

## AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA PARA REDUÇÃO DE PERDAS ADAPTADO NA PLATAFORMA UNIVERSAL DE UMA COLHEDORA COMBINADA VISANDO A COLHEITA DO FEIJÃO

HEVANDRO COLONHESE DELALIBERA<sup>1</sup>, LEANDRO RIYUITI HIGASHIBARA<sup>2</sup>, RICARDO RALISCH<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Doutor, pesquisador no Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, (043)33762252, hevandro@iapar.br

<sup>2</sup> Doutorando na Universidade Estadual de Londrina - UEL, (043)991569326, cbtagro@gmail.com

<sup>3</sup> Doutor, professor Universidade Estadual de Londrina - UEL, (043)33714794, ralisch@uel.br

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Na cultura do feijoeiro a colheita manual ou semi-mecanizada são comuns, porém com os problemas de mão de obra e seu custo elevado, tem-se optado pela colheita mecanizada. A experiência dos produtores tem direcionado ao uso de colhedoras combinadas axiais dotadas de plataformas universais flexíveis. Porém, quando comparado com a soja, o feijão apresenta diversos desafios, sendo a maior parte, relacionados a arquitetura de planta, gerando problemas durante o processo de apoio, corte e recolhimento das plantas pela plataforma, onde ocorrem mais de 80% das perdas. Durante a definição dos parâmetros de projeto concluiu-se que alterações no molinete seriam mais adequadas, optando-se por aumentar o número de dedos apoiadores/recolhedores, pois, esta alteração foi considerada simples e de baixo custo. O objetivo do trabalho foi realizar esta adaptação em uma plataforma flexível de 30 pés e, avaliar o seu desempenho com relação as perdas no processo. No ensaio de campo teve-se como foco uma área com a cultura em condições de plantas baixas e pouca produtividade, por ser a condição mais crítica. Neste obteve-se que, a adaptação resultou em uma redução de 30,5% de perdas de grãos na plataforma quando comparado com o mecanismo padrão de fábrica da máquina.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mecanização do feijão, Molinete, Processo de corte e recolhimento

## EVALUATION OF A SYSTEM ADAPTATION FOR WASTE REDUCTION IN UNIVERSAL HEADER OF A COMBINED HARVESTER AIM BEAN HARVEST

**ABSTRACT:** The grain waste on harvest is a current problem for most annuals crops, which must be highlighted the mechanism that promote cutting and gathering of plants, where could happen more than 80% of wastes. Historically, the mechanized harvest wastes evaluation methods are associated with programs of wastes reduction on farmers levels. However for Technical-Scientific evaluations were noticing that the experimental accomplishment by traditional methods of wastes estimates are burdensome, whose are limiting size of the experiments, further the waste variable bring forward a large data dispersion, factors that resulting on unsatisfactory statistic analysis. The objective of this propose is to suggest an adequacy on usual methodologies for grain wastes evaluation during cutting and gathering process, focusing on universal headers, which are used for harvesting of soybeans, wheat, etc., having as base the subsample quantities that will represent the treatment repetition, unlink from sampling area size, whose are transforming the process more suitable to current machines, facilitating the experiment realization and using statistical filter to reduce the experimental errors, resulting in a better representativeness of header wastes estimative.

**KEYWORDS:** Mechanization of beans, Reel, Cutting and Gathering Process

## **INTRODUÇÃO**

O feijão é uma cultura relevante no estado Paraná, o qual produziu cerca de 640 mil toneladas na última safra (PARANÁ, 2015), o que corresponde a quase 20% da produção nacional (aproximadamente 3.334,6 mil toneladas) (BRASIL, 2016). Atualmente, para a cultura do feijão, os métodos mais comuns de colheita são o manual, mais utilizado em áreas pequenas e, o semi-mecanizado.

Mesmo com a utilização do método semi-mecanizado, ainda são necessários elevado número de trabalhadores para cumprir as etapas de arranquio e enleiramento manuais, trabalho considerado insalubre pela posição de trabalho e esforço. Com a escassez de mão de obra nos diversos seguimentos agrícolas, principalmente nos setores onde o trabalho é considerado penoso e insalubre, e, com os elevados custos da contratação destes serviços, como solução, tem-se adotado práticas de mecanização.

