



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

WILLIAM CALDART PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLHEITA DE GRÃOS
COM HASTES FLEXÍVEIS**

Londrina
2014

WILLIAM CALDART PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLHEITA DE GRÃOS
COM HASTES FLEXÍVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch

Londrina
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

P436a Pereira, William Caldart.
Avaliação de um sistema de colheita de grãos com hastes flexíveis /
William Caldart Pereira. – Londrina, 2014.
49 f.: il.

Orientador: Ricardo Ralisch.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual
de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-
Graduação em Agronomia, 2014.
Inclui bibliografia.

1. Implementos agrícolas – Teses. 2. Mecanização agrícola –
Teses. 3. Sementes – Colheita – Teses. 4. Sementes – Perdas durante
a colheita – Teses. 5. Soja – Colheita – Teses. I. Ralisch, Ricardo. II.
Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa
de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 631.35

WILLIAM CALDART PEREIRA

**AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLHEITA DE GRÃOS COM
HASTES FLEXÍVEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito à obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador. Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. José Miguel Silveira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
– EMBRAPA

Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Cássio Egidio Cavenaghi Prete
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Osmar Conte
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
– EMBRAPA

Londrina, 21 de fevereiro de 2014

Dedico este trabalho à

minha esposa, minha mãe, meu pai e minha irmã, que independente do que aconteça, estão sempre me apoiando e dando suporte em todas as situações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, por permitir que eu complete mais essa etapa, e me dar forças para sempre continuar lutando apesar das dificuldades que apareçam.

A minha esposa, Angela Regina, por estar sempre ao meu lado, sendo paciente nos momentos que tive de deixá-la para trabalhar, me ajudando nessa jornada, proporcionando momentos de alegria durante as dificuldades.

A minha mãe, Rosmari, meu pai, Walmir, minha irmã, Andressa, que independente das minhas decisões estão sempre ao meu lado me apoiando e incentivando para que eu possa estar sempre progredindo na vida.

Minha família, que são muitos então não posso citar o nome de todos, mas sempre estão do meu lado e me dando apoio.

Ao meu orientador, Ricardo Ralisch, que me promoveu a oportunidade de voltar à academia, sempre me ajudando nas minhas fraquezas.

Aos técnicos agrícolas do IAPAR, Ronaldo, Audilei, José Carlos, amigos para toda hora, me ajudaram durante a execução dos experimentos, mesmo com todas as dificuldades que eram impostas.

Ao Kleber e o Claudemir, amigos do peito, foram de suma importância nos meus trabalhos, me ajudaram com os experimentos e parceiros das gorduras e jogatina.

Não posso esquecer do japonês, Rodrigo, que me deu suporte durante esse retorno aos estudos, parceiro das gorduras e da jogatina, também.

Ao pesquisador, José Miguel, por oferecer a oportunidade de realizar meus trabalhos na Embrapa-Soja, e que está sendo uma parceria produtiva e agradável.

Ao pesquisador do IAPAR, Adriano, que fez a ponte e o primeiro contato com meu orientador, e me incentivou a ingressar no mestrado.

Ao Eliseu, dando suporte e ajudando nos meus trabalhos e também a todos os funcionários da Embrapa-Soja que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização dos meus trabalhos.

Aos meus colegas de mestrado, pelas dias compartilhados, uns de alegria, outros de tensão, mas no final nós conseguimos.

Aos professores da Pós Graduação da UEL, que nos apoiaram e ajudaram sempre que necessário para que possamos fazer o nosso melhor.

Aos pesquisadores do IAPAR, Augusto e Paulo Roberto, que independente de tudo, me proporcionaram a minha primeira oportunidade de trabalho pós faculdade, oferecendo um rumo para minha carreira.

“O único tipo bom de instrução é aquele que caminha a frente do desenvolvimento e lidera-o.”

(Lev Vygotsky)

“Ainda que seu intelecto e todas as nuvens desapareçam, contemple uma única verdade e o céu claro aparecerá.”

(PATANJALI)

PEREIRA, William Caldart. **Avaliação de um sistema de colheita de grãos com hastes flexíveis**. 2014. 49 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

RESUMO

Concluiu-se que o protótipo desenvolvido pela parceria Embrapa-Rota tem baixos níveis de perdas qualitativas, visto que, encontrou-se apenas danos mecânicos invisíveis e em valores baixos, porém apresenta elevados valores de perdas quantitativas. Seus melhores resultados foram obtidos a velocidade de deslocamento de $1,32 \text{ m.s}^{-1}$ e rotação dos eixos de trilha de 1750 rpm. Conclusões feitas a partir do estudo que objetivou avaliar a eficiência da trilha por impacto de hastes flexíveis por meio da quantificação das perdas qualitativas e quantitativas, e determinação da melhor regulagem de trabalho. Esse trabalho foi seccionado em duas etapas: à campo (colheita) e em laboratório. Na colheita, adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com fatorial de 2×2 (duas velocidades de deslocamento e duas rotações), com parcelas de dimensão de cinco metros e cinco repetições para cada tratamento. Para essa etapa, sacos foram adaptados na parte frontal do protótipo para armazenamento do material colhido que continha grãos e OMG (Outros Materiais não Grãos), que foi quantificado e limpo, e utilizado na quantificação do OMG processado pelo protótipo. A colheita procedeu-se pela passagem do protótipo nas linhas de soja, e após, foram estimados os parâmetros de perdas quantitativas: perda no solo (feita através da coleta do material remanescente no solo), e perda na planta (pelo corte e posterior debulha e quantificação dos grãos restantes nas plantas). Na fase de laboratório foram levantados os parâmetros de qualidade expressos pelos testes de germinação pós-colheita e após seis meses de armazenamento; e tetrazólio para dano mecânico invisível e dano por percevejo. O material utilizados nesses testes foram os grãos colhidos que foram misturados, respeitando-se cada tratamento, sendo utilizadas 200 sementes para cada teste, divididas em quatro repetições de 50 sementes.

Palavras-chave: Trilha por impacto. Qualidade de sementes. Danos mecânicos. Inovação.

PEREIRA, William Caldart. **Evaluation of a harvest grain system with flexible rods**. 2014. 49 p. Dissertation (Master degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

ABSTRACT

It was concluded that the prototype developed by partnership Embrapa-Rota has low levels of qualitative losses, seeing that, it was just found invisible mechanical injuries and at low values, however it shows high values of quantitative losses. Its better results were got on displacement speed of $1,32 \text{ m.s}^{-1}$ e rotation of the thresh shafts of 1750 rpm. Conclusions made of the study that aimed evaluate the efficiency of thresh by impact of flexible rods by through of the measurement of the quantitative and qualitative losses, and determination of the better work adjustment. This study was sectioned on two parts: harvest, and laboratory tests. At harvest, it was used an experimental design completely randomized with factorial 2x2 (two displacement speed and two rotations), with parcels with size of five meters and five repetitions for each treatment. For this stage, , bags were adapted on the prototype front side to storage the harvested material that had grains and OMG (Other Materials not Grains) that was measured and cleaned, and used on the quantification of processed OMG by the prototype. The harvest was made by the passage of the prototype over the soybean rows, and after the parameters of quantitative losses were estimates. The loss on the soil made by the gathering of the material on the soil, and loss on the plant by the cut and after thresh and measurement of the grains on the plants. At laboratory stage were collected the parameters of quality by the germination test at post-harvest and six months after of storage; and tetrazolium test for invisible mechanical injury and injury by bed bug. The material used on this tests were the grains harvested that were mixed, respecting each treatment, being used 200 seed for each test, divided on four repetition of 50 seed.

Key-words: Thresh by impact. Seeds quality. Mechanical injuries. Innovation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Corte esquemático da semente de soja (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill).....	19
Figura 2.2 – Protótipo colhedor de grãos com sistema de trilha por impacto de hastes flexíveis acoplada a uma fonte de potência (trator).....	22
Figura 2.3 – Plantas após passagem do protótipo colhedor.....	23
Figura 2.4 – Desenho esquemático da entradas das plantas na colhedora.....	24
Figura 2.5 – Vista interna da câmara de trilha com apenas um eixo instalado.....	24
Figura 2.6 – Desenho esquemático do protótipo com seus componentes.....	25
Figura 3.1 – Altura máxima das plantas (A) e altura máxima de trilha antes da instalação do anteparo (B).....	33
Figura 3.2 – Anteparo instalado no protótipo para trilha de toda a planta.....	34
Figura 3.3 – Saco adaptado na parte frontal do protótipo para coleta do material trilhado.....	35
Figura 3.4 – OMG coletado pelo protótipo.....	35
Figura 3.5 – Coleta dos grãos remanescentes no solo.....	36
Figura 3.6 – Desenho esquemático do dispositivo de redução de perda (A) e dispositivos montados ao longo do canal (B).....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Médias de massa de “outros materiais não grãos” (OMG) trilhados em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos	37
Tabela 3.2 – Médias de perdas de grãos na planta e no solo em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos	38
Tabela 3.3 – Médias de perda total de grãos em duas velocidades e duas rotações dos eixos	39
Tabela 3.4 – Médias de dano mecânico invisível nos grãos determinadas pelo teste de tetrazólio (6-8) em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos	41
Tabela 3.5 – Médias de germinação pós-colheita e após seis meses de armazenamento em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos	41
Tabela 3.6 – Comparação das médias de germinação nos tratamentos	42

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	COLHEITA	14
2.1.1	Perdas na Colheita	15
2.1.1.1	Perdas quantitativas	16
2.1.1.2	Perdas qualitativas.....	16
2.2	SOJA.....	18
2.3	COLHEDORAS DE GRÃOS	19
2.3.1	Colhedoras Atualmente no Mercado.....	19
2.3.2	Sistema de Trilha	20
2.3.3	Protótipo de Trilha por Impacto de Hastes Flexíveis.....	21
2.3.3.1	Conceitos.....	21
2.3.3.2	Caraterísticas do protótipo.....	22
2.4	PROJETO MECÂNICO	26
3	ARTIGO	28
3.1	RESUMO	28
3.2	ABSTRACT	29
3.3	INTRODUÇÃO.....	29
3.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
3.6	CONCLUSÕES	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

A colheita é tida como uma operação importante dentro do processo produtivo, pois fecha o ciclo de uma cultura no campo. Assim, a mecanização dessa operação para todos os tipos de cultura é importante, devido aos problemas de escassez de mão-de-obra na agricultura para a realização dessa operação de forma manual, a penosidade do trabalho normalmente associada e aos baixos índices de eficiência e de rendimento operacional.

Para a expansão de uma cultura, transformando a mesma de cultura de subsistência em atividade comercial, é necessário que a sua mecanização. Contudo, ao se mecanizar a colheita, alguns fatores devem ser observados para que se obtenha uma operação de qualidade satisfatória, pois a sua execução de forma errônea acarreta em perdas diversas, sendo estas tanto quantitativas quanto qualitativas.

Assim, um equipamento colhedor deve visar, sempre, a redução dos níveis de perdas, seja eles de natureza quantitativa e qualitativa. Por isso, há uma busca por novas tecnologias que atendam a esses requisitos e que também possam ter rendimento aceitável não apenas em uma cultura, mas que o mesmo possa trabalhar em diversas culturas sem que haja a necessidade de grandes mudanças, o que onera seus custos.

