



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LEANDRO RIYUITI HIGASHIBARA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODOS PARA A AVALIAÇÃO DE
PERDAS DE GRÃO NA COLHEITA**

Londrina
2018

LEANDRO RIYUITI HIGASHIBARA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODOS PARA A AVALIAÇÃO DE
PERDAS DE GRÃO NA COLHEITA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Coorientador: Pesq. Dr. Hevandro Colonhese
Delibera

Londrina
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

H634 Higashibara, Leandro Riyuiti .
Validação de métodos para a avaliação de perdas de grãos na colheita /
Leandro Riyuiti Higashibara. - Londrina, 2018.
81 f. : il.

Orientador: Ricardo Ralisch.
Coorientador: Hevandro Colanhese Delalibera.
Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro
de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Colheita mecanizada de grãos - Tese. 2. Perdas de grãos na colheita -
Tese. 3. Métodos de avaliação de perdas de grãos na colheita mecanizada -
Tese. 4. Filtros estatístico - Tese. I. Ralisch, Ricardo. II. Colanhese Delalibera,
Hevandro. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

LEANDRO RIYUITI HIGASHIBARA

**VALIDAÇÃO DE MÉTODOS PARA A AVALIAÇÃO DE PERDAS DE
GRÃO NA COLHEITA**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Agronomia

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Coorinetador:Pesq. Dr. Hevandro Colanhese
Delalibera
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná -
IAPAR

Prof. Dr. Otavio Jorge Grigoli Abi Saab
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr Emerson Fey
Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
Unioeste

Prof. Dr. Flávio Gurgacz
Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
Unioeste

Pesq. Dr. José Miguel Silveira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
EMBRAPA

Londrina, 18 de fevereiro de 2018.

Dedico este trabalho a minha esposa
Grazieli e aos meus pais Laurindo *in*
memorian e Lourdes

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Londrina (UEL) e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia pela oportunidade concedida de aperfeiçoamento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/Fundação Araucária), pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) por possibilitar a execução da tese e disponibilização de equipamentos de análise, materiais consumíveis e infraestrutura de laboratórios.

Ao professor Dr. Ricardo Ralisch pelo acolhimento, confiança e orientações recebidos durante esses anos.

Ao pesquisador do IAPAR Dr. Hevandro Colhese Delalibera pelo acolhimento, confiança e coorientações recebidas durante esses anos e por possibilitar a execução da tese.

Ao empresário da 3SAT, Rafael Orasmo, pelo suporte técnico e equipamentos.

À Fundação Araucária/Edital Tecnova pelo apoio financeiro à proposta; à empresa Incomak indústria e comércio de peças agrícolas pela parceria no desenvolvimento do projeto de Kit de redução de perdas na colheita do feijão e pela colaboração na elaboração do artigo.

À secretária do Programa de Pós Graduação Weda Aparecida Westin, pela valiosa colaboração e dedicação.

A minha esposa Grazieli Tedardi pelo apoio incondicional e incentivo.

A meus pais, Laurindo Akila Higashibara (*in memoriam*) e Lourdes Yumiko Higashibara por todo apoio e incentivo recebidos.

Aos amigos queridos Thiago Ometto Zorzenoni, Paulo Vicente Contador Zaccheo, Juliano Luiz Schneider, Solange de Paula Ramos, Dione Chung e Yara Grosso Schneider, que sempre estiveram em minha vida me dando apoio, alegria e amor.

Aos demais colegas do Programa de Pós Graduação em Agronomia, pela amizade e convivência durante todos esses anos.

HIGASHIBARA, Leandro Riyuiti. **Proposta de Método de Avaliação Experimental de Perdas**. 2018. 81 f. Tese de Doutorado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

RESUMO

As metodologias consagradas de avaliação de perdas em Colheita Mecanizada de grãos são ferramentas importantes e excelentes para aplicação como meios para proceder regulagens nas colhedoras no campo, à nível de produtor, porém, para vias de avaliação comparativa experimental, estas não se apresentam adequadas, pois, são baseadas no tamanho da área amostral e, por conseguinte, demandam muito tempo e mão de obra, o que contribui com experimentos com baixo número de repetições, e com a implementação inadequada do delineamento experimental no campo. Uma alternativa seria a criação de metodologia para experimentação de máquinas baseada em subamostras e aplicação de filtros estatísticos visando a eliminação de coletas discrepantes, ajustando os dados a normalidade de distribuição, adequando as medidas a realidade do campo e, reduzindo os erros experimentais com a coleta de mais repetições, resultando em maior representatividade e confiabilidade dos dados e ressaltando as diferenças impostas pelos tratamentos aplicados. Com o método proposto realizou-se 3 experimentos, sendo o primeiro a comparação entre o método proposto e o método mais utilizado. O segundo consistiu em avaliar o efeito da implementação de uma modificação no molinete das plataformas universais visando à redução de perdas na colheita do feijoeiro e o terceiro, visando comparar as perdas indicadas, por sensoriamento remoto, nos mecanismos internos da máquina. O método de avaliação experimental proposto apresentou à campo uma redução do tempo de execução experimental e foi adequado a implementação de delineamento experimental. Já em laboratório, observou-se que as análises de variância apresentaram menor erro experimental, demonstrado pelo seu coeficiente de variação. A realização de subamostragem e aplicação de filtros estatísticos promoveram um aumento da precisão das estimativas de perdas e, o tamanho da área amostral não exerceu efeito no tamanho da perda. Para a comparação da modificação aplicada no molinete das plataformas, visando a redução de perdas neste mecanismo para a colheita de feijão, obteve-se efeitos significativos na redução das perdas, mesmo em condições consideradas ruins para a colheita mecanizada. Com o uso do monitor de produtividade da máquina conjuntamente com sistemas de rastreador possibilita transmissão remota dos dados da máquina, mas não tem precisão suficiente para gerarem mapas de perdas de grãos.

Palavras-chave: Amostragem. Perdas de grãos na plataforma. Aquisição de dados em tempo real.

HIGASHIBARA, Leandro Riyuiti. **Proposal for an Experimental Losses Assessment Method**. 2018. 81 p. Thesis (Doctorate in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

ABSTRACT

The established methodologies to evaluate losses in mechanized grain harvesting are important and excellent tools for application as a means of regulating harvesters in the field at the producer level, however, for a experimental comparative evaluation, these are not adequate, because they are based on the size of the sample area, and therefore require a lot of time and labor, and may also promote experiments with low number of repetitions, or without adequate experimental design. An alternative would be the creation of methodology for machine experimentation based on subsamples and application of statistical filters aiming at the elimination of discrepant collections, adjusting the data to normality of distribution, adapting the measurements to the reality of the field and reducing the experimental errors, resulting in greater representativeness and reliability of the data and highlighting the differences imposed by the treatments applied. With the proposed method was made 3 experiments with the first the comparison between the proposed method and the most common used method. The second consisted in evaluate the effect of implementation of a reel modification of universal headers aiming the reduction of losses in bean harvest and the third aiming compare the losses indicated by remote sensing on machine internal mechanisms. Grain losses obtained by sensing the internal mechanisms of the harvester are made available in the harvest monitor, machine speed and product input collected by the cutting and harvesting platform, and the information is graphically arranged in color bands that demonstrate the operating income of the machine. Grain losses obtained by sensing the internal mechanisms of the harvester are available in the harvest monitor. The proposed method presented to the field a reduction of the experimental execution time and it was adequate the implementation of experimental design. In the laboratory, it was observed that the analysis of variance showed a smaller experimental error, demonstrated by its coefficient of variation. Subsampling and application of statistical filters promoted an increase in the accuracy of losses estimates. In order to compare the modification of the reel of the platforms, significant effects were obtained in the reduction of grain losses in the bean harvest, even in conditions of low productivity. Using the machine productivity monitor in conjunction with tracker systems enables remote transmission of machine data but is not accurate enough to generate grain loss maps.

key-words: Sampling. Losses of grains on header. Data acquisition on real time.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1	Disposição gráfica do quadro amostrador, com a cobertura sugerida em lona plástica e grampos de fixação para uma das extremidades (dimensões dadas em milímetros).....	19
Figura 2.1	Layout gráfico do quadro amostrador, com a cobertura de plástico sugerida e cliques de fixação para uma extremidade (dimensões dadas em milímetros)	36
Figura 2.2	Sequência de subamostragem e levantamento da parcela experimental de campo.....	37
Figura 2.3	Disposição dos quadros do amostrador em relação à máquina e a plataforma	37
Figura 3.1	Indicação do mecanismo padrão de fabrica e adaptação	55
Figura 3.2	Perdas de grãos entre plataforma padrão e adaptadas do experimento 1	59
Figura 3.3	Perdas de grãos entre plataforma padrão e adaptadas do experimento 2	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1	Dados da colhedora	45
Tabela 1.2	Coeficientes de variação experimental obtidos da ANAVA para o experimento 1 e referencias apresentadas na literatura que tratam de cv experimental	47
Tabela 1.3	ANAVA do experimento de tamanho de área amostral entre os dois métodos	49
Tabela 2.1	Dados da colhedora	54
Tabela 2.2	Descrição da área experimental	56
Tabela 2.3	Porcentagem de perdas na colheita mecanizada em relação ao rendimento das áreas experimentais (1.463,0 e 2.530,1 kg ha ⁻¹ para os experimentos 1 e 2 respectivamente)	61
Tabela 3.1	Dados da colhedora	67
Tabela 3.2	Informações sobre experimento de perdas em milho	68
Tabela 3.3	Informações sobre experimento de perdas em soja	69
Tabela 3.4	Índices, cores e escala de notas no monitor de produtividade...	69
Tabela 3.5	Experimentos de milho e soja para teste de correlação de Spearman	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMATER	Empresa Pública de Assistência Técnica e Extensão Rural
IAPAR	Instituto Agronômico do Paraná
AP	Agricultura de Precisão
CAN BUS	Controller Area Network Protocol
CVe%	Coeficiente de variação experimental
CVv%	Coeficiente de variação da variável
GPS	Global Positioning Systems
GSM	Global System Mobile

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	HIPÓTESE	13
1.2	OBJETIVOS	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS	14
2.1.1	Metodologia usual no Brasil (mesquita, 1981; mesquita & gaudêncio, 1982)	15
2.1.2	Metodologia adaptada (delalibera, higashibara e ralisch, 2017)	15
2.1.3	Coeficientes de variação do experimento e da variável	19
2.1.4	Sensores em colhedoras	20
2.1.5	História dos sensores de produtividade em colhedoras	21
2.1.6	Componentes principais dos monitores de produtividade	21
2.1.7	Sensoriamento do fluxo de grãos	23
2.1.8	Sensoriamento por fluxo de volume	23
2.1.9	Sensoriamento por fluxo de volume	24
2.1.10	Sensores de umidade dos grãos	24
2.1.11	Sensoriamento da largura de corte da plataforma	25
2.2	TELEMETRIA E INSTRUMENTAÇÃO	26
3	ARTIGO A: ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE GRÃOS: ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA E INFERÊNCIA EXPERIMENTAL PARA PLATAFORMAS UNIVERSAIS MODERNAS	28
3.1	RESUMO	28
3.2	ABSTRACT	29
3.3	INTRODUÇÃO	30
3.4	DESCRIÇÃO DO MÉTODO	32
3.5	CONSIDERAÇÕES	39

4	ARTIGO B: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE GRÃOS VISANDO INFERÊNCIA ESTATÍSTICA	41
4.1	RESUMO.....	41
4.2	ABSTRACT	42
4.3	INTRODUÇÃO	43
4.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	44
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.6	CONCLUSÃO	49
5	ARTIGO C: DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA PARA REDUÇÃO DE PERDAS ADAPTADO NA PLATAFORMA UNIVERSAL DE COLHEDORAS COMBINADAS PARA A COLHEITA DO FEIJOEIRO	50
5.1	RESUMO.....	50
5.2	ABSTRACT	51
5.3	INTRODUÇÃO	52
5.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	53
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
5.6	CONCLUSÕES	62
5.7	AGRADECIMENTOS AO PRESENTE TRABALHO.....	62
6	ARTIGO D: VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PERDAS EM INDUSTRIAL PARA COLHEDORAS DE GRÃOS, BASEADA EM TELEMETIA EM TEMPO REAL.....	63
6.1	RESUMO.....	63
6.2	ABSTRACT	64
6.3	INTRODUÇÃO	65
6.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	66
6.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	70
6.6	CONCLUSÃO	71
7	CONCLUSÕES GERAIS.....	72

REFERÊNCIAS.....	73
-------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios encontrados na agricultura moderna é se obter bons modelos de calibração entre os dados coletados pela instrumentação e as avaliações de campo, que possibilitem a geração de diagnósticos precisos em tempo hábil para tomada de decisão e realização de intervenção visando correções em tempo real.

Dentre as operações agrícolas mecanizadas a colheita é a etapa que confirmará se os fatores climáticos e de manejo anteriores a colheita consolidarão a produtividade e posteriormente a rentabilidade econômica. Para garantir que as perdas de grãos sejam reduzidas, existem no mercado, sistemas de monitoramento remoto em tempo real via sensoriamento, que podem demonstrar pontos de possíveis perdas e também estão disponíveis dispositivos visando modificar as máquinas em pontos considerados críticos para perdas. Ambas as opções têm função de mitigar as perdas de grãos (MESQUITA & GAUDENCIO, 1982; MESQUITA et al., 1998).

