soja contribui com muito pouco, raramente ultrapassando 2,5 t/ha de fitomassa seca. Por outro lado, gramíneas como o milho, de ampla adaptação a diferentes condições, têm ainda a vantagem de deixar uma grande quantidade de restos culturais que uma vez bem manejados proporcionam vantagens adicionais aos sistemas, conforme já mencionado (CRUZ et al., 2008).

Com o plantio direto é possível reduzir a taxa de mineralização da matéria orgânica no solo, entretanto é preciso observar que além do sistema de cultivo e do manejo, o potencial de mineralização da matéria orgânica depende de fatores ambientais como temperatura, umidade, aeração, pH e fertilidade. Portanto, a capacidade de suprir nutrientes nos agrossistemas não é homogênea, e as

potencialidades de cada um precisam ser entendidas e exploradas (COLOZZI-FILHO; ANDRADE; BALOTA, 2001).

O Sistema Plantio Direto (SPD), ainda que não seja uma norma de produção e necessite adaptações para ser utilizado, é o que melhor se adapta ao sistema de produção orgânica de grãos. Através do plantio direto, juntamente com a rotação cultural, pode ser encaminhada a solução de problemas importantes, como a melhoria ou manutenção da fertilidade do solo, o controle de inços, pragas e doenças, com vistas a alcançar um nível de produção ótimo. Isto é, uma produção economicamente viável, sem agredir o meio ambiente e contribuindo para a justiça social.

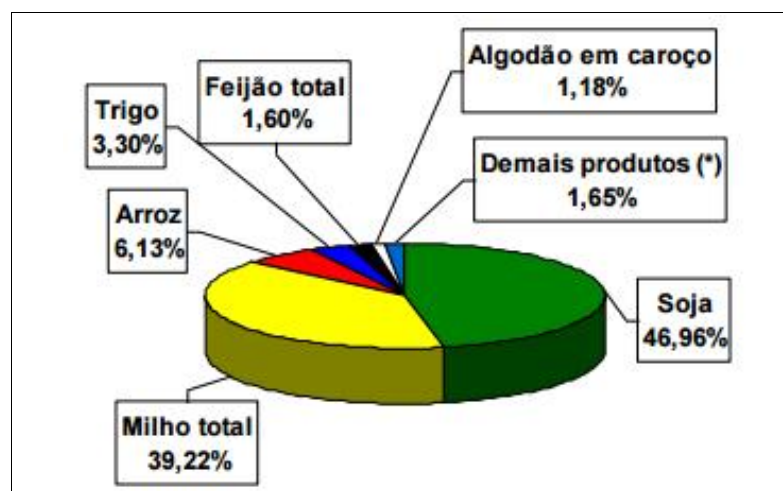
O Sistema Plantio Direto assume o atendimento das reivindicações da sociedade de preservação ambiental e, principalmente, demonstra que é possível produzir com a quantidade e qualidade desejadas, sem degradar os recursos naturais. O SPD pode, em muitos casos, melhorar substancialmente o solo, mantendo-o com capacidade indefinida de produzir, contribuindo de forma decisiva para a sustentabilidade da agricultura (FILHO; ANDRADE; BALOTA, 2001).

2.2 PRINCIPAIS CULTURAS

Além da diversidade de produtos agrícolas produzidos no Brasil, as últimas safras agrícolas brasileiras têm batido recordes, sendo importante considerar que os preços das principais commodities agropecuárias no mercado internacional estão em patamares elevados. Dada a sua grande variedade climática e extensão territorial, o país possui áreas especializadas em determinados cultivos. Dentro de um mesmo Estado da Federação, como no caso da Bahia, é possível o cultivo de soja e algodão no oeste; cacau no sul; e frutas no médio São Francisco, por exemplo. Também um mesmo produto agrícola pode ser cultivado em áreas distintas no território nacional, como o arroz, que é plantado no Rio Grande do Sul, no sul do Maranhão e Piauí, em Sergipe e nas regiões Norte e Centro-Oeste (SCHENATO, 2012).

Segundo levantamento realizado para Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), no de 2015 a produção total de grãos foi de 204,53 milhões de toneladas e os principais grãos produzidos no Brasil são: Soja, Milho, Arroz, Trigo e Feijão.

Figura 6 - Produção total de grãos por cultura



Fonte. Companhia Nacional de Abastecimento (2015).

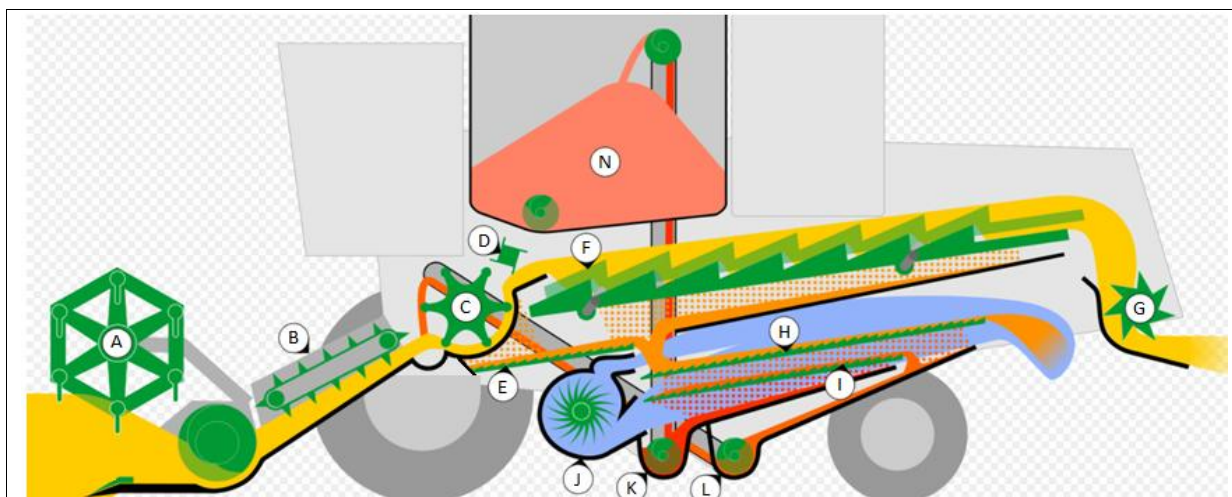
2.3 FUNCIONAMENTOS BÁSICO DA COLHEITADEIRA

A colheitadeira tem de realizar três processos em uma colheita, primeiro a cultura é cortada através da plataforma de corte e recolhida para dentro da máquina; segundo, no cilindro de trilha, o grão é trilhado a partir do material vegetal, ou seja, é sacado das vagens ou espigas; terceiro, o grão é separado do restante do material (MOG). Essa última fase é realizada em duas etapas, separação e limpeza. O sistema de separação permite que os grãos sejam separados da grande massa de MOG, caindo sobre as peneiras planas com as palhas mais finas, que retêm os grãos, tanto quanto possível, e permite que o MOG restante também seja expulso (HÖHER, 2011).

A cultura cortada pela plataforma de corte (A) é enviada para o canal alimentador (B), que tem a função de transportar a cultura para o cilindro de trilha (C) e côncavo de grãos para serem trilhados, a palha fina e alguns grãos não trilhados (pontas de espigas ou vagens) caem entre as aberturas do côncavo sobre o bandeirão (E). Então o cilindro acelerador (D) recebe a palha trilhada do cilindro de trilha e a lança para os saca-palhas (F) que separa o restante dos grãos da palha. Os grãos que caem no bandeirão (E) e a palha são conduzidos para fora da máquina passando pelo picador de palha (G), onde a palha é picada. Já os grãos trilhados e os separados são transportados para o sistema de limpeza, formado pelas peneiras superior (H) e inferior (I) e ventilador (J). O ventilador sopra a palha fina para fora, à

medida que os grãos caem através das peneiras. Assim o elevador de grãos limpos (K) transporta os grãos até o tanque graneleiro (N). O produto eventualmente não trilhado (pontas de espigas ou vagens) cai e é transportado pelo elevador da retrilha (L) para ser trilhado novamente. A Figura 7 representa componentes de uma colheitadeira (BALASTREIRE, 1987).

Figura 7 - Colheitadeira Convencional

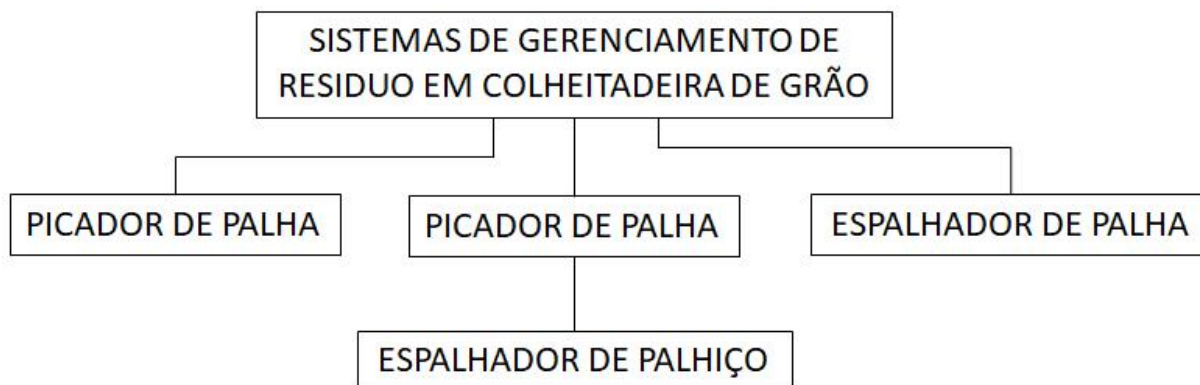


Fonte: BALASTREIRE et al. (1987).

2.3.1 Sistemas de Gerenciamento de Resíduo em Colheitadeiras de Grãos

Toda a palha proveniente do sistema de processamento de grão (F) e também do sistema de limpeza (H e I) da colheitadeira é enviada para o sistema de gerenciamento de resíduo (G), que tem a função de picar a palha e espalhar ou apenas espalhar uniformemente a palha ao solo, na mesma largura do corte realizado pela plataforma de corte. Existem três sistemas que compõem o gerenciamento de resíduo em uma colheitadeira de grãos: espalhador de palhicho, picador de palhas e espalhador de palhas. A opção do sistema a ser utilizado é de escolha do cliente na hora da compra da colheitadeira, sendo possível configurar a colheitadeira com apenas picador de palha, picador de palha e espalhador de palhicho ou apenas espalhador de palhas. A seguir se descreve o funcionamento de cada sistema.

Figura 8 - Opções de utilização dos Sistemas de Gerenciamento de Resíduo em Colheitadeira de Grãos



Fonte: O autor (2018).

Figura 9 - Vista aérea da área de descarte da palha na lavoura



Fonte: AMAGGI Agro (2010).

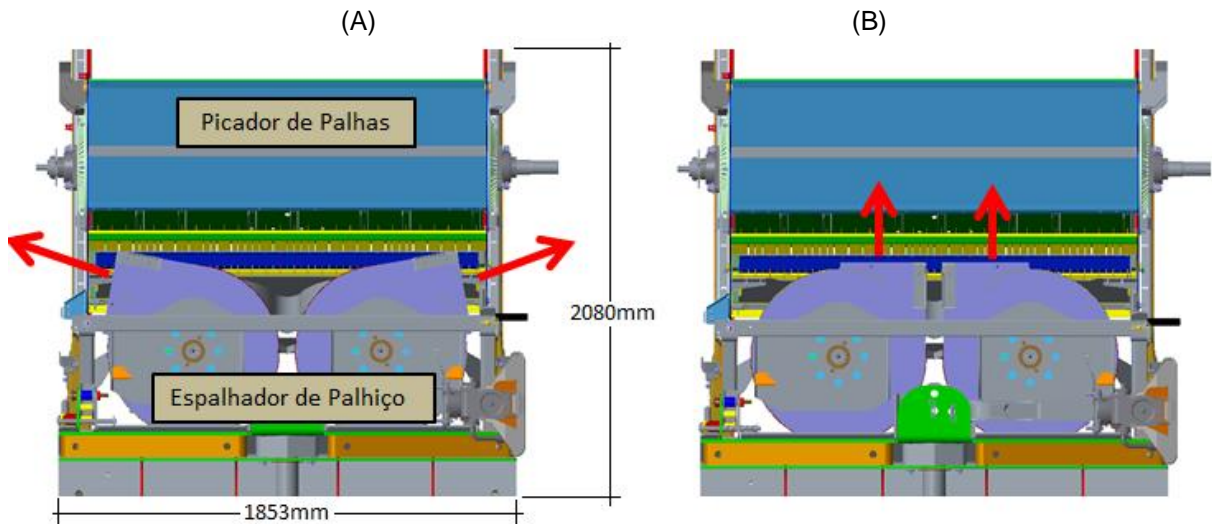
2.3.1.1 Espalhador de Palhiço

O palhiço é definido como uma palha de tamanho pequeno, em comparação com a palha que sai do sistema de processamento da máquina (F), e é resultado da palha que sai do sistema de trilha (C) e processamento (F), após passar pelo sistema de limpeza da colheitadeira (H e I). O espalhador de palhiço pode funcionar de dois modos: o primeiro seria descartando o palhiço diretamente no solo (figura 10A); o segundo seria descartando o palhiço dentro do sistema Picador de Palha

(figura 10B) para ser descartado juntamente com a palha que sai do sistema de processamento (F).

O descarte da palha no espalhador de palheiro se dá através da força centrípeta exercida pelas pás dos rotores sobre a palha, fazendo com que a palha seja direcionada pelo bocal de saída na carcaça do espalhador de palheiro.

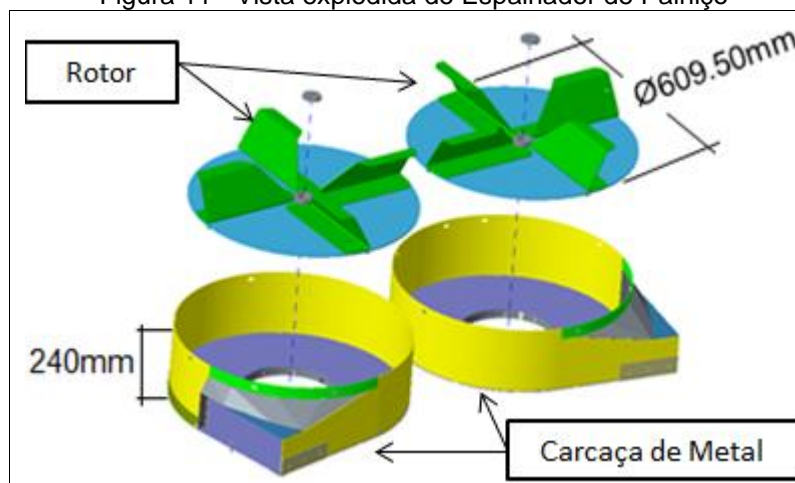
Figura 10 - Direções de Trabalho do Espalhador de palheiro



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Construtivamente o espalhador de palheiro é constituído por dois rotores com pás e carcaça de metais, que giram entorno de 900 rpm, um rotor gira no sentido horário e o outro no sentido anti-horário. O acionamento dos rotores é por meio de motores hidráulicos.