O processo de colheita de grãos se baseia em processos de domínio público e já consagrados e que evoluíram pouco nas últimas décadas. Grande parte das colhedoras combinadas automotrizes adotam sistemas de trilha e de separação desenvolvidos no século 19 e tem sido aperfeiçoadas nos sistemas auxiliares e na eletrônica embarcada, somente. Dessa forma, pesquisas têm sido feitas com o intuito de desenvolver novos equipamentos colhedores, com concepção diferente de debulha e nesse contexto, o sistema colhedor desenvolvido pela parceira Embrapa-Soja/Rota é tido como alternativa de colheita mecanizada direta de grãos, adotando o princípio de retirada do campo apenas dos grãos sem corte da parte aérea da planta.

Esse sistema faz a trilha direta na planta e isto é possível, pois o mesmo é dotado de dois eixos com hastes flexíveis de plástico, que girando em sentidos opostos, tem função de impactarem as vagens das plantas realizando a abertura das mesmas e, conseqüentemente, liberando os grãos contidos nelas.

Nesse aspecto, buscou-se a avaliação de um protótipo com este sistema, obtendo dados sobre sua capacidade de trabalho e aspectos de perdas qualitativas e quantitativas, bem como, a sua viabilidade para incorporação como alternativa de colheita mecanizada para a cultura da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COLHEITA

A colheita é uma das fases mais importantes do processo de produção, e quando bem processada, reduz as perdas de grãos, contribuindo para a obtenção de um produto de qualidade, com alto valor comercial (SILVA et al., 2000).

Objetiva-se, na colheita, a retirada do material do campo nas melhores condições, visando grãos e sementes de alta qualidade (OLIVEIRA et al., 1997). Considerada como operação de fechamento do ciclo produtivo da cultura no campo, sua condução inadequada pode afetar as operações subsequentes, por isso, é tida como uma importante etapa do processo produtivo agrícola (SUGUISAWA et al., 2005).

A redução do número de pessoas trabalhando na agricultura e a necessidade de maior produção de alimentos, devido ao aumento da população, gera uma crescente demanda pela mecanização da colheita (CARVALHO FILHO et al., 2005).

Devido a isso, a mecanização da operação de colheita é imprescindível suprimindo assim deficiências de mão-de-obra, e possibilitando à expansão da área de cultivo de qualquer cultura, podendo transforma-la de simples exploração de subsistência em atividade empresarial. Além de colaborar para o desenvolvimento socioeconômico (SILVA et al., 2000).

A colheita de forma mecânica é considerada uma etapa de custos elevados e, geralmente, proporciona obtenção de matéria prima comprometida, em função da falta de manutenção das colhedoras e ajustes dos sistemas de trilha, separação e limpeza do produto colhido, durante a operação (FLOR et al., 2004). Por isso, essa etapa quando efetuada sem os devidos cuidados, pode proporcionar perdas expressivas, tanto em quantidade como em qualidade do produto colhido (FLOR et al., 2004; PINHEIRO NETO e GAMERO, 2000).

Quanto à participação no custo final de produção, a operação de colheita é destaque dentre as etapas que compõem o processo produtivo das principais culturas de cereais. Os custos operacionais dessa etapa oscilam entre 30 a 40% do total das operações, nas culturas do soja e do milho (SILVA, 2004).

2.1.1 Perdas na Colheita

A perda de parte dos alimentos produzidos no mundo é dada muitas vezes pelo descaso com que é tratada toda a cadeia produtiva, desde a implantação da cultura até o consumo final (GERMIRO et al., 2003). Parte significativa das perdas ocorre durante a colheita mecanizada, reduzindo a rentabilidade da operação, com prejuízos ao produtor, visto que, essa é a operação final do processo produtivo (SGARBI, 2006).

A falta de cuidado na hora da colheita, uso de máquinas e equipamentos sem manutenção ou mal regulados, bem como transporte e armazenamentos inadequados são apontados como a causa de perdas significativas (MARTINS e FARIAS, 2007). Contudo, durante o processo de colheita espera-se que ocorram perdas, porém é necessário que essas perdas sejam reduzidas a um mínimo, para que os lucros sejam maximizados (EMBRAPA, 1999b).

As perdas, geralmente, ocorrem em duas etapas: antes da colheita - pela demora na colheita (BALASTREIRE, 1987), e durante a colheita - na colhedora (plataforma, componentes do sistema de trilha, separação e limpeza). Entretanto, outros fatores podem contribuir para o aumento considerável das perdas na colheita, dentre eles estão: o mau preparo do solo; a inadequação da época da semeadura, do espaçamento e da densidade; cultivares não-adaptadas à região; ocorrência de plantas daninhas (EMBRAPA, 1999a).

Segundo EMBRAPA (2005) 80 a 85% das perdas na colheita ocorrem pela ação dos mecanismos da plataforma de corte das colhedoras, 12% ocasionadas pelos mecanismos internos e 3% causadas por deiscência natural. Por isso, é necessário conhecer as causas das perdas, sejam elas físicas ou fisiológicas, para, então, preparar a máquina para a colheita por meio de suas regulagens (EMATER, 1990).

Mesquita et al. (2001) citam que as perdas podem ser parcialmente evitadas, adotando-se alguns cuidados tais como monitoramento rigoroso das velocidades de trabalho da colhedora e aferição regular dos mecanismos de trilha, limpeza e separação.

As perdas da colheita mecanizada, são descritas como perdas quantitativas e qualitativas, e são os grandes causadoras de prejuízos financeiros às companhias e instituições produtoras de grãos (ARAÚJO, 1995).

2.1.1.1 Perdas quantitativas

As perdas quantitativas são mensuradas pela quantidade de grãos e sementes que ficam na superfície do solo, podendo ser influenciadas tanto por fatores inerentes à cultura como por fatores relacionados à colhedora. Estudos feitos por Pinheiro Neto e Gamero (2000) apontam que o mecanismos de corte e alimentação são responsáveis, respectivamente, por 61,9% a 88,6% das perdas quantitativas.

Portanto, os níveis de perdas durante a colheita podem ser afetados pelas regulagens das colhedoras e são evitadas ou reduzidas pela adoção de algumas medidas, como: monitoramento rigoroso das velocidades de trabalho da colhedora e aferição regular dos mecanismos de trilha, limpeza e separação (MESQUITA et al., 2001). As evidências têm mostrado que os lucros têm sido influenciados adversamente pela perda de grãos (FERREIRA et al., 2007).

Carvalho Filho et al. (2005) e Mesquita et al.(2002) encontraram diferenças para as perdas de grãos em função da velocidade de deslocamento, o que indica que as perdas quantitativas possuem comportamento diretamente proporcional ao acréscimo de velocidade de deslocamento das colhedoras. Confirmado por Mesquita et al. (2001), que encontraram tendência de aumento das perdas quantitativas de forma acentuada com velocidades superiores a 7 km.h⁻¹.

2.1.1.2 Perdas qualitativas

A qualidade da semente é somatório de aspectos físicos, fisiológicos, sanitários e genéticos, (FRANÇA NETO et al., 1999). A germinação e o vigor são aspectos fisiológicos que podem ser afetados, principalmente, pela ocorrência de danos mecânicos (KRZYZANOWSKI et al., 1999), que segundo Oliveira (1999), 35% desses ocorrem na colheita e 40% no beneficiamento.

Entre as causas responsáveis pela perda da qualidade em sementes, destacam-se os danos mecânicos provocados, principalmente, durante as operações de colheita e beneficiamento. Os danos como trincas ou rachaduras situadas superficialmente são facilmente detectadas, ao passo que, os danos mecânicos internos exigem exames mais detalhados para sua detecção. Contudo, não apenas os danos grandes e visíveis, mas também danos menores ou

microdanos, mesmo que invisíveis a olho nu, são fatores de redução significativa da qualidade das sementes (FLOR et al., 2004).

Os danos tem sua causa nos choques e/ou abrasões das sementes contra superfícies duras ou contra outras sementes, resultando em sementes quebradas, trincadas, fragmentadas e danificadas (ANDREWS, 1965; DELOUCHE, 1967). Sementes com essas características dificultam as operações de beneficiamento e apresentam redução da germinação e do vigor.

Na colheita, durante o momento da trilha a semente fica suscetível ao dano mecânico (imediate ou latente). Pois a ação de trilha envolve operações simultâneas de impacto, compressão e atrito, a fim de separar as sementes da estrutura que as contêm (MARCONDES et al., 2005), podendo danificar estruturas essenciais das sementes, aumentando a suscetibilidade a microrganismos e a sensibilidade a fungicidas, reduzindo o vigor e a germinação (PAIVA et al., 2000).

Conseqüentemente, é esperado de um mecanismo de trilha a redução das perdas de sementes e a minimização dos danos mecânicos transmitidos a elas (COSTA et al., 2005). Contudo, muitas vezes a existência de danos mecânicos que são, sobretudo, devido a regulagens não adequadas das máquinas que realizam a operação de colheita, principalmente, quando estas apresentam umidade inadequada. Esses danos podem atingir diferentes partes da semente, podendo comprometer totalmente um determinado lote (BASRA, 1994).

Os efeitos dos danos mecânicos podem ser imediatos, sob os quais as sementes tornam-se incapazes de germinar, e/ou latentes, sob os quais a germinação é imediatamente atingida, reduzindo também o vigor, o potencial de armazenamento e o desempenho da semente no campo (DELOUCHE, 1967). Segundo Carbonell e Krzyzanowski (1993), os danos mecânicos às sementes podem reduzir em até 10% seu poder germinativo.

Sementes mecanicamente danificadas não mantêm o vigor e a viabilidade durante o armazenamento, pois os danos interferem na taxa de respiração e permitem a entrada de microrganismos (BUNCH, 1962). E nem as melhores condições de armazenamento são apropriadas para evitar perda de qualidade, quando as sementes são mecanicamente danificadas (DELOUCHE, 1967).

Por isso, em um campo de produção de sementes, além das perdas quantitativas, existe uma preocupação maior sobre a qualidade, pois se houver

perda desse tipo por ocasião da colheita, as sementes poderão não alcançar os padrões necessários e serem recusadas para fim de semeadura. Acarretando na perda do esforço despendido, até então, para produção das sementes (PESKE et al., 2006).

2.2 SOJA

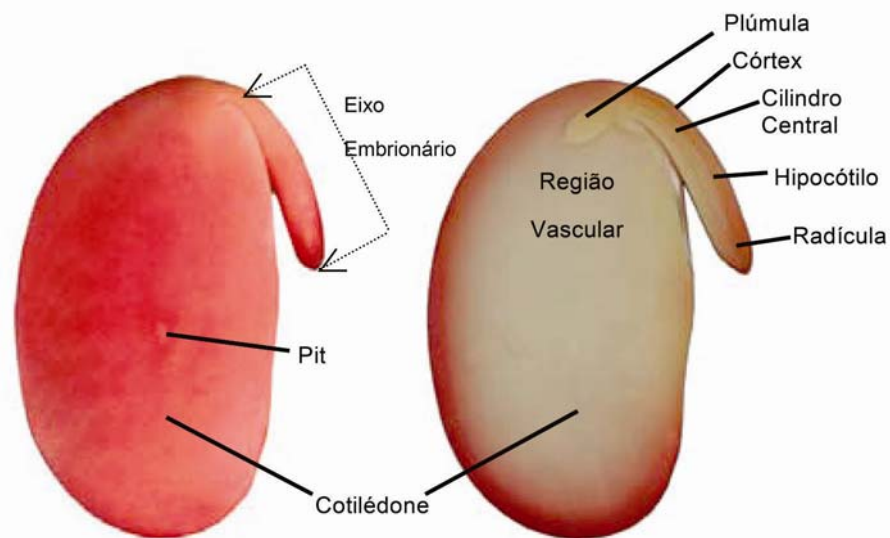
A cultura da soja (*Glycine max.* (L.) Merrill) foi introduzida no Brasil no final do século 19, tendo apresentado maior expressão a partir do final da década de 40, quando cerca de 18.000 toneladas produzidas no Estado do Rio Grande do Sul constituíram a primeira exportação nacional de soja (MARCOS FILHO et al., 1982). Desde então, ocorreu crescimento gradual da área cultivada, do rendimento e, conseqüentemente, da produção total.