Por conseguinte para as avaliações a campo de perdas na colheita mecanizada, observa-se a existência de ótimos métodos que visam auxiliar o produtor a regular suas colhedoras à campo no momento da colheita, como, por exemplo, o copo medidor desenvolvido pela EMBRAPA (MESQUITA & GAUDENCIO, 1982; MESQUITA et al., 1998).

Voltando-se a literatura disponível referente as normas de avaliações de perdas de grão em colheita mecanizada, a ausência de normas detalhadas e específicas para cada cultura trabalhada na realização de experimentos, como observa-se na recém publicada ABNT NBR ISO 8210 (2016).

Por estes motivos citados acima se fez necessário o desenvolvimento de uma proposta complementar de método de avaliação das perdas de grãos em colhedoras, dedicado à experimentação, pois, diferentemente da maioria dos métodos tradicionais baseados em tamanho de área amostral, sendo este, baseado em subamostragem.

Os objetivos deste trabalho foram desenvolvimento e validação de um método de estimativa de perdas, baseado em parâmetros estatísticos e experimentais rigorosos, e a aplicação deste método na comparação entre plataformas com a inserção de uma modificação que visa redução de perdas em

relação a plataforma universal e original de fábrica durante a colheita mecanizada de feijão e, a correlação estatística entre dados de monitoramento georeferenciado de perdas via telemetria, com a estimativa de perda obtida no campo.

1.1 HIPÓTESE

O método proposto para levantamento e comparação de perdas de grãos em colheita mecanizada é adequado para inferência sobre tratamento aplicado em colhedoras.

O aumento do número de dedos com consequente redução dos espaçamentos entre estes no molinete das plataformas universais de colheita, exerce efeito na perda de grãos.

Existe correlação entre as perdas mensuradas por sensoriamento remoto em tempo real nos mecanismos internos da colhedora, com as perdas medidas no campo.

1.2 OBJETIVOS

- 1º. Propor uma metodologia de avaliação de perdas na colheita mecanizada de grãos que proporcione alto rigor estatístico e experimental;
- 2º. Experimentação utilizando métodos de avaliação de perdas de grãos tradicional e adaptado; validação dos dados de colheita, através de amostragens a campo; comparar o método proposto com um método comumente utilizado, como forma de justificativa e validação;
- 3º. Comparação entre molinete adaptado e padrão de fábrica, comparar um protótipo que modifica o molinete com uma plataforma universal de colheita padrão;
- 4º. Identificar se existem correlações possíveis entre perdas amostradas e leituras do sensor; Verificar o grau de correlação entre as estimativas de perdas levantadas por sensoriamento nos mecanismos internos de uma colhedora de grãos com as perdas estimadas à campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE PERDAS

As perdas de grãos são um problema corrente durante o processo produtivo de grãos. A FAO (2014) tem realizado projetos de monitoramento de perdas de diversos grãos, no qual se observou aproximadamente 14% das perdas ocorrerem no processo de colheita.

Historicamente, os métodos de avaliação de perdas na colheita estão associados a programas de redução e/ou prevenção de perdas, por exemplo, em 1975, uma convenção norte americana traçavam metas visando a redução de 50% das perdas na colheita até 1985. No mesmo período (1976) a FAO também criou programas de ação similares, para serem aplicados em países em desenvolvimento (GSWP, 2015). Contudo, o tema perdas na colheita é muito anterior a estes grandes programas. Por exemplo, trabalhos realizados em Iowa State University em 1949 e 1972 (EVERETT, 1949; QUICK, 1972) já haviam identificado estes problemas como, por exemplo, a plataforma de corte e recolhimento. Estes autores sugeriram métodos para avaliação de perdas, baseados no tamanho da área amostral, como 1 e 0,4 m² respectivamente. No Brasil o método da EMBRAPA (MESQUITA, 1981; MESQUITA e GAUDÊNCIO, 1982; MESQUITA et al., 1998) é o mais difundido, no qual este também é baseado em um tamanho de área amostral fixo, tendo suas dimensões ajustadas a largura da plataforma de colheita. Não diferente do observado por Everett (1949) e Quick (1972), a EMBRAPA (2000) observou que até 85% das perdas na colheita mecanizada podem ocorrer na plataforma e até 12% nos mecanismos de trilha e limpeza.

Em estudos sobre perdas em colheita mecanizada, nota-se que a variável perda apresenta grande dispersão dos dados, resultando em coeficientes de variação extremamente elevados. Este pode ser proporcionado pela natureza do fenômeno estudado por fatores locais não controlados, número e forma de amostragem inadequados (CUNHA & ZANDBERGEN, 2007; TOLEDO et. al, 2008; HOLTZ & REIS, 2013).

A metodologia de avaliação de perdas ou de comparação entre colhedoras, sugerida pela EMBRAPA (MESQUITA, 1981; MESQUITA e GAUDÊNCIO, 1982; MESQUITA et al., 1998) são avaliações de campo que apresentam-se práticas,

rápidas e suficientes para a realização de procedimentos de regulagem da máquina (MENEZES et al., 1985; CUNHA & ZANDBERGEN, 2007).

Entretanto, em nível experimental, observa-se que as metodologias baseadas tamanho de área de coleta, dependendo da conformação experimental, não se adéquam aos equipamentos modernos, considerando que os tamanhos das plataformas universais e colhedoras modernas aumentaram se comparadas as suas antecessoras, sendo que as áreas amostrais são pré-determinada, compreendendo, de preferência, toda a extensão da plataforma (MESQUITA, 1981; MESQUITA e GAUDÊNCIO, 1982; MESQUITA et al. 1998; SUMNER, 2000), e o método sugerido é composto de poucas repetições, embutindo erros pelo baixo número de leituras a campo. Por este motivo, principalmente, a utilização de sub-amostragem, a qual permite o aumento da representatividade das repetições pelo efeito de diluição do erro amostral na composição da média (MAHALANOBIS, 1945), torna-se uma alternativa viável para utilização em experimentos com amostragens numerosas.

2.1.1 Metodologia usual no Brasil (MESQUITA, 1981; MESQUITA & GAUDÊNCIO, 1982)

O método de estimativa de perdas na colheita mecanizada de grãos mais difundido no Brasil foi o proposto por Mesquita (1981) e suas variações, como o copo medidor volumétrico para estimativas rápidas de perdas de soja a campo (MESQUITA & GAUDÊNCIO, 1982). Para vias de procedimento de regulagens nas colhedoras por produtores e técnicos no campo, este método mostra-se eficiente. Porém, a necessidade da realização de experimentos visando número elevado de amostragens e análise estatística dos dados, esta metodologia pode não ser a mais adequada. Isto se deve principalmente ao tamanho da área amostral (área de 2 m² abrangendo toda a extensão da plataforma) e na avaliação de perdas em plataforma, faz-se necessário o desvio da colhedora da área amostrada, podendo aumentar a área necessária para realização do experimento, complicando o delineamento e arranjo experimental.

2.1.2 Metodologia Adaptada (DELALIBERA, HIGASHIBARA e RALISCH, 2017)

A principal alteração proposta no procedimento sugerido por mesquita

(1981) está relacionada à forma da amostragem para estimar a perda na plataforma, na qual, o tamanho da área amostral não é fator de maior relevância, e sim, a coleta de um número maior de amostras (repetição) compostas por “n” subamostras, conforme recomendado por Mahalanobis (1945).

A inclusão de um procedimento estatístico para remoção de amostras fora da distribuição da estatística Z ou da t , isto é, exclusão de subamostras discrepantes (método *jackknife*) para calcular a média que irá compor a repetição, o procedimento deve ser realizado até que o conjunto de dados (repetições compostas) de cada tratamento apresente distribuição normal (WU, 1986; WU, 1990).

A aplicação de testes de normalidade adequados ao tamanho e distribuição do conjunto de dados faz-se necessária. Quanto maior o número de subamostras, menor é o risco de ocorrerem perdas de parcela por eliminação de leituras discrepantes (WU, 1986; WU, 1990).

Recomenda-se utilizar para a identificação das subamostras discrepantes o método dos desvios Studentizados, também conhecido como “Teorema do Limite Central” (Equação 3), o qual utiliza a distribuição da estatística “t de Student” para inferência sobre a amostra com desvio padrão (σ) desconhecido, em que índices fora do intervalo de $\pm 1,96$ (5% de significância para teste bilateral da tabela de valores críticos de t) podem ser considerados discrepantes e quando o conjunto das médias compostas não apresentar normalidade, deve-se iniciar a exclusão pelas subamostras que apresentem índices mais distantes de $\pm 1,96$. Ainda, pode-se utilizar o método dos Desvios Padronizados (Equação 4), o qual utiliza a estatística “z”, recomendada para σ conhecido. Observa-se que este último caso é raro para experimentação, visto que, como existem tratamentos, a estatística t é mais adequada (SNEDECOR & COCHRAN, 1980).

Conforme comentado anteriormente, independente da subamostra apresentar índice de desvio fora do intervalo de probabilidade definido, se a distribuição dos desvios das repetições compostas para os tratamentos apresentarem distribuição normal, não há necessidade de eliminação de subamostras, pois, os desvios elevados são diluídos na composição da média da repetição.

Caso contrário, inicia-se a eliminação dos dados pelos resíduos mais distantes do intervalo acima sugerido, um por vez, conforme o método *jackknife* (WU, 1986; WU, 1990) e, como adaptação do método, sugere-se recalcular os parâmetros do teste (média, variância, desvio padrão e erro padrão) a cada eliminação de

subamostra discrepante, pois, as medidas de tendência central se movem alterando os índices estimados, este procedimento aumenta a robustez do método.

Este recálculo pode ser executado automaticamente através de planilha eletrônica. É importante relatar que o método utilizado na estatística t não altera o comportamento ou a característica da distribuição do fenômeno estudado, por isso é mais representativo (BABU, SINGH E EDGEWORTH, 1985).

$$t = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma / \sqrt{n}} \quad \text{Eq. 3. Desvio Studentizado}$$

$$z = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma} \quad \text{Eq. 4. Desvio Padronizado}$$

Legenda:

x_i – leitura pontual da subamostra

\bar{x}_i – média do tratamento

σ / \sqrt{n} – erro padrão do tratamento

σ – desvio padrão do tratamento

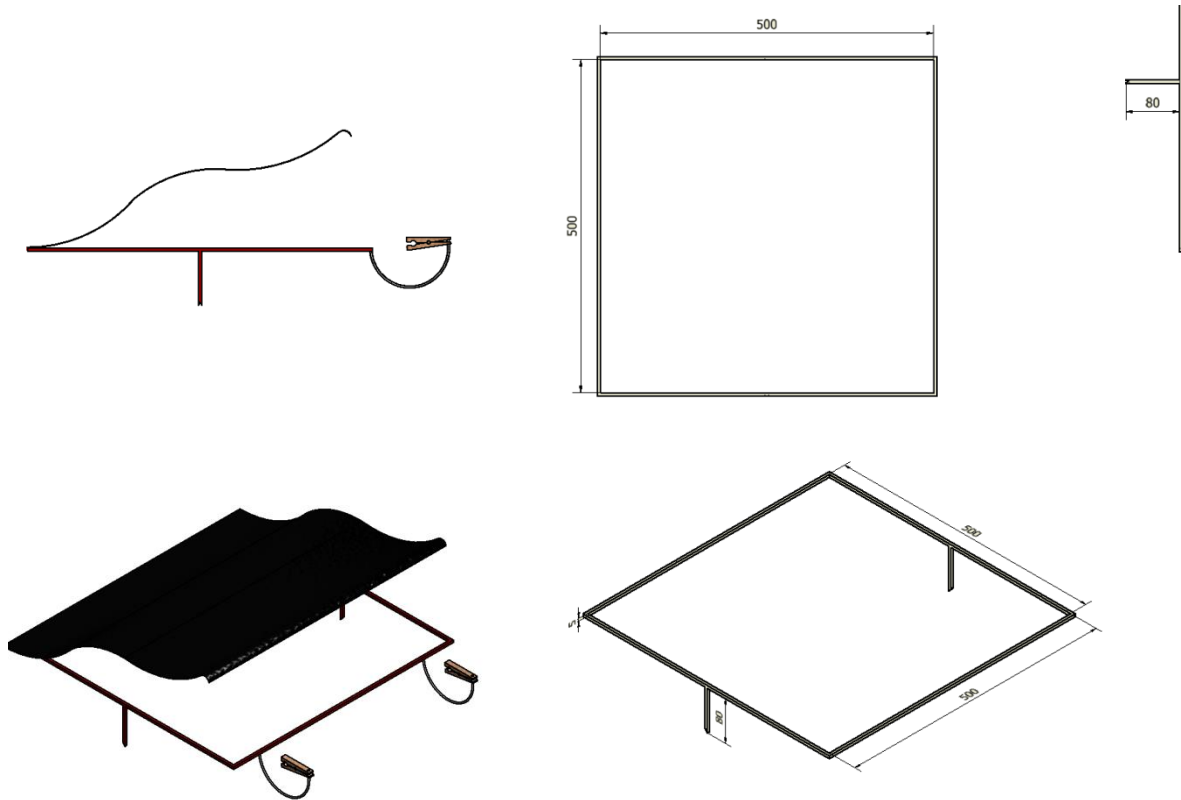
Sugere-se na execução desta metodologia o levantamento de no mínimo três subamostras para compor a repetição e, para que a análise de desvios Studentizados seja robusta, o número total de subamostras para cada tratamento seja igual ou superior a trinta (30) valores. Caso o número de subamostras seja menor, torna-se necessário observar na tabela de valores críticos da estatística t , o intervalo de valor crítico adequado ao número de subamostras abrangidas na estimativa (SNEDECOR & COCHRAN, 1980).