Figura 11 - Vista explodida do Espalhador de Palheiro

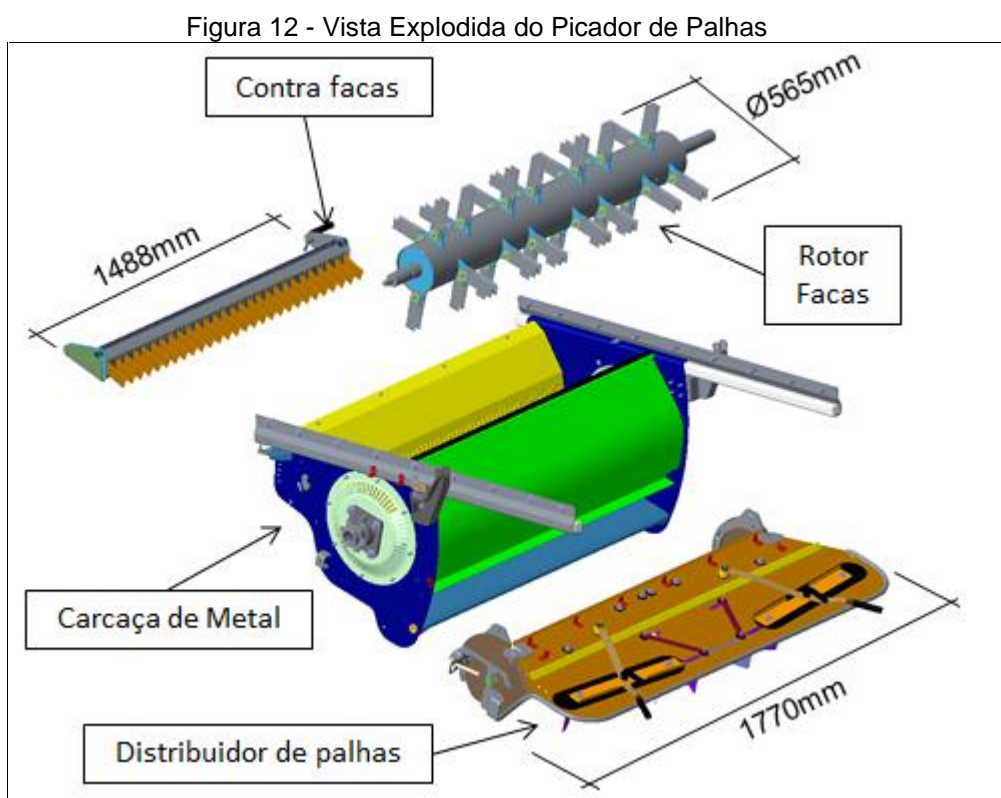


Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

2.3.1.2 Picador de Palhas

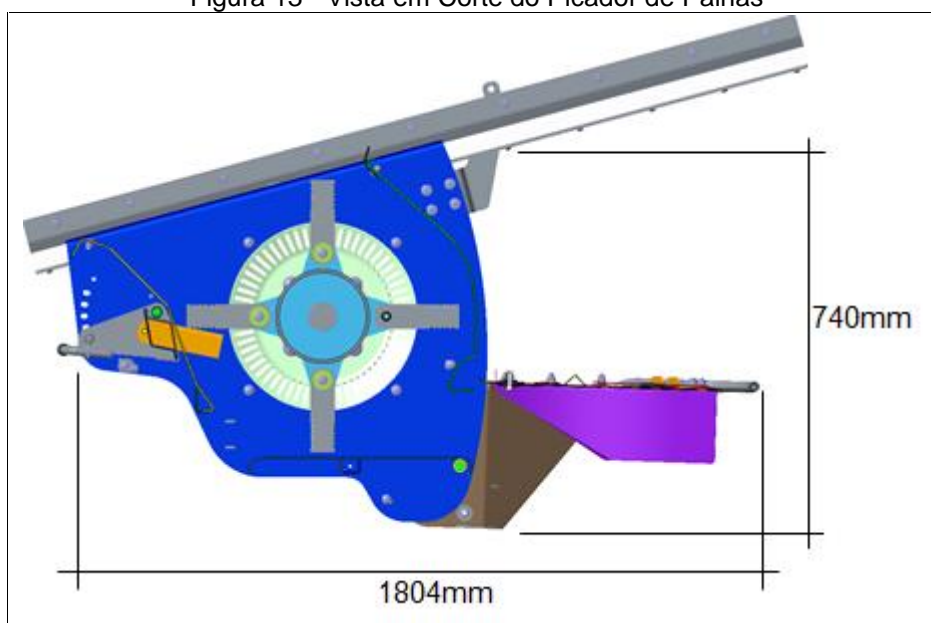
O Picador de Palhas tem a função de picar e espalhar toda a palha que recebe do sistema de processamento da colheitadeira (F). É constituído por um rotor horizontal e transversal, onde são montadas placas de metais denominadas de “facas”, sendo que o corte da palha se dá por onde as “facas” transpassam o conjunto de contra facas que fica alojado na parte inferior do corpo do picador de palhas.

Depois de cortada, a palha é descartada pelo rotor e passa por um distribuidor de palhas, o qual pode ser ajustado para determinar a largura de depósito da palha no solo. Seu acionamento é através de correia e polia e seu regime de trabalho é de 3000 rpm, rotação que pode depender da cultura a ser picada e espalhada.



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 13 - Vista em Corte do Picador de Palhas



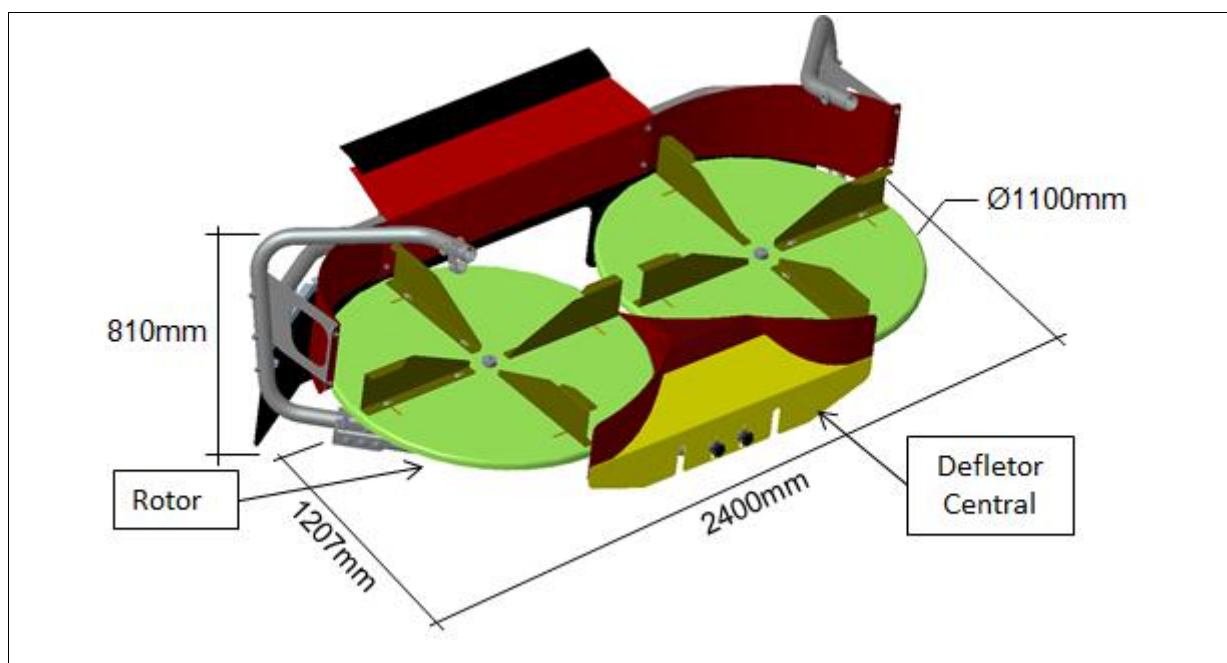
Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

2.3.1.3 Espalhador de Palhas

Construtivamente semelhante ao Espalhador de Palheiro, o Espalhador de Palha consiste em dois rotores com pás de metais, onde um rotor gira no sentido horário e o outro no sentido anti-horário, acionados por motores hidráulicos com rotações de trabalho entorno de 350rpm.

O Espalhador de Palhas recebe tanto o palheiro que sai do sistema de limpeza (H e I), quanto toda palha que sai do sistema de processamento da máquina (F). O descarte da palha no espalhador de palha se dá através da força centrípeta exercida pelas pás dos rotores sobre a palha, fazendo com que a palha seja direcionada pelo defletor central.

Figura 14 - Espalhador de Palhas



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

2.4 Processos de Desenvolvimento de Produto

De acordo com o *Project Management Body of Knowledge* (2008), um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos tiverem sido atingidos ou quando se concluir que esses objetivos não são ou não podem ser atingidos e o projeto for encerrado, ou quando o mesmo não for mais necessário.

Temporário não significa necessariamente de curta duração. Além disso, geralmente o termo temporário não se aplica ao produto, serviço ou resultado criado pelo projeto, sendo que a maioria dos projetos é realizada para criar um resultado duradouro. Por exemplo, um projeto para a construção de um monumento nacional criará um resultado que deve durar séculos. Os projetos também podem ter impactos sociais, econômicos e ambientais com duração mais longa do que a dos próprios projetos.

Segundo Pahl et al. (2005), projetar consiste tanto em formular um plano para a satisfação de uma necessidade específica, quanto em solucionar um problema. Se tal plano resultar na criação de algo que tenha uma realidade física, então o produto

deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, manufaturável e mercável.

Para Rozenfeld et al. (2006), o processo de desenvolvimento de produtos trata-se de um conjunto de atividades que busca identificar as oportunidades do mercado e aplicá-las nas especificações de um produto. Este, por sua vez, deve atender tanto às expectativas do mercado quanto da empresa e respeitar os requisitos legais e as restrições tecnológicas, de custo e de qualidade.

Esse processo nada mais é do que o caminho a ser seguido para por em prática uma ideia que partiu de uma necessidade. O desenvolvimento do produto começa com a percepção de uma oportunidade de mercado e termina com a produção, venda e entrega do produto final (MACHADO; TOLEDO, 2008).

O processo de desenvolvimento de produtos pode ser descrito como sendo um processo de tomada de decisões complexo e iterativo, com vários estágios e filtros entre esses estágios. Tal processo envolve muitas pessoas, recursos, conhecimento e muitas funções da empresa, sendo isso o que faz a diferença na competitividade dos produtos das empresas em longo prazo. Portanto, o modo como a empresa efetua o desenvolvimento do produto (sua velocidade, eficiência e qualidade do trabalho) é o que determinará a sua competitividade (TAKAHASHI; TAKAHASHI, 2007).

2.4.1 Projeto Informacional

De acordo com Rozenfeld (2006), a fase de projeto informacional se dá a partir das informações levantadas no planejamento e em outras fontes, seu objetivo é desenvolver um conjunto de informações, o mais completo possível, chamado de especificações meta do produto. Essas especificações, além de orientar a geração de soluções, fornecem a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e de tomada de decisão utilizados nas etapas posteriores do processo de desenvolvimento. Deve-se salientar que verificar ou definir o problema de maneira coerente evitará transtornos futuros, ou seja, se o problema não for bem definido serão encontradas soluções para outros problemas e não para aquele que se deseja encontrar, conforme planejado. A definição ineficiente do problema resultará na perda de boa parte dos recursos já gastos no projeto.

Na fase do projeto informacional busca-se identificar e analisar os principais parâmetros para o desenvolvimento do produto, obtendo-se as especificações do projeto. Pesquisa-se informações técnicas e de mercado a respeito do produto a ser projetado e se estabelece as diferentes etapas de desenvolvimento a que o produto é submetido, chamado ciclo de vida (CV), tais como projeto, fabricação, comercialização, utilização e manutenção do produto. Segundo Menegatti (2004), devem ser definidos os clientes ao longo do ciclo de vida, onde busca-se identificar todos os envolvidos com o produto, desde o projeto até seu fim de vida, bem como suas expectativas e necessidades em relação ao produto.

Converter requisitos dos clientes em requisitos de projeto significa decidir algo físico sobre o produto, o que afetará definitivamente durante a atividade de projeto. Os requisitos dos clientes são expressões padronizadas, mas que podem não conter elementos físicos mensuráveis, indispensáveis para guiar a execução do projeto (FONSECA, 2000).

2.4.2 Projeto Conceitual

O projeto conceitual é tido como a etapa mais importante na fase de projeto de um produto, pois as decisões tomadas nessa etapa influenciam sobremaneira os resultados das fases subsequentes. O projeto conceitual é a etapa do processo de projeto que gera, a partir de uma necessidade detectada e esclarecida, a concepção para um produto que atenda da melhor maneira possível esta necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto (BACK; FORCELLINI, 2003).

Durante o desenvolvimento de produtos, o projeto conceitual é a fase onde ocorre a concepção do produto, por meio da busca, criação, representação e seleção de soluções (ROZENFELD, 2006). Essa é a fase com maior potencial de otimização de retorno do investimento, representando baixo custo e alto benefício (BAXTER, 2000).

Durante a fase de projeto conceitual, as atividades estão relacionadas com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o problema de projeto. Inicialmente, define-se a função global do produto que, em seguida, é desdobrada em várias estruturas de funções do produto, até que uma seja selecionada, o que define a modelagem funcional do produto. Cada função é descrita como um conjunto verbo-substantivo, tal como “iniciar comunicação”, “tocar som” ou “interpretar sinal”,

por exemplo. Para cada uma das funções são gerados princípios de solução capazes de realizá-las. A combinação desses princípios resulta nas alternativas de solução do produto. Para cada alternativa é definida uma arquitetura que contém a estrutura do produto, em termos de seus componentes e conexões. Tais arquiteturas são mais bem desenvolvidas dando origem às concepções. Estas passarão por um processo de seleção para apontar aquela que melhor atende as especificações-meta do produto (ROZENFELD, 2006).

Um alto número de concepções criadas, aliado a um método eficiente de seleção, implica em maiores chances de sucesso do produto. A concepção obtida é uma descrição das tecnologias, princípios de funcionamento e formas de um produto, geralmente expressa por meio de um esquema ou modelo tridimensional acompanhado de uma explicação textual. Junto à concepção, obtém-se uma lista inicial com os principais sistemas, subsistemas e componentes (SSCs) que compõem a estrutura do produto, ou seja, o *Bill of Materials* (B.O.M.) inicial (KRISHNAN; ULRICH, 2001).

2.4.3 Projeto Executivo

O planejamento da produção é a fase que compreende o planejamento para a fabricação do produto. Independentemente das características de cada produto, as várias etapas necessárias para o seu desenvolvimento constituem um método geral comum. Tal metodologia organiza a transformação das necessidades e meios para satisfazê-las, indicando como utilizar matérias-primas, recursos humanos, tecnológicos e financeiros para obter o produto desejado (KAMINSKI, 2000).

De acordo com Oliveira (2000), uma vez projetadas as características da qualidade do produto, é necessário definir o processo básico para sua produção. Sabe-se que, em muitos casos, podem existir vários processos distintos para fabricar um produto. Desse modo, a escolha de um processo pode se basear em dois aspectos: no nível de qualidade a ser obtido e nos custos de produção originados pela escolha do processo e matérias-primas. Ainda de acordo com Oliveira (2000), a partir do momento em que se estabelece a concepção do produto, as possibilidades de racionalização se resumem na escolha de processos distintos, por meio dos quais se obterá o produto, matérias-primas distintas ou métodos de produção distintos.

Os processos mecânicos de fabricação são largamente usados na construção e transformação da matéria-prima, geralmente, utilizando uma máquina de fabricação. A indústria de fabricação tem como objetivo principal a transformação da matéria-prima em produtos acabados a serem comercializados, gerando valor agregado. Porém, para a transformação da matéria-prima em produto acabado é necessário se dispor de quantidades elevadas de energia, além dos processos de fabricação específicos, estruturas e equipamentos necessários.

Os consumidores buscam produtos novos e acessíveis, que apresentem qualidade superior. Dessa forma há uma crescente conscientização de que bens e serviços de alta qualidade podem resultar em considerável vantagem competitiva. Boa qualidade reduz os custos de retrabalho, refugo e devolução e, mais importante, boa qualidade gera consumidores satisfeitos (SLACK et al., 1997).

2.4.5 Otimização

Com a atual estrutura de mercado, os setores de pesquisa e desenvolvimento de produtos das indústrias, constantemente, buscam maneiras de eficazmente criar novos produtos ou melhorar produtos atuais, tanto em termos de aceitação como rentabilidade (MOSKOWITZ, 1995). Dessa forma, a otimização de produtos torna-se uma ferramenta de extrema importância para o meio industrial, pois pode propiciar redução de custos e/ou melhoria da qualidade e produtividade (CATEN; RIBEIRO, 1995; HSIEH; TONG, 2001).

Segundo Wurl e Albin (1999), em muitos casos, otimizar em relação a apenas uma variável levará a valores não ótimos das características que não foram consideradas. É desejável encontrar a otimização global ou o melhor compromisso entre as características do produto simultaneamente. Vários métodos quantitativos têm sido desenvolvidos para combinar as respostas múltiplas em funções únicas e procurar encontrar o compromisso ótimo. Por compromisso ótimo entende-se encontrar níveis de operação dos parâmetros de projeto, de modo que cada característica do produto esteja no mais próximo possível de seu valor ideal.

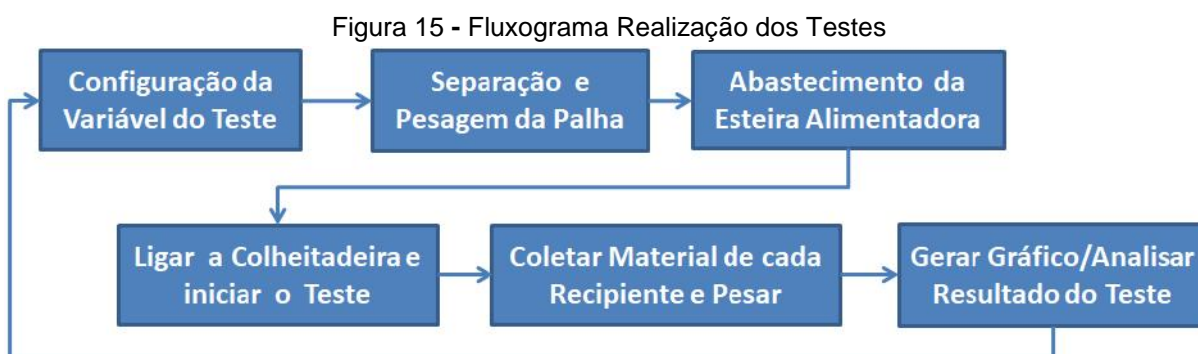
Segundo Carlyle, Montgomery e Runger. (2000), muitos problemas em controle estatístico e melhoria da qualidade envolvem aplicações de metodologias de otimização. Normalmente, o contexto do problema envolve um modelo de sistema e então se utiliza técnica de otimização para determinar valores para os parâmetros

do sistema que resultam nas melhores medidas para sua eficiência. Como em qualquer problema de otimização, a dificuldade surge não em resolver o problema em si, mas em selecionar um modelo que represente com acurácia a relação real expressada pelos dados. A otimização global pode ser realizada através do uso de uma função objetivo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar as variáveis que influenciam no espalhamento da palha são realizados testes em laboratório, a cultura a ser utilizada nos testes é a de soja, a qual apresenta como característica condições seca e armazenadas em fardos; é utilizada uma colheitadeira do tipo axial, de médio porte, com plataforma de corte do tipo Drapper. Para simular as condições de espalhamento da palha em colheita, é utilizada uma esteira que alimentará a colheitadeira com a palha de soja, com isso a colheitadeira processa o material e faz o descarte da palha em recipiente alojado no final da colheitadeira. A eficiência do espalhamento é mensurado através das normas ANSI/ASAE S396.2.