As colhedoras autopropelidas, dotadas de plataformas flexíveis para corte e recolhimento da cultura, usadas comumente para soja e trigo, têm sido aplicadas como alternativa na colheita do feijão. Esta por apresentar redução nos custos de colheita e ser equipamento amplamente utilizado, facilmente disponível e comum aos produtores rurais. Entretanto, como estas colhedoras/plataformas não foram desenvolvidas especificamente para o feijão, as perdas na colheita podem chegar a níveis de até 20% da produção. Estima-se que deste valor, até 85% das perdas ocorrem na plataforma e, até 15%, nos mecanismos de trilha e limpeza (Embrapa, 2000).

Atualmente existem no mercado adaptações para a plataforma visando a redução de perdas na colheita do feijoeiro, porém a mais comum são os levantadores que têm a função de levantar as plantas para facilitar o corte e o recolhimento (Silva, Aidar e Kluthcouski, 2009). Contudo segundo alguns produtores algumas destas adaptações podem danificar estruturalmente a plataforma, diminuindo sua vida útil, pois, geram pontos de torção e esforço na barra de corte do equipamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar uma adaptação desenvolvida pela empresa Incomak Ind. e Com. de peças e agrícolas em parceria com a Área de Engenharia Agrícola do IAPAR, a qual visa a redução das perdas de grãos em plataforma na colheita mecanizada do feijão.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A proposta de desenvolvimento da adaptação teve como início a definição do objeto de estudo, isto é, perdas na plataforma para a colheita do feijão e o levantamento das tecnologias já disponíveis no mercado que visam a redução de perdas na colheita, separados por função desempenhada no processo (apoio e condução de plantas, corte, transporte), como por exemplo, as barras de corte flexíveis, esteiras transportadoras, levantadores para barra de corte, etc.. A partir destes, montou-se uma matriz de mecanismos e soluções possíveis. As premissas para escolha do caminho a ser seguido durante o desenvolvimento foram: a exclusão de propostas que gerassem grandes alterações no mecanismo padrão de fábrica; dispensasse treinamento específico ao operador/assistência técnica para implementação e uso e, baixo custo de aquisição e operação. Outra premissa importante foi a exclusão de propostas que sugerissem novas modificações em mecanismos/sistemas que já existem propostas interessantes disponíveis no mercado, como os exemplos citados acima.

Como um segundo passo, durante a análise e definição dos parâmetros de projeto e levantamentos a campo do processo de corte e recolhimento, como por exemplo, filmagens do processo e, contato com a experiência de trabalho de prestadores de serviço e produtores de feijão, concluiu-se que propostas de alterações no molinete das plataformas universais de colheita seriam as mais interessantes, pois, foi identificada deficiência no procedimento de apoio das plantas durante o corte e condução do material cortado para dentro da plataforma. Portanto, alterações neste mecanismo apresentariam resultados mais impactantes.

Com este optou-se por proceder alterações no número de dedos apoiadores/recolhedores na extensão dos tubos do molinete das plataformas universais, pois, esta seria uma alteração considerada simples e de baixo custo de implementação e dispensa treinamento específico para o operador e assistência técnica, tanto para implementação quanto para operação. A base das alterações sugeridas foi o aumento do número de dedos por seção do molinete, o que acarreta em modificações em outros mecanismos como, por exemplo, o tubo de suporte dos dedos para o caso de alguns fabricantes.

A partir de tal, com o auxílio de ferramentas computacionais de prototipagem e simulação, confeccionou-se a proposta de protótipo inicial em ambiente virtual e, com o auxílio de ferramentas de impressão tridimensional em polímero em escala real, realizou-se testes de implementação seguido de sugestões de correção de projeto para produção em escala comercial dos dedos e tubo para as diversas marcas disponíveis no mercado. Esta metodologia é interessante, pois, reduz o custo e o tempo de desenvolvimento.