Para o levantamento dos dados a campo, sugere-se a confecção de quadros amostradores, construídos em madeira ou metal, no qual sua parte interna (área a ser amostrada) compreenda no mínimo 0,25 m² (quadro de 0,5 x 0,5m), visto que, este tamanho de área torna a coleta da amostra mais fácil e rápida. Para cobrir a área amostral do quadro, durante a realização do experimento, pode ser utilizada lona plástica ou tecido conforme o modelo descrito na Figura 1.1. Esta proteção do espaço amostral do coletor se faz necessária para evitar a contaminação da área de amostragem com materiais lançados pelo sistema de trilha e limpeza dos grãos.

Construir o quadro amostrador com este formato facilita a condução experimental, porque evita manobras secundárias com a colhedora para desviar dos quadros amostrais durante a avaliação de perdas em plataforma, sendo que, a máquina pode continuar na mesma linha de colheita, favorecendo a redução do tamanho da área necessária para o experimento e facilitando a implantação do delineamento e arranjo experimental adequado.

O tamanho reduzido da área amostral também exige que, para a mensuração da massa seca de grãos, seja utilizada balança com precisão analítica de 0,1 mg, devido a massa reduzida da amostra de perda coletada. Para secagem e determinação da massa seca e umidade, deve-se utilizar o método da estufa com circulação forçada de ar, conforme descrito por Carmo et al. (2000). Os valores de perda observados em g ou mg de “matéria seca” pelo tamanho do quadro amostral (ex. g 0,25m²) devem ser utilizados diretamente nas análises, sendo somente convertidos para kg ha⁻¹ e executadas as correções de umidade nos resultados médios da análise estatística. A aplicação de cálculos e correções não estudados e/ou indicados nos dados de entrada da análise estatística implicam em alterações na distribuição e no comportamento do fenômeno avaliado, afetando a análise de variância e a relação dos seus resultados com a realidade dos eventos estudados (HAIR et al., 2009).

Figura 1.1 Disposição gráfica do quadro amostrador, com a cobertura sugerida em lona plástica e grampos de fixação para uma das extremidades (dimensões dadas em milímetros)



2.1.3 Coeficientes de Variação do Experimento e da Variável

Outros fatores relevantes em experimentos envolvendo colheita são os coeficientes de variação experimental (CVe%) elevados, por conseguinte, quando utilizadas metodologias que não permitem a execução de número suficiente de amostras nos tratamentos, para se obter valores adequados de graus de liberdade para o resíduo, isso implica em que as diferenças de variação observadas entre os tratamentos são atribuídas a efeitos do acaso e erro experimental, fato comum em experimentos muito pequenos. Ressalva-se que o CVe% é um índice que representa a qualidade do experimental, sendo este calculado pela raiz quadrada do quadrado médio do resíduo, dividido pela média geral do experimento, multiplicado por cem (Equação 3). Contudo, o coeficiente de variação da variável ou tratamento (CVv%) é

mais comumente utilizado, mas, reflete a dispersão da variável. O CVe% é influenciado pelo tamanho do experimento, tipo de delineamento e arranjo experimental, sendo assim, o aumento do grau de liberdade do resíduo reflete em redução direta do CVe%, por outro lado, o CVv% pode ser influenciado por uma característica específica do fenômeno estudado (variável), ou também, e não menos, pode ser proporcionado pelo tipo, método e número inadequados de amostragens da variável. Embora exista interferência de um coeficiente no outro, durante a análise de variância, um CVv% elevado não resultar diretamente em um CVe% elevado. A elevada variação amostral, poucos tratamentos e repetições, somada ao baixo grau de liberdade do resíduo na análise de variância, resulta em um teste muito rigoroso, em que a hipótese de nulidade é ressaltada e as diferenças são todas atribuídas ao acaso e ao erro experimental (SNEDECOR & COCHRAN, 1980; LENTNER & BISHOP, 1993; GOMES & GARCIA, 2002). O inverso também é verdadeiro, onde experimentos muito grandes, como por exemplo, o conjunto de dados sejam maior que 200, podem resultar em menor rigor da ANAVA, isto é, podem ser ressaltadas diferenças onde na realidade podem não existir (HAIR et al., 2009).

$$CV_e\% = \left(\frac{\sqrt{QMr}}{\bar{X}} \right) 100$$

Eq. 5. Coeficiente de
variação experimental

Legenda:

\bar{X} – média geral

QMr – quadrado médio do resíduo obtido na análise de variância

2.1.4 Sensores em colhedoras

O mapeamento e a medição da produtividade têm sido um dos pilares de sustentação no desenvolvimento da Agricultura de Precisão (AP), e uma das maneiras de se fazer este monitoramento é através do sensoriamento em tempo real da produtividade acumulada durante o caminhamento da colhedora no campo. Os dados numéricos gerados podem ser transformados mapas gráficos que demonstram a variação espacial da produtividade (CHUNG et al 2016).

A criação dos mapas de produtividade se torna uma fase crítica, pois, os mapas são dados importantes na avaliação dos ciclos produtivos da AP. E podem ser relacionados com informações locais como: absorção de nutrientes; variabilidade de solo e os efeitos das estratégias de manejo (REITZ & KUTZBACH, 1996), além do que, a produtividade pode ser considerada uma estimativa de base em muitas recomendações de insumos agrícolas.

2.1.5 História dos sensores de produtividade em colhedoras

A tecnologia de sensores embarcada em colhedoras, para aquisição de dados de produtividade e posicionamento, foi completada no final da década de 1980 por Bae et al. (1987) e Searcy et al. (1989). Desde então, foram feitos muitos estudos sobre monitores de colheita e algoritmos de mapeamento (COLVIN & ARSLAN, 2000; DEMMEL, 2013; SINGH et al., 2012; Reyns et al., 2002).

No entanto, há mais de três décadas, os monitores de colheita estão em desenvolvimento para vários tipos de grãos, forragens, raízes e outras culturas. Monitoramento de produtividade e criação de mapas são conceitos de fácil entendimento, contudo, a obtenção de mapas de produtividade acurados e confiáveis são um desafio devido a seis fatores principais (BLACKMORE & MARSHALL, 1996):

1. O tempo de atraso que os grãos sofrem no mecanismo de trilha;
2. A largura da faixa colhida que está entrando na plataforma de corte e recolhimento;
3. Erros de desnorteamento do GPS;
4. Oscilação do fluxo dos grãos através do sistema de transporte;
5. Perda de grãos da colheita;
6. Acurácia e calibração dos sensores.

2.1.6 Componentes principais dos monitores de produtividade

O sistema de monitoramento de produtividade de colheita, normalmente, é composto por quatro partes (CHUNG, 2016):

1. Sensoriamento da produtividade;

2. Área colhida;
3. Localização;
4. Processamento de dados.

Este tópico será focado no sensoriamento de colheita e na geração de mapas de produtividade, presentes no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais equipamentos envolvidos no sensoriamento de área colhida e produtividade

Dados	Equipamentos		
Área colhida	Sensor de largura de corte da plataforma	Sensor na entrada de material colhido	Velocidade
Produtividade	Sensor de perdas (foco do trabalho)	Sensor de fluxo de grãos	Sensor de umidade

O monitoramento da área colhida é importante e a precisão dos mapas depende da variável perda. Contudo, para atingir esta precisão, um dos maiores desafios é medir a largura do corte da plataforma e, assim, obter uma estimativa de área efetivamente cortada pela máquina. Para tal, são utilizados sensores que medem a largura do corte, detectam o levantamento da plataforma e, assim, definem o início da entrada do material colhido, sendo, este último o responsável por iniciar o processo de contagem da distância caminhada pela máquina, separando áreas já cortadas (CHUNG, 2016).

Já o monitoramento da produtividade normalmente é medido a partir do fluxo de grãos oriundos do sistema de trilha, separação e limpeza, gerando valores de massa por área colhida. Destes valores são descontados ou acrescentados a porcentagem de umidade dos grãos até o valor limítrofe de 13% (CHUNG, 2016).

O monitor de produtividade da máquina gera uma interpolação entre eficiência operacional da máquina (área colhida/tempo) e as perdas de grãos (massa/área) que ocorrem nos mecanismos internos da máquina, porém sem apresentar os valores numéricos das perdas (valor de grande importância) lidos pelos sensores e com o foco de alertar o operador sobre velocidade de trabalho da máquina

(CHUNG, 2016).

2.1.7 Sensoriamento do fluxo de grãos

Os sensores de fluxo são montados em toda a rota interna do material colhido pela máquina

As metodologias de sensoriamento do fluxo de grãos normalmente são classificadas em duas categorias: fluxo de massa e fluxo de volume.

2.1.8 Sensoriamento por fluxo de volume

Os Métodos por fluxo de volume, que na maioria são de contato, empregam sensores de pesagem, impacto e radiométricos. Os do tipo pesagem utilizam células de carga e são montados nos elevadores de transporte e tanques graneleiros.

Schrock (1987) instrumentou um elevador transportador para grãos limpos com células de carga e testou a eficiência com trigo e milho. Descobriu que os erros de leitura do fluxo de grãos poderiam ser menores que 5% se a umidade em peso ficasse entre 10-15,5%, para o trigo, e, 14-19,2%, para o milho. A variabilidade de leitura do sensor foi 40% menor para o trigo, em comparação ao milho.

Para estimar tais volumes de perdas de grãos, o sensor mais utilizado atualmente é do tipo impacto, Koichi et al. (2011) realizaram estudo utilizando uma célula de carga que foi montada no final de um elevador de grãos, isto resultou em erro médio e máximo de 2% e 3,5%, respectivamente. Contudo, com a filtragem dos ruídos causados pelas vibrações, há a possibilidade de diminuir estes erros (ZHOU et al., 2014).

Fulton et al. (2009) realizaram testes com células de carga, instalados na elevador de alimentação do tanque graneleiro, e mensuraram os erros de leitura de acordo com a declividade do terreno. Quando a declividade era transversal (esquerda/direita) ao caminhamento da máquina, os erros de leituras variavam de 3,45% (esquerda ascendente) e 3,46% (direito ascendente), por outro lado, quando o declive era de forma longitudinal (descendente/ascendente), os erros de leitura da célula de carga variavam de 6,41% (descendente) e 5,50% (ascendente).

Sensores com sistema piezoelétrico PVDF (PolyVinylidene Fluoride)

foram projetados, fabricados e instalados no final do sistema de trilha axial por Zhao et al. (2011) e obtiveram resultados interessantes na leitura das vibrações geradas pelo impacto da massa de palhada e grão com erros de da leitura da perda de grãos de 4,5% em laboratório e 12% no campo.

Os sensores de leitura radioativa utilizam uma fonte de radiação (raios gamma). Os grãos lançados pelas pás do elevador de grãos passam por um campo radioativo formado entre a fonte de radiação e o leitor, resultando na porcentagem de radiação absorvida pela massa de grãos, que é relacionada com a massa por unidade de área superficial dos grãos (KORMANN et al., 1998). Raios X de baixa potência foram utilizados em laboratório para medir fluxos de grãos de 2 a 6 kg s⁻¹ e foi obtido um alto coeficiente de correlação (0,99), sendo que a umidade dos grãos de 15 a 20% quase não teve efeito nas leituras. No entanto, para maiores fluxos de grãos, é necessário um acréscimo na potência do raio X (Arslan et al., 2000).

2.1.9 Sensoriamento por fluxo de volume

Métodos de leitura de fluxo de grãos por volume não tem leituras por impacto ou peso dos grãos e incluem pás giratórias e módulos óticos.

Os grãos oriundos do elevador se acumulam sobre a pá giratória estacionária e quando atingem o nível, o sensor capacitivo de proximidade ativa a rotação da pá, e os grãos são lançados sobre o tanque graneleiro, ou seja, cada volta da pá representa um volume de grãos (SEARCY et al., 1989).

Modelos de sensores óticos de luz visível foram estudados por Pfeiffer et al. (1993), sensores fotodiodos faziam a estimativa da luz absorvida pelo fluxo de grãos e a correlacionavam com o volume grãos. Apesar da performance dos sensores serem altamente influenciadas pelo peso e umidade dos grãos, os erros foram menores que 3%.

2.1.10 Sensores de umidade dos grãos

Na análise da umidade dos grãos por sensores, em muitos casos, utilizam-se sensores capacitivos, micro-ondas, acústicos e NIR (reflectometria infravermelha). Os sensores podem ter uma lâmina ou superfície plana e são principalmente montados na saída do elevador helicoidal de grãos limpos para o

tanque graneleiro.