Sendo uma das principais espécies cultivadas no Brasil e no mundo (FERREIRA et al., 2007), atualmente, está distribuída em praticamente todas as regiões do território brasileiro, em virtude do grande avanço nos trabalhos de pesquisa (EMBRAPA, 2001).

A soja assume grande valor socioeconômico no Brasil, devido à importância de seus produtos, principalmente, o farelo, óleo vegetal e seus derivados, tanto para o mercado interno como externo. Representando considerável fonte de divisas para o país, além da geração de empregos nos diversos setores da economia. (MANARA, 1988).

A semente de soja é sensível ao dano mecânico, uma vez que, as partes vitais do eixo embrionário (radícula, hipocótilo e plúmula) estão situadas sob um tegumento pouco espesso (Figura 2.1), que praticamente não lhe oferece proteção (FRANÇA NETO E HENNING, 1984). Como, durante a colheita mecanizada, a semente na colhedora é um corpo estático, contra o qual se movimenta um corpo metálico, as barras do cilindro trilhador (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), a mesma pode sofrer perdas qualitativas, principalmente em virtude dos impactos e atritos envolvidos no processo de trilha (CUNHA et al, 2009a).

Figura 2.1 – Corte esquemático da semente de soja (*Glycine max* (L.) Merrill).



Fonte: J.B. França Neto. Brasil, 2009, p. 301.

Existe, devido a isso, a necessidade de incorporação de novas tecnologias que reduzam os problemas com danos mecânicos sobre a semente. Quando se trata de colheita mecanizada de soja, existem no mercado as colhedoras com sistema de trilha tangencial, conhecidas como convencionais ou radiais, e as colhedoras de fluxo axial, produzindo efeitos diferenciados na qualidade fisiológica do material a ser utilizado como semente (MARCONDES et al., 2005).

2.3 COLHEDORAS DE GRÃOS

2.3.1 Colhedoras Atualmente no Mercado

O mercado dispõe, para a colheita mecânica de soja, de colhedoras com sistema de trilha com cilindro e côncavo transversais e, recentemente, as de fluxo axial, que podem produzir efeitos diferenciados na qualidade fisiológica de material a ser utilizado como semente (MARCOS e MIELII, 2003).

Esses equipamentos colhedores mantêm as funções originais dos primeiros modelos usados nos anos de 1970 (QUICK e BUCHELE, 1978), isto é, recebem, cortam/coletam e trilham a planta inteira, e, posteriormente, limpam e transportam o grão para um reservatório.

Dentre esses processos, a trilha é o sistema das colhedoras que requer a maior parte da energia produzida pelo motor (KANFOJSKI & KARWOWSKI, 1976; HUISMAN, 1983). Esse sistema é composto de cilindro/côncavo, dispostos nas colhedoras de forma tangencial, conhecidas como convencionais ou radiais, patenteado há 200 anos, ou de disposto axialmente, patenteado há 100 anos (MARCONDES et al., 2005). Ambos os sistemas aumentam o potencial de nível de dano mecânico nos grãos e, principalmente, nas sementes.

Contudo, as colhedoras com sistema de trilha axial, em que o material entra no sentido do eixo do cilindro (conhecido como rotor), apresentam como diferencial a possibilidade de redução dos índices de danos mecânicos, principalmente na colheita de sementes, em relação às colhedoras com sistema de trilha com alimentação tangencial (CUNHA et al., 2009a).

2.3.2 Sistema de Trilha

A trilha é responsável pela remoção dos grãos de suas vagens, espigas ou panículas. Sendo composto, nos equipamentos atuais, por um cilindro e côncavo, a separação do material é realizada por atrito, este gerado pela ação de rotação do cilindro, que força o cereal a passar entre ele e o côncavo, liberando assim os grãos (PORTELLA, 2000).

Grande demandador de energia (MESQUITA et al., 1998), o sistema de trilha, segundo Kanafojski e Karwowski (1976); e Huisman (1983), requer em torno de 40% da potência do motor de uma colhedora auto propelida. Desse modo, considerando a média total de energia requerida para a colheita da soja é de 80 MJ.ha⁻¹, segundo Deere e Company (1981), 32 MJ.ha⁻¹ desse montante seria utilizado nessa operação.

No entanto, estudos reportam que a energia requerida para a trilha apenas das vagens é aproximadamente de 0,013 J (10% de umidade) e 0,0372J (12,5% de umidade), segundo Mesquita et al. (1993b) e Hoag (1972), respectivamente. Provando que a média de energia requerida para abertura apenas das vagens seria aproximadamente 1 MJ.ha⁻¹, (Mesquita et al., 1989) valor substancialmente inferior do necessário para a trilha de toda a planta.

Assim, o alto gasto energético do sistema de trilha das colhedoras pode ser relacionado ao fato de toda a planta passar pelo mesmo, aumentando

assim a quantidade de “Outros Matérias não Grãos” (OMG) processados durante essa operação, o que não ocorre quando se processa apenas as vagens.

Portanto, a baixa quantidade de energia requerida para a trilha apenas das vagens de soja abre perspectivas para o desenvolvimento de mecanismos que poderão tornar mais eficiente e barata a colheita (MESQUITA et al., 1998).

2.3.3 Protótipo de Trilha Por Impacto de Hastes Flexíveis

2.3.3.1 Conceitos

Pesquisas realizadas por Hoag (1972), Quick (1974) e Mesquita (1989) indicaram a baixa demanda de energia para trilha de vagens de soja, teoria confirmada por Mesquita (1989), quando concluiu que a energia requerida para a trilha de toda a planta (haste e vagem) é aproximadamente dez vezes maior do que a requerida para apenas trilha das vagens de soja.

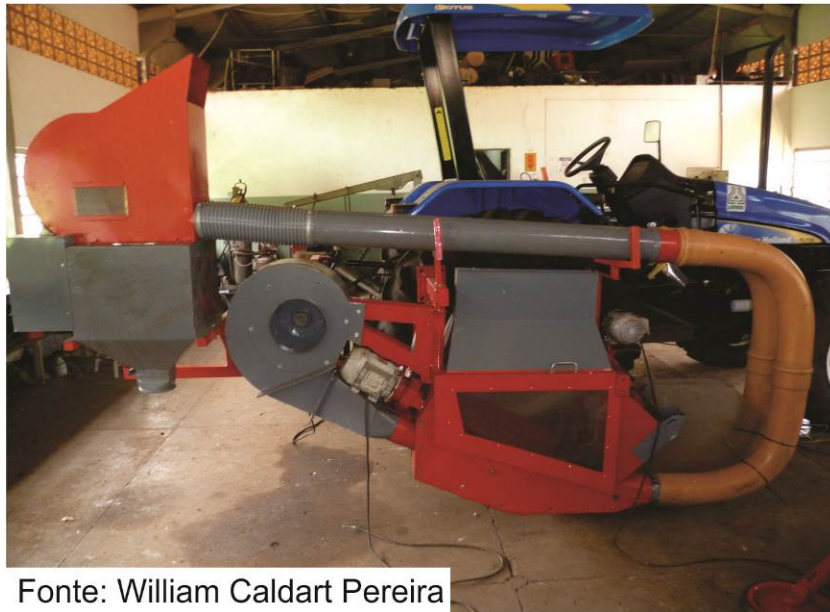
Portanto, se a quantidade de “Outros Materiais não Grão” (OMG) processados, são reduzidos, é provável que a durabilidade e segurança da colhedora irá aumentar, como também a qualidade do produto. Além disso, isso iria levar a redução do requerimento de entrada de energia, tamanho da colhedora e custos operacionais (MESQUITA, 1989).

Baseado nessas premissas, novos modelos de colhedoras e acessórios, tendo substancial redução na quantidade de OMG processados, estão sendo incorporados no mercado comercial na Europa (VICENTE e MOWITZ, 1987; KLINNER et al., 1987) e protótipos, tem sido desenvolvidos nos EUA (RITCHE, 1995).

Na mesma linha de pesquisa, Mesquita e Hanna (1993a, 1993b, 1996) e Mesquita et. al. (1997) estudaram mecanismos de trilha de soja baseados em elementos ou mecanismos de trilha não convencionais, e o conceito de não extração da planta do campo. Esses autores desenvolveram equipamentos experimentais para analisar a ação mecânica por atrito e por impacto na planta de soja e obtiveram uma eficiência de trilha superior a 93% com atrito, e 92% e 97% na trilha através de impacto por movimento de superfícies metálicas e por partes de plástico flexíveis, respectivamente.

Com esses conceitos, Mesquita et. al. (2003) desenvolveram protótipo colhedor com sistema de trilha por impacto de hastes flexíveis, sem envolvimento de corte das plantas (Figura 2.2).

Figura 2.2 – Protótipo colhedor de grãos com sistema de trilha por impacto de hastes flexíveis acoplada a uma fonte de potência (trator).



Fonte: William Caldart Pereira

2.3.3.2 Características do protótipo

O protótipo foi concebido pelo pesquisador da Embrapa, Cesar de Melo Mesquita, em parceria com a empresa Rota Ltda, sendo dotado de sistema de trilha por impacto de hastes de flexíveis onde as plantas não precisam ser cortadas ou extraídas do solo, assim processando o mínimo de OMG e um sistema pneumático que transporta e separa os grãos do OMG, que posteriormente são armazenados.

Como descrito pelo documento de patente US8479482-B2 (EMBRAPA e ROTA, 2013), a colheita realizada pelo protótipo (Figura 2.3) é feita sem a necessidade do corte das plantas, as haste permanecem no solo após a trilha, sendo o material trilhado diretamente na planta por rolos com cerdas (hastes) de náilon que giram em sentidos opostos, e ao impactarem as vagens da plantas abrem as mesmas, trazendo o grão, para o interior do equipamento, deixando presa ao solo as hastes das plantas e as vagens abertas, sem grãos. Esse sistema tem

como objetivos, diminuir os danos mecânicos e reduzir o consumo de potência para trilha.

Figura 2.3 – Plantas após passagem do protótipo colhedor.