Na sequência são exemplificados os métodos utilizados pelas normas ANSI/ASAE para medir a eficiência do espalhamento, o cálculo do Coeficiente de variação que serve como parâmetro para avaliação da eficiência do espalhamento e o funcionamento dos testes. Os testes são realizados no laboratório de colheita da AGCO do Brasil, unidade Canoas-RS.



Fonte: Do Autor (2018).

3.1 NORMAS ANSI/ASAE

ASAE é uma organização profissional e técnica, com membros em todo o mundo, que se dedica ao avanço da engenharia aplicável aos sistemas agrícolas, alimentares e biológicos.

Normas ASAE são documentos de consenso, desenvolvidos e adotados pela Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas e Biológicos para atender às

necessidades de padronização no âmbito da Sociedade; Estruturas, gestão de solos e recursos hídricos, equipamento para relvado e paisagem, engenharia florestal, engenharia de alimentos e processos, aplicações de energia elétrica, ambiente vegetal e animal e gestão de resíduos.

3.1.1 Norma ANSI/ASAE S396.2

A Norma ANSI/ASAE S396.2 fornece os requisitos básicos para avaliar a uniformidade do espalhamento da palha a partir do dispositivo de espalhamento ou corte de resíduos da colheita. O desempenho dos espalhadores de resíduos de colheitadeiras pode ser avaliado no campo ou no laboratório. Os resultados podem ser relatados usando um ou dois métodos, dependendo dos critérios da avaliação: 1) método de massa por unidade de largura; ou 2) método porcentagem de cobertura do solo.

O método de massa por unidade de largura é aceitável para avaliações de campo ou de laboratório; enquanto o método porcentagem de cobertura do solo é aceitável apenas para avaliações de campo. O método de massa por unidade de largura é melhor utilizado quando se avalia o desempenho de um espalhador ou sistema de espalhamento em relação a outros, para otimizar o ajuste ou para o controle da erosão eólica. O método porcentagem de cobertura do solo é mais bem utilizado quando se relacionam os dados com o controle da erosão hídrica ou com práticas de lavoura de conservação.

O método de massa por unidade de largura consiste em realizar um corte de uma largura de 1m perpendicular à direção de colheita, onde deve-se colocar uma lona em toda extensão do corte. A textura da lona deve ser suficientemente áspera para inibir o deslizamento do material. A lona deve ser marcada em seções de 0,5m de largura. Após a colheitadeira ter passado sobre a lona, a palha e o palhiço devem ser recolhidos de cada uma das seções marcadas, com a respectiva pesagem para que sejam gerados os resultados. Em laboratório, a lona pode ser substituída por recipientes para armazenar a palha, onde altura dos recipientes não deve exceder 100mm.

Para ambos os métodos de avaliação de uniformidade do espalhamento da palha, a norma ANSI/ASAE S396.2 não apresenta informações claras de como proceder para coletar dos dados para avaliação dos resultados, tanto para

avaliações em campo como em laboratório, deixando lacunas para interpretações quanto aos procedimentos, principalmente quanto ao método porcentagem de cobertura do solo. O método indicado pela norma para avaliação em laboratório é o método de massa por unidade de largura. Porém, a norma não faz referência ao dimensionamento total dos recipientes de coleta do material, não existindo uma medida para o comprimento dos recipientes, apenas para altura e para as divisões de largura. No teste em laboratório, a máquina fica estacionária, de modo que há uma sobreposição do material que é descartado ao solo; em alguns testes o material descartado passa o limite de altura do recipiente e, para esses casos, a norma não faz referência a como proceder.

Apesar de conter algumas lacunas quanto a alguns procedimentos, a norma ANSI/ASAE S396.2 é de simples aplicação e fornece bons resultados para a avaliação da uniformidade do espalhamento da palha. Esta norma foi escolhida como método de avaliação para o presente estudo pelo fato de ser a única referência disponível no mercado a tratar sobre o assunto de uniformidade do espalhamento da palha.

3.2 MÉTODO AVALIAÇÃO DO TESTE

A cultura a ser testada (trigo, cevada, soja, etc.), o tipo de palha (palha, palhiço ou total de resíduos) e a taxa de alimentação devem ser relatados, expressos em toneladas por hora. Os resultados da distribuição devem ser relatados como um histograma, mostrando o material em cada seção como uma porcentagem do material total coletado sobre a largura máxima de propagação, definida como as seções externas, cada uma contendo pelo menos 1% do material total coletado. O coeficiente de variação (CV) também pode ser calculado e relatado. O CV é o desvio padrão do material em cada seção sucessiva de 0,5m ao longo do padrão de espalhamento, expresso como uma porcentagem da quantidade média de material de todas as seções sobre a largura de espalhamento. O coeficiente de variação é um ótimo parâmetro para avaliação da uniformidade de espalhamento da palha, pois expressa com apenas um número o resultado do teste, quanto mais baixo número do CV, mais uniforme o espalhamento da palha. A seguir, a figura 16 apresenta a ordem de classificação para avaliação dos resultados dos testes realizados neste trabalho.

Figura 16 - Classificação do Coeficiente de Variação (CV)

CV (%)	Avaliação
$CV < 20$	Excelente (++)
$20 \leq CV < 30$	Satisfatório (+)
$30 \leq CV < 40$	Regular (0)
$40 \leq CV < 50$	Insatisfatório (-)
$CV > 50$	Inaceitável (--)

Fonte: Do autor (2018).

3.3 LABORATÓRIO DE TESTE

Para simular as condições reais de funcionamento da colheitadeira e do espalhamento de palha em laboratório, será utilizada uma colheitadeira MF9695, com o sistema de processamento de grão do tipo Axial, sistema espalhador de palhas e, acoplada à colheitadeira, uma plataforma de corte Drapper de 9,14m de largura. No final da colheitadeira, conforme a norma ANSI/ASAE S396.2, foram posicionados recipientes com uma largura total 19m, dividido em 0,5m para cada recipiente, 100mm de altura e 8m de comprimento, onde serão coletadas as palhas para a verificação da eficiência de espalhamento.

A alimentação de palha para o processamento da colheitadeira será através uma esteira transportadora com 12m de comprimento útil, que será carregada com grãos e palha de soja.

Figura 17 - Esteira transportadora e Colheitadeira MF9695 com plataforma de corte Drapper



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 18 - Recipientes de coleta da palha



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

3.3.1 Taxa de Alimentação da Palha

Conforme a norma ANSI/ASAE S396.2, os resultados dos testes deverão ser calculados e expressados em unidade de toneladas por hora (ton/h) de palha. Essa unidade é a taxa de alimentação. Para que se obtenha a taxa de alimentação, é utilizado um fardo de soja como padrão. Para o início do cálculo da taxa de alimentação, se obteve o peso total de 15,3 kg do fardo de soja, logo após, foram separado todos os grãos da palha e pesados separadamente, o grão com 7,84 kg e a palha com 7,46 kg.

Figura 19 - Pesagem da Soja



Fonte: Dados do estudo realizado pelo autor (2017).

Observa-se que o valor do peso total do fardo de soja é composto de, aproximadamente, 50% de palha e 50% de grão. Sendo assim, para se obter, por exemplo, um teste com um taxa de alimentação de palha de 45ton/h, o valor da taxa total (grão e palha) a ser utilizado deverá ser o dobro do valor pretendido para o teste, que, neste exemplo, é de 45 ton/h de palha, resultando assim em uma taxa total (grão e palha) de 90ton/h.

Por convenção, a esteira está configurada para que cada teste tenha uma duração de 10s. Considerando-se o comprimento da esteira de 12m, a velocidade resultante é de 1,2m/s. Sendo assim, para saber o peso total (grão e palha) que é carregado na esteira para a realização de um teste de 45 ton/h de palha, é utilizado o cálculo a seguir:

$$P = \frac{2 \times Mp}{\vartheta e} \times l \quad (1)$$

Onde Mp é a taxa de alimentação da palha (ton/h), ϑe é velocidade da esteira (m/s) e l é comprimento da esteira (m), P é o peso total a ser carregado na esteira (Kg).

Preenchendo os valores na equação,

$$P = \left(\frac{2 \times 45 (\text{ton/h}) \times \left(\frac{1000 (\text{m})}{3600 (\text{s})} \right)}{1,2 (\text{m/s})} \right) \times 12 (\text{m}) = 250 \text{ kg} \quad (2)$$

Para se realizar um teste com uma taxa de alimentação de 45ton/h de palha, a esteira deve ser carregada com 250kg de palha e grão de soja. Esta quantidade deve ser distribuída ao longo de todo o comprimento da esteira.

Figura 20 - Esteira Carregada com Palha e Grão



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

4 METODOLOGIA

Para verificar a influência das variáveis na uniformidade do espalhamento da palha serão rodados testes, durante os quais serão alteradas algumas variáveis já existentes no espalhador de palhas. As variáveis são selecionadas partindo de ajustes permitidos pelo projeto inicial, tais como rotação dos rotores e ajuste de altura do defletor central, as demais variáveis são selecionadas devido ao tipo de funcionamento do sistema de espalhador de palha, que se dá por meio da força centrípeta gerada pelos rotores, tendo-se selecionado variáveis como diâmetro dos rotores, quantidade das pás, ângulo das pás e vazão de material. O quadro a seguir apresenta as variáveis a serem testadas em laboratório (figura 21).

Figura 21 - Variáveis do teste

	CONFIGURAÇÕES																			
	RPM			POSIÇÃO DE FLETOR CENTRAL			VAZÃO DE MATERIAL			QUANTIDADE DE PÁS		ÂNGULO DAS PÁS			POSIÇÃO DO ESPALHADOR			DIÂMETRO DOS ROTORES		
	225	350	550	A	B	C	20 ton/h	30 ton/h	45 ton/h	3 Pás	4 Pás	60°	90°	120°	0 mm	120 mm	180 mm	790 mm	1100 mm	
VARIÁVEIS																				
Rotação dos Rotores	X	X	X	X	X	X		X		X		X		X						X
Uniformidade da Palha na Saída dos Rotores							X													
Defletor Central			X	X	X	X		X		X		X		X						X
Posição do Espalhador			X			X		X		X		X		X	X	X				X
Quantidades de Pás		X	X		X	X		X		X	X		X		X					X
Ângulo das Pás	X		X	X		X		X		X	X	X	X	X	X					X
Diâmetro dos Rotores	X		X	X		X		X		X		X		X					X	X
Vazão de Material			X			X	X	X	X	X		X		X						X

Fonte: Do autor (2018).

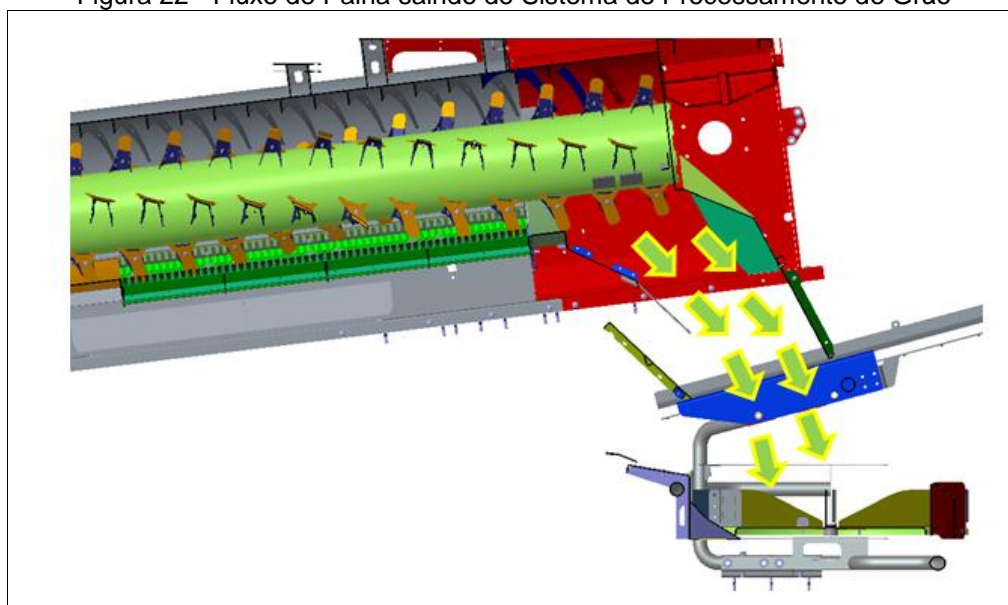
Os tópicos seguintes descrevem as variáveis a serem investigadas e o quanto cada uma delas contribui para um espalhamento mais uniforme. Cada variável é analisada de forma separada das demais, o que significa que não é alterada mais de uma variável ao mesmo tempo, em um mesmo teste.

4.1 UNIFORMIDADE DA PALHA NA SAÍDA DOS ROTORES

A colheitadeira selecionada para os testes utiliza um sistema de processamento de grão por meio de dois rotores longitudinais. Conforme previsto na norma ANSI/ASAE S396.2, esse sistema deve entregar a palha de maneira uniforme ao sistema de distribuição de palha.

Para verificar-se o quão uniforme o sistema de processamento está entregando a palha, retira-se o sistema de espalhador de palha, deixando a fluxo de palha se depositar ao chão. Dessa forma é possível observar se a palha está se depositando de forma homogênea concentrada ao longo da área do espalhador de palhas.

Figura 22 - Fluxo de Palha saindo do Sistema de Processamento de Grão

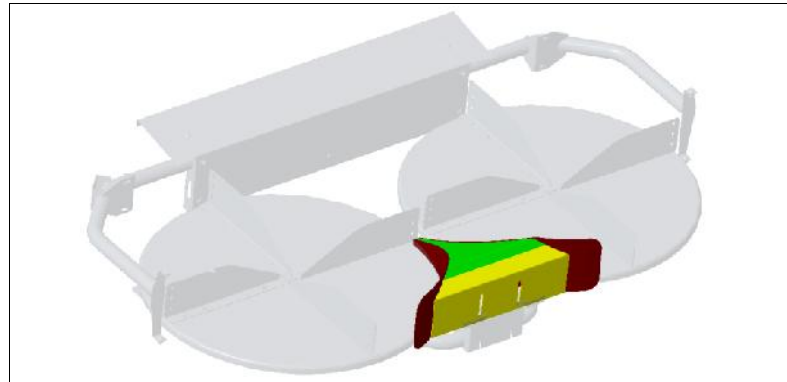


Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

4.2 DEFLETOR CENTRAL

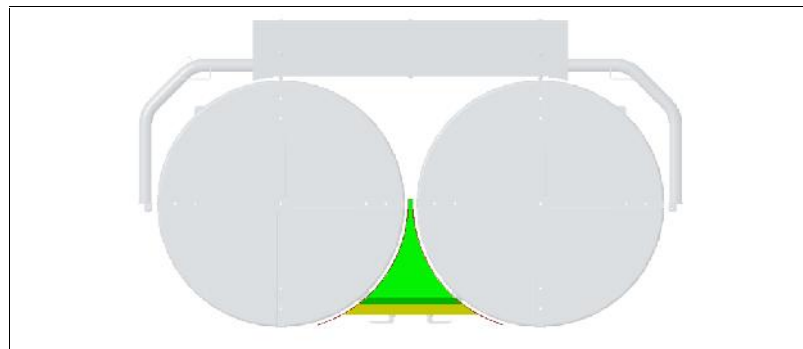
Foram avaliados os efeitos na uniformidade da distribuição de palha ocasionada pela geometria do defletor central que fica posicionado no final do espalhador de palha entre os dois rotores. O defletor central é constituído por dois semicírculos que acompanham o diâmetro dos rotores do espalhador e um plano inclinado que permite que a palha saia na região centro do defletor. O mesmo possui uma regulagem de altura onde foram testadas as três regulagens A, B e C.

Figura 23 - Vista em perspectiva do Defletor Central



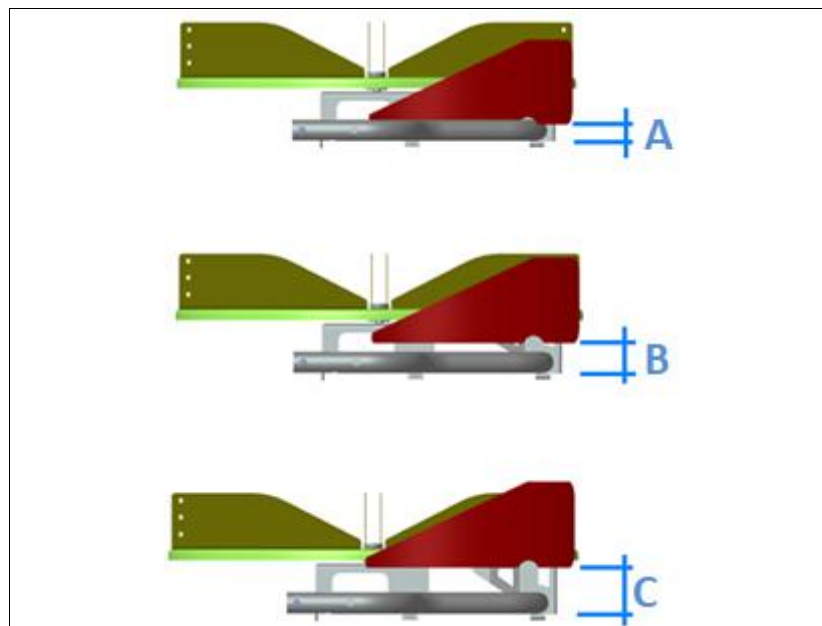
Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 24 - Vista em Superior do Defletor Central.