Reitz e Kutzbach (1996) mediram o teor de umidade do grão através de uma barra de corte equipada com sensor de capacitância. A taxa média de erro foi de 3%, mas o erro máximo foi de 10%.

Choi (2016) montou um módulo de capacitância sobre o sistema de transporte horizontal de grãos, para detectar o teor de umidade dos grãos que estavam se movendo pelo transportador. Os resultados do teste para arroz, soja e cevada mostraram que o sensor produziu um alto coeficiente de correlação (0,99).

Maertens et al. (2004) testaram a capacidade de um espectrômetro NIR comercial, desenvolvido para medir o teor de umidade e quantidade de proteína de grãos de trigo sendo este instalado na parte mediana do elevador de grãos limpos. Os testes de laboratório mostraram que usando técnicas adequadas de filtragem e de mudança de tempo, os erros de validação foram de 0,57% e 0,31% para as leituras de proteínas e de umidade dos grãos, respectivamente.

2.1.11 Sensoriamento da largura de corte da plataforma

A área colhida é calculada através medição de GPS. Contudo se a leitura da largura de corte não for constante, a medida de área colhida efetiva não terá precisão. São utilizados câmeras e sensores ultra-sônicos para a medição em tempo real da largura de corte (CHUNG, 2016).

Stafford et al. (1997) compararam a precisão de um sensor ultra-sônico e um vibrador ultra-sônico medindo a distância das plantas de arroz dos dispositivos. Então, descobriram que o erro máximo para o sensor ultra-sônico era de 4,2%, a uma distância do alvo de 0,72 m e o erro máximo do emissor ultra-sônico era de 8,9%, em uma distância do alvo de 0,360 m.

Missotten (1998) e Reyns et al. (2002), a fim de medir pontos cegos, utilizaram emissor e sensores ultra-sônicos, com suas placas refletoras rotacionadas em 90 graus, para medir a largura da faixa de corte da plataforma. Os erros foram inferiores a 5%, porém, a nova configuração dos defletores exigiu peças e espaços adicionais, em comparação com os projetos anteriores.

Choi (2016) também usou sensores ultra-sônicos posicionados em ambos os divisores da plataforma. Quando o sensor de largura de corte foi testado para campos de arroz, soja e cevada, os valores de RMSE foram de 4,33, 4,81 e 6,44

cm, respectivamente.

Han et al. (1996) estimaram a largura de corte da plataforma, usando o método de bitmap, e encontraram um erro médio nas leituras de largura de corte da plataforma de 19,4% e um erro máximo de 45,8%.

2.2 TELEMETRIA E INSTRUMENTAÇÃO

A Telemetria, como uma ferramenta de coleta e processamento de dados automatizados, possibilita a amostragem em pontos remotos ou imóveis de difícil acesso, no qual os dados são transmitidos para equipamentos de recepção e processamento e possibilitam a visualização dos dados em tempo real pelo usuário (COMAT RELECO®, 2014).

A comunicação entre monitor de colheita e o sistema de transmissão de dados pode ser feita através de conectores Controller Area Network presentes na cabine e o protocolo Controlador de rede local ou CAN BUS (BUS é a contração de do Latim *Omnibus* ou, também chamada de via rápida de transferência de dados) foi originalmente desenvolvido para veículos comuns. O protocolo de comunicação CAN BUS oferece uma rede barata, confiável e em tempo real. Permite que vários dispositivos conectados a mesma rede comuniquem-se entre si, o que o tornou rapidamente aceito pela indústria como protocolo de comunicação padrão para conexão de unidades de controle eletrônico e comunicação entre sensores, atuadores e outros dispositivos de controle (BOSCH, 1991).

A CAN BUS é um protocolo de comunicação multi-mestre, com alta eficiência de comunicação, porque todos os módulos ligados a rede podem enviar e receber mensagens se o caminho estiver livre de acordo com a prioridade (BOSCH, 1991), e pode trabalhar com mensagens *multicast*, em que todas as mensagens são recebidas por todos os módulos da rede (GUIMARÃES & SARAIVA, 2002).

Para a transmissão dos dados a partir do rastreador, o sistema de Global System for Mobile (GSM) pode ser utilizado. Era originalmente um padrão europeu de comunicação móvel. Hoje, já é o mais amplo sistema de comunicação móvel digital implantado em todo o mundo. O GSM converte dados analógicos do sistema em dados digitais, textos e imagens podem ser enviados. Pode, também, fornecer melhor qualidade de voz, capacidade de rede, SMS, criptografia de dados e

roaming, recursos nacionais e internacionais (ETSI, 1996).

A transmissão dos dados de campo via sinal GSM, normalmente, é feita via texto (GSM-SMS), pois, os parâmetros ambientais, valores de leitura de sensores e número de insetos capturados em armadilhas podem ser representados textualmente. Acima de tudo, é uma das formas mais baratas de transmissão (TSENG et al., 2006).

Segundo Sørensen et al (2008), os agricultores, no intuito de melhorar o desempenho econômico e operacional, enfrentam um grande desafio de manejar as informações internas ou externas à propriedade rural. Para alcançar tal intuito, faz-se necessário que o fluxo de informações entre os processos de decisão seja analisado e modelado como um pré-requisito para a subsequente criação, construção e implementação dos sistemas de informação.

Os sistemas absolutos podem ser divididos em sistemas terrestres, com transmissão de rádio e receptores, e sistemas aéreo-espaciais, baseados em satélites que são usados como transmissores. Recentemente, a maioria dos sistemas de monitoramento de produtividade usam o posicionamento por satélite (CHUNG, 2015).

3 ARTIGO A: ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE GRÃOS: ADEQUAÇÃO DA METODOLOGIA DE ESTIMATIVA E INFERÊNCIA EXPERIMENTAL PARA PLATAFORMAS UNIVERSAIS MODERNAS

ARTIGO TÉCNICO

3.1 RESUMO

Historicamente, os métodos de avaliação de perdas de colheita estão associados a programas de redução e/ou prevenção de perdas. O desperdício de grãos é um problema atual durante o processo de produção da maioria das culturas anuais, principalmente na fase de colheita, durante o processo de corte e recolhimento das plantas, onde podem ocorrer até 85% das perdas. Nota-se que as metodologias usuais se apresentam onerosas quando se pretende ajustar a uma condição experimental com método e delineamento estatístico pré definido. A presente proposta tem como objetivo sugerir uma adequação em metodologias já descritas na literatura, que se baseie em parâmetros estatísticos e experimentais rigorosos, visando a parametrização dos dados, adequação de delineamento experimental no campo e representatividade do fenômeno medido, desvinculando-se do tamanho da área amostral, tornando o processo mais adequado às condições experimentais das máquinas atuais, facilitando a realização de delineamento experimental e o uso de filtro estatístico para reduzir os resíduos experimentais, resultando em melhor representatividade da estimativa de perdas de plataforma de corte e recolhimento.

Palavras-chave: Colhedora. Qualidade experimental. Desvio Studentizado. Subamostra.

3.2 ABSTRACT

ESTIMATIVE OF LOSSES IN MECHANIZED GRAIN HARVEST: ADEQUACY OF METHODOLOGY FOR MODERN UNIVERSAL HEADERS

Historically, harvest losses assessment methods are associated with losses reduction and/or wastes prevention programs. Grain wastage is a current problem during the production process of most annual crops, especially in the harvesting phase, during the cutting and harvesting process of plants where up to 85% of wastes can occur. It is noted that this method is costly when it is intended to adjust to an experimental condition with a pre-defined statistical design. These are usually provided by the phenomenal nature, by uncontrolled local factors and inadequate amounts of sampling. The present proposal aims to suggest an adequacy in methodologies already described in the literature, which are based on rigorous statistical and experimental parameters, aiming the parameterization of data, adequacy of experimental design in the field and representativity of the phenomenon measured, dissociating itself from the size of the and the use of a statistical filter to reduce the experimental residues, resulting in a better representation of the estimation of cut - off and harvesting platform losses.

Keywords: Harvester. Experimental quality. Student's deviation. Subsample.

3.3 INTRODUÇÃO

As perdas de grãos são um problema comum durante a produção. A FAO (2014) vem executando projeto de monitoramento de perdas de vários tipos de grãos e observou uma variação de perdas de 1,9 a 2,9% em pré colheita e 15,56 a 16,65% em pós colheita e aproximadamente 14% destas perdas ocorrem durante o processo de colheita. Estudos realizados pela EMBRAPA (2000) estimam que 85% das perdas na colheita mecanizada ocorrem na plataforma de corte e recolhimento e 12% no mecanismo de trilha e limpeza.

A maioria dos métodos de avaliação tradicionais de perdas na colheita disponíveis estão associados com a redução ou a prevenção de perdas à nível de produtor no campo. Em 1975 a convenção Norte Americana traçou metas de redução nas perdas de pelo menos 50% em uma década. No mesmo período a FAO (1976) criou programas de ação similares, para serem executados em países em desenvolvimento (GSWP,2015). Contudo, o tema é mais antigo que estes grandes programas. No Estado de Iowa foram executados trabalhos que identificaram problemas nas plataformas de corte e recolhimento (EVERETT, 1949; QUICK, 1972). Estes sugeriram métodos de avaliação de perdas baseados em área amostral de 1 e 0,4 m² respectivamente. No Brasil o método de Mesquita (1981) é o mais difundido, também baseado em área amostral fixa e ajustada com a largura da plataforma de colheita.

Para a colheita de soja na safra 2014-2015 foram realizados estudos pela EMATER (2015) no estado do Paraná, usando o método Embrapa (MESQUITA & GAUDÊNCIO, 1982), e foram obtidas perdas estimadas de até 129,6 kg ha⁻¹ na colheita mecanizada de soja, porém a produtividade total das áreas não foi estimada. Em adição a média brasileira de perdas esta por volta dos 120 kg ha⁻¹ na colheita da soja (EMBRAPA, 2007). De acordo com Silveira (2001) e Balastreire (2007) para a colheita mecanizada combinada são consideradas aceitáveis perdas de 1 a 3% da produtividade estimada de grãos, contudo, se fazem-se necessárias regulagens na máquina para que seja possível ficar neste intervalo.

Nestes estudos pode ser notado que a variável perdas de grãos apresenta uma grande dispersão de dados resultando em coeficientes de variação extremamente altos (CUNHA & ZANDBERGEN, 2007; TOELTO ET. AL, 2008; HOLTZ & REIS, 2013). Os valores extremamente altos podem ocorrer devido à

natureza do fenômeno, por fatores locais não controlados, planejamento experimental inapropriado, além da quantidade e método de amostragem inadequada. Porém, o método sugerido pela Embrapa (MESQUITA E GAUDÊNCIO, 1982) é aplicável, prático e suficiente para proceder as regulagens de colhedoras a campo por agricultores (MENEZES et al., 1985; CUNHA & ZANDBERGEN, 2007).

Em experimentação, observou-se que as metodologias tradicionais não se adequam a plataformas de corte e recolhimento modernas, em outras palavras, o tamanho das máquinas colhedoras aumentaram de 2,5 a 3,2 vezes se comparadas com as máquinas usadas como referência para estas proposições metodológicas. Este fato tem feito com que a metodologia usual seja inadequada para estudos técnico-científicos. Como já reportado anteriormente estes métodos são baseados em um tamanho de área amostral predeterminada e obrigatoriamente necessitam abranger toda a extensão da plataforma, fazendo com que o procedimento seja muito penoso para se utilizar experimento de muitas repetições, e com isso, fazendo a utilização da subamostragem como uma alternativa para o aumento da representatividade das repetições pelo efeito da diluição do erro amostral na composição da média fique inviável de ser aplicada.

Em resumo a presente proposta tem como objetivo sugerir uma adequação na metodologia usual tendo como base a coleta de subamostras para a mesma repetição, realizando-se coletas pontuais em posições estratégicas da plataforma de corte e recolhimento, tornando o procedimento, indiferente do tamanho da área amostral, devido o princípio da repetibilidade e subamostragem na diluição dos erros, estando sobre o tamanho da área amostral apenas os efeitos de incerteza de medida e, também, fazendo com que o procedimento de amostragem seja mais adequado para condições do tamanho das máquinas modernas, facilitando a realização do planejamento experimental e favorecendo a implantação de um bom delineamento experimental no campo.

Para isto, através do uso de filtros estatísticos é possível a adequar a parametria dos dados e reduzir os efeitos de erros sobre a variação da variável, resultado em melhor representatividade das estimativas de perdas para plataformas universais de corte e recolhimento.

3.4 DESCRIÇÃO DO MÉTODO

O método de estimativa de perdas na colheita mecanizada (soja) mais difundido no Brasil foi proposto por Mesquita (1981) e também a variante deste método, o copo medidor volumétrico para estimativas rápidas a campo (MESQUITA & GAUDÊNCIO, 1982). Este método tem eficiência para estimar perdas de grãos no intuito da realização de regulagens das máquinas pelos agricultores e técnicos no campo.