A colhedora/plataforma universal utilizada como base de estudo foi escolhida com base nos levantamentos de campo onde os produtores de feijão indicaram uma marca/modelo de colhedora e plataforma que executam o processo de colheita com menos perdas. Tabela 1 descreve a plataforma/máquina definida como padrão para o desenvolvimento e validação da adaptação (Figura 1). Para esta decidiu-se por dobrar o número de dedos no molinete, no qual o espaçamento padrão é de aproximadamente 140 mm (lembrando que o espaçamento entre dedos pode mudar de fabricante para fabricante e também, com o tamanho da plataforma), portanto, reduziu-se para 70 mm o espaçamento entre dedos, como mostra a Figura 2.

TABELA 1. Descrição da máquina e plataforma utilizadas como modelo de desenvolvimento e validação a campo da adaptação.

Máquina / Industrial	Colhedora combinada / Axial
Fabricante / Modelo / Ano	CASE IH / 2688 / 2014
Plataforma / Modelo / Ano	Universal / 1020-flexível, 30 pés / 2011
Velocidade de trabalho	4,5 a 5 km h <sup>-1</sup>
Relação média de velocidade do molinete em relação ao avanço da máquina	1,25

Convencionou-se projetar os dedos para serem produzidos em polímero, pois, este material apresenta características mecânicas e operacionais mais interessantes e em comparação com dedos metálicos.

O experimento para avaliação do desempenho do protótipo foi realizado em área de produção comercial de feijão do tipo carioca, no qual a área útil experimental correspondeu a 5,5 hectares (Tabela 2). Esta é localizada no município de Jardim Alegre-PR, latitude 24°12'06.5"S e longitude 51°47'07.0"O, com altitude média de 600 metros, declividade média

de 14% e clima Cwa subtropical, de acordo com a classificação de Köppen. A cultura foi implantada aproximadamente na data de 30/03/2016, com colheita realizada nos dias 30/06 e 01/07/2016. O solo do local é classificado como LATOSSOLO Vermelho (Embrapa, 1999).



FIGURA 1. Imagem da esquerda mostra o molinete com os dedos padrão de fábrica e, a da direita mostra o molinete adaptado.

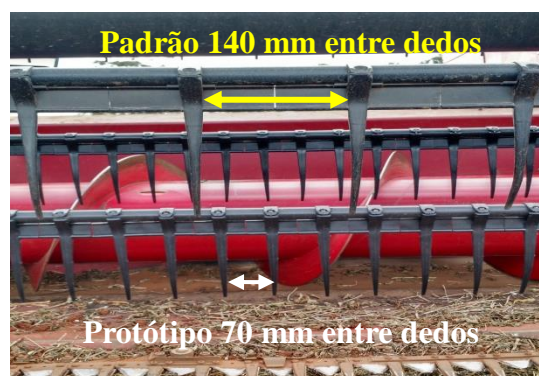


FIGURA 2. Indicação do mecanismo padrão de fábrica e adaptação

TABELA 2. Descrição da área experimental

Dados	Valor
Tamanho da área	5,5 ha
Clinometria média da área	14%
Espaçamento da entrelinha	0,45 m
Número de plantas por metro	10,5 m <sup>-1</sup>
População de plantas	233.333,33 ha <sup>-1</sup>
Inserção da primeira vagem	16,35 cm
Altura média de planta	35,15 cm
Massa seca parte aérea	1411,0 kg ha <sup>-1</sup>
Rendimento (Corrigido 13%)	1463,0 kg ha <sup>-1</sup>
Umidade dos grãos no momento da colheita	18%

Em relação às regulagens do industrial da colhedora e plataforma, como avanço do molinete, altura da barra de corte em relação ao solo, e regulagens de caracol, foram acertadas no campo para propiciarem as menores perdas possíveis para a máquina/plataforma com o mecanismo padrão de fábrica no molinete. Estas permaneceram sem alterações significativas até o final do experimento, isto é, permaneceram as mesmas regulagens após a inserção da modificação no molinete. A altura de corte da plataforma foi regulada para a mínima possível

(0,01 m) e em modo automático de ajuste ao solo e, o centro do molinete variando entre 0 e 0,10 m a frente da barra de corte.