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 25 - Regulagem de altura do defletor central



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

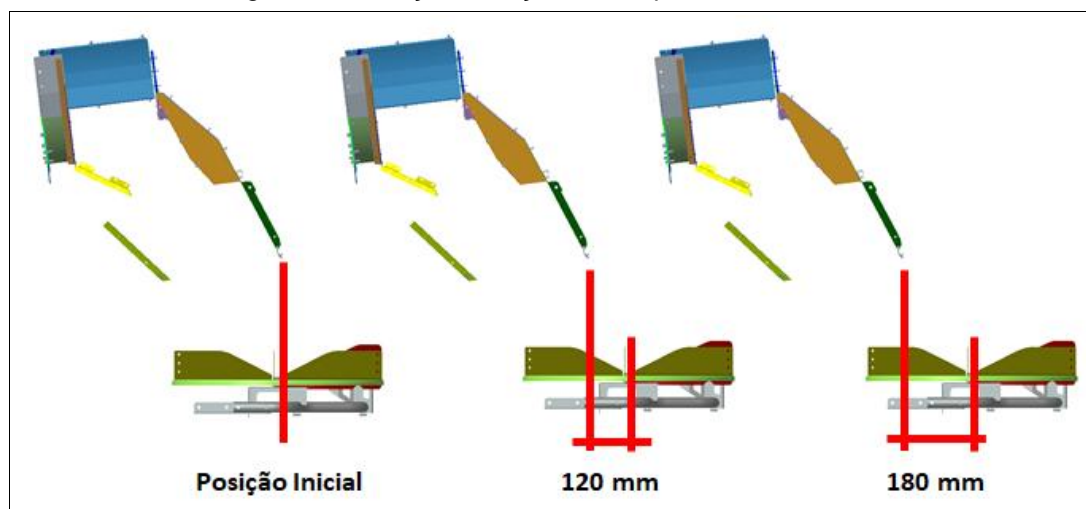
4.3 ROTAÇÃO DOS ROTORES

Os rotores do espalhador de palha são acionados por meio de motores hidráulicos que permitem trabalhar rotações de 0 a 600rpm. Serão avaliados os efeitos na distribuição da palha e na área de espalhamento, dada uma configuração fixa de vazão do material e defletor central, variando a rotação dos rotores do espalhador de palhas em 3 rotações: baixa 225 rpm, média 350 rpm e alta 550 rpm.

4.4 POSIÇÃO DO ESPALHADOR

Dada a entrega da palha pelo sistema de processamento de grão na região central do sistema de espalhador de palhas, foi verificada a influência da entrega do material avançando o espalhador de palha em 120mm e 180mm, com rotação 550 rpm, defletor central na posição C e com vazão 30 ton/h.

Figura 26 - Posição avançada do Espalhador de Palhas

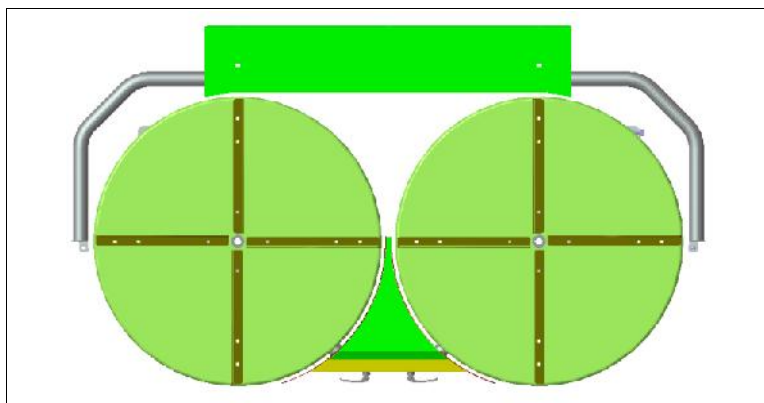


Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

4.5 QUANTIDADES DE PÁS

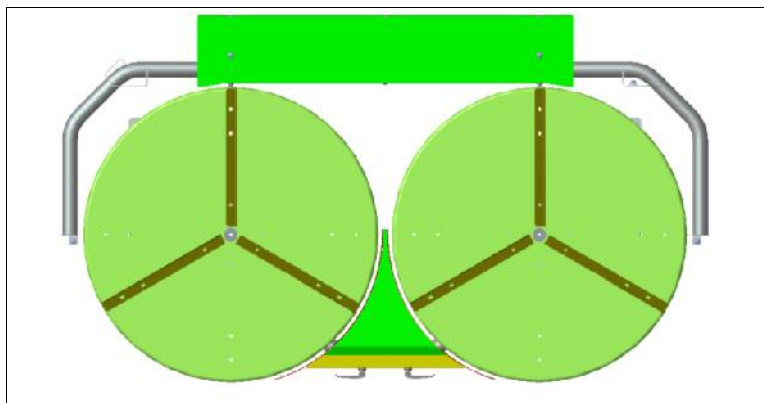
Atualmente, os rotores do espalhador de palhas têm 4 pás a 90° graus entre elas, com objetivo de avaliar a influência da quantidade de pás na uniformidade da distribuição da palha e na área de espalhamento. Foram testada uma configuração com três pás, posicionadas a 120° graus e em duas rotações de 350rpm e 550 rpm, com uma vazão de 30 ton/h e defletor central na posição B e C.

Figura 27 - Espalhador de Palhas com 4 pás a 90



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 28 - Graus. Espalhador de Palhas com 3 pás a 120 graus

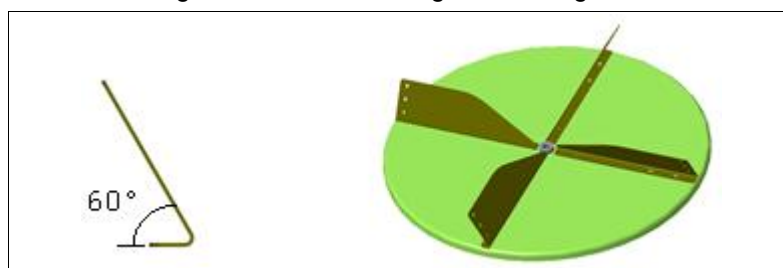


Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

4.6 ÂNGULO DAS PÁS

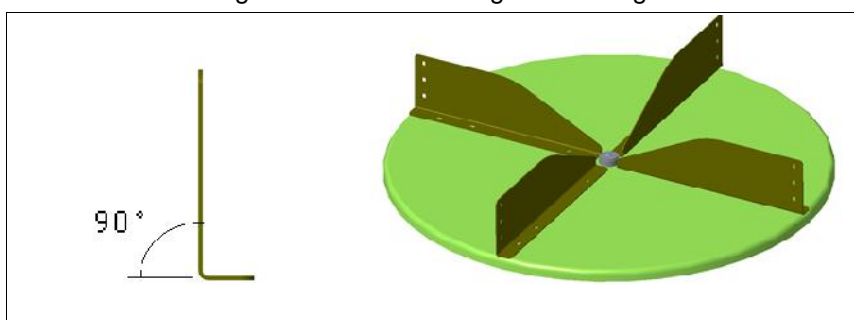
O ângulo formado entre o disco dos rotores do espalhador de palhas e as pás é de 90° graus, são testadas pás com ângulo de 60° e 120°, em duas rotações de 225 rpm e 550 rpm, com uma vazão de 30ton/h e defletor central na posição A e C.

Figura 29 - Pás com angulo de 60° graus



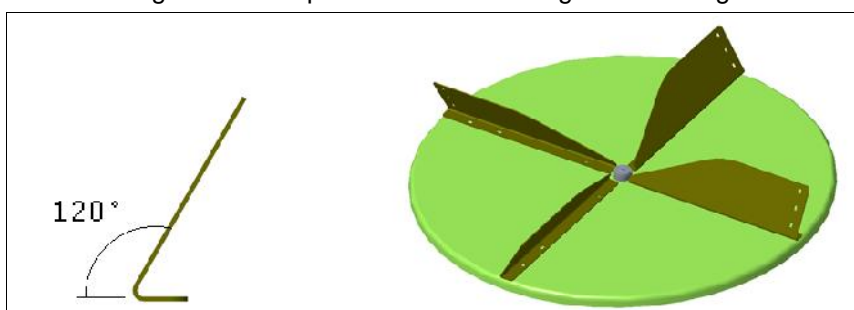
Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 30 - Pás com angulo de 90° graus



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 31 - Proposta de Pás com angulo de 120° graus

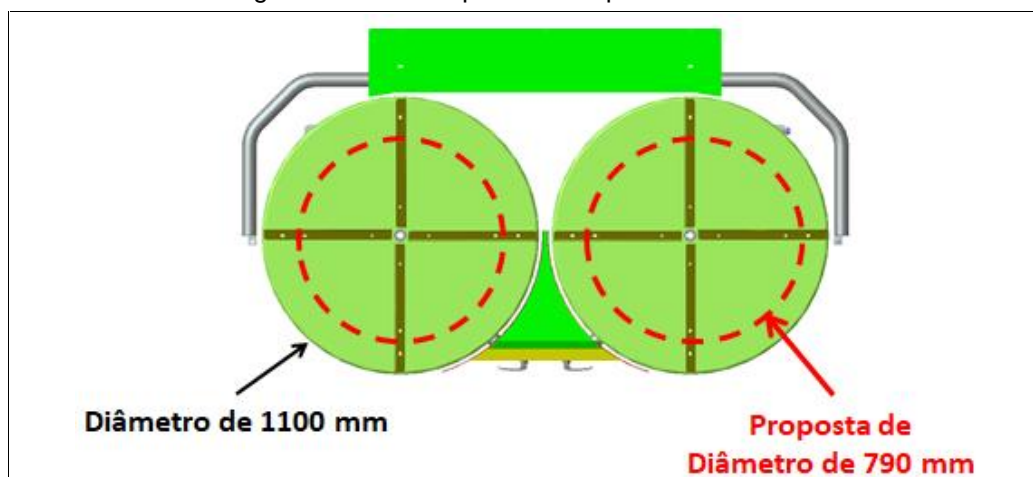


Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

4.7 DIÂMETRO DOS ROTORES

O espalhador de palha é constituído por dois rotores com diâmetro de 1100mm, para avaliar a influência do diâmetro dos rotores na uniformidade da distribuição da palha e na área de espalhamento. São testados rotores com diâmetro de 790 mm, em duas rotações 225rpm e 550rpm, com uma vazão de 30ton/h e defletor central na posição A e C.

Figura 32 - Vista superior do Espalhador de Palhas



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

4.8 VAZÃO DE MATERIAL

A vazão de material que passa pela colheitadeira durante a colheita é uma variável importante, pois essa vazão muda constantemente. Para avaliar-se os efeitos na uniformidade da distribuição da palha e na área de espalhamento, é testado o espalhador de palhas com uma rotação 550rpm, defletor central na posição C, com vazões a 20ton/h, 30ton/h e 45ton/h.

5 RESULTADOS

5.1 UNIFORMIDADE DA PALHA NA SAÍDA DOS ROTORES

Para o teste de uniformidade da palha proveniente do sistema de processamento de grão, inicialmente, foi utilizada uma vazão de material de 30 ton/h de palha de soja e com uma duração de 10 segundos. Porém, conforme demonstra a figura 33, o teste teve de ser interrompido, pois o material acumulou-se de forma rápida, impossibilitando verificar a condição de entrega do material.

Figura 33 - Vista frontal da palha descartada com vazão 30 ton/h e tempo duração 10 segundos



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Ocorreu o acúmulo de palha pelo fato de o descarte ter sido realizado em uma área fixa, de modo que o material se sobrepôs. Com isso, o teste foi repetido com um tempo de duração de 2 segundos, cujo resultado pode ser observado nas figuras 34 e 35, nesse caso o material se depositou de forma centralizada.

Figura 34 - Vista frontal da palha descartada com vazão 30 ton/h e tempo duração 2 segundos



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Figura 35 - Vista lateral palha descartada com vazão 30 ton/h e tempo duração 2 segundos



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Em comparação com um mesmo tipo de teste já realizado em campo, com a mesma colheitadeira e nas mesmas condições de colheita, se pode observar que o teste realizado em laboratório, com tempo de duração de 2 segundos, mostra resultados similares aos resultados em campo (figura 36).

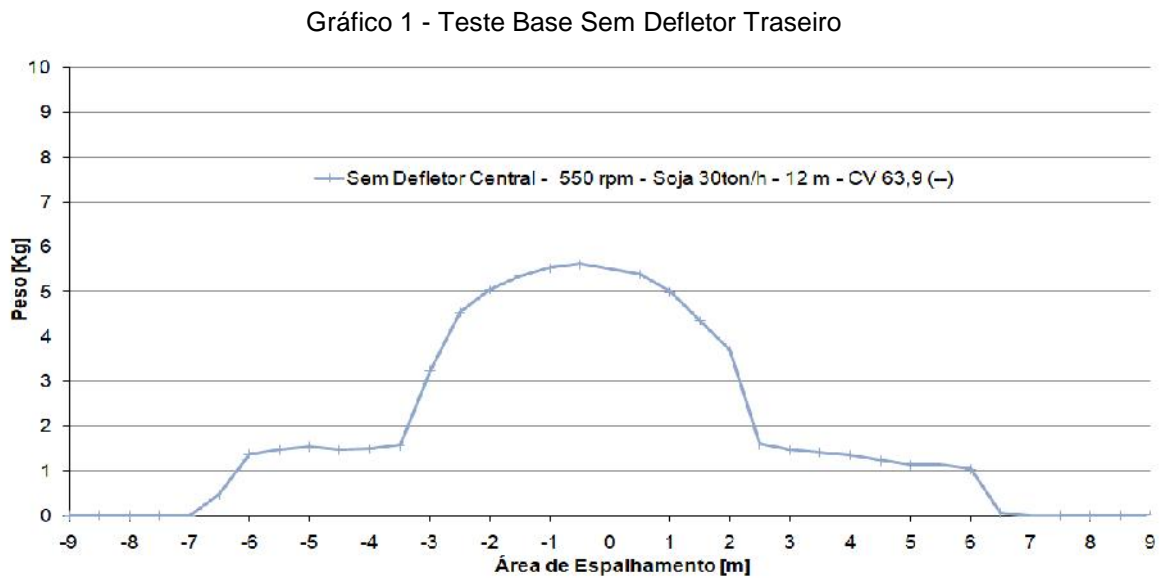
Figura 36 - Figura ilustrativa da Uniformidade da palha na Saída dos Rotores realizada em Campo



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

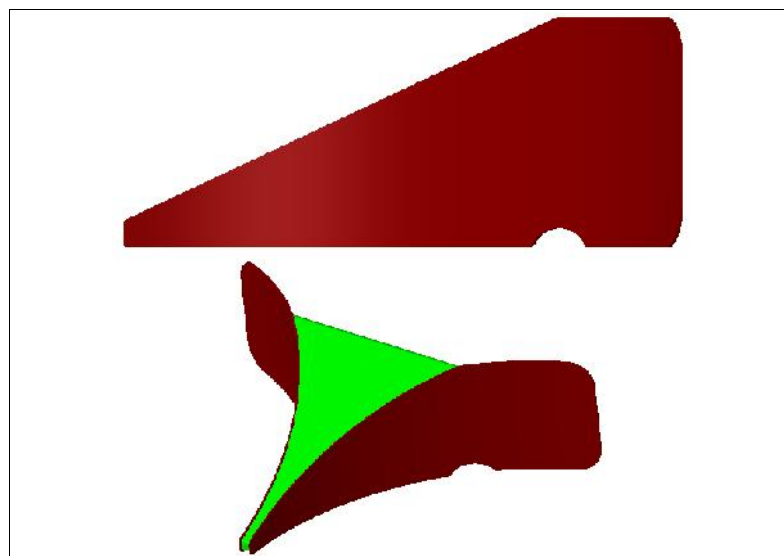
5.2 DEFLETOR CENTRAL

Como base para mensurar os efeitos ocasionados pelo defletor central, realizou-se um primeiro teste sem o defletor central, com rotação de 550 rpm e vazão de 30 ton/h.



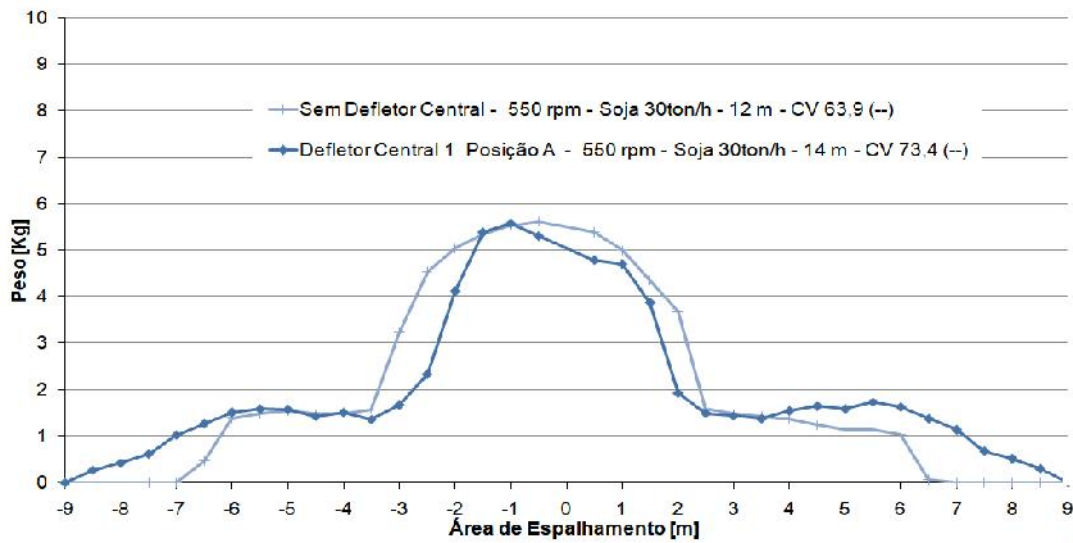
No gráfico 1 se pode observar uma grande concentração de material na região central e uma área de espalhamento de 12 m, sendo que o coeficiente de variação resultou em 63,9 (--).