Recentemente também foi publicada no Brasil a norma da ABNT NBR ISO 8210 (2016), que é uma copia na integra da norma norte americana ISO 8210:1989, que foi elaborada pelo Comitê Técnico de Tratores e Maquinários para Agricultura e Silvicultura e subcomitê de equipamentos de colheita e conservação , contudo esta possui caráter genérico, sem descrição sobre o planejamento estatístico experimental detalhado para cada cultura, ou como deve ser avaliada cada tipo de máquina colhedora. Sendo assim, deixando um lapso na descrição metodológica experimental e, portanto, pouco adequada para a realização de inferências estatísticas sobre testes em maquinas para colheita.

Contudo, quando o método tradicional (MESQUITA, 1981; MESQUITA & GAUDÊNCIO, 1982) é utilizado em experimentos técnicos científicos, em que é necessária a utilização de delineamento experimental com inclusão de arranjos (fatorial ou parcelas subdivididas), com alto número de amostras e comparação estatística dos dados, esta metodologia apresenta-se onerosa pois demanda de muito tempo e mão de obra na realização de experimentos grandes, o que pode proporcionar variações de condição de colheita no campo, como por exemplo a umidade de planta e grãos, de difícil implementação do delineamento experimental a campo. Isto é devido ao modo de amostragem, tamanho da área amostral (área de 2 m² abrangendo toda extensão da plataforma de corte e recolhimento) e o excesso de desvios e manobras feitas pela máquina, pois, quando se está avaliando as perdas de grãos na plataforma de corte e recolhimento, a colhedora deve desviar da área a ser amostrada devendo-se evitar a contaminação por materiais lançados pelo sistema de trilha e limpeza de grãos.

Esses fatores inviabilizam a realização de muitas repetições no experimento, pois, demandam muito tempo para coletar cada amostra e pode gerar desigualdades entre as repetições, podendo resultar em altos coeficientes de

variação experimental ($CV_e\%$). Além do modo de amostragem tradicional não é adequado à largura das plataformas de corte e recolhimento atuais, promovendo grande variação nos dados. O $CV_e\%$ é um índice que representa a qualidade do experimento, calculado pela raiz quadrada do quadrado médio do resíduo e dividido pela média geral do experimento multiplicado por cem (Equação 1). Por outro lado, o coeficiente de variação do tratamento / variável ($CV_v\%$), coeficiente comumente utilizado, reflete a dispersão da variável (Equações 2) (GOMES & GARCIA, 2002).

O $CV_e\%$ é influenciado pelo tamanho do experimento, tipo de delineamento, arranjo experimental e o aumento no grau de liberdade do resíduo reflete em uma redução direta do $CV_e\%$. Para o $CV_v\%$ pode ser resultante da característica do Fenômeno (variável) ou pode ser influenciada pelo tipo, método e número de amostragem inadequado da variável. Embora haja interferência de um coeficiente no outro durante a análise de variância, um alto valor de $CV_v\%$ pode não resultar em um alto valor de $CV_e\%$. A alta variação amostral aliada ao baixo grau de liberdade do resíduo na análise de variância resulta em um teste muito rigoroso, em que a hipótese nula é destacada e as diferenças são todas atribuídas a erros aleatórios e experimentais, isto é, ao acaso (HAIR et al., 2009; LENTNER & BISHOP, 1993).

A principal mudança no método sugerido por Mesquita (1981) esta relacionada à forma de amostragem para estimar as perdas de grãos na plataforma universal de corte e recolhimento da máquina, sendo que o tamanho da área da amostral não é o fator mais importante, mas a amostragem de um maior número de repetições compostas por "n" subamostras, conforme recomendado por Mahalanobis (1945), além da inclusão de um procedimento estatístico para filtrar os dados, que é a exclusão de subamostras discrepantes para calcular o valor médio que irá compor a repetição, este método é conhecido como *jackknife* (WU, 1986; WU, 1990). Este procedimento de exclusão deve ser realizado nas subamostras até que as repetições (compostas de subamostras "n") apresentem distribuição normal. Também é necessário usar testes de normalidade apropriados para o tamanho e a distribuição do conjunto de dados. Quanto maior o número de subamostras, menor é o risco de ocorrência de perdas de parcela pela eliminação de leituras discrepantes.

Recomenda-se a utilização do método dos desvios Studentizados para a identificação de subamostras discrepantes, também conhecido como "Teorema do limite central" (Equação 3), que faz uso da distribuição "t" de Student

para inferência na amostra com desvio padrão desconhecido (σ), sendo que os índices fora da faixa $\pm 1,96$ (significância de 5% para teste bilateral em graus de liberdade iguais/maiores que 30; para graus de liberdade menores o valor crítico deve ser observado na tabela de valores críticos de “t”) podem ser considerados como discrepantes. Além disso, o método de desvio padrão (Equação 4) pode ser usado, recomendado para a estatística “z” quando o desvio é conhecido (σ) e se considera como não pertencentes a população de dados fora do intervalo de $\pm 3,09$. Observa-se que este último caso não é comum, em que, para experimentação, a estatística “t” é mais adequada, devido aplicação de tratamentos para teste (SNEDECOR & COCHRAN, 1980).

$$CV_e \% = \left(\frac{\sqrt{QMr}}{\bar{X}} \right) 100 \quad \dots \text{Eq. 1. Coeficiente de variação experimental}$$

$$CV_v \% = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right) 100 \quad \dots \text{Eq. 2. Coeficiente de variação da amostra/tratamento}$$

$$t = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma / \sqrt{n}} \quad \dots \text{Eq. 3. Desvio Studentizado}$$

$$z = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma} \quad \dots \text{Eq. 4. Desvio Padronizado}$$

Legenda:

\bar{X} – média geral

QMr – quadrado médio do resíduo obtido na análise de variância

x_i – leitura pontual da sub – amostra

\bar{x}_i – média do tratamento

σ / \sqrt{n} – erro padrão do tratamento

σ – desvio padrão do tratamento

Como mencionado anteriormente, independentemente, da subamostra ter um desvio fora do intervalo, se a distribuição dos desvios dos valores médios que compõem o grupo de repetições dos tratamentos apresentarem distribuição normal, não há necessidade de eliminar subamostras discrepantes, uma vez que os altos desvios dessas subamostras são diluídos na composição da média

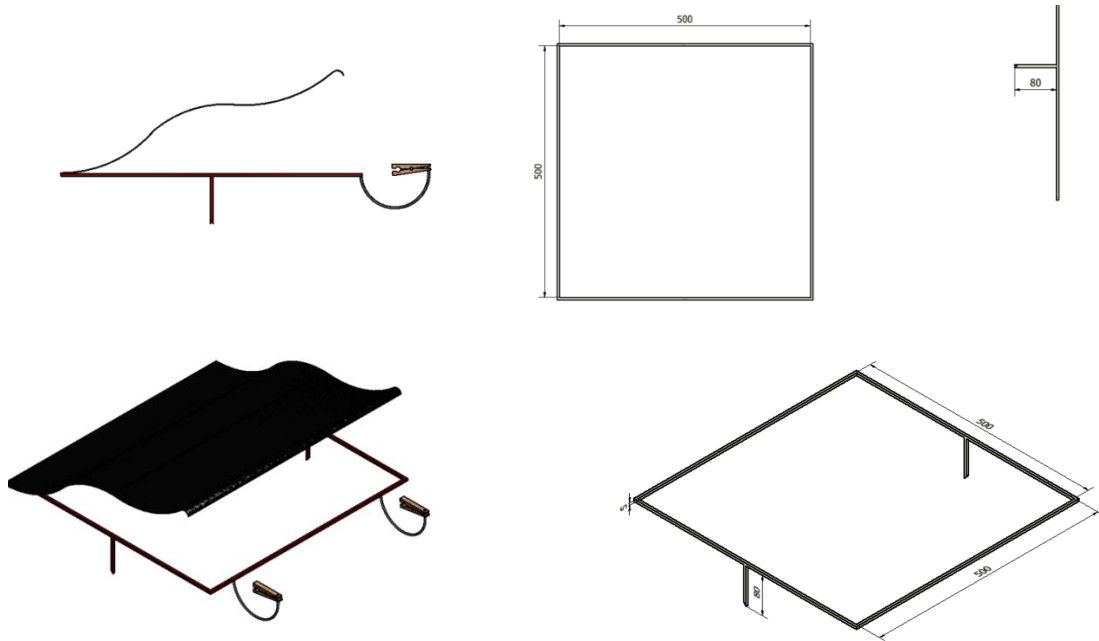
da repetição. No caso oposto, a eliminação das subamostras é iniciada por aqueles que apresentam resíduos mais distantes do sugerido no índice de intervalo do método de desvio Studentizado/Padronizado, um de cada vez de acordo com o método *Jackknife* (WU, 1986; WU, 1990).

No teste de *Jackknife*, os parâmetros de teste (média, variância, desvio padrão, erro padrão e índice) devem ser recalculados após cada eliminação de subamostra discrepante, pois, à medida que os dados discrepantes são eliminados, as medidas de tendência central mudam. Esse procedimento aumenta a robustez do método e pode ser facilmente executado automaticamente em um programa computacional de planilhas eletrônica. Deve-se ressaltar que este método usando a estatística “t” não altera o comportamento ou a característica da distribuição da variável, tornando este robusto e mais adequado (BABU & SINGH, 1985).

Na aplicação deste método a campo, faz-se necessário o levantamento de um mínimo de três subamostras para compor o valor médio da repetição e para que a análise de desvios studentizados seja robusta, o número total de subamostras para cada tratamento deve ser igual ou superior a trinta (30) valores. Se o número de sub-amostras for menor, é necessário observar na tabela de valores críticos “t” o índice apropriado em relação ao número de subamostras cobertas na estimativa (SNEDECOR & COCHRAN, 1980; GOMES & GARCIA, 2002).

A fim de coletar os dados em campo, sugere-se a confecção de amostradores, que podem ser construídos em madeira ou metal, com a área da parte interna mínima (área a ser amostrada) de 0,25 m² (0,5 x 0,5 m), pois, esse tamanho de área torna a coleta de amostras mais fácil e rápida. Ressalva-se que para dados de perdas menores que 90 kg há⁻¹ de grãos, torna-se interessante aumentar o tamanho da área amostral de 0,4 a 0,56 m² visando reduzir as incertezas da medida de massa de grãos. Para cobrir a área da amostra durante o experimento, pode-se usar lonas de plástico ou tecido, conforme o modelo descrito na Figura 2.1. A cobertura deste amostrador é necessária para evitar a contaminação da área de avaliação com materiais liberados pelos sistemas de trilha e limpeza dos grãos nos sistemas.

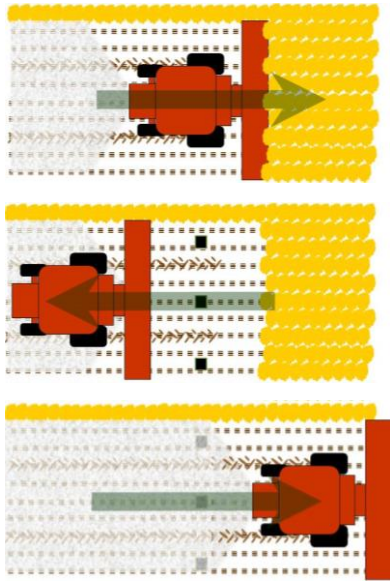
Figura 2.1. Layout gráfico do quadro do amostrador, com a cobertura de plástico e grampos de fixação (dimensões dadas em milímetros)



A construção da estrutura de amostragem com este formato facilita a condução do campo experimental, tendo em vista que evita manobras secundárias com a colhedora para desviar dos amostradores, assim a máquina pode continuar na mesma linha de colheita, favorecendo a redução do tamanho da área requerida para o experimento e facilitando a implementação dos delineamentos e arranjos experimentais mais complexos. Uma ilustração da sequência experimental é mostrada na Figura 2.1.

Para o levantamento dos dados de campo, é crucial a retirada de amostras de perdas de grãos em três posições, nas laterais e no centro da plataforma universal de corte e recolhimento da máquina, como mostrado na Figura 2.1 e na Figura 2.2. Este processo é necessário para aumentar a precisão dos dados levantados, sendo possível verificar as perdas de grãos nas diferentes posições da plataforma e, deste modo avaliar a condição estrutural e os ajustes de mecanismos na extensão da plataforma bem como estimar o efeito da inclinação do terreno nos dejetos de grãos na extensão da plataforma.

Figura 2.2. Sequência de subamostragem e levantamento da parcela experimental de campo



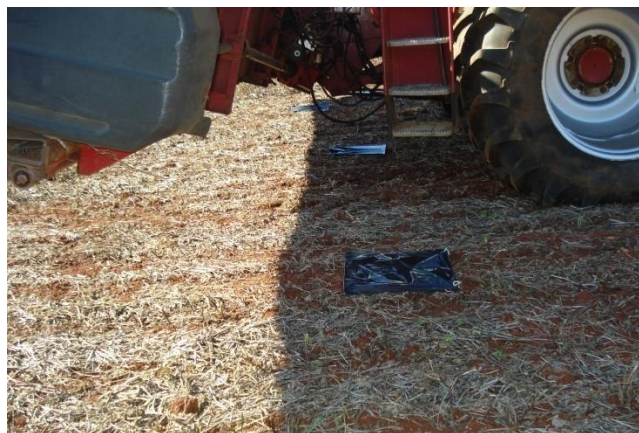
1. Parcela experimental

2. Retrocesso e parada da máquina e inserção de amostradores de subamostras

3. Avanço da máquina para a sequência da parcela experimental com o início de uma nova sequência (1,2,3) após a máquina atingir o regime de trabalho

O descarte da primeira faixa de 1 metro, se faz necessária, pois há o risco da queda de material (grãos e plantas) da plataforma no momento da parada e elevação da plataforma e início do recuo. Também é necessário evitar o espaço onde há os efeitos de frenagem da máquina, pois, esses efeitos causam uma condição anormal de velocidade de colheita (QUICK, 1972).