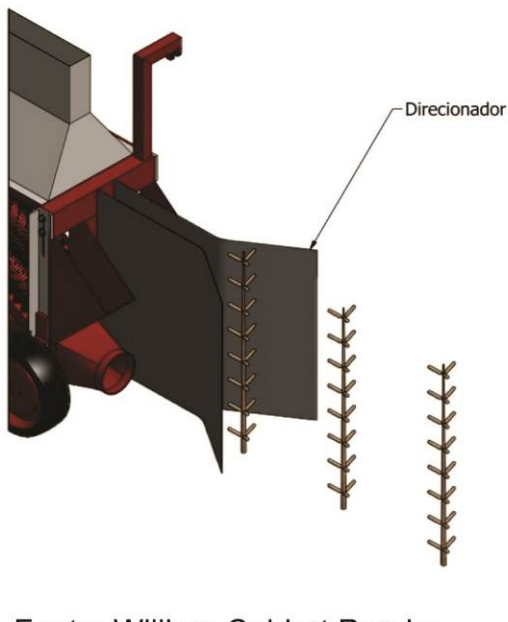
Fonte: William Caldart Pereira



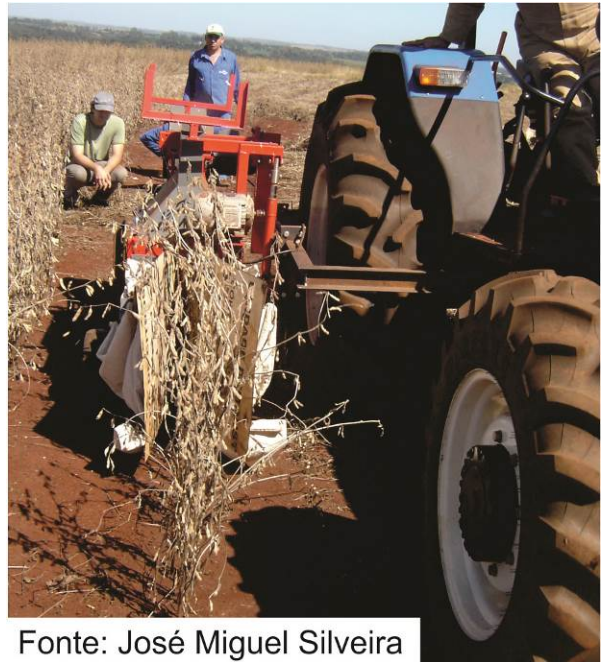
Fonte: William Caldart Pereira

O mecanismo de trilha é acondicionado em uma câmara que recebe as plantas por alimentação (Figura 2.4), sem corte ou extração, essas passam por entre os eixos paralelos que giram em direções opostas, possibilitando que as hastes flexíveis fixas nos mesmos entrem em contato com as estruturas de acondicionamento de grãos, as vagens.

Figura 2.4 – Desenho esquemático da entrada das plantas na colhedora.



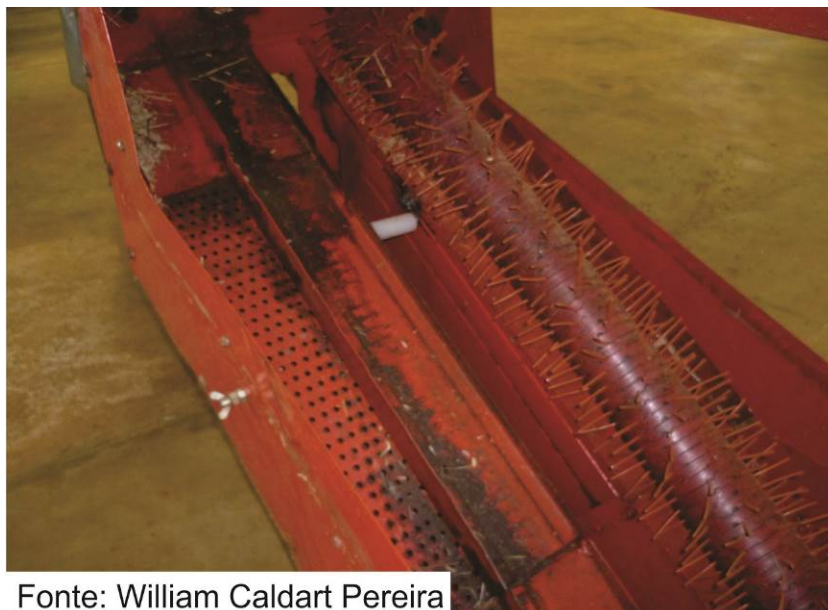
Fonte: William Caldart Pereira



Fonte: José Miguel Silveira

A energia de impacto faz com que as vagens se abram, e os grãos sejam arremessados para cima, liberando-os na câmara. As hastes são elementos independentes e responsáveis pela trilha (Figura 2.5), que são fixadas radialmente na abertura lateral de anéis, passando através de um canal semicircular que trava as mesmas, de modo a formar uma espiral no eixo e são confeccionadas de material injetado e flexível.

Figura 2.5 – Vista interna da câmara de trilha com apenas um eixo de trilha instalado.



Fonte: William Caldart Pereira

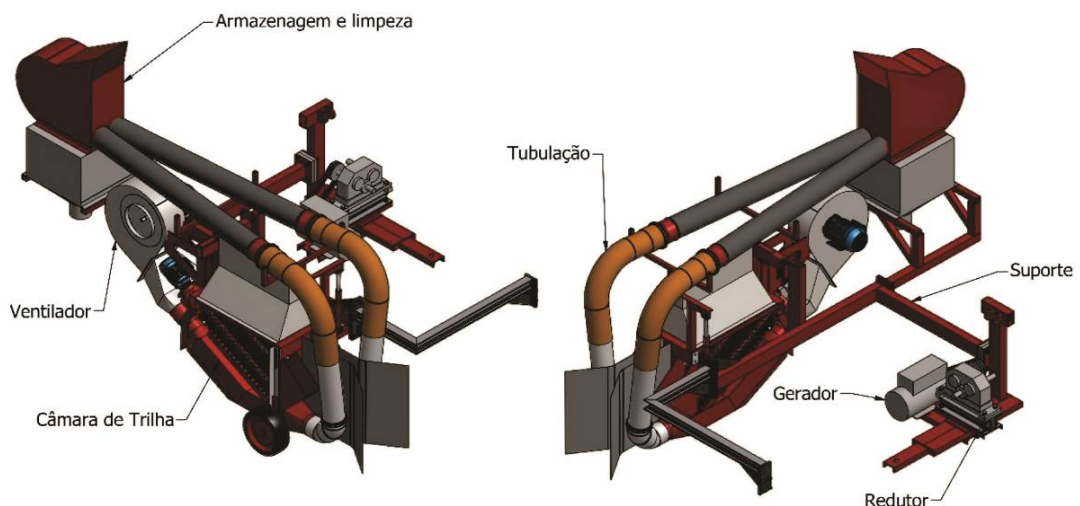
A distribuição das hastes em volta da circunferência do anel é equidistante, formando um ângulo de 60° entre elas. Os anéis, que seguram as hastes, são acoplados ao longo de cada eixo, de forma que estejam em contato com a superfície do eixo; isto é possível porque cada anel é travado pelo seu adjacente, por meio de projeções e sulcos combinados na sua superfície. O primeiro anel é travado por meio de um parafuso prisioneiro fixo no eixo. Na extremidade superior do eixo existe uma pequena seção com rosca, o qual permite o aperto do último anel instalado por meio de uma porca. Os anéis giram em conjunto com os eixos.

Os eixos são inclinados de modo que uma de suas extremidades fique mais próxima do solo formando um ângulo de 30° e são dispostos paralelamente, rotacionados em sentidos opostos (horário e anti-horário) e direcionados para irem de encontro às linhas de plantas.

A limpeza do material é realizada por ar, utilizado com o objetivo de reduzir danos mecânicos. Além da limpeza, o ar serve como proponente do transporte dos grãos durante o seu percurso dentro do sistema até a destinação final, o local de armazenamento.

Todos os sistemas embarcados (Figura 2.6) dentro do protótipo são acionados por motores elétricos, em que um gerador, ligado a uma caixa multiplicadora que é acionado pela tomada de potência do trator, produz a energia elétrica para os mesmo. O protótipo é acoplado lateralmente no trator, via suporte, e possibilita a colheita uma linha.

Figura 2.6 – Desenho esquemático do protótipo com seus componentes.



Fonte: William Caldart Pereira

2.4 PROJETO MECÂNICO

Quando se projeta tenta-se, tanto solucionar um problema quanto formular um plano de satisfação de uma necessidade específica (BUDYNAS e NISBETT, 2008). Se a partir disso resultar algo real, esse produto dever ser:

- Funcional, atendendo as necessidades e expectativas;
- Seguro, não oferecendo perigo ao usuário;
- Confiável, que esse produto vai desempenhar sua função satisfatoriamente, ou sem falhar com certa idade mínima;
- Competitivo, sendo forte competidor em seu mercado;
- Utilizável, sendo amigável ao usuário;
- Manufaturável, adequado a produção em massa;
- Mercável, este sendo possível de ser comprado e com assistência disponível.

Seguindo esses conceitos, primeiramente o projetista deve iniciar sabendo como reconhecer uma alternativa satisfatória, ter conhecimento de conseguir distinguir entre duas ou mais alternativas que possam realizar o problema, com melhor eficiência (SHIGLEY et al., 2005). Assim, o projetista pode elaborar estratégias de otimização, desdobradas nas seguintes tarefas:

- Elaborar soluções alternativas;
- Estabelecer métricas-chave de desempenho;
- Mediante análise e teste, simular e prever o desempenho de cada alternativa, reter as satisfatórias e descartando as insatisfatórias;
- Escolher a melhor alternativa satisfatória descoberta como uma aproximação ao ótimo;
- Implementar o projeto.

Inicia-se o ponto de caracterização de uma tarefa, induzindo a um pensamento de que buscamos um problema e que ele sempre tem uma solução. Contudo às vezes não temos uma solução, tendo um projeto vazio; nessa situação pode-se tolerar certas situações, compensando essa ausência de soluções. Contudo, para os problemas, geralmente, têm-se mais de uma solução, e o projetista

deve ter a capacidade de distinguir entre elas, escolhendo a que melhor desempenho ou resolva o problema levantado (SHIGLEY et al., 2005).

Por isso, projetar é um processo inovador e altamente interativo, sendo também uma ferramenta de tomada de decisão. Decisões que as vezes são baseadas em poucas informações, com a quantidade certa, ou com fartura das mesmas porém em seu contexto contraditórias (BUDYNAS e NISBETT, 2008).

Outro fator relevante quando se projeta é a necessidade de estar sempre em intensa comunicação em que palavras e desenhos são ambos utilizados, tendo os engenheiros sempre que manter uma comunicação efetiva e trabalhar com pessoas de diversas áreas ou disciplinas. Considerando todos esses aspectos e combinando os mesmos, produz-se um plano que resulta em um produto que satisfaça todas as necessidades do problema levantado (SHIGLEY et al., 2005).

3 ARTIGO

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE COLHEITA DE GRÃOS COM HASTES FLEXÍVEIS

3.1 RESUMO

Concluiu-se que o protótipo desenvolvido pela parceria Embrapa-Rota tem baixos níveis de perdas qualitativas, visto que, encontrou-se apenas danos mecânicos invisíveis e em valores baixos, porém apresenta elevados valores de perdas quantitativas. Seus melhores resultados foram obtidos a velocidade de deslocamento de $1,32 \text{ m.s}^{-1}$ e rotação dos eixos de trilha de 1750 rpm. Conclusões feitas a partir do estudo que objetivou avaliar a eficiência da trilha por impacto de hastes flexíveis por meio da quantificação das perdas qualitativas e quantitativas, e determinação da melhor regulagem de trabalho. Esse trabalho foi seccionado em duas etapas: à campo (colheita) e em laboratório. Na colheita, adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com fatorial de 2x2 (duas velocidades de deslocamento e duas rotações), com parcelas de dimensão de cinco metros e cinco repetições para cada tratamento. Para essa etapa, sacos foram adaptados na parte frontal do protótipo para armazenamento do material colhido que continha grãos e OMG (Outros Materiais não Grãos), que foi quantificado e limpo, e utilizado na quantificação do OMG processado pelo protótipo. A colheita procedeu-se pela passagem do protótipo nas linhas de soja, e após, foram estimados os parâmetros de perdas quantitativas: perda no solo (feita através da coleta do material remanescente no solo), e perda na planta (pelo corte e posterior debulha e quantificação dos grãos restantes nas plantas). Na fase de laboratório foram levantados os parâmetros de qualidade expressos pelos testes de germinação pós-colheita e após seis meses de armazenamento; e tetrazólio para dano mecânico invisível e dano por percevejo. O material utilizados nesses testes foram os grãos colhidos que foram misturados, respeitando-se cada tratamento, sendo utilizadas 200 sementes para cada teste, divididas em quatro repetições de 50 sementes.