Figura 37 - Imagem do defletor central 1



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

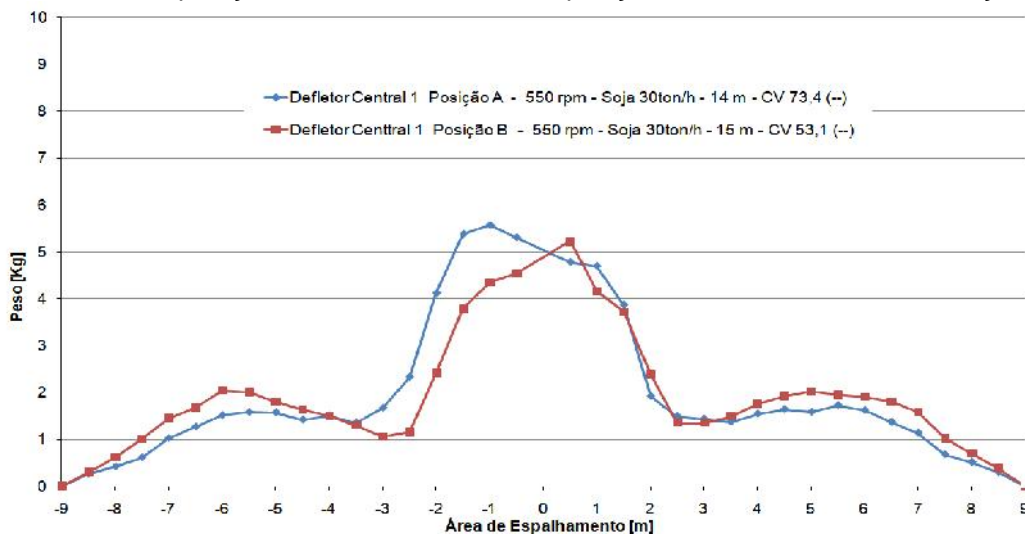
Gráfico 2 - Comparação entre Sem Defletor Central e com Defletor Central 1 Posição A



Fonte: Do autor (2018).

Com a adição do defletor traseiro 1 na posição A (gráfico 2), diminuiu a concentração na região central e teve um acréscimo na área de espalhamento de 1 m para cada lado, resultando em uma área de espalhamento total de 14 m e coeficiente de variação de 73,4 (--). Apesar de o teste com a adição do defletor traseiro (gráfico 2) ter resultado em um CV com maior número do que o teste sem o defletor traseiro (gráfico 1), a adição do defletor traseiro mostra melhora na distribuição do material em relação à área de espalhamento, há mais material nas pontas e menos material na região central.

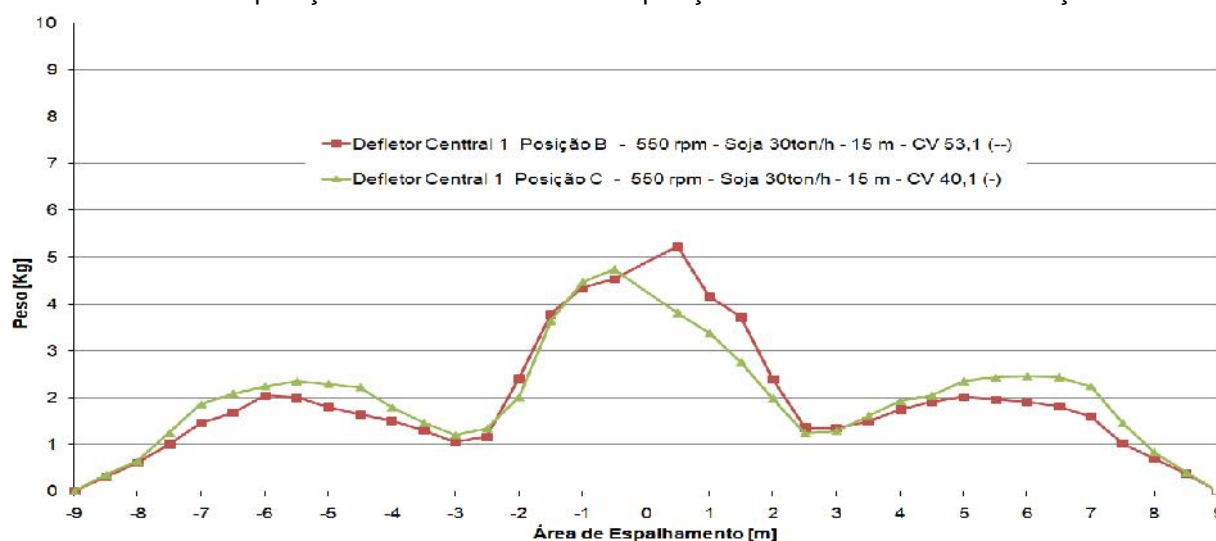
Gráfico 3 - Comparação entre Defletor Central 1 posição A e Defletor Central 1 Posição B



Fonte: Do autor (2018).

No gráfico 3, com o defletor traseiro em uma posição mais elevada, se pode observar que há uma tendência em diminuir a concentração de material na região central e aumentar a quantidade de material na região das pontas. Com o defletor traseiro na posição B, houve uma melhora no coeficiente de variação de 73,4 (--) na posição A, para 53,1 (--) na posição B, a área de espalhamento aumentou de 14 m para 15 m.

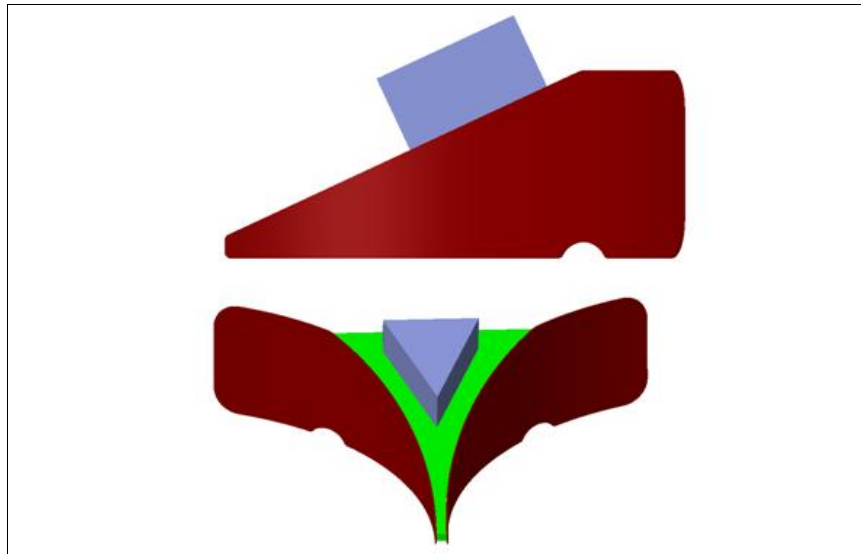
Gráfico 4 - Comparação entre Defletor Central 1 posição B e Defletor Central 1 Posição C



Com o defletor traseiro na posição C (gráfico 4) observa-se que a área de espalhamento permaneceu em 15 m, porém o coeficiente de variação passou para 40,1 (-), apresentando uma melhora no que diz respeito à distribuição de material ao longo da área de espalhamento.

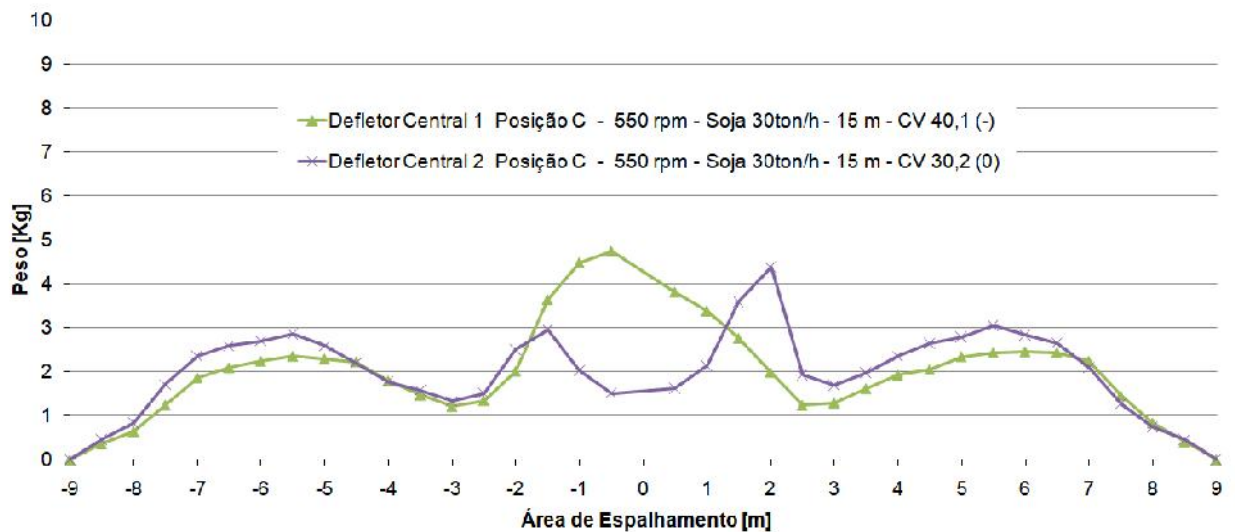
Para diminuir a concentração de material na região central, adicionou-se um novo defletor com uma forma triangular no plano inclinado no defletor já existente. A intenção deste novo defletor é que o material da região central se desloque para a região das pontas e, com isso, se possa obter uma distribuição mais uniforme.

Figura 38 - Imagem do defletor central 2 com um novo defletor triangular adicionado



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Gráfico 5 - Comparação entre Defletor Central 1 posição C e Defletor Central 2 Posição C



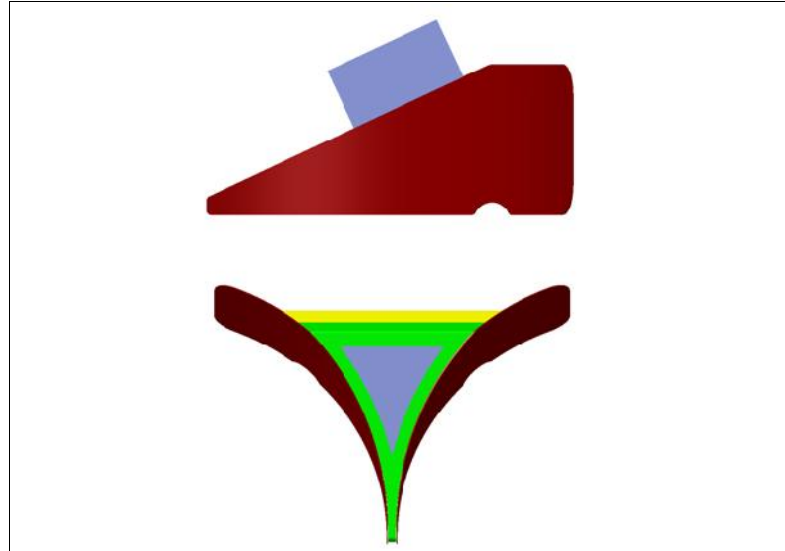
Fonte: Do autor (2018).

A adição do defletor 3 apresentou um resultado satisfatório (gráfico 5), pois o novo defletor cumpriu a função de retirar o material da região central, distribuindo melhor o material ao longo da área de espalhamento. Agora a região central apresenta dois picos pequenos de material ao invés de um pico com concentração maior de material.

Na tentativa de tirar os dois picos da região central da área de espalhamento gerado pelo defletor 2, alterou-se a forma do defletor adicionado, ao invés de uma

forma triangular foram adicionas duas curvas, acompanhando os semicírculos do defletor central.

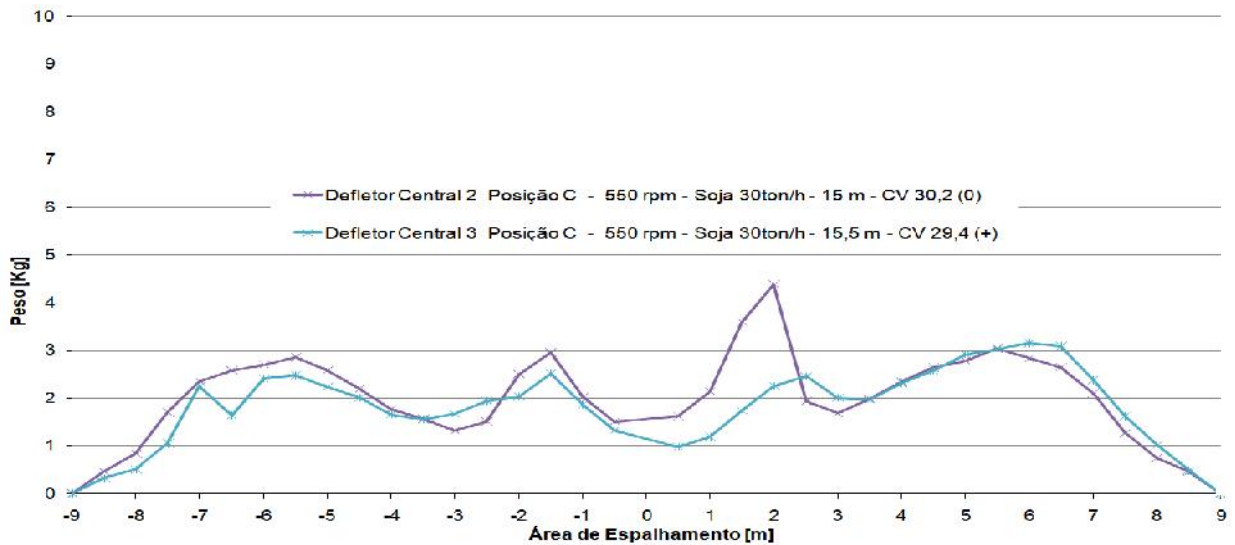
Figura 39 - Imagem do defletor central 3 com defletor com curvas adicionado



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

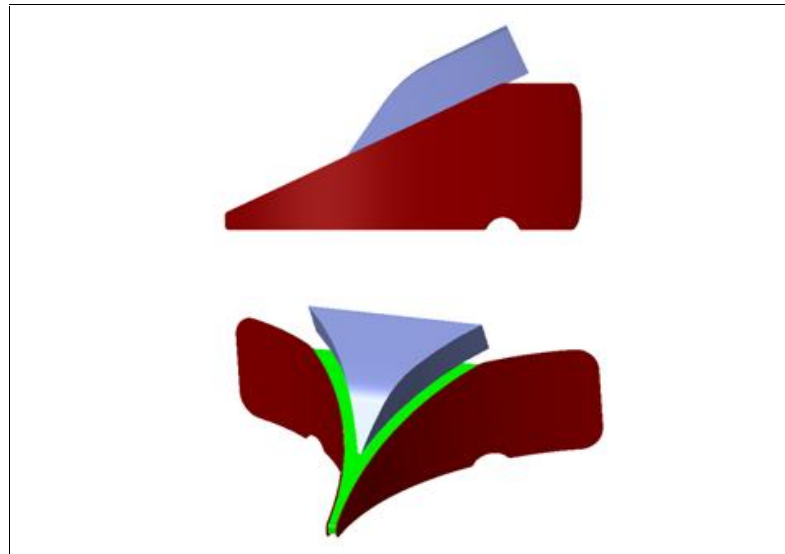
No gráfico 6, com a alteração no formato do defletor, observa-se uma suavização dos dois picos centrais, o que representou uma pequena melhora no CV, aumentando a área de espalhamento em 0,5 m.

Gráfico 6 - Comparação entre Defletor Central 2 posição C e Defletor Central 3 Posição C



Fonte: Do autor (2018).