Figura 2.3. Disposição dos quadros do amostrador em relação à máquina e à plataforma



Também o ideal é sugerir que o operador suspenda a plataforma simultaneamente com o momento da parada. Depois da máquina ter sido afastada, é interessante colocar os quadros de amostragem a pelo menos 0,5 metros do recuo, com base na extremidade da pegada dos pneus das rodas dianteiras, que os trilhos do pneu atravessarão transversalmente no alinhamento dos amostradores.

O procedimento de amostragem nas três sessões da plataforma é importante, pois, a partir desta é possível avaliar se há diferenças de perda de grãos entre estas posições. Estas diferenças, desde que haja uma boa amostragem para eliminar os efeitos de variação de produtividade da cultura no espaço, pode ser decorrente de regulagens inadequadas na extensão da plataforma, e/ou, problemas mecânicos como desgaste localizado de mecanismos da plataforma ou desalinhamento causado por torção, problemas comuns em plataformas grandes, no qual por descuido do operador, pode ocorrer impactos nas extremidades da plataforma e causar deformações que, são imperceptíveis ao olho, porém que causam perdas diferentes na extensão da plataforma. Também pode haver efeitos causados pela inclinação do terreno.

Outras variáveis importantes a considerar são: umidade do grão e da planta no momento da colheita, produtividade da área e parametrizações da máquina, caso não sejam incluídos como tratamento no experimento.

Para estimar a produtividade total de grãos, a umidade e a perda por debulha natural da área, recomenda-se a realização de coletas de plantas com pelo menos dez repetições de um metro linear.

Para a avaliação das Perdas Totais de Grãos (plataforma e industrial) pode-se utilizar do amostrador de 0,25m² de área interna distribuídos nas três sessões da plataforma, o método de subamostragem e eliminação estatística de subamostras discrepantes (*Jackknife* – WU, 1986; WU 1990), e as amostras são colhidas após a colhedora ter passado, sob um trabalho regime, seguindo o mesmo experimento de ensaio.

Em laboratório para pesagem é necessária uma balança analítica de precisão, com sensibilidade de 0,1 mg, devido à pequena massa de grãos fornecida pelo tamanho reduzido da área amostral no campo. Para a estimativa da massa seca e da umidade das amostras de campo, o método de determinação por meio da secagem forçada em estufa de circulação de ar deve ser utilizado de acordo com Carmo et al. (2000).

Os valores de Perdas observados em g ou mg de matéria seca de grãos pelo tamanho do quadro da amostra (ex.: g $0,25m^{-2}$) devem ser utilizados diretamente nas análises e somente convertidos para a unidade desejada ou usual (ex .: kg ha⁻¹) e as correções de umidade realizadas nos resultados da análise estatística. A aplicação de cálculos e correções nos dados de entrada da análise estatística podem implicar em mudanças no comportamento de distribuição e variação dos fenômenos avaliados, afetando a análise de variância e a relação dos resultados com a realidade dos eventos estudados (HAIR ET AL., 2009).

Como modelo experimental é sugerido um delineamento em blocos ao acaso no esquema de parcela subdividida (Split-Plot) e outras variações, devendo-se prever, quando aplicado no campo, na ANAVA os erros de não casualização dos fatores secundários e, quando necessário na aplicação do delineamento experimental no campo, a não casualização do fator principal como exemplo: dois ajustes de velocidade do molinete em plataformas universais e o efeito das perdas sobre a extensão da plataforma, sendo que a velocidade do molinete é o tratamento principal (parcela) e a comparação das perdas na extensão da plataforma como subparcela. Recomenda-se também fazer amostradores suficientes para cobrir o número de subamostras de pelo menos um tratamento, como no exemplo citado, se houver 5 repetições por tratamento, com três subamostras e três posições na plataforma, 45 quadros de amostragem seriam necessários. Desta forma a inserção dos amostradores é realizada de forma rápida e a colheita acontece com pouca variação da umidade da planta dentro do tratamento, lembrando que a leitura dos amostradores deve ser feita ao final.

3.5 CONSIDERAÇÕES

Como consideração final, esta proposta de adequação metodológica da avaliação de perdas de grãos em plataformas universais de corte e recolhimento surgiu da necessidade de se resolver problemas que ocorrem durante a implementação das avaliações a campo, sendo a execução do delineamento experimental adequado o de maior prioridade. Apesar de consideradas sugestões para avaliação de perdas de grãos em plataformas universais já descritas na literatura, o intuito de inovar e de melhorar as avaliações de Perdas de Grãos em plataformas de corte e recolhimento foi prevalecido. E além do método estatístico

proposto, o método com um todo apresenta diversas vantagens durante a execução, além de maior qualidade e confiabilidade das análises estatísticas com a obtenção de resultados mais satisfatórios.

4 ARTIGO B: COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE GRÃOS VISANDO INFERÊNCIA ESTATÍSTICA

4.1 RESUMO

As avaliações de perdas em colheita têm como foco principal reduzir, ou mesmo, prevenir as perdas. Através do desenvolvimento de equipamentos e adaptação de colhedoras ou, simplesmente, a aferição de regulagens dos componentes da colhedora. No entanto, para o caso da pesquisa e desenvolvimento, há a necessidade de se realizarem avaliações a campo visando inferência estatística sobre tratamentos aplicados. O presente trabalho teve o objetivo de comparar dois métodos de avaliação de perdas durante a colheita mecanizada de grãos, quando destinados a realização de experimentos para inferência estatística. Para tal utilizou-se dados de experimentação a campo e informações disponíveis em literatura sobre o assunto, visando discussões sobre parâmetros estatístico-experimentais e seus índices de qualidade como forma de demonstrar as vantagens do método proposto no artigo A. Os coeficientes de variação experimentais dos experimentos 1 e 2, utilizando a metodologia adaptada de perdas na colheita mecanizada de feijão ficaram por volta dos 21,04% e 12,69% respectivamente, e são considerados baixos se comparados a valores encontrados na literatura que variam de 28,58 % a 133,39%. Conforme o teste *t* para duas amostras pareadas, comparando os dois métodos, obteve-se que o tamanho da área amostral não exerce efeito significativo na quantidade de grãos perdidos para perdas na plataforma e perdas totais. A metodologia Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) se mostrou adequada para aplicação em experimentos onde é necessário realizar inferência estatística sobre tratamentos aplicados a máquinas de colheita visando estimar os desperdícios de grãos devido ao seu baixo CV experimental entre este método, com o método do Mesquita disponível na literatura. Entre estes comparou-se as grandezas obtidas na CVe% com base em recomendações por Pimentel Gomes (2002). A metodologia adaptada tem maior dinamismo e aplicabilidade em experimentos de comparação de perdas de grãos em colheita mecanizada.

Palavras chaves: Avaliação de perdas de grãos. Coeficiente de variação. Colheita mecanizada.

4.2 ABSTRACT

COMPARATIVE BETWEEN METHODS OF ESTIMATE OF LOSSES IN THE MECHANIZED GRAIN HARVEST AIMING STATISTICAL INFERENCE

Harvest wastes assessments are mainly focused on reducing or even preventing wastes. Through the development of equipment and adaptation of harvesters or, simply, the calibration of the components of the harvester. However, in the case of research and development, there is a need to carry out field evaluations for statistical inference on applied treatments. The present work had the objective to compare two methods of evaluation of wastes during the mechanized grain harvest, when destined to carry out experiments for statistical inference. For this purpose field experimentation data and information available in the literature on the subject were used, aiming at discussions on statistical-experimental parameters and their quality indices as a way to demonstrate the advantages of the method proposed in article A. The experimental coefficients of variation of the Experiments 1 and 2, using the adapted methodology of wastes in the mechanized harvest of beans were around 21.04% and 12.69% respectively, and are considered low if compared to values found in the literature ranging from 28.58% to 133.39%. According to the *t* test for two paired samples, comparing the two methods, it was obtained that the size of the sample area does not have a significant effect on the amount of grains lost to platform wastes and total wastes. The Delalibera, Higashibara and Ralisch (2017) methodology proved to be adequate for application in experiments where it is necessary to perform statistical inference on treatments applied to harvesting machines by turning grain wastes to the comparative evaluation of harvesting machines due to their low C_{Ve}%. The size of the sample area for the sampling frame does not influence the grain loss estimation. The adapted methodology has greater dynamism and applicability in experiments of comparison of losses of grains in mechanized harvesting.

Keywords: Evaluation of grains wastes. Coefficient of variation. Mechanized harvesting.

4.3 INTRODUÇÃO

As avaliações de perdas em colheita têm como foco principal reduzir, ou mesmo, prevenir as perdas através do desenvolvimento equipamentos para colheita ou simplesmente aferir regulagens dos sistemas da colhedora. Porém a pesquisa e desenvolvimento vem demandando a necessidade de avaliações destas máquinas visando inferência estatística sobre a aplicação de tratamentos, como por exemplo a comparação de regulagens distintas, modificações em mecanismos ou até mesmo máquinas distintas.

O tema perdas na colheita vem sendo estudado em Iowa State University desde 1949 (EVERETT, 1949; QUICK, 1972) quando já haviam identificado problemas como as perdas na plataforma de corte e recolhimento. Estes métodos avaliações de perdas sempre estavam baseados no tamanho da área amostral, como 1 e 0,4 m².

Na atualidade, o método mais difundido e utilizado no Brasil é o de Mesquita (1981), sendo este, também, a amostragem dos grãos perdidos baseada em um tamanho fixo de área amostral e suas dimensões ajustadas à largura da plataforma de corte e recolhimento. Não diferente do observado por Everett (1949) e Quick (1972), a EMBRAPA (2000) observou que até 85% das perdas na colheita mecanizada podem ocorrer na plataforma e até 12% nos mecanismos de trilha e limpeza.

Em estudos de perdas de grãos em colheita mecanizada se observou que a variável perda pode apresentar grande dispersão dos dados, resultando em coeficientes de variação extremamente elevados, o que exige experimentos mais criteriosos. Estas variações podem ser proporcionadas pela natureza do fenômeno estudado, por fatores locais não controlados e quantidade e forma de amostragens inadequadas (CUNHA & ZANDBERGEN, 2007; TOLEDO et. al, 2008; HOLTZ & REIS, 2013).

Entretanto, observa-se que as metodologias baseadas em área amostral de tamanho fixo não se adequam aos equipamentos modernos, visto que, o tamanho das plataformas universais modernas, bem como suas colhedoras, aumentaram de 2,5 a 3,2 vezes em tamanho, se comparadas com suas antecessoras, que foram utilizadas como referência para tais propostas metodológicas. Pois o tamanho de área amostral pré-determinado, compreendendo,

de preferência, toda a extensão da plataforma (MESQUITA, 1981; MESQUITA e GAUDÊNCIO, 1982; MESQUITA et al. 1998; SUMNER, 2000), pode tornar o procedimento de realização de delineamento experimental complexo e não possuir o número adequado de repetições. Faz-se necessária a adaptação da metodologia e substituição do método baseado no tamanho de área amostral para método baseado em subamostras e filtragem estatística dos dados para permitir o aumento da representatividade das repetições pelo efeito de diluição do erro amostral na composição da média (Artigo A).

Sendo o $CV_e\%$ um índice que representa a qualidade do experimento por outro lado, o coeficiente de variação do tratamento / variável ($CV_v\%$), coeficiente comumente utilizado, reflete a dispersão da variável (GOMES & GARCIA, 2002; LENTNER & BISHOP, 1993).

Contudo, a metodologia sugerida pela EMBRAPA (MESQUITA e GAUDÊNCIO, 1982) tem foco em avaliações de campo para agricultores, apresentando-se suficiente e mais adequada para a realização de procedimentos de regulagem da máquina (MENEZES et al., 1985; CUNHA & ZANDBERGEN, 2007).

O presente trabalho teve o objetivo de discutir de forma comparativa a metodologia de avaliação de perdas na colheita de grãos (DELALIBERA, HIGASHIBARA E RALISCH, 2017) e compará-la com a metodologia de Mesquita & Gaudêncio (1982); Mesquita et al. (1998), através dos coeficientes de variação experimental gerados por metodologia adaptada e aos artigos que utilizaram a metodologia tradicional e avaliações a campo comparando o tamanho da perda entre os métodos.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

Para a aplicabilidade e a qualidade entre os métodos do artigo A e do Método Mesquita, baseando-se em dados de Variação Experimental, o tamanho de amostra e a execução experimental, foram realizados 2 experimentos para avaliação de performance de plataforma universal, pois, para obtenção dos $CV_e\%$ é necessário a aplicação de tratamentos para calcular a análise de variância (ANAVA), portanto a partir dos dados de um estudo sobre desempenho de plataformas e, os $CV_e\%$ obtidos nestes foram comparados com dados de literatura para o método do Mesquita e algumas variações.