Para a realização dos experimentos de campo utilizou-se a metodologia sugerida Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017), para montagem do delineamento experimental a campo, forma de amostragem e condução experimental e filtragem de dados para posterior análise estatística (Figura 3). sendo utilizados quadros metálicos com área amostral de 0,25 m<sup>2</sup>, cobertos com lona para evitar a contaminação da área amostral pelas perdas de mecanismo. As amostras de perdas dentro do quadro amostral foram acondicionadas em envelopes de papel com identificação e seguiram para laboratório para secagem pelo método da estufa com determinação da massa seca através de uma balança analítica com precisão de 0,0001 g.



FIGURA 3. Disposição e forma de amostragem de perdas de grãos de feijão na plataforma

A campo utilizou-se delineamento experimental em blocos com esquema de parcela subdividida, sendo dois tratamentos: plataforma com a modificação no molinete e plataforma com mecanismo padrão de fábrica no molinete, e foi composto por 5 repetições compostas por 3 subamostras cada na parcela e na subparcela ficaram dispostos as leituras de posição das perdas de grãos na plataforma, sendo esquerda, centro e direita. A parcela visou verificar se existe diferença na perda de grão em plataforma quando inserida a modificação no molinete, e a subparcela visou verificar se houve deficiência nos procedimentos de regulagem na extensão da plataforma.

Após plotados os dados em planilha eletrônica, procedeu-se a análise de resíduos Studentizados, conforme descrito por Delalibera, Higashibara & Ralisch (2017), para eliminação de subamostras discrepantes até que a composição das médias das repetições para os tratamentos apresentassem distribuição normal. Posteriormente, utilizando os dados filtrados procedeu-se ANAVA utilizando o programa computacional SISVAR®. Após a análise estatística, os valores médios resultantes em gramas de matéria seca por 0,25 m<sup>2</sup> foram convertidos em kg ha<sup>-1</sup> com correção para 13% de umidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados do experimento mostraram que houve diferença significativa para tratamento ( $p=0,0480$ ), ou seja, existe diferença entre o tratamento plataformas padrão e plataforma com a adaptação no molinete. Já para o fator posição da

perda de grãos na plataforma ( $p=0,1654$ ) não houve significância, isto comprova que houve similaridade de perdas de grãos entre as posições mensuradas na plataforma para ambos tratamentos, comprovando que as regulagens procedidas nos mecanismos na extensão da plataforma foram adequados e similares. Para o fator interação entre tratamento e posição de perdas também não apresentou significância ( $p=0,3121$ ), portanto a modificação no molinete não exerce efeito sobre a posição de perdas na plataforma, isto é, as perdas na extensão da plataforma não foram influenciadas pela modificação do molinete.

Sendo assim, no modelo de plataforma universal com molinete padrão de fábrica as médias de perdas de grãos foram de  $131 \text{ kg ha}^{-1}$ , Silva, Aidar e Kluthcouski (2009) em experimento de colheita do feijoeiro realizado com plataforma universal equipada com levantadores obteve perdas totais de  $135 \text{ kg ha}^{-1}$ , por outro lado não foram avaliadas perdas na plataforma e umidade dos grãos no momento da colheita. As perdas no industrial da máquina são muito ligadas a umidade do grão no momento da colheita (SILVEIRA, 2001), porém não há como separar tais perdas sem avaliar perdas de plataforma.

Para o tratamento plataforma com molinete adaptado obteve-se perdas médias de grão de  $91 \text{ kg ha}^{-1}$ , com esse pode-se afirmar que a redução significativa na perda de grãos na plataforma de 30,5% em comparação ao molinete padrão de fábrica da máquina, como ilustrado em Figura 4. Resultado interessante visto que a área de feijão escolhida para este experimento apresenta as piores condições para colheita mecanizada (Tabela 2), isto é, baixo rendimento em grãos, pouca massa seca de plantas, plantas baixas e acamadas. Este fator condição da área foi proposital visto que para os experimentos de validação foram delineados características extremas de condição da cultura, sendo que um foi o caso apresentado neste trabalho e o segundo caso, ainda a ser realizado, é o extremo a cima, isto é, área com alto rendimento em grão, e muita massa seca de planta.