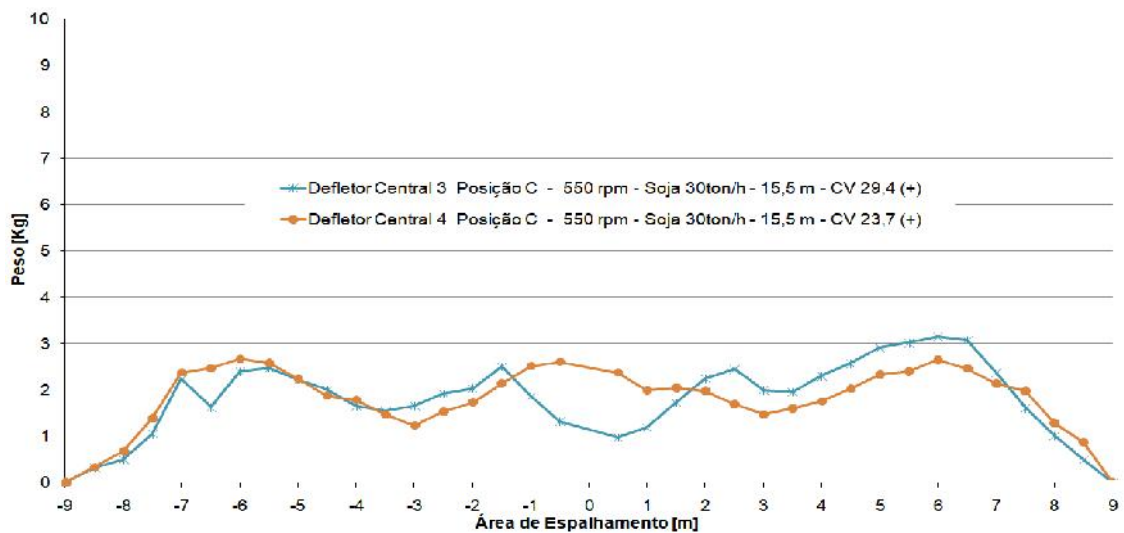
Figura 40 - Imagem do defletor central com defletor 4 com curvas estendidas



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

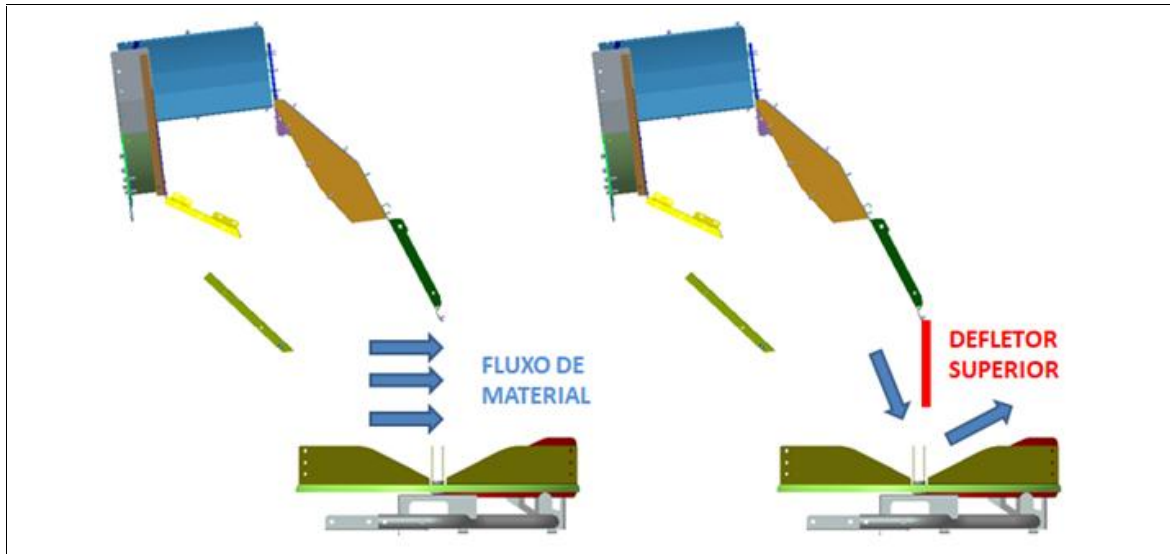
Comparando o defletor central 3 com o defletor 4, observou-se que a região central foi alterada. Ao invés de dois picos, obteve-se uma região mais uniforme, a área de espalhamento se manteve a mesma, porém o coeficiente de variação melhorou de 29,4 (+) com o defletor 3 para 23,7 (+) com o defletor 4.

Gráfico 7 - Comparação entre Defletor Central 3 posição C e Defletor Central 4 Posição C



Fonte: Do autor (2018).

Figura 41 - Fluxo do material com e sem defletor superior

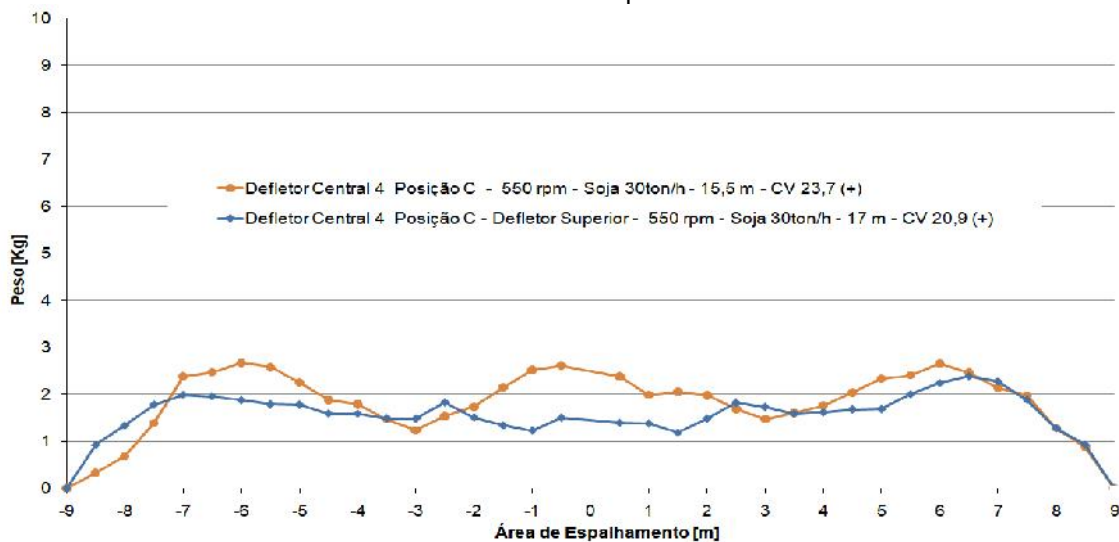


Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

Durante os testes do defletor central foi observado que uma parte do material passa por cima do defletor central, deste modo a palha se deposita na região central da área de espalhamento, pois o material não é direcionado pelo defletor central. Sendo assim, adicionou-se um defletor na parte superior do espalhador para forçar o fluxo do material a passar pelo defletor central.

Como se pode observar no gráfico 8, o resultado da adição do defletor superior, em comparação com a curva do defletor 4, eliminou a concentração de material na região central da área de espalhamento, com isso a área de espalhamento aumentou e tornou-se mais uniforme.

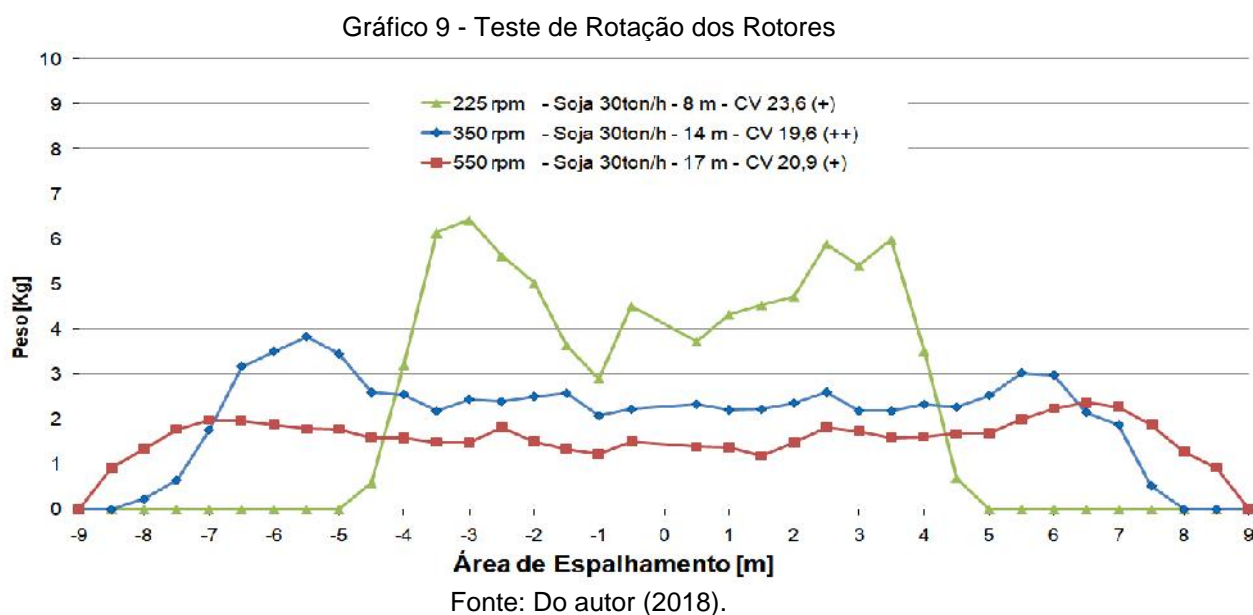
Gráfico 8 - Comparação entre Defletor Central 4 posição C e Defletor Central 4 Posição C com Defletor superior



Fonte: Cedida por AGCO Corporation (2018).

5.3 ROTAÇÃO DOS ROTORES

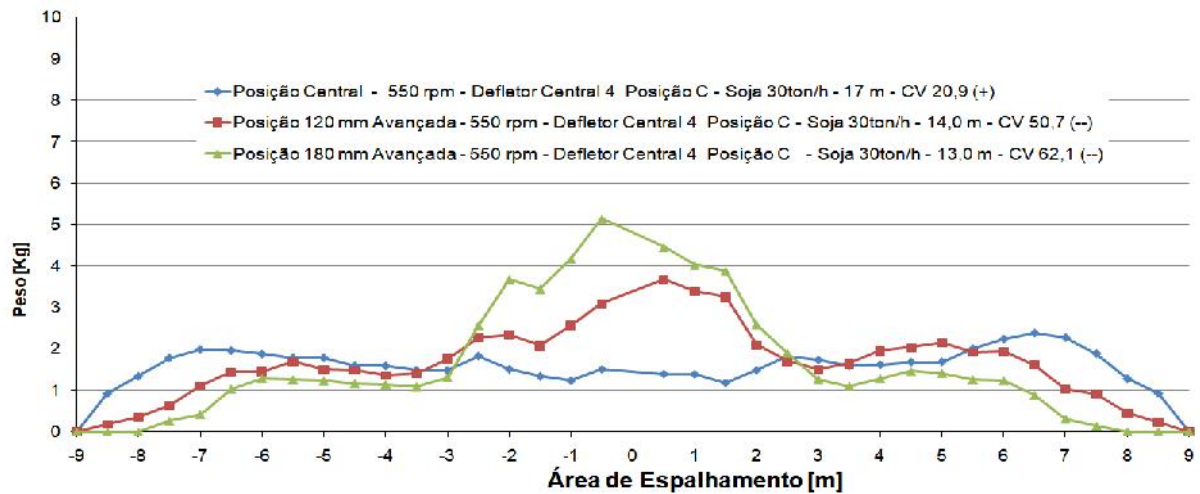
Com a variação de rotação se pode observar uma significativa alteração na área de espalhamento. Na rotação de 225 rpm, a área de espalhamento atingiu 8 m, na rotação de 350 rpm, atingiu de 14 m, e na rotação de 550 rpm, atingiu de 17 m.



5.4 POSIÇÃO DO ESPALHADOR

Dada a posição central em que o espalhador de palha recebe a palha descartada pelo sistema de processamento, se avançou essa posição em 120 mm e 180 mm. Comparando a curva da posição central em relação à curva da posição de avanço em 120 mm se pode observar uma maior concentração de material na região central e uma diminuição na área de espalhamento. Com a curva da posição de avanço de 180 mm, houve uma concentração ainda maior de material na região central.

Gráfico 10 - Comparação entre Posições do Espalhador de Palha

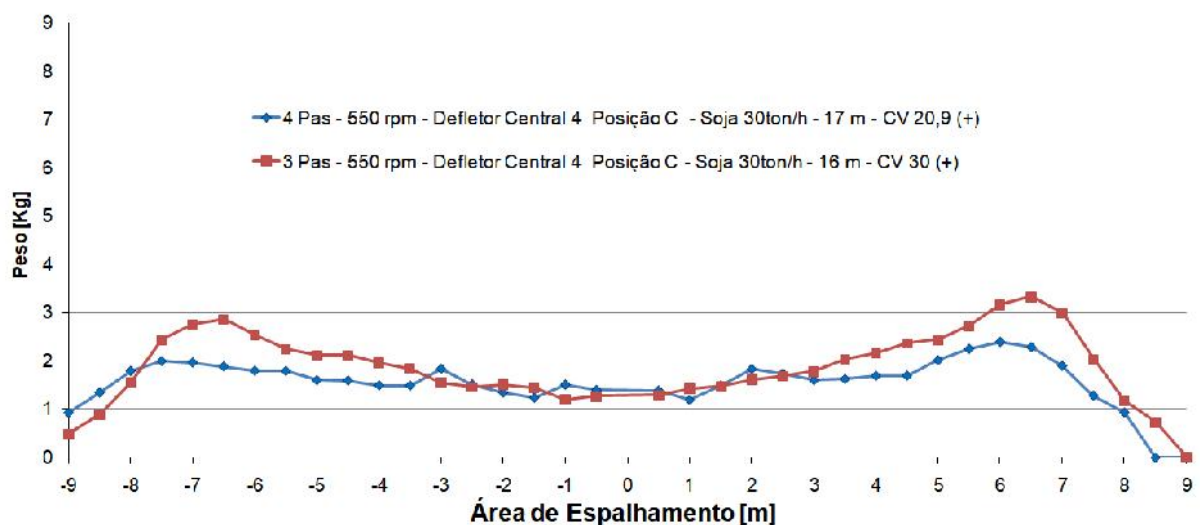


Fonte: Do autor (2018).

5.5 QUANTIDADE DE PÁS

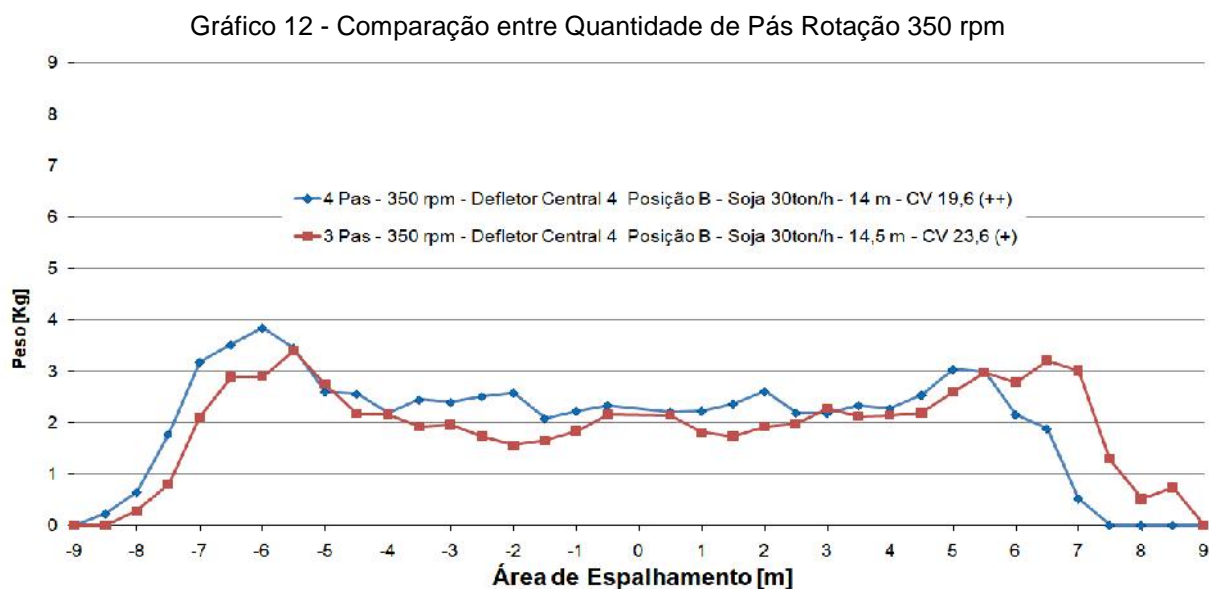
Em comparação com os testes realizados com 4 pás, os testes realizados com 3 não mostram nenhuma característica relevante. Conforme o gráfico 11, em uma rotação de 550 rpm, os resultados foram similares quanto ao perfil de espalhamento, apesar dos resultados dos testes de 3 pás apresentarem um acúmulo de material mais acentuado nas pontas e uma área de espalhamento menor de 17 m para 16 m, essa diferença resulta em um aumento no CV de 20,9 (+) para 30 (+).

Gráfico 11 - Comparação entre Quantidade de Pás Rotação 550 rpm



Fonte: Do autor (2018).