Como segundo passo realizou-se um experimento de campo com as duas metodologias, visando avaliar se os diferentes métodos de amostragem, principalmente com relação ao tamanho da amostra, resultam em tamanho de perdas iguais.

Para o primeiro caso, Os experimentos foram executados em áreas de produção de grãos comerciais. O caso 1 foi localizado 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 Cfa subtropical, de acordo com a classificação de Köeppen; com área útil de 5,5 ha e foram utilizadas colhedoras autopropelidas combinadas, equipadas com plataforma universal (Tabela1.1).

O caso 2 foi realizado no município de Lunardelli-PR, que se localiza a latitude 24°04'44" sul e longitude 51°44'16" oeste, altitude média de 640 m, declividade média de 9% e clima Cfa subtropical, segundo Köeppen; tendo uma área útil de 4,9 ha e o solo do local é classificado como LATOSSOLO Vermelho (EMBRAPA, 2013).. A colhedora utilizada e velocidade de trabalho estão descritas na Tabela1.1.

Tabela 1.1 - Dados da colhedora

	Caso 1	Caso 2
Colhedora	AXIAL CASE IH/2388 /2014	AXIAL CASE IH/2688 /2015
Plataforma	Universal/1020-flexível, 30 pés /2011	Universal/1020-flexível, 30 pés /2012
Velocidade de trabalho	4,5 a 5 km h ⁻¹	4,5 a 5 km h ⁻¹

As coletas de grãos foram feitas pelo método Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) e realizadas como descrito em seus trabalhos com delineamento experimental em blocos ao acaso, com 2 tratamentos aplicados ao mecanismo da plataforma, 3 subtratamentos aplicados à posição da perdas na plataforma, com 5 repetições compostas por 3 subamostras em esquema de parcela subdividida.

As amostras de perda de grãos coletadas dentro da área do quadro foram acondicionadas em envelopes de papel de 120 por 80 mm com identificação e seguiram para laboratório para secagem pelo método da estufa (Carmo, 2000) com determinação da massa seca através de uma balança analítica com precisão de

0,001 g.

Após pesagem e plotagem dos dados, estes foram submetidos à filtragem estatística (*Jackknife*) até a normalidade, usando como estatística *t*, conforme sugerido por Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017).

A partir dos resultados das pesagens filtrados estatisticamente, foram calculados os $CV_e\%$ s utilizando as equação 1.

$$CV_e\% = \left(\frac{\sqrt{QMr}}{\bar{X}} \right) 100 \quad \dots \text{Eq. 1. Coeficiente de variação experimental}$$

$$CV_v\% = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}} \right) 100 \quad \dots \text{Eq. 2. Coeficiente de variação da amostra/tratamento}$$

Legenda:

\bar{X} – média geral

QMr – quadrado médio do resíduo obtido na análise de variância

σ – desvio padrão do tratamento

Em um segundo experimento, foram avaliadas perdas em plataforma e total utilizando a metodologia proposta no artigo A e metodologia proposta pelo Mesquita et al. (1998), visando avaliar se o tamanho da área amostral, com a aplicação dos métodos distintos, exerce efeito na estimativa do tamanho da perda.

Para tal aplicou-se teste *t* para duas amostras pareadas, pois trata-se de uma comparação entre modelos experimentais diferentes e, que apresentam número de repetições distintas.

Para a comparação entre os métodos, visando observar o efeito do tamanho amostral no tamanho da perda medida no campo, realizou-se uma avaliação pelo método de Delalibera, Higashibara, Ralisch (2017). Porém, com apenas um tratamento, sendo três posições na plataforma, 5 repetições compostas por 3 subamostras, nas quais aplicou-se o método *Jackknife* para eliminação dos dados discrepantes, resultando em 15 dados dos quais se diluiu as perdas de posição/subamostras na plataforma em uma única leitura, resultando em 5 repetições para perda na plataforma e 10 para perdas totais. Para o método do mesquita, realizou-se 5 leituras para perda na plataforma e 3 para perdas totais.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como descritos na Tabela 1.2, os CVe% dos experimentos 1 e 2, utilizando a proposta do artigo A para a avaliação de perdas na colheita mecanizada ficaram por volta dos 21,04% e 12,69% respectivamente, e são considerados coeficientes médios para experimentos agrícolas conforme Gomes e Garcia (2002), no qual, para Cs experimentais menores que 10 são considerados baixos, (GOMES e GARCIA, 2002), porem quando comparados com os obtidos na literatura, pode-se considerar baixos se comparados a valores encontrados em muitos experimentos de avaliação de perdas na colheita de soja (FAGGION et al., 2017; HOLTZ & REIS, 2013; COMPAGNON et al., 2012; TABILE et al., 2008).

Tabela 1.2 Mostra os coeficientes de variação experimental obtidos da ANAVA para o experimento 1 e referencias apresentadas na literatura que tratam de cv experimental

Método Adaptado	CV_e%	Pimentel Gomes 2002
Caso 1 de Feijão	21,04%	elevado/alto
Caso 2 de Feijão	12,69%	médio
Método Mesquita e var.	CV_e%	
Faggion et al. (2017) soja	28,58%	elevado/alto
Holtz & Reis (2013) soja	33,06%	Extremo/muito alto
Compagnon et al (2012) soja	65,43%	Extremo/muito alto
Tabile et al. (2008) soja	133,39%	Extremo/muito alto

Mesmo em experimentos mais recentes em que o CVe% obtido pelo método do Mesquita de avaliação de perdas em plataforma de corte e recolhimento é considerado elevado, 28,58%, encontrou-se poucos casos na literatura dessa magnitude e, embora os autores destes trabalhos não tenham relatado ou fornecido informações suficientes para proporcionar uma melhor discussão sobre as dificuldades de execução e condução experimental, os testes realizados neste trabalho apontam pontos positivos para a metodologia proposta, principalmente com relação a obtenção de análises de variância com menores erros experimentais, o que resulta em maior satisfação do pesquisador e do publico técnico científico que terá acesso a informação gerada, independente se os testes apresentarem ou não diferenças significativas, pois, as análises obtidas são mais confiáveis em numero e grau devido ao tamanho do experimento, uma melhor adequação ao delineamento

experimental no campo e o menor índice de variação/resíduo experimental.

Isto se deve, pois, O $CV_e\%$ é influenciado pelo tamanho do experimento, tipo de delineamento, e arranjo experimental e o aumento no grau de liberdade do resíduo reflete em uma redução direta do $CV_e\%$. A alta variação amostral aliada ao baixo grau de liberdade do resíduo na análise de variância, resulta em um teste muito rigoroso, em que a hipótese nula é destacada e as diferenças observadas são todas atribuídas a erros aleatórios e experimentais ou ao acaso (Hair et al., 2009).

Outro fator importante entre os dois métodos avaliados, é com relação a construção das repetição, considerando a avaliação da plataforma toda, seriam $9 \times 0,25 = 2,25 \text{ m}^2$ sendo 3 posições na plataforma vezes 3 subamostras. A área amostrada é maior, porem os erros são diluídos na composição da média que resultará no valor da repetição. Ainda obter-se uma melhora a disposição dos quadros e sequência experimental que contribui com a redução do tempo de execução do experimento, pois, segundo Compagnon et al. (2012), existem diferenças nas leituras devido ao horário de coleta, causadas pela variação da umidade do material vegetal colhido.

Quando trabalhamos com o método sugerido por Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) podemos aumentar a complexidade e o número de repetições, as leituras de campo se apresentam no mínimo de 2 tratamentos, 3 subtratamentos, 5 repetições compostas de 3 subamostras cada, somando um global (contando as subamostras de 90) 30 dados 15 para cada tratamento, obtendo-se um bom numero de grau de liberdade para o resíduo, já no método usual, trabalha-se de 3 repetições para avaliação de perdas em plataforma, tendo para um exemplo com dois tratamentos, grau de liberdade do resíduo variando de 2 a 4, para 3 e 5 repetições respectivamente e delineamento experimental em blocos casualizados (MESQUITA et al., 1998)

Para comparar estes dados aplicou-se teste t visando verificar se os métodos de amostragem/tamanho de área amostral exercem efeito no tamanho da perda, conforme apresentado na Tabela 1.3.

A tabela 1.3 - Teste t para as avaliações de perdas em plataforma e total para os diferentes métodos.

Teste t	T	IC 95%	IC 99%	(p)
PUTME x PUTDE	-0,5683	-1.4467 a 0.9550	-2.2375 a 1.7458	0,6002 ^(ns)
PSTME x PSTDE	-0,4611	-1.2802 a 0.9155	-2.0032 a 1.6384	0,6687 ^(ns)
PUPME x PUPDE	-0,5482	-7.1456 a 6.5545	-34.6036 a 34.0125	0,6807 ^(ns)
PSPME x PSPDE	-0,5499	-6.4962 a 5.9572	-31.4553 a 30.9164	0,6799 ^(ns)

Peso Úmido Perda Total Método Mesquita et al (1998) (PUTME); Peso Úmido Perda Total Método Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) (PUTDE); Peso Seco Perda Total Método Mesquita et al (1998) (PSTME); Peso Seco Perda Total Método Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) (PSTDE); Peso Úmido Perda de Plataformal Método Mesquita et al (1998) (PUPME); Peso Úmido Perda de Plataformal Método Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) (PUPDE); Peso Seco Perda Total de Plataforma Método Mesquita et al (1998) (PUPME) e Peso Seco Perda Total de Plataforma Método Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) (PSPDE)

Conforme o teste t (Tabela 1.3) para duas amostras pareadas, comparando os dois métodos, obteve-se que o tamanho da área amostral não exerce efeito significativo na quantidade de grãos perdidos para perdas na plataforma e perdas totais.

4.6 CONCLUSÃO

A metodologia apresenta menor variação experimental.

O tamanho da área amostral para o quadro amostrador não influencia na estimativa de perda de grãos

Metodologia adaptada tem maior dinamismo e aplicabilidade em experimentos de comparação de perdas de grãos em colheita mecanizada.

A metodologia se mostrou adequada para aplicação em experimentos onde é necessário realizar inferência estatística sobre tratamentos aplicados a máquinas de colheita visando avaliar as perdas de grãos.

5 ARTIGO C: DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA PARA REDUÇÃO DE PERDAS ADAPTADO NA PLATAFORMA UNIVERSAL DE COLHEDORAS COMBINADAS PARA A COLHEITA DO FEIJOEIRO

5.1 RESUMO

Na cultura do feijoeiro a colheita manual ou semi-mecanizada são comuns, porém com os problemas de mão de obra e seu custo cada vez mais elevado, tem-se optado pela colheita mecanizada com foco no uso de colhedoras combinadas axiais dotadas de plataformas universais flexíveis. Quando o feijoeiro é comparado a soja, há diversos desafios, todavia em relação à colheita mecanizada, o maior desafio esta relacionado ao baixo porte das plantas e acamamento, dificultando o processo de apoio, corte e recolhimento das plantas pela plataforma, onde podem ocorrer mais de 85% das perdas de grãos. O objetivo do trabalho foi projetar e construir a modificação sugerida e implementada em plataformas flexíveis para avaliar o seu desempenho com relação as perdas de grãos no processo. Definiu-se que alterações no molinete seriam mais adequadas, optando pelo aumento do número de dedos apoiadores/recolhedores, pois, esta alteração foi considerada simples e de baixo custo. Obteve-se que a modificação no molinete resultou em reduções de 30,5% e 29,5% de perdas de grãos na plataforma, nos experimentos 1 e 2 respectivamente, quando comparado com o mecanismo padrão de fabrica da máquina.

Palavras-chave: Mecanização do feijão. Molinete. Processo de corte e recolhimento.

5.2 ABSTRACT

EVALUATION OF A SYSTEM ADAPTATION FOR LOSSES REDUCTION IN UNIVERSAL HEADER OF A COMBINED HARVESTER IN A COMMON BEAN CROP HARVEST.

In the common bean crop, manual or semi-mechanized harvesting is common, but with labor problems and their increasing costs, mechanized harvesting has been chosen with focus on the use of combined axial harvesters equipped with flexible universal headers. When the bean is compared to soybeans, there are several challenges, however in relation to the mechanized harvest, the greatest challenge is related to the low plant size and lodging, making it difficult to support, cut and collect the plants through the header, where more of 80% of grain losses. The objective of the work was to design and build the suggested modification and implemented in flexible platforms to evaluate its performance in relation to grain losses in the process. It was defined that changes in the reel would be more adequate, opting for the increase of the number of supporting/collecting fingers, since this change was considered simple and low cost. It was obtained that the modification in the reel resulted in reductions of 30.5% and 29.5% of wastes of grains in the header, in experiments 1 and 2 respectively, when compared with the machine's standard mechanism of manufacture.

keywords: Mechanization of common beans. Reel. Cutting and gathering processes.

5.3 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma cultura relevante no estado Paraná, o qual produziu cerca de 640 mil toneladas na safra de 2016-2017 (PARANÁ, 2017), o que corresponde a quase 20% da produção nacional (aproximadamente 3.334,6 mil toneladas) (BRASIL, 2016). Atualmente, para a cultura do feijoeiro, os métodos mais comuns de colheita são o manual, utilizado em áreas pequenas e, o semi-mecanizado.