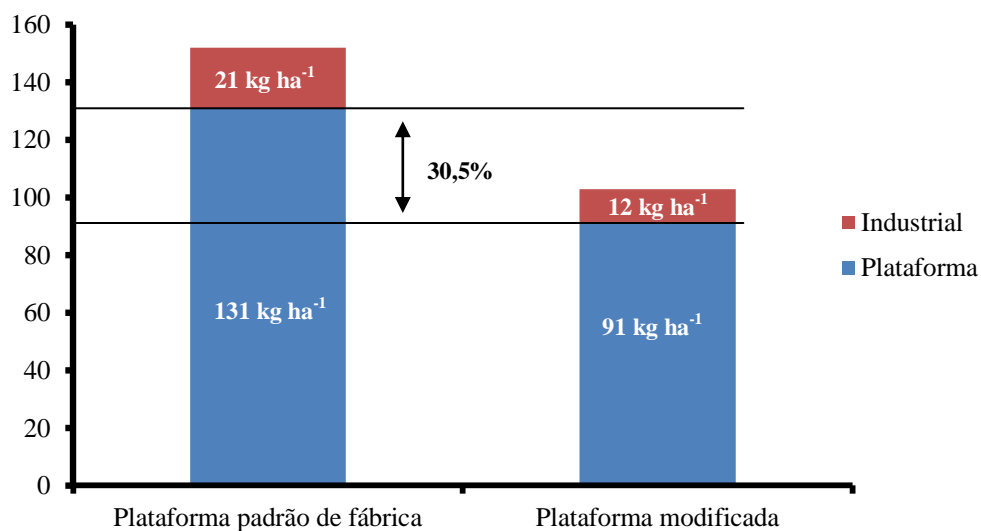


FIGURA 4. Comparação gráfica de perdas entre plataforma padrão e adaptadas

A adaptação proposta para redução de perdas em plataforma apresentou-se interessante, pois, é considerada uma adaptação simples que não altera a característica básica de projeto e de operação da plataforma, não apresentou riscos de danos ao mecanismo e, apresentou baixo custo de implementação. Ainda em termos gerais, podem-se considerar benefícios e impactos diretos e indiretos a utilização destes mecanismos de redução de perdas, pois, a redução dos desperdícios no processo de colheita, torna os custos operacionais e de

produção de feijão mais viáveis além de aumentar a disponibilidade e reduz o preço do produto para sociedade.

## CONCLUSÃO

A inserção do maior número de dedos nas barras do molinete da plataforma reduziu as perdas de grãos no processo de corte e recolhimento na ordem de 30,5% durante a colheita mecanizada de feijão em relação a configuração do molinete padrão de fábrica.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária / edital Tecnova pelo apoio financeiro a proposta; a empresa Incomak indústria e comércio de peças agrícolas pela parceria no desenvolvimento do projeto e por colocar o produto da pesquisa no mercado.

## REFERÊNCIAS

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 2000/01 / Embrapa Soja. - Londrina: Embrapa Soja/Fundação MT, 2000. 245p. -- (Documentos / Embrapa Soja; n.146) Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/6112/1/doc146.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2017.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p

PARANÁ, Governo do Estado. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento - SEAB. Departamento de Economia Rural – DERAL. **Área e Produção Agrícola no Estado do Paraná e comparativo com o Brasil**. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/\\_feijao\\_2015\\_16.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2016/_feijao_2015_16.pdf)>. Acesso em: 6 mar. 2017.

BRASIL, Governo Federal. Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v.4 , Safra 2015/2016, Quarto levantamento, Brasília, p. 1-154, janeiro 2016.

SILVA, J., G., AIDAR, H., KLUTHCOUSKI, J. Colheita Direta de Feijão com Colhedora Automotriz Axial. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 39, n. 4, p. 371-379, out./dez. 2009.

SILVEIRA, G., M. **Máquinas para Colheita e Transporte**. 4 v., Ed. Aprenda Fácil, Viçosa, 2001.