Palavras-chave: Trilha por impacto. Qualidade de sementes. Danos mecânicos. Inovação.

EVALUATION OF A HARVEST GRAIN SYSTEM WITH FLEXIBLE RODS

3.2 ABSTRACT

It was concluded that the prototype developed by partnership Embrapa-Rota has low levels of qualitative losses, seeing that, it was just found invisible mechanical injuries and at low values, however it shows high values of quantitative losses. Its better results were got on displacement speed of $1,32 \text{ m.s}^{-1}$ e rotation of the thresh shafts of 1750 rpm. Conclusions made of the study that aimed evaluate the efficiency of thresh by impact of flexible rods by through of the measurement of the quantitative and qualitative losses, and determination of the better work adjustment. This study was sectioned on two parts: harvest, and laboratory tests. At harvest, it was used an experimental design completely randomized with factorial 2x2 (two displacement speed and two rotations), with parcels with size of five meters and five repetitions for each treatment. For this stage, , bags were adapted on the prototype front side to storage the harvested material that had grains and OMG (Other Materials not Grains) that was measured and cleaned, and used on the quantification of processed OMG by the prototype. The harvest was made by the passage of the prototype over the soybean rows, and after the parameters of quantitative losses were estimates. The loss on the soil made by the gathering of the material on the soil, and loss on the plant by the cut and after thresh and measurement of the grains on the plants. At laboratory stage were collected the parameters of quality by the germination test at post-harvest and six months after of storage; and tetrazolium test for invisible mechanical injury and injury by bed bug. The material used on this tests were the grains harvested that were mixed, respecting each treatment, being used 200 seed for each test, divided on four repetition of 50 seed.

Key-words: Thresh by impact. Seeds quality. Mechanical injuries. Innovation.

3.3 INTRODUÇÃO

A colheita é uma das fases mais importantes do processo de produção (SILVA et al., 2000), e objetiva-se a retirada do material do campo nas melhores condições, visando sementes de alta qualidade (OLIVEIRA et al., 1997). Considerada como operação de fechamento do ciclo produtivo da cultura no campo, sua condução inadequada pode afetar as operações subsequentes, por isso, é tida como uma importante etapa do processo produtivo agrícola (SUGUISAWA et al., 2005).

A redução do número de pessoas trabalhando na agricultura e a necessidade de maior produção de alimentos, gera uma crescente demanda pela mecanização da colheita (CARVALHO FILHO et al., 2005). Assim, a mecanização da operação de colheita torna-se imprescindível à expansão da área de cultivo de

qualquer cultura transformando-a de simples exploração de subsistência em atividade empresarial (SILVA et al., 2000).

Contudo, a colheita de forma mecânica é considerada uma etapa de custos elevados e, geralmente, proporciona obtenção de matéria prima comprometida (FLOR et al., 2004), podendo proporcionar perdas expressivas, tanto em quantidade como em qualidade do produto colhido (Flor et al., 2004; PINHEIRO NETO e GAMERO, 2000). Quanto à participação no custo final de produção, é destaque dentre as etapas que compõem o processo produtivo das principais culturas de cereais, pois seus custos operacionais oscilam entre 30 a 40% do total das operações, nas culturas do soja e do milho (SILVA, 2004).

Introduzida no Brasil no final do século 19 (Marcos Filho et al., 1982), a cultura da soja (*Glycine max.* (L.) Merrill), desde então, demonstra crescimento gradual da área cultivada, do rendimento e, conseqüentemente, da produção total. Sendo uma das principais espécies cultivadas no Brasil e no mundo (FERREIRA et al., 2007), atualmente, está distribuída em praticamente todas as regiões do território brasileiro, em virtude do grande avanço nos trabalhos de pesquisa (EMBRAPA, 2001).

Assumindo grande valor socioeconômico no Brasil, devido à importância de seus produtos tanto para o mercado interno como externo, a soja representa considerável fonte de divisas para o país, além da geração de empregos nos diversos setores da economia (MANARA, 1988).

Na colheita da soja ocorre parte significativa das perdas (SGARBI, 2006), quantitativas, pelos grãos e sementes remanescentes na superfície do solo (FERREIRA et al., 2007), e qualitativas, principalmente em virtude dos impactos e atritos envolvidos no processo de trilha (CUNHA et al., 2009a), levando a redução da produtividade e rentabilidade da operação e exploração, com prejuízos ao produtor, visto que, essa operação é realizada momento no qual o grão tem o maior valor agregado (SGARBI, 2006).

Portanto, na colheita é a etapa onde a soja está mais sujeita a perda de qualidade, pois sua semente é sensível ao dano mecânico, uma vez que, as partes vitais do eixo embrionário (radícula, hipocótilo e plúmula) estão situados sob um tegumento pouco espesso, que praticamente não lhe oferece proteção (FRANÇA NETO E HENNING, 1984).

Se tratando de colheita mecanizada de soja, existem no mercado colhedoras com sistema de trilha disposto de forma tangencial, conhecidas como convencionais ou radiais, patenteado há 200 anos, e disposto axialmente, patenteado há 100 anos (MARCONDES et al., 2005). Ambos os sistemas aumentam o potencial de nível de dano mecânico nos grãos e, principalmente, nas sementes.

Outro fator relevante, é o fato desses equipamentos colhedores manterem as funções originais dos primeiros modelos usados nos anos de 1970 (QUICK e BUCHELE, 1978), isto é, recebem, cortam/coletam e trilham a planta inteira, e, posteriormente, limpam e transportam o grão para um reservatório. Desses sistemas, a trilha, composta de cilindro/côncavo, é o sistema das colhedoras que requer a maior parte da energia produzida pelo motor (KANFOJSKI e KARWOWSKI, 1976; HUISMAN, 1983), por volta de 40% da potência do motor. Devido a isso, existe a necessidade de incorporação de novas tecnologias que reduzam a demanda de potência para os sistemas das colhedoras, bem como, problemas com danos mecânicos sobre a semente (MARCONDES et al., 2005).

Esses fatores foram justificativas para as pesquisas realizadas por Hoad (1972), Quick (1974) que indicaram a baixa demanda de energia para trilha de vagens de soja, confirmado por Mesquita (1989), quando concluiu que a energia requerida para a trilha das vagens é aproximadamente dez vezes menor que a requerida para trilhar toda a planta (haste e vagem).

Portanto, reduzindo a quantidade de “Outros Materiais não Grão” (OMG) processados, é provável que ocorra redução do requerimento de entrada de energia, tamanho da colhedora e custos operacionais (MESQUITA, 1989). Baseado nesses conceitos, novos modelos de colhedoras e acessórios estão sendo incorporados no mercado comercial na Europa (VICENTE e MOWITZ, 1987; KLINNER et. al., 1987) e protótipos tem sido desenvolvidos nos EUA (RITCHE, 1995), sempre visando a redução na quantidade de OMG processados,

Seguindo a mesma linha, Mesquita e Hanna (1993a, 1993b, 1996) e MESQUITA et. al. (1997) estudaram mecanismos de trilha de soja baseado em elementos de trilha não convencionais ou mecanismos e o conceito de não extração da planta do campo. Sendo concebido por Mesquita et. al. (2003) um protótipo para colheita com sistema de trilha por impacto de hastes flexíveis sem envolvimento de corte das plantas.

O protótipo trilha o material diretamente na planta por meio de rolos com cerdas (hastes) de náilon que giram em sentidos opostos impactando as vagens da planta abrindo as mesmas, trazendo o grão para o interior do equipamento, deixando preso ao solo as hastes das plantas e as vagens abertas, sem grãos. O objetivo do sistema de trilha é diminuir os danos mecânicos e reduzir o consumo de potência para trilha (EMBRAPA e ROTA, 2013).

Baseando-se nessas premissas, e na hipótese do protótipo desenvolvido ser alternativa para colheita mecanizada grãos e sementes. Objetivou-se avaliar a eficiência da trilha por impacto de hastes flexíveis por meio da quantificação das perdas qualitativas e quantitativas, e determinar a melhor regulagem de trabalho.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação do sistema de trilha do protótipo foi feita na colheita da safra 2012/2013, realizada em duas etapas. A colheita do material foi realizada na fazenda experimental do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, visando a obtenção de dados sobre perdas quantitativas. E a análise das sementes no Laboratório de Sementes da Universidade Estadual de Londrina – UEL, que objetivou a avaliação das perdas qualitativas.

O protótipo em questão é caracterizado por realizar a colheita feita sem corte das plantas, ficando as haste no solo após a trilha. O mecanismo de trilha é acondicionado em uma câmara que recebe as plantas por alimentação, sem corte ou extração, essas passam por entre os eixos paralelos que giram em direções opostas, possibilitando que as hastes flexíveis fixas nos mesmos entrem em contato com as estruturas de acondicionamento de grãos, as vagens. Assim, o material é trilhado diretamente na planta, deixando no solo as hastes das plantas e as vagens abertas, sem grãos.

O mesmo foi montado em um trator modelo TL-75, marca New Holland, com 75 cv de potência, trabalhando a rotação de 2000 rpm no motor, pois nessa condição tinha-se a rotação de 450 rpm na tomada de potência que ao passar pela caixa multiplicadora gerou 1800 rpm, rotação ideal para o acionamento do gerador elétrico, dispositivo necessário para acionamentos dos motores do protótipo.

Assim, a partir dessa rotação do motor do trator foram escalonadas as velocidades de trabalho.

Antes das avaliações, foram feitos ensaios preliminares, sem coleta de material, com o intuito da equipe familiarizar-se com o protótipo. Nesses ensaios descobriu-se que o equipamento trilhava a 0,70 m de altura em relação ao solo (Figura 3.1A), altura máxima dos eixos de trilha, mas como as plantas têm altura superior a 0,70 m (Figura 3.1B), o material acima desta altura não era trilhado. Baseado nessas observações, adaptou-se um anteparo (Figura 3.2) no interior da câmara de trilha, para que o mesmo fizesse com que, ao encontrar esse dispositivo, a planta deslizasse e conseqüentemente envergasse forçando-a ser trilhada por completo.

Figura 3.1 – Altura máxima das plantas (A) e altura máxima de trilha antes da instalação do anteparo (B).