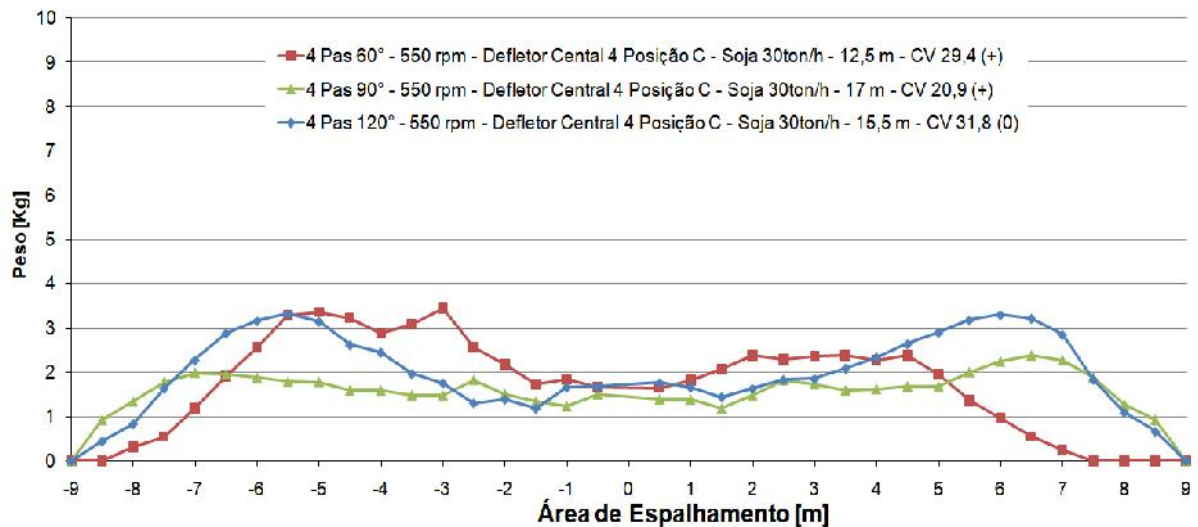
No gráfico 12, com rotação de 350 rpm, os resultados referentes ao perfil de espalhamento e ao espalhamento são similar entre os testes com 4 pás e de 3 pás, houve uma diferença entre a área de espalhamento de 14 m para 14,5 m e apresentou pouca variação no CV, de 19,6 (++) para 23,6 (+).



5.6 ÂNGULO DAS PÁS

As curvas das pás de 60° graus e 120° graus (gráfico 13) apresentam o mesmo perfil de espalhamento, sendo que o material acumulou nas pontas, diminuindo a área de espalhamento em comparação com a pá de 90° graus. Na curva com a pá de 60° graus, a área de espalhamento resultou em 12,5 m e a curva da pá de 120° graus resultou em 15,5m. Os coeficientes de variação das curvas das pás de 60° graus e 120°graus ficaram próximas, 29,4 (+) e 31,8 (o), porém variaram em relação à curva de 90°graus com um CV de 20,9 (+).

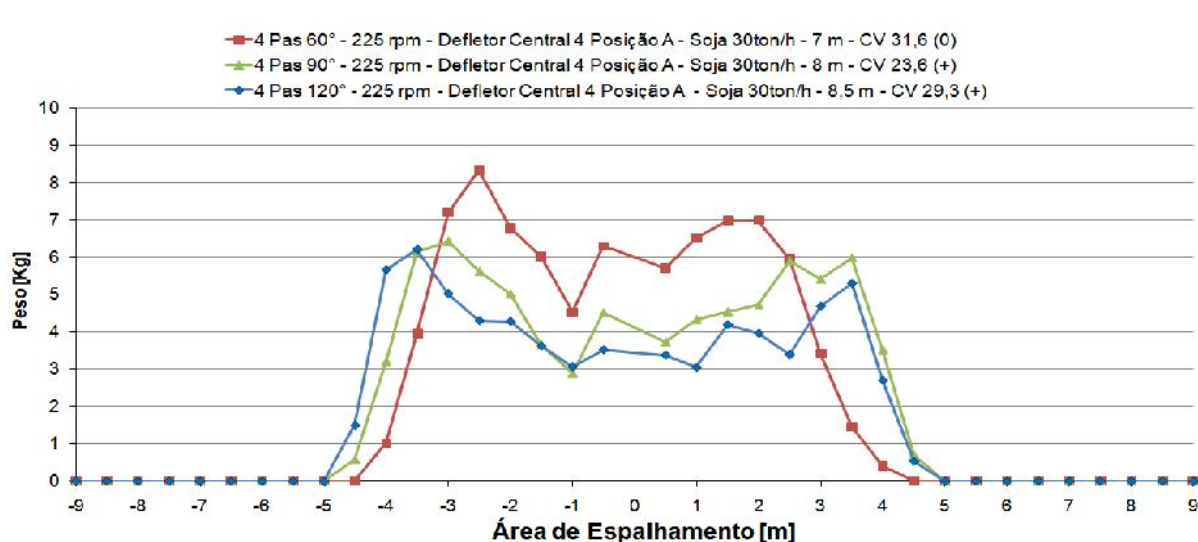
Gráfico 13 - Comparação entre Ângulo das Pás Rotação 550 rpm



Fonte: Do autor (2018).

A uma rotação de 225 rpm (gráfico 14) se pode notar que o perfil de espalhamento entre as curvas se mantém o mesmo, variando uma distância menor em comparação com as curvas de 550 rpm de rotação. Os coeficientes de variação das curvas das pás de 60° graus e da curva de 120° graus ficaram próximos, em 31,6 (o) e 29,3 (+).

Gráfico 14 - Comparação entre Ângulo das Pás Rotação 225 rpm

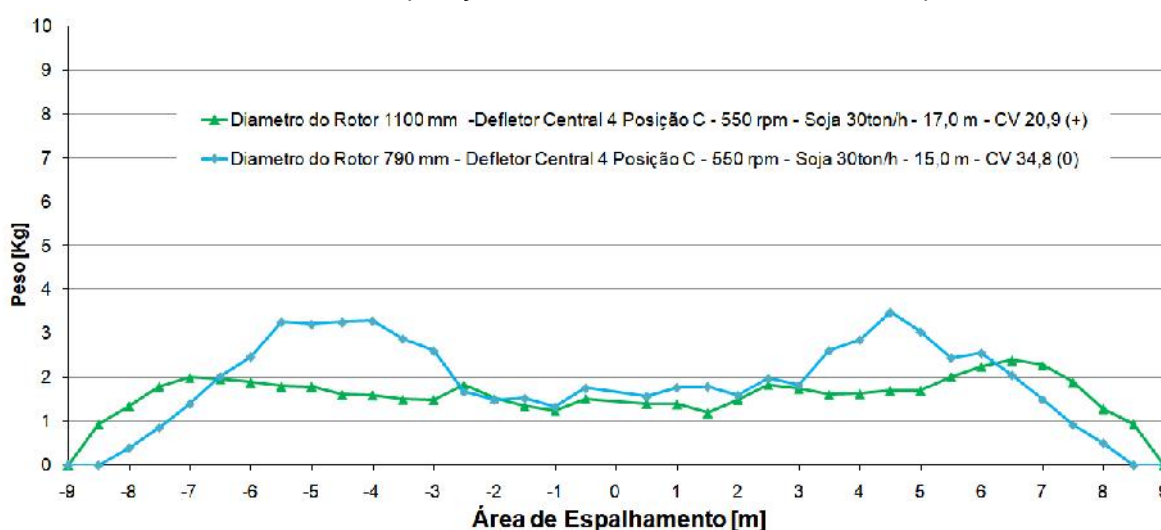


Fonte: Do autor (2018).

5.7 DIÂMETRO DOS ROTORES

O comportamento da curva com o rotor de diâmetro 790 mm apresentou um perfil de espalhamento semelhante a do rotor de diâmetro 1100 mm, porém com um acúmulo de material nas pontas, esse acúmulo de material fez com que sua área de espalhamento diminuísse de 17 m para 15 m. Em função do acúmulo de material nas pontas, o coeficiente de variação do rotor de diâmetro 790 mm resultou em 34,9 (o), enquanto o rotor de diâmetro 1100 mm resultou em 20,9 (+).

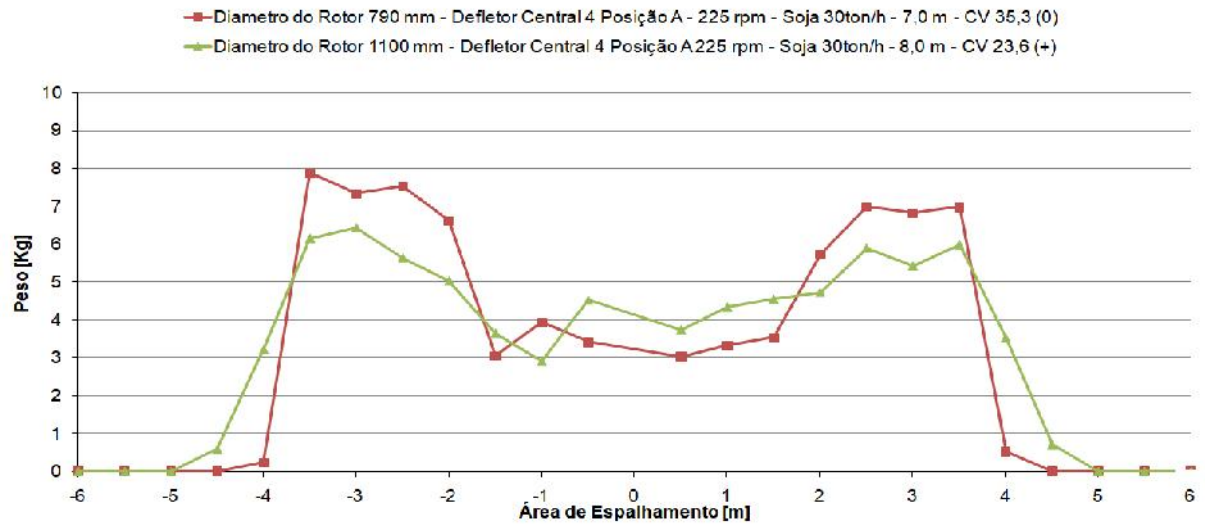
Gráfico 15 - Comparação entre Diâmetro do Rotor com 550 rpm



Fonte: Do autor (2018).

No gráfico 16, realizado a 225 rpm se pode observar que ocorreu o mesmo comportamento em relação às curvas a 550 rpm, porém houve uma menor diferença na área de espalhamento, mas o coeficiente de variação apresentou uma diferença significativa.

Gráfico 16 - Comparação entre Diâmetro do Rotor com 225 rpm

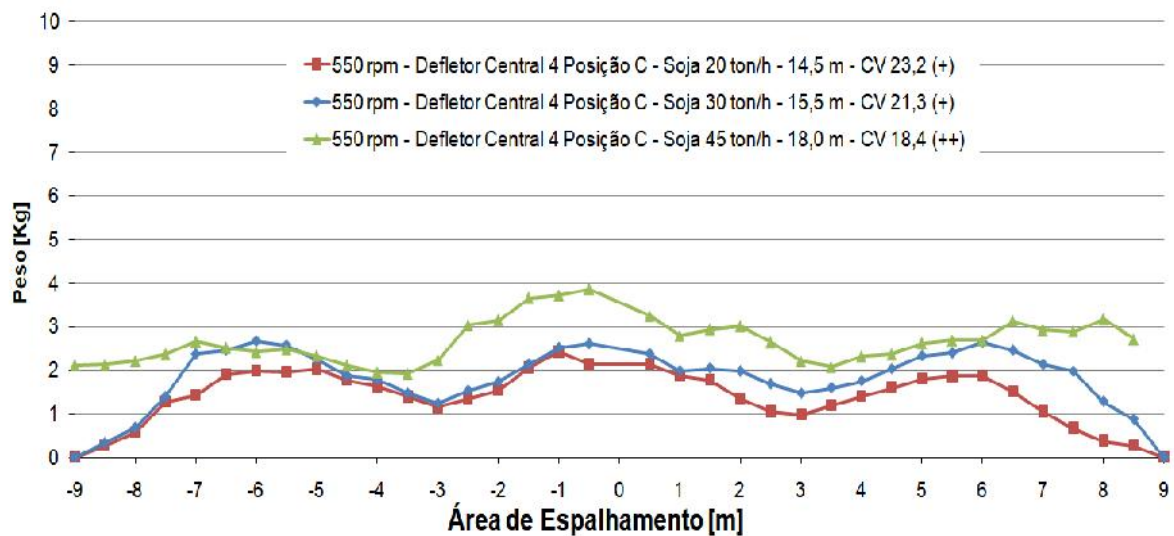


Fonte: Do autor (2018).

5.8 VAZÃO DE MATERIAL

Nas três vazões avaliadas, a distribuição de palha se manteve muito similar, com três picos de materiais bem distribuídos. A área de espalhamento aumentou com o aumento da vazão de material, sendo que o coeficiente de variação se mostrou melhor com o aumento da vazão.

Gráfico 17 - Comparação entre Vazão de Material



Fonte: Do autor (2018).

5.9 DISCUSSÕES

A norma ASAE S396.2, embora deixe algumas lacunas no que diz respeito ao método de avaliação dos procedimentos realizados em laboratório, se mostrou um método simples e eficaz para avaliação dos resultados dos testes realizados neste estudo. Uma vez que os testes foram realizados de forma comparativa, tendo todos seguido os mesmos critérios, a falta de informação da norma não afetou o resultado final do estudo.

Devido ao escopo e cronograma do estudo, não foram realizados experimentos para alterar a característica de entrega de material feita pelo sistema de processamento ao espalhador de palha, acredita-se que com a adição de defletores na saída do sistema de processamento se possa alterar a característica de entrega de material, que nos testes se apresentou centralizada, para uma forma mais uniforme.

O funcionamento do espalhador de palhas se dá por meio de um sistema giratório de rotores com pás. Devido a essa característica, os testes realizados mostraram que variáveis como diâmetros do rotor e rotações mais altas de trabalho dos rotores proporcionam maior energia cinética, resultando em uma área de espalhamento maior. Porém, por medidas de segurança, se deve levar em consideração que o diâmetro do rotor não deve ultrapassar a largura da máquina. Além disso, para usar rotações acima de 500 rpm, se deve aplicar balanceamento nos rotores para evitar vibrações e danos mecânicos ao sistema.

Ao alterar a geometria do defletor central, se pode observar que esta variável tem impacto direto na uniformidade do espalhamento da palha, sendo que para fins deste estudo as alterações realizadas no defletor central foram suficientes. Contudo, acredita-se que há um grande potencial para melhorar a geometria do defletor central, a fim de obter-se um espalhamento ainda mais uniforme.

6 CONCLUSÕES

O teste realizado referente a entrega do material feito pelo sistema de processamento de grão (figuras 30, 31 e 33) mostrou que o material sai do sistema de processamento de grão de forma centralizada e se concentra na região central do espalhador de palhas. Segundo a norma ANSI/ASAE S396.2, a entrega da palha pelo sistema de processamento de grão deve ser uniforme, os demais testes realizados e os resultados obtidos neste trabalho consideraram a condição de entrega de palha centralizada.

O defletor central apresentou a função de direcionar o fluxo da palha que será depositada ao solo. Dessa forma, o fato de alterar a geometria (figuras 34, 35, 36 e 37) e ajustar a altura (figura 22) do defletor central permitiu direcionar a palha a regiões as quais ela não estava sendo depositada, obtendo-se uma melhora nos resultados da uniformidade do seu espalhamento. Essa melhora pode ser observada quando comparado o gráfico 1, onde o teste realizado sem o defletor central resultou em um coeficiente de variação 63,9% (--), com o gráfico 7, onde a inclusão do defletor central 4 na posição C resultou em um coeficiente de variação de 23,7% (+).

Os testes de variação da RPM dos rotores se mostraram diretamente ligados à área de espalhamento, conforme gráfico 9. Quanto maior a rotação utilizada, maior a energia cinética gerada pelos rotores, também maior a energia cinética transferida para espalhamento da palha, o que resultou em maior alcance da área de espalhamento, porém a uniformidade do espalhamento se mostrou prejudicada apenas com o aumento da rotação.

A posição do espalhador de palha se mostrou mais eficiente quanto à uniformidade de espalhamento na posição inicial de projeto (figura 23), aonde a palha recebida pelo sistema de processamento de grão se deposita, na sua maior parte, na região central dos rotores do espalhador de palhas. Quando essa posição foi avançada em 120 mm e 180 mm, os resultados obtidos foram uma concentração de material na região central da área de espalhamento (gráfico 10). Se pode perceber que a área de espalhamento também é afetada, pois, quanto maior a concentração de material na região central, menor a área de espalhamento.

Os testes realizados alterando os ângulos das pás dos rotores do espalhador de palhas (figuras 26, 27 e 28) apresentaram resultados similares quanto à uniformidade de distribuição da palha, havendo uma pequena diferença quanto à

área de espalhamento (gráficos 13 e 14), sendo que a pá com ângulo de 90° obteve melhor resultado, mesmo em rotações diferentes, CV 20,9% (+) com 550 rpm e CV 23,6% (+) com 225 rpm.

Em relação à quantidade de pás nos rotores do espalhador de palhas, os testes realizados com 4 pás tiveram um resultado melhor na uniformidade de distribuição da palha, quando comparados com os de 3 pás (gráficos 11 e 12), mesmo em rotações diferentes. Obteve-se uma diferença de área de espalhamento de 1m na rotação 550 rpm, sendo que na rotação de 350 rpm, a diferença foi de 0,5m.

O rotor de 1100 mm de diâmetro gera uma maior energia cinética que o rotor com diâmetro de 790 mm, com isso o rotor de 1100 mm de diâmetro apresentou, mesmo em rotações diferentes, uma maior área de espalhamento. A uniformidade de espalhamento também se mostrou melhor com o rotor de 1100 mm (gráficos 15 e 16). O rotor de diâmetro de 790 mm teve uma concentração de material maior nas extremidades, que resultou em CV maior que a do rotor de diâmetro de 1100 mm.