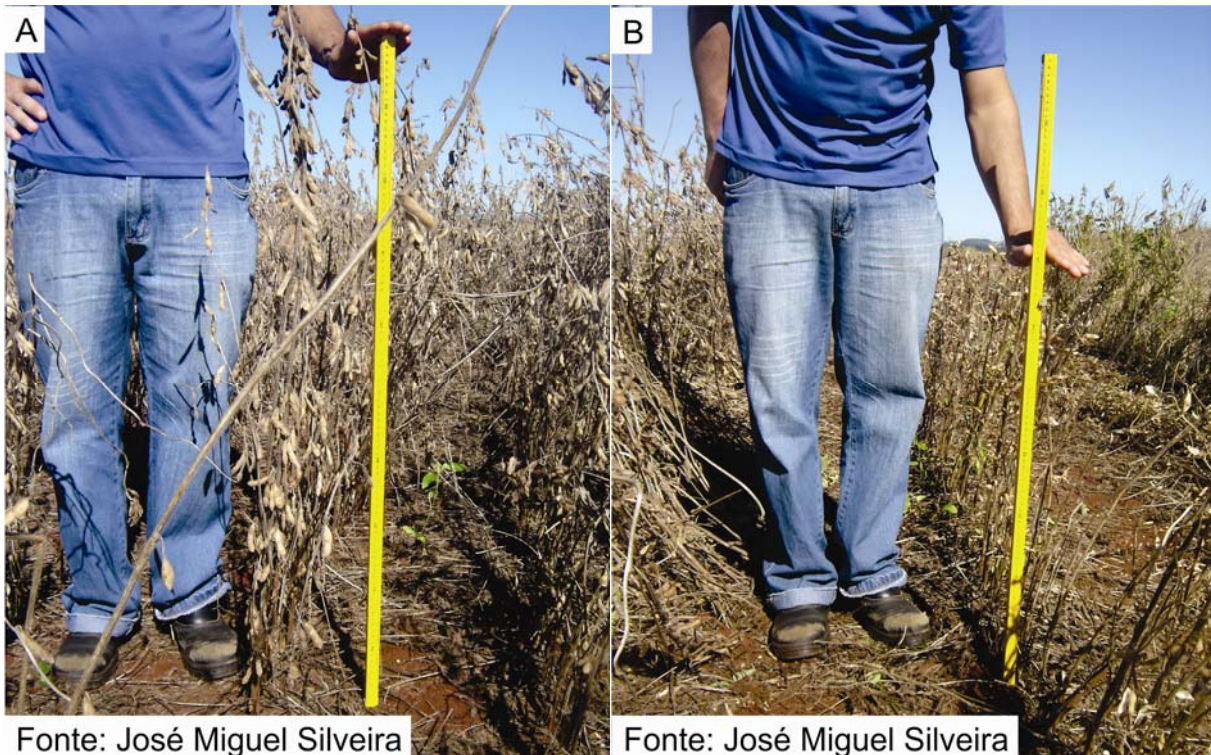
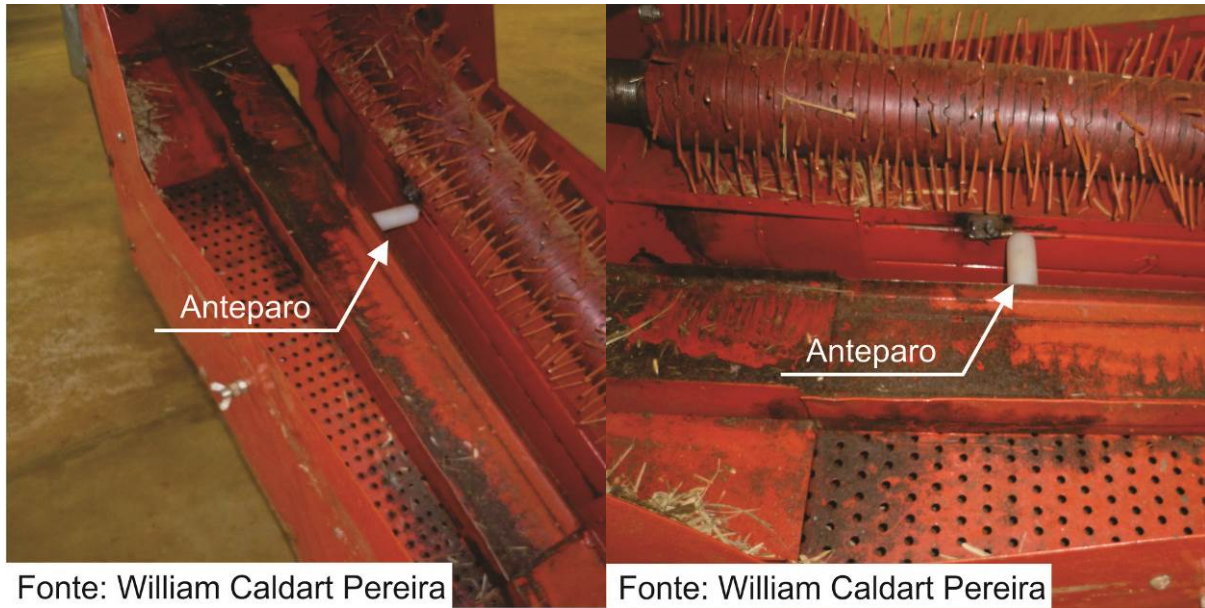


Figura 3.2 – Anteparo instalado no protótipo para trilha de toda a planta.



Fonte: William Caldart Pereira

Fonte: William Caldart Pereira

Adotou-se para o estudo um delineamento experimental inteiramente casualizado, compondo um fatorial de 2x2, sendo composto de duas velocidades de deslocamento, $0,57 \text{ m.s}^{-1}$ ($2,05 \text{ km.h}^{-1}$) e $1,32 \text{ m.s}^{-1}$ ($4,75 \text{ km.h}^{-1}$) (V1 e V2), e duas velocidades de trilha, 1300 e 1750 rpm (R1 e R2), compondo-se 5 repetições para cada tratamento e parcelas experimentais de 5 metros. Avaliando-se as perdas quantitativas e qualitativas.

Na realização da colheita, antes da passagem da colhedora, a área junto à linha de colheita foi limpa com o objetivo de facilitar a contagem das perdas quantitativas e remover qualquer semente que já se encontrasse no solo, o que poderia acarretar na incoerência dos dados. Como o objetivo foi avaliação da trilha, utilizou-se de sacos de pano na parte frontal da colhedora (Figura 3.3), como local de armazenamento do material trilhado pelo protótipo, eliminando qualquer influência dos sistemas de transporte e limpeza do protótipo. O material coletado nos sacos (Figura 3.4), contendo “Outros Materiais não Grão” (OMG) e grãos, foi quantificado e passado por limpeza, no qual separou-se apenas os grãos, posteriormente pesados. A diferença entre o total coletado e a massa de grãos resultou no valor de OMG coletado pelo equipamento e esse valor foi transformado para quilogramas por hectares.

Durante essa operação fez-se avaliação visual do protótipo durante o regime de trabalho visando identificar os locais onde as perdas estariam ocorrendo. A partir dessa avaliação, realizou-se um estudo para a implementação de

um mecanismo de baixo custo e de fácil adaptação ao protótipo, objetivando a redução das perdas quantitativas durante a trilha das plantas.

Figura 3.3 – Saco adaptado na parte frontal do protótipo para coleta do material trilhado.



Fonte: William Caldart Pereira

Fonte: José Miguel Silveira

Figura 3.4 – OMG coletado pelo protótipo.



Fonte: José Miguel Silveira

Após a passagem da máquina foram avaliadas as perdas quantitativas, separadas em perdas no solo e na planta. As perdas no solo (Figura 3.5) se procederam com a coleta dos grãos que se encontravam na superfície do solo dentro da parcela, e a perda nas plantas deu-se com o corte das plantas e posterior debulha manual, obtendo a quantidade de grãos remanescente nelas. Os dois materiais foram pesados e anotados separadamente e seu somatório compôs a perda total de grãos gerada pelo equipamento, convertidas em sacos por hectares.

Figura 3.5 – Coleta dos grãos remanescentes no solo.



Fonte: José Miguel Silveira

Os grãos colhidos, após limpeza, foram homogeneizados respeitando-se cada tratamento. Esse material foi utilizado para estimar as perdas qualitativas avaliadas pelos parâmetros de germinação; dano mecânico invisível e dano por percevejo por meio do teste de tetrazólio.

A germinação foi avaliada em duas épocas: logo após a colheita e seis meses após a colheita. Nesta última, os grãos remanescentes foram armazenados em sacos de papel "Kraft" e mantidos em local arejado. O teste para ambas as épocas se procedeu utilizando 200 sementes, separadas em quatro repetições de 50 sementes, semeadas em rolos de papel tipo germitest, com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca, e colocadas em germinador regulado a 25 °C. A primeira contagem de plântulas normais foi realizada ao quinto dia após a semeadura e a segunda se deu ao sétimo dia, que também foi o final do teste (BRASIL, 2009).

O teste de tetrazólio foi empregado para averiguar danos mecânicos causados pelo mecanismo de trilha e os danos causados por percevejos. Foram utilizadas 200 sementes de cada amostra, divididas em quatro amostras de 50 sementes que foram pré-condicionadas em papel germitest umedecido, com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a sua massa, durante 16 h, em temperatura ambiente. Em seguida, as sementes foram depositadas em copos plásticos de 50 mL de capacidade, sendo adicionada solução na concentração de 0,1% de 2,3,5-trifenil-cloreto-de-tetrazólio, e colocadas em estufa, com temperatura de 40 °C, no escuro, por duas horas, sendo lavadas posteriormente em água

corrente e analisadas individualmente, conforme metodologia descrita por Costa et al. (2007), sendo expresso o valor pela quantidade de sementes danificadas.

Os dados foram avaliados estatisticamente pela análise de variância, comparados pelo teste F, em nível de significância de 5%.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A quantidade de OMG coletado pelo sistema de trilha, do protótipo, variou, significativamente, em função da velocidade de descolamento, sendo que nas velocidades maiores obtém-se menor quantidade de massa coletada pelo sistema (Tabela 3.1), independente da rotação do eixo de trilha. Em comparação com uma colhedora convencional, onde toda a planta é cortada e trilhada, a quantidade de OMG processado é inferior no protótipo, entre 443,36 e 765,23 kg.ha⁻¹, confirmado pela comparação com valor de OMG de 2.166,67 kg.ha⁻¹, encontrado por Kunz et. al (2008), mostrando que os valores do protótipo são até 75% inferiores, quando comparado com a média.

Essa inferior quantidade de material processado, confirma o baixo consumo de potência do protótipo para a trilha das plantas, pois segundo MESQUITA (1989) se a quantidade de OMG processada é reduzida, reduz-se o requerimento de entrada de energia, o que é confirmado por Hoag (1972), Quick (1974) e Mesquita (1989), que comprovam a baixa demanda de energia para a trilha apenas das vagens.

Tabela 3.1 – Médias de massa de “outros materiais não grãos” (OMG) trilhados em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos.

Velocidade	OMG (kg.ha ⁻¹)		Média
	Rotação da trilha		
	R1	R2	
V1	504,56 Aa	765,23 Aa	634,89 A
V2	451,24 Ba	443,36 Ba	447,3 B
Média	477,9 a	604,26 a	
CV (%)	26,82		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente a 5% de significância.

Os resultados de perdas quantitativas no protótipo mostraram valores estatisticamente diferentes tanto para as velocidades quanto para as rotações do eixo de trilha (Tabela 3.2). Na rotação e velocidade mais altas tem-se uma redução da quantidade de sementes remanescentes nas plantas. Portanto, o trabalho a $1,32 \text{ m.s}^{-1}$ (V2) e 1750 rpm (R2) obteve o melhor resultado na remoção dos grãos das plantas e valores superiores aos estudados podem gerar uma redução da perda na planta a níveis aceitáveis.

Comparativamente, com os trabalhos de Carvalho Filho et al. (2005) e Ferreira et al. (2007), onde os autores separam as perdas da plataforma e mecanismos internos (trilha), valores de perda pelos mecanismos internos foram de 0,56 e 0,17 sc.ha^{-1} , mostrando que o protótipo, com valores entre 4,88 e 8,92 sc.ha^{-1} , tem perdas nos mecanismos internos (trilha) elevados e muito acima dos obtidos em colhedoras comerciais.

Observa-se, na perda no solo, diferenças apenas para tratamento V2R2, devendo-se ao fato dessa condição trilhar maior quantidade dos grãos (Tabela 3.2), ou seja, trilha uma maior quantidade de grãos, o que conseqüentemente aumenta a massa de grãos passíveis de perda. Estudando perdas, Carvalho Filho et. al. (2005) e Magalhães et. al. (2009) encontraram valores de 0,95 e 0,54 sc.ha^{-1} , respectivamente, mostrando que o protótipo também apresenta perdas muito superiores aos estudados em colhedoras comerciais.

Tabela 3.2 – Médias de perdas de grãos na planta e no solo em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos.

Perda na Planta (sc.ha^{-1})				Perda no solo (sc.ha^{-1})			
Velocidade	Rotação da trilha		Média	Velocidade	Rotação da trilha		Média
	R1	R2			R1	R2	
V1	8,92 Aa	5,56 Ab	7,24 A	V1	3,85 Aa	2,87 Aa	3,36 A
V2	6,54 Ba	4,88 Bb	5,71 B	V2	2,99 Aa	4,39 Bb	3,69 A
Média	7,73 a	5,22 b		Média	3,42 a	3,63 a	
CV (%)	23,3			CV (%)	25,9		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente a 5% de significância.

Para perdas totais, os maiores valores foram obtidos na velocidade V1 e rotação R1 (Tabela 3.3), sendo que para os demais tratamentos não houve

diferença, fato devido a alta quantidade de material remascente nas plantas (Tabela 3.2), o que elevou os valores de perdas totais. Nos outros tratamentos, ocorreu uma equalização entre as perdas no solo e na planta, gerando valores similares.

As perdas geradas por esse protótipo foram altas, ficando acima do valor tolerável recomendado por Silveira e Conte (2013) e Embrapa (2011) de 1 sc.ha⁻¹ independente da cultura e foram também superiores aos obtidos em estudos feitos por Carvalho Filho et. al. (2005), Pinheiro Neto e Troli (2008), 1,65 e 0,53 sc.ha⁻¹, respectivamente.

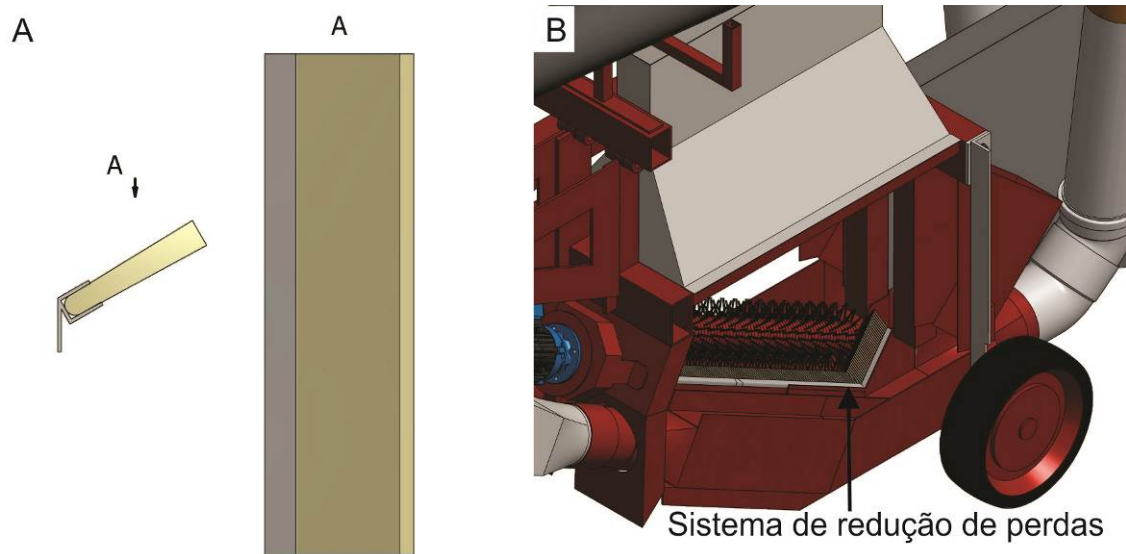
Tabela 3.3 – Médias de perda total de grãos em duas velocidades e duas rotações dos eixos.

Velocidade	Perda total (sc.ha ⁻¹)		Média
	Rotação da trilha		
	R1	R2	
V1	12,76 Aa	8,43 Ab	10,6 A
V2	9,53 Ba	9,27 Aa	9,4 A
Média	11,15 a	9,53 a	
CV (%)	20,65		

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente a 5% de significância.

Análise visual durante os ensaios constatou a caída de muitos grãos no solo, durante a passagem das plantas pela câmara de trilha (Fig. 2.6, pág 25). Isto levou a concepção de um sistema de vedação desta câmara, dotado de cerdas de nylon distribuídas ao longo do mesmo (escova linear), fixado no local, com o intuito de conter os grãos que passam por esse local (Figuras 3.6A e 3.6B), direcionando-os ao local de armazenamento. Também possibilita a fácil passagem das plantas, preservar o tamanho reduzido do equipamento.

Figura 3.6 – Desenho esquemático do dispositivo de redução de perda (A) e dispositivos montados ao longo do canal (B).



Fonte: William Caldart Pereira

Fonte: William Caldart Pereira

O teste de tetrazólio para danos mecânicos invisíveis não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 3.4), portanto os níveis foram os mesmos para todos os tratamentos e não ultrapassaram 10%, limite percentual máximo referido por Krzyzanowski et al. (2004).

Comparativamente, o protótipo mostra valores semelhantes aos encontrados em estudos com colhedoras convencionais e axiais, Marcondes et al. (2005) 4,22% e 3,78% e Cunha et al. (2009b), 5,0% e 11,3%, apresentando os mesmos padrões de danos mecânicos das colhedoras comerciais, para danos mecânicos invisíveis. Contudo, não se encontrou valores de sementes quebradas e/ou bandinhas, ao contrário de trabalhos com colhedoras feitos por Vieira et al. (2006) verificaram 6,8% de sementes quebradas, Flor et al. (2004) encontraram 8,2% de sementes quebradas e Silva et al. (2013) obtiveram 14,5% de cotilédones, demonstrando que a trilha por impacto nas vagens é viável

Tabela 3.4 – Médias de dano mecânico invisível nos grãos determinadas pelo teste de tetrazólio (6-8) em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos.

Dano mecânico invisível TZ (6-8) (%)			
Velocidade de deslocamento	Rotação do eixo de trilha		Média
	R1	R2	
V1	8	7	7,5
V2	7	7	7
Média	7,5	7	
CV (%)	57,73		

A germinação apresentou diferenças em função da velocidade de deslocamento (Tabela 3.5), tanto para germinação Pós-colheita quanto após 6 meses. Em estudos de germinação, Flor et al. (2004) encontraram valores médios de 88%, corroborando com os encontrados para o protótipo, 86,5%. Contudo, foram menores que os obtidos por Marcondes et al. (2005) e Cunha et al. (2009b), 93% e 96% respectivamente, fato explicado pelos valores médios de 14,75% danos por perfuração de percevejo obtidos pelo teste de tetrazólio (6-8), danos que segundo MOORE (1960, 1962, 1973), afetam a qualidade da semente de soja e, conseqüentemente, sua germinação.

Tabela 3.5 – Médias de germinação pós-colheita e após seis meses de armazenamento em duas velocidades de deslocamento e duas rotações dos eixos.

Germinação Pós-colheita (%)				Germinação Após 6 meses (%)			
Velocidade	Rotação da trilha		Média	Velocidade	Rotação da trilha		Média
	R1	R2			R1	R2	
V1	89 A	89 A	89 A	V1	89 A	83 A	86
V2	81 B	87 B	85 B	V2	83 B	84 B	84
Média	85 a	88 a		Média	86	83,5	
CV (%)	5,93			CV (%)	6,3		

Médias seguidas da maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente a 5% de significância.

Considerando o comparativo dentro de cada tratamento, para duas épocas distintas (Tabela 3.6), a germinação só apresentou diferenças para o

tratamento V1R2, pois o material nesse tratamento passa por uma trilha com rotação maior e velocidade menor de deslocamento, o que, conseqüentemente, aumenta a quantidade de impactos por unidade de tempo. Nota-se, que apesar de não apresentar diferenças estatísticas, observa-se uma redução dos valores de germinação para o tratamento V2R2, porém em menor escala.

Tabela 3.6 – Comparação das médias de germinação nos tratamentos.

Tratamento	Germinação (%)	
	Pós colheita	Após 6 meses
V1R1	89 a	89 a
CV (%)	4,16	
V1R2	89 a	83 b
CV (%)	5,12	
V2R1	81 a	83 a
CV (%)	2,04	
V2R2	87 a	84 a
CV (%)	6,14	

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem estatisticamente a 5% de significância.

Portanto, o sistema de trilha por impacto de hastes flexíveis apesar de ser um protótipo mostra-se potencialmente adotável, principalmente a colheita de sementes, visto que, o mesmo apresenta baixos níveis de danos (perdas qualitativas), já que foi encontrado apenas danos mecânicos invisíveis.

Contudo, o equipamento necessita de aprimoramentos, principalmente no quesito das perdas quantitativas, pois essas são altas quando comparadas aos equipamentos atualmente comercializados. Assim, deve-se incorporar ideias e concepções para reduzir essas perdas, tornando esta proposta competitiva. Portanto, novas soluções e novas rotações operacionais devem ser testadas para redução do material remanescente na planta.

Por fim, um comparativo entre as demandas de energia dos sistemas de uma colhedora convencional, com 40% para trilha, 9% para plataforma, 31% para movimentação e 20% para outros mecanismos (KANAFUJSKI E KARWOWSKI, 1976), com o protótipo; apenas pelo fato de eliminarmos os mecanismos da plataforma, pois a planta não precisa ser cortada nem coletada, reduziremos em 9% o requerimento de energia. Soma-se a redução da quantidade

de OMG e a conseqüentemente redução de demanda energética, tem-se uma significativa redução dos custos de produção do equipamento e operacional.

3.6 CONCLUSÕES

O sistema tem níveis baixos de danos mecânicos, visto que, só apresenta danos invisíveis, viabilizando seu uso para colheita de materiais destinados a grãos e, principalmente, sementes. Contudo, apresenta elevados valores de perdas quantitativas onde existe a necessidade de incorporação soluções para a redução das mesmas. Nesse estudo, a melhor condição de trabalho foi a velocidade de $1,32 \text{ m.s}^{-1}$ e rotação do eixo de trilha de 1750 rpm. E conclui-se, também, o processamento de OMG é inferior ao das colhedoras de grãos da atualidade, que conseqüentemente, gera uma redução na demanda de energia para o sistema de trilha.

REFERÊNCIAS

- ANDREWS, C. Mechanical injury on seed. In: ANDREWS, C **Short course for seedsmen**. Mississippi: Seed Technology Laboratory, 1965, p.125-130.
- ARAÚJO, R. F. **Efeito da colheita mecanizada nas perdas quantitativas e qualitativas de sementes de milho (Zea mays, L.)**. 1995. **Tese (Doutorado)** - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- BALASTREIRE, L. A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307p.
- BASRA, A. S. Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications. New York: **Food Products**, 1994. 389p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. Introduction to mechanical engineering design. In: BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Shigley's mechanical engineering design**. 9 ed. New York: McGraw-Hill, 2008. p. 3-26.
- BUNCH, H. D. Problems in seed processing. **Seed World**, Chicago. v.90, n.9, p.8-11. 1962.
- CARBONELL, S. A. M.; KRZYZANOWSKI, F. C. Dano mecânico em soja: um problema que poderá ser resolvido com cultivares resistentes. **Informativo Abrates**, Brasília, v. 3, n. 4, p. 32-7, 1993.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- CARVALHO FILHO, A., CORTEZ, J.W., SILVA R.P., ZAGO, M.S. Perdas na colheita mecanizada de soja no triângulo mineiro. **Revista Nucleus**, Ituverava, v. 3, p. 57 – 60, 2005.
- COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; OLIVEIRA, M. C. N.; HENNING, A. A. Perfil dos aspectos físicos, fisiológicos e químicos de sementes de soja produzidas em seis regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, p. 172-181, 2005.
- COSTA, N. P.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Metodologia alternativa para o teste de tetrazólio em semente de soja. **Série Sementes**. Londrina:EMBRAPA-CNPSo, 8p, 2007.
- CUNHA, J. P. A. R.; PIVA, G.; OLIVEIRA, C. A. A. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 4, p. 37-42, Jul/Aug. 2009a.
- CUNHA, J. P. A. R.; OLIVEIRA, P.; SANTOS, C. M.; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, v. 39, n. 5, p. 1420-1425, 2009b.