Com as variações de vazão mássica de palha se pode observar que a uniformidade de espalhamento não foi afetada; quanto maior a vazão, melhor o coeficiente de variação e, com isso, melhor a uniformidade de espalhamento (grafico17). A área de espalhamento também aumentou com o aumento da vazão de material.

7 TENDÊNCIAS EVOLUTIVAS

No que diz respeito à continuidade do estudo relacionado ao tema abordado, sugerem-se as seguintes possibilidades de pesquisa para futuros trabalhos na área:

- Realizar testes em laboratório considerando as condições de colheita com vento lateral, declives e aclives e condições de manobra da colheitadeira.
- Realizar testes utilizando outras culturas como trigo, milho e aveia, comparando os resultados com resultados encontrados neste estudo.
- Realizar teste trocando os recipientes de coleta de material indicado pela norma ASAE S396.2 por uma esteira de coleta para que o teste apresente características mais dinâmicas, aproximando o teste com a colheita em campo.
- Utilizar softwares para validações virtuais como ferramentas para diminuir custos de fabricação de protótipos e diminuir tempo de uso de laboratório.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTNY, E. H. Manejo de Solos: plantas de cobertura de solo. In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. Disponível em: <<http://www.paginarural.com.br/Artigos>>. Acesso em: 27 Oct. 2017.
- AMAGI Agro. 2010. Disponível em: <<http://amaggi.com.br/divisao-agro/?lang=en>>. Acesso em: 04 jun. 2016.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ANSI/ASAE S396.2**. Combine capacity as performance test procedure. Revisada em nov. 2007. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/345945698/ANSI-ASABE-S396-2-APR1990-R2009>>. Acesso em: 03 out. 2017.
- BACK, N.; FORCELLINI, F.A. **Projeto Conceitual**: Apostila. Florianópolis: Curso de Projeto Conceitual, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, UFSC, 2003.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987.
- BAXTER, M. **Projeto de Produto**: Guia prático para design de novos produtos. São Paulo: Edgar Blücher, 2000.
- CARLYLE, W. M.; MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Optimization problems and methods in quality control and improvement. **Journal of Quality Technology**, v. 32, n. 1, p. 1-17, 2000.
- CATEN, C. S; RIBEIRO, J.L. **Custos da qualidade e da manufatura**: um estudo de caso na indústria química. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFRGS, 1995. Relatório Técnico.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). Taxas mensais de crescimento, Valores do PIB Agro (por segmento) e sua participação no PIB do Brasil (agregado e por segmento, entre 1995 e 2015). Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 27 Out. 2016.
- COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L. A matéria orgânica e a biota do solo em sistema de plantio direto. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 5. **Sustentabilidade, sim!**: anais. Brasília: APDC; Dourados: UFMS / Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p.49-54.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (Conab). **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>>. Acesso em: 27 out. 2016.

CORAZZA, E.J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, p. 425-432, 1999.

CRUZ, J.C. et al. **Manejo de solos**: Sistema de plantio direto de milho. 4.ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. (Sistemas de Produção; 2). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/35333/1/Plantio-direto.pdf>>. Acesso em: 18 Set. 2017.

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

HECKLER, J. C. (Org) et al. **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Brasília: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. (Coleção 500 Perguntas 500 Respostas). p. 37-49.

HÖHER, Alberto. **Design de uma peneira rotativa para colheitadeiras de grão**. Porto Alegre, 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2011.

HSIEH, K.; TONG, L. Optimization of multiple quality responses involving qualitative and quantitative characteristics in IC manufacturing using neural networks. **Computers in Industry**, v. 46, p. 1-12, 2001.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K.T. Product development decisions: a review of the literature. **Management Science**, v. 47, n. 1, p. 1-21, jan. 2001.

MACHADO, M. C.; TOLEDO, N. N. **Gestão do processo e desenvolvimento de produto**: uma abordagem baseada na criação de valor. São Paulo: Atlas, 2008.

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

MOSKOWITZ, H. R. One practitioner's overview to applied product optimization. **Food Quality & Preference**, v. 6, n. 2, p. 75-81, 1995.

OLIVEIRA, C. A. **Inovação do produto e do processo**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2000.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World Population Prospects**: the 2015 revision, key findings and advance tables. New York: United Nations, 2015. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf>. Acesso em: 21out. 2016.

PAHL, G. et al. **Projeto na Engenharia**. 6. ed. São Paulo. Edgard Blucher, 2005.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). **Mudança do Clima 2014: impactos, adaptação e vulnerabilidade**. São Paulo: Iniciativa Verde, 2015. Disponível em: <http://www.iniciativaverde.org.br/lib/php/download.php?cfg=1&arq=produtos/cartilha_legislacao_final_site.pdf&pub=1&mde=ProdItem&cod=44>. Acesso em: 26 out. 2016.

PERALTA, A.L.; WANDER, M.M. Soil organic matter dynamics under soyben exposed elevated (CO₂). **Plant and Soil**, v.303, n. 1-2, p.69-81, 2008.

PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE. **Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos**. 3.ed. Pennsylvania: PMBOK, 2008.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão do desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SCHENATO, M. **A legislação florestal e o desenvolvimento agrário com base na tecnologia sustentável**. Rio de Janeiro: ESG, 2012.

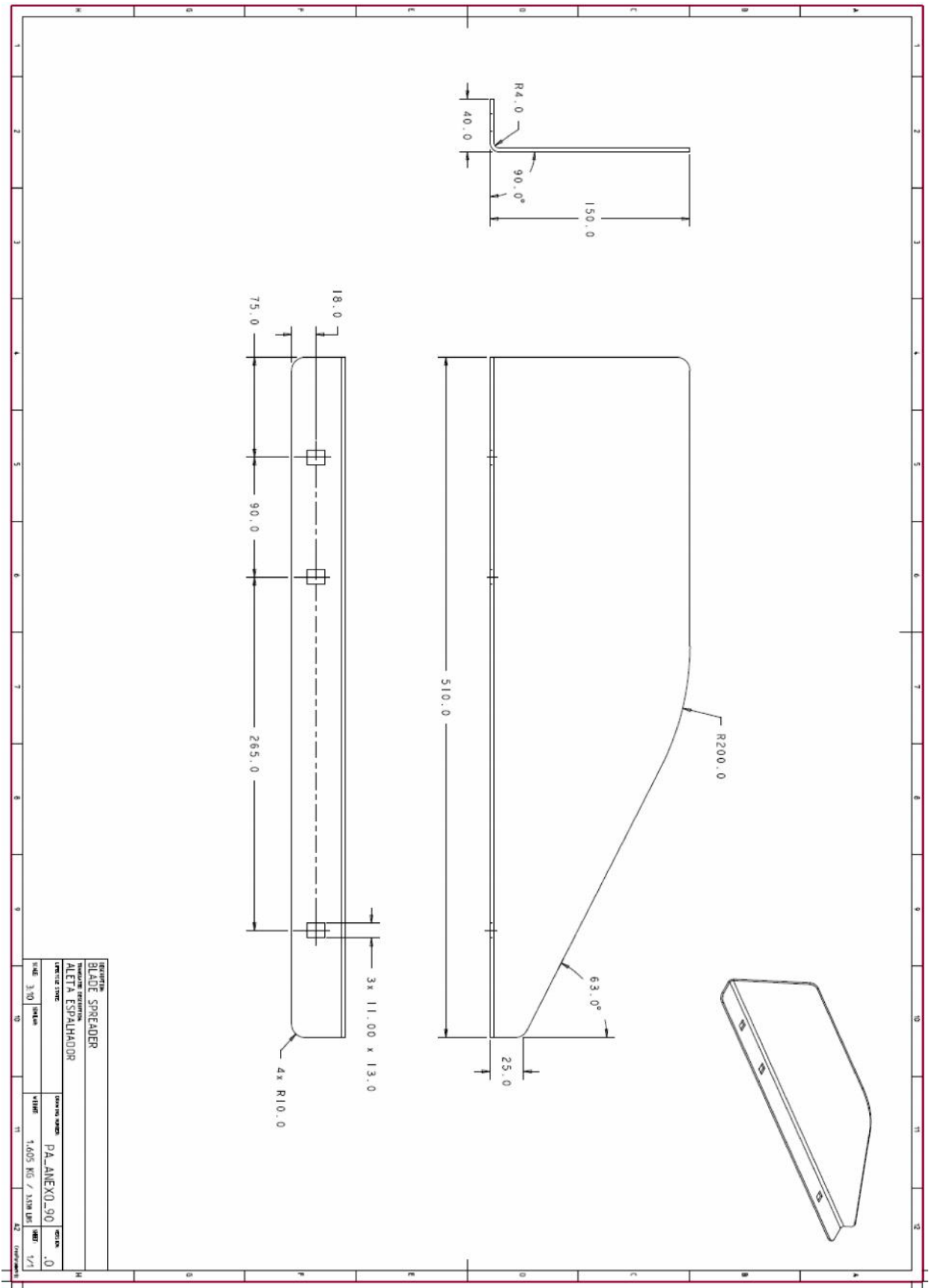
SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

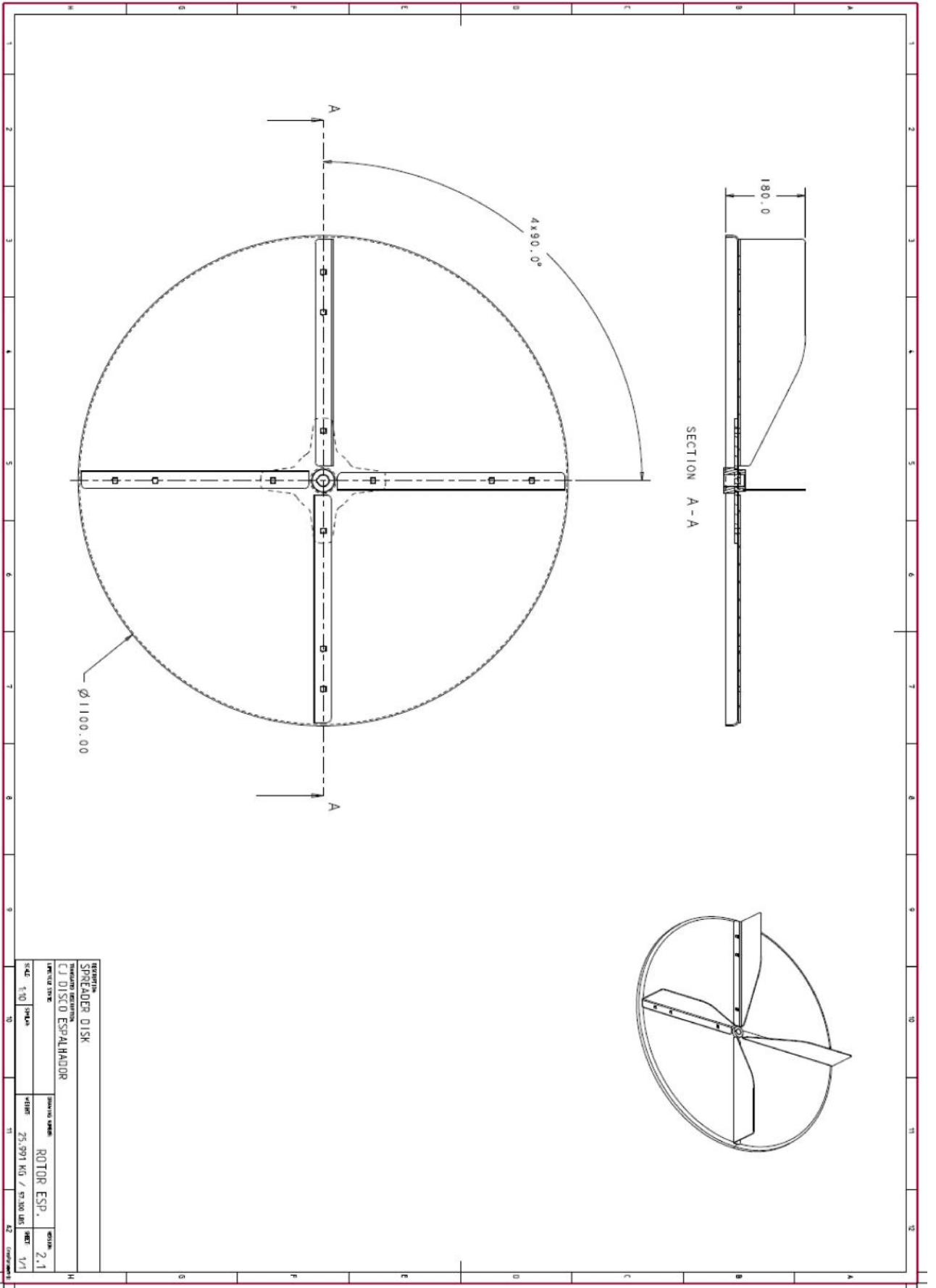
TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V. **Gestão de inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

TAVARES FILHO, João. O papel das características e propriedades físicas nas perdas de solo-água e nutrientes por erosão devida ao cultivo do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 42-44, 1987.

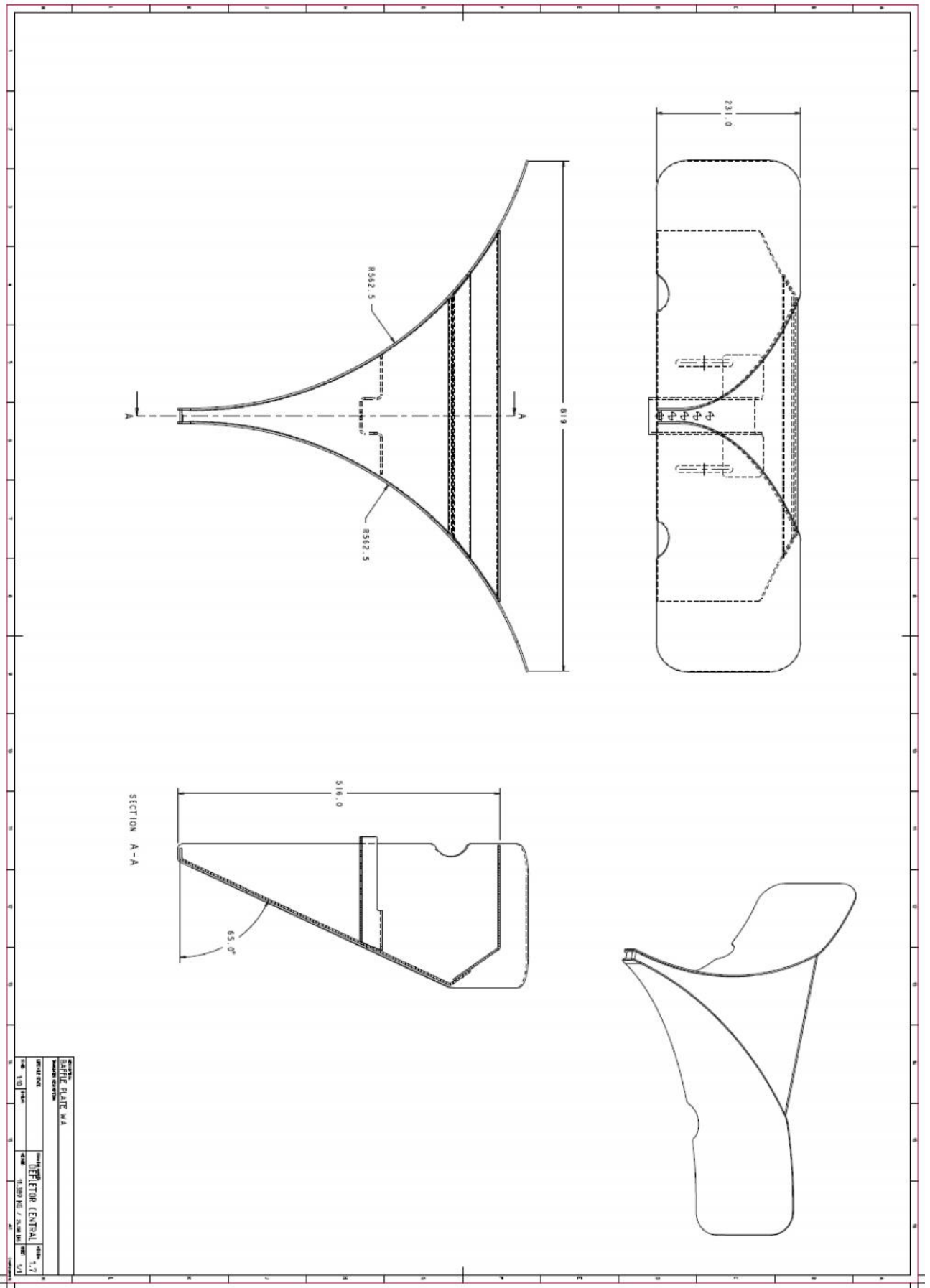
WURL, S.J.; ALBIN, S. L. A comparison of multiresponse optimization: sensitivity to parameter selection. **Quality Engineering**, v. 11, n. 3, p. 405-415, 1999.

ANEXO – Projetos Gráficos





DESCRIPCIÓN SPREADER DISK		IDENTIFICACION C) DISCO ESPALMADOR	
UNIDAD DE MEDIDA PZAS		UNIDAD DE MEDIDA ROTOR ESP.	
ESCALA 1/0	PZAS 1/1	PESO 25,991 KG / 57,300 LBS	CANTIDAD 2.1



PROJECT	
DOME PLATE W.A.	
DESCRIPTION	
DATE	SCALE
1/10	1/10
DRAWN BY	
CHECKED BY	
APPROVED BY	
PROJECT NO. / DRAWING NO.	
1.77	