DEERE E COMPANY. **Machinery management: Fundamentals of machine operation.** 2 ed. Moline: Deere e Company. 188p. 1981.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura de soja no Paraná 1997/98. Doc. Cent. Nac. Pesqui. Soja/EMBRAPA,** Londrina, n 131, p. 213, 1999a.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura de soja no Paraná 1999/2000. Doc. Cent. Nac. Pesqui. Soja/EMBRAPA,** Londrina, n 131, p. 236, 1999b.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja - Paraná - 2001/2002. Doc. Cent. Nac. Pesqui. Soja/EMBRAPA,** Londrina, n 166, 2001.

EMBRAPA, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Sistemas de produção 9: tecnologias de produção de soja – Região central do Brasil 2006. Doc. Cent. Nac. Pesqui. Soja/EMBRAPA,** Londrina, p. 220, 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Monitoramento das perdas de grãos na colheita de soja. Doc. Cent. Nac. Pesqui. Soja/EMBRAPA,** Londrina, 1 ed. p. 14, 2011.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (Brasília - DF); ROTA INDUSTRIA LTDA (Cambé -PR). Rogerio Cruz Moreira; Cezar Mesquita De Mello. **Dispositions introduced to rotating shaft, impact rod harvester.** EUA. US8479482-B2, 2 jan 2007, 9 jul 2013.

EMATER, Empresa Paranaense De Assistência Técnica E Extensão Rural. **Sojicultor evitando perdas na colheita de soja.** Curitiba, p. 2, 1990.

FERREIRA, I. C.; SILVA, R. P. D.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura,** Viçosa, MG, v. 15, n. 2, p. 141-150, 2007.

FLOR, E. P. O.; CICERO, S. M.; FRANÇA NETO, J. D. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Avaliação de danos mecânicos em sementes de soja por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes,** v. 26, n. 1, p. 68-76, 2004.

FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A.A. **Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja.** Londrina: EMBRAPA – CNPSo, Circular Técnica 9. 39p, 1984.

FRANÇA NETO, J.; KRZYZANOWSKI, F. C.; DA COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja.** Londrina: Embrapa-CNPSo, 1999.

GERMINO, R.; BENEZ, S. H.; SILVA, A. R. B.; SILVA, P. R. A.; MAHL, D. Análise da viabilidade da colheita mecânica da cultura do milho (*Zea mays* L.) cultivada em diferentes espaçamentos entre linhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2003.

HOAG, D. L. Properties related to soybean shatter. **Transactions of the ASAE**, v. 15, n. 3, p. 494-497, 1972.

HUISMAN, W. **Optimum cereal harvester operation by means of automatic machine and threshing speed control**. 1983. Tese (PhD em Engenharia Agrícola) – Universidade de Wageningen, Wageningen, 1983.

KANFOJSKI, C; KARWOWSKI, T. **Agricultural Machines, Theory and Construction**. Springfield: Foreign Scientific Publications. 1976. v. 2. 1047 p.

KLINNER, W.; NEALE, M.; ARNOLD, R.; GEIKIE, A.; HOBSON, R. A new concept in combine harvester headers. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 38, n. 1, p. 37-45, 1987.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; NETO, J. D. B. F. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. ABRATES, Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes, 1999.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; COSTA, N. P. **Teste do hipoclorito de sódio para semente de soja**. Londrina: Embrapa Soja, Circular técnica 37, 4p, 2004.

KUNZ, V. L.; GABRIEL FILHO, A.; PRIMO, M. A.; GURGACZ, F.; FEY, E. DISTRIBUIÇÃO DE PALHA POR COLHEDORAS AUTOPROPELIDAS NA COLHEITA DA SOJA. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 125-135, jan/mar 2008.

MAGALHÃES, S. C.; OLIVEIRA, B. C.; TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; SILVA, R. P. Perdas quantitativas na colheita mecanizada de soja em diferentes condições operacionais de duas colhedoras. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 5, 2009.

MANARA, N. T. F. Origem e expansão. In: SANTOS, O. S. **A cultura da soja 1**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p.13-23.

MARCONDES, M. C.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, I. C. B. Danos mecânicos e qualidade fisiológica de semente de soja colhida pelo sistema convencional e axial. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 125-129, 2005.

MARCOS FILHO, J. et al. Tecnologia da produção. In: CÂMARA, G. M. S. et al. **Soja: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. p.01-39.

MARCOS, S.; MIELLI, U. **Axial-Flow, a mais nova campeã de produtividade**. Disponível em <<http://www.sppress.net/E-Foco>>. Acesso em 26/11/2012.

MARTINS, C. R.; FARIAS, R. D. M. Produção de alimentos x desperdício: Tipos, causas e como reduzir perdas na produção agrícola–Revisão. **Revista da FZVA**, v. 9, n. 1, 2007.

MESQUITA, C. M. **Mechanics soybean threshing**. 1989. Tese (PhD em Engenharia Agrícola) – Universidade de Nebraska-Lincoln, Lincoln, 1989.

MESQUITA, C.; HANNA, M. Soybean threshing mechanics: I. Frictional rubbing by flat belts. **Transactions of ASAE**, v. 36, n. 2, p. 175-179, 1993a.

MESQUITA, C.; HANNA, M. Soybean threshing mechanics: II. Impact. **Transactions of the ASAE**, v. 36, n. 2, p. 281-284, 1993b.

MESQUITA, C.; HANNA, M. Soybean threshing devices. **Applied engineering in agriculture**, v. 12, n.2, p. 15-19, 1996.

MESQUITA, C.; HANNA, M.; WEBER, R. Blast wheel device for threshing soybeans. **Transactions of the ASAE**, v. 40, n. 3, p. 541-546, 1997.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PANIZZI, M. C. C. Estudos de mecanismos não-convencionais para o colheita e trilha de soja e colheita de vagens verdes. In: EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de pesquisa de soja. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 1997**. Londrina: EMBRAPA, 268p. 1998. p. 260-263.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. G. M. Caracterização da colheita mecanizada da soja no Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 197-205, 2001.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; PEREIRA, J. E.; MAURINA, A. C.; ANDRADE, J. G. M. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: safra 1998/1999. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 398-406, 2002.

MESQUITA, C. M.; COSTA, N. P.; HANNA, M. A. Desenvolvimento de protótipo de concepção inovadora de colhedora de soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 1 p. 129-140, 2003.

MOORE, R. P. Soybean germination. **Seedsmen's Digest**, San Antonio, v.11, n.3, p.12, 52, 54-55. 1960.

MOORE, R.P. Tetrazolium as a universally acceptable quality test of viable seed. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Copenhagen, v.27, n.3, p.795-805, 1962.

MOORE, R.P. Tetrazolium staining for assessing seed quality. In: HEYDECKER, W. **Seed ecology**. London: Butterworth, 1973. p.347-66.

OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, M. D.; VIEIRA, M.; VON PINHO, E. Efeito do método de colheita na qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 19, n. 2, p. 200-206, 1997.

OLIVEIRA, A.; SADER. KRZYZANOWSKI, F.C. Danos mecânicos ocorridos no beneficiamento de sementes de soja e suas relações com a qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 21, n 1, p. 59-66, 1999.

PAIVA, L. E.; MEDEIROS, S.; FRAGA, A. C. Beneficiamento de sementes de milho colhidas mecanicamente em espigas: efeitos sobre danos mecânicos e qualidade fisiológica. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, n. 4, p. 846-856, 2000.

PESKE, S. T.; LUCCA FILHO, O. A.; BARROS, A. C. S. A. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 2. ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária, 2006. v. 1, 545 p.

PINHEIRO NETO, R.; GAMERO, C. A. Efeito da colheita mecanizada nas perdas qualitativas de grãos de soja (*Glycine Max (L.) Merrill*). **Engenharia Agrícola** Jaboticabal, v.20, n. 3. p. 250-257, 2000.

PINHEIRO NETO, R.; TROLI, W. Perdas na colheita mecanizada da soja (*Glycine Max (L.) Merrill*), no município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 393-398, 2008.

PORTELLA, J. A. Mecanismos de trilha. In: PORTELLA, J. A. **Colheita mecanizada de grãos: Implementos, manutenção e regulagens**. Viçosa: Aprenda Fácil, 190p. 2000. p. 19-34.

QUICK, G. R. A quantitative shatter index for soybeans. **Experimental Agriculture**, v. 10, n. 4, p. 149-158, 1974.

QUICK, G. R.; BUCHELE, W. F. **The grain harvesters**. St. Joseph. Michigan: ASAE, 1 ed. 269p. 1978.

RITCHIE, J. Mark Underwood's dream machine. **Soybean Digest**, Hudson, v. 55, n. 6, p. 8-9, 1995.

SGARBI, V. P. **Perdas na colheita de milho (*Zea mays L.*) em função da rotação do cilindro trilhador e umidades dos grãos**. 2006. 40f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SHIGLEY, J. E., MISCHKE, C. R., BUDYNAS, R. G. Fundamentos. In: SHIGLEY, J. E., MISCHKE, C. R., BUDYNAS, R. G. **Projeto de engenharia mecânica**. 7 ed. Porto Alegre: BOOKMAN, 2005. p. 26-48.

SILVA, J. D.; AIDAR, H.; BEDUSCHI, L.; MARDEGAN FILHO, J.; FONSECA, J. Mecanização da colheita do feijoeiro: uso de recolhedoras trilhadoras. **Embrapa Arroz e Feijão. Circular técnica**, v. 37, 2000.

SILVA, S. S. S. **Logística aplicada à colheita mecanizada de cereais**. 2004. 148f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SILVA, R. P.; SILVA, B. M.; BARROZO, L. M.; SALUM, J. D.; ROSA, M. S.; GOMES, D. P. Perdas qualitativas na colheita mecanizada de sementes de soja. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 477-484, 2013.

SILVEIRA, J. M.; CONTE, O. Determinação de perdas na colheita de soja: **Copo medidor da Embrapa**. Londrina:Embrapa-CNPSo. 1ª edição, 2013.

SUGISAWA, J. M.; MILAN, M.; FILHO, A. P.; FRANCO, F. N.; SILVA, S. S. E SILVA. Análise das perdas de uma colhedora automotriz na colheita do milho. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Canoas. **Anais...**, Canoas, 2005.

VINCENT, G.; MOWITZ, D. Farm ideas from around the world. **Successful farming**, v. 85, n. 6, p. 14-17, 1987.

VIEIRA, B.; SILVA, R. P. D.; VIEIRA, R. D. Qualidade física e fisiológica de sementes de soja colhida com sistema de trilha axial sob diferentes velocidades de operação e rotações do cilindro trilhador. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v. 26, n. 2, p. 478-482, 2006.