Mesmo com a utilização do método semi-mecanizado, ainda é necessário elevado número de trabalhadores para cumprir as etapas de arranquio e enleiramento manuais, trabalho que é 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 universais flexíveis para corte e recolhimento da cultura, usadas comumente para soja e trigo, têm sido aplicadas como alternativa na colheita do feijão, 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 mecanizada podem chegar a níveis de até 20% da produtividade. Estima-se, que, do total de perdas durante a colheita mecanizada da soja, as perdas d grãos podem chegar em até 85% na plataforma e até 15%, nos mecanismos internos de trilha e limpeza (EMBRAPA, 2000).

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 (Kluthcouski, Stone & Aidar, 2009). Contudo segundo alguns produtores algumas destas adaptações podem danificar estruturalmente a plataforma, diminuindo sua vida útil, pois, geram pontos de esforço e torção na barra de corte do equipamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar uma modificação no espaçamento dos dedos de apoio e condução do material cortado de uma

plataforma universal, desenvolvido pela empresa Incomak Industria e Comércio de peças agrícolas em parceria com a Área de Engenharia Agrícola do IAPAR, a qual visa a redução das perdas de grãos em plataforma universal durante a colheita mecanizada do feijão.

5.4 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, 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 e assistência técnica especializada para implementação e uso; e baixo custo de aquisição e operação. Outra premissa importante foi a exclusão de propostas que sugerissem modificações em mecanismos e/ou sistemas que pudessem ter similaridade a algumas alternativas disponíveis no mercado, como os exemplos citados anteriormente.

Em segundo passo, durante a análise e definição dos parâmetros de projeto e levantamentos a campo do processo de colheita, como por exemplo, filmagens do processo de corte e recolhimento e condução das plantas para o sistema de trilha, identificou-se deficiência no procedimento de apoio das plantas durante o corte e condução do material cortado para dentro da plataforma, concluindo-se, que propostas de alterações no molinete das plataformas universais de colheita teriam maiores chances de resultados satisfatórios na redução nas perdas para a cultura do feijoeiro.

Para isto, duas possibilidades foram idealizadas, um aumento no número dos tubos que suportam os dedos do molinete ou, um aumento no número de dedos apoiadores/recolhedores na extensão dos tubos do molinete das plataformas universais. Tendo em vista que as alterações sugeridas deveriam ser consideradas simples e de baixo custo de implementação, dispensando treinamento específico para o operador e para a assistência técnica, tanto na fase de

implementação, quanto na operação, definiu-se como sendo de menor intervenção e custo, a opção de aumentar o número de dedos por sessão do molinete. Porém, mesmo com a simplicidade destas modificações, estas ainda podem acarretar adaptações como a troca do tubo de suporte dos dedos para o caso de alguns fabricantes.

Com base nas propostas citadas e com o auxílio de ferramentas computacionais de prototipagem e simulação, desenvolveu-se o modelo de protótipo em ambiente virtual e, com o auxílio de ferramentas de impressão tridimensional em polímero em escala real, realizou-se testes de implementação seguidos de sugestões de correção de projeto para confecção das formas e produção em escala comercial dos dedos e tubos para as diversas marcas disponíveis no mercado. Esta metodologia é interessante, pois, reduz os custos e o tempo de desenvolvimento.

A máquina (Tabela 2.1) utilizada como base para o desenvolvimento e validação da modificação sugerida, foi determinada através de pesquisa de campo com produtores de feijão, que adotam a colheita mecanizada, e prestadores de serviço. Este levantamento foi realizado pela empresa parceira em várias regiões produtoras de feijão, concentrado-se no estado Paraná e região Centro Oeste do Brasil. Resultando em um modelo e marca de plataforma universal que, em sugestão, apresentam menores perdas para a colheita mecanizada da cultura foco deste trabalho.

Convencionou-se projetar os dedos para serem produzidos em polímero, considerando que este material apresenta características mecânicas e operacionais mais interessantes se comparados aos dedos metálicos, um exemplo simples é para o caso de o dedo entrar na barra de corte durante a operação, foto comum para plataformas flexíveis, no qual, em vez de danificar a lamina da barra de corte, apenas danifica o dedo, que tem custo menor e é mais fácil de ser substituído em comparação com a lamina da barra de corte.

Tabela 2.1 - Dados da colhedora

	Experimento 1	Experimento 2
Colhedora	AXIAL CASE IH/2388 /2014	AXIAL CASE IH/2688 /2015
Plataforma	Universal/1020-flexível, 30 pés /2011	Universal/1020-flexível, 30 pés /2012
Velocidade de trabalho	4,5 a 5 km h ⁻¹	4,5 a 5 km h ⁻¹

Para este modelo de plataforma, 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 dependendo do fabricante e do tamanho da plataforma), e deste definiu-se por reduzir estes espaços para 70 mm de espaçamento entre dedos, como mostra a Figura 3.1.

Figura 3.1. Indicação do mecanismo padrão de fabrica e adaptação



Foram realizados 2 experimentos para avaliação do desempenho do protótipo em área de produção comercial de feijão do tipo carioca. O experimento 1 foi localizado no município de Jardim Alegre-PR, latitude $24^{\circ}12'06.5''S$ e longitude $51^{\circ}47'07.0''O$, com altitude média de 600 metros, declividade média de 14% e clima Cfa subtropical, de acordo com a classificação de Köeppen; com área útil experimental de 5,5 hectares (Tabela 4); e classificação do solo local como LATOSSOLO Vermelho (EMBRAPA, 2013). A cultura foi implantada, aproximadamente, na data de 30/03/2016, com colheita realizada nos dias 30/06 e 01/07/2016.

O experimento 2 foi realizado no município de Lunardelli-PR, que se localiza a latitude $24^{\circ}04'44''$ sul e longitude $51^{\circ}44'16''$ oeste, altitude média de 640 m, declividade média de 9% e clima Cfa subtropical, segundo Köeppen; tendo uma área útil de 4,9 ha (Tabela 4); e o solo do local é classificado como LATOSSOLO Vermelho (EMBRAPA, 2013). A implantação da cultura foi em 30/03/2017, com colheita realizada nos dias 20/06 e 25/06/2017.

Tabela 2.2 Descrição da área experimental

Dados	Área 1	Área 2
Tamanho da área	5,5	4,9
Clinometria média	14%	9%
Espaçamento da entrelinha	0,45m	0,45m
Número de plantas por metro	10,5 m ⁻¹	8,7 m ⁻¹
População de plantas	233.333,33 ha ⁻¹	193.333,33 ha ⁻¹
Inserção média das primeiras vagens	16,35 cm	12,30 cm
Altura média das plantas	35,15 cm	22,3
Massa seca parte aérea	1411,0 kg ha ⁻¹	1660,0 kg ha ⁻¹
Estimativa de Rendimento (Corrigido 13%)	1463,0 kg ha ⁻¹	2239,0 kg ha ⁻¹
Umidade dos grãos no momento da colheita	18%	21%

Em ambos os experimentos às regulagens do industrial (rotação do rotor, aperto do côncavo e rotação do ventilador), bem como as regulagens da plataforma (avanço do molinete, velocidade do molinete e regulagens de caracol) foram acertadas no campo para propiciar menores perdas para industrial e plataforma. Estas regulagens foram mantidas pelo período total dos experimentos, não sendo alterados mesmo após a inserção da modificação no molinete, evitando, assim, outras fontes de variação. A altura de corte da plataforma foi regulada para a mínima possível (0,01 m de altura de corte medida no campo), 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, no experimento 1, e, no experimento 2, o centro do molinete variando entre 0,20 e 0,30 m a frente da barra de corte e utilizou-se operadores distintos entre os experimentos.

Para a realização dos experimentos de campo, utilizou-se a metodologia sugerida por Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017). Para montagem do delineamento experimental, forma de amostragem, condução experimental e filtragem de dados para posterior análise estatística, foram utilizados quadros metálicos com área amostral de 0,25 m², cobertos com lona para evitar a

contaminação da área amostral pelas perdas de grãos dos mecanismos internos. As amostras de perda de grãos coletadas dentro da área do quadro foram acondicionadas em envelopes de papel de 120 por 80 mm com identificação e seguiram para laboratório para secagem pelo método da estufa (CARMO, 2000) com determinação da massa seca através de uma balança analítica com precisão de 0,001 g.

Já as amostras para a estimativa do rendimento da área foram coletadas com 10 repetições de 1,0 m linear, cortando as plantas rente ao solo e, fazendo uma contagem do número de plantas por metro e, a parte aérea das plantas acondicionadas em sacos de algodão cru de 1,0 por 0,65 m. A secagem foi feita em estufa (CARMO, 2000) e a pesagem feita em balança de precisão de 0,01 g.

No campo se utilizou delineamento experimental em blocos ao acaso com esquema de parcela subdividida, sendo dois tratamentos: plataforma com a modificação no molinete e plataforma com mecanismo padrão de fábrica no molinete na parcela e três posições de avaliação na plataforma, sendo terço médio esquerdo, central e terço médio direito; com 5 repetições compostas por 3 subamostras cada totalizando em 90 coletas, das quais, após a remoção de dados discrepantes e composição da média entre as subamostras para compor a repetição, resultou em 30 dados, isto é, 15 para cada tratamento. 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 ou, se há danos estruturais não perceptíveis na extensão da plataforma, como por exemplo desalinhamento causado por impacto.

Após plotados os dados em planilha eletrônica, procedeu-se a análise de resíduos Studentizados para eliminação de subamostras discrepantes conforme método *Jackknife*, até que a composição das médias das repetições para os tratamentos apresentassem distribuição normal, utilizando os testes de Liliefors & D'agostino através do programa computacional BIOESTAT 5.0, conforme descrito por Delalibera, Higashibara e Ralisch (2019). Posteriormente, utilizando os dados filtrados, procedeu-se ANAVA utilizando o programa computacional SISVAR®. E, após a análise estatística, os valores médios resultantes em gramas de matéria seca por 0,25 m² foram convertidos em kg ha⁻¹, com correção para 13% de umidade.

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos dados do experimento 1 mostra que houve diferença significativa para tratamento ($p=0,0480$), ou seja, existe diferença entre os tratamentos plataforma padrão e plataforma com a adaptação no molinete. Já para o fator posição da perda de grãos na plataforma ($p=0,1557$) não apresentou significância, isto comprova que houve similaridade de perdas de grãos entre as posições mensuradas na plataforma para ambos os tratamentos, comprovando que as regulagens procedidas nos mecanismos na extensão da plataforma foram adequados e similares. Também não apresentou interação significativa entre tratamento e posição de perdas ($p=0,3121$), 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.

Já a análise de variância dos dados do experimento 2 demonstra que houve também uma diferença para tratamento ($p>0,0001$). E também não houve diferenças significativas para posição ($p=0,9450$) e para interação entre tratamento e posição ($p=0,3602$).

Sendo assim, no modelo de plataforma universal com molinete padrão de fábrica, as médias de perdas totais de grãos em plataforma foram de 131 kg ha⁻¹ e 513 kg ha⁻¹ para os experimentos 1 e 2 respectivamente. Segundo Silva, Aidar e Kluthcouski (2009) em experimento de colheita do feijoeiro realizado com plataforma universal equipada com levantadores, obtiveram-se perdas totais de 135 kg ha⁻¹, por outro lado, neste experimento, não foram avaliadas perdas na plataforma e umidade dos grãos no momento da colheita. As perdas no industrial da máquina são muito ligadas à umidade do grão e da planta no momento da colheita (SILVEIRA, 2001; BALASTREIRE, 2004), porém, não há como separar tais perdas sem avaliar perdas de plataforma.

Para o tratamento plataforma com molinete modificado se obtiveram perdas médias de grãos em plataforma de 91 kg ha⁻¹ e 361 kg ha⁻¹ para os experimentos 1 e 2 respectivamente comparando os dados obtidos pela modificação e com os obtidos pelo mecanismo padrão, pode-se afirmar que as reduções nas perdas de grãos na plataforma adaptada são de 30,5% (exp. 1) e 29,5% (exp. 2) menores em relação às perdas do modelo padrão, como ilustrado em Figura 7 e 8.

Por outro lado, para sementes de pequenas, segundo Pari et al.

(2013) e Sattar et al. (2015) as adaptações de plataformas, de forma geral, não têm efeito significativo nas perdas de grãos na plataforma em colheitas de culturas de sementes pequenas, pois, a maior perda de grãos é comumente originada nos mecanismos internos da máquina.

Escolheu-se áreas de feijão para os experimentos 1 e 2 com condições biométricas ruins para colheita mecanizada (Tabela 4). Na área do experimento 1 havia baixo rendimento de grãos, plantas medianas e menor peso de matéria seca, porém, o número de plantas por metro estava próximo do recomendado pela EMBRAPA (2017), entre 10-12, para o espaçamento de 0,45m entre linhas. No entanto, na área do experimento 2 havia um rendimento de grãos maior que no experimento 1, apesar de plantas menores e menor número de plantas por metro, entre 6-11. Reforçando a importância das reduções nas perdas de plataforma pela adaptação, pois, condições biométricas ruins são comuns em áreas de produção do feijoeiro.

Figura 3.2. Perdas de grãos para plataforma padrão e modificada do experimento 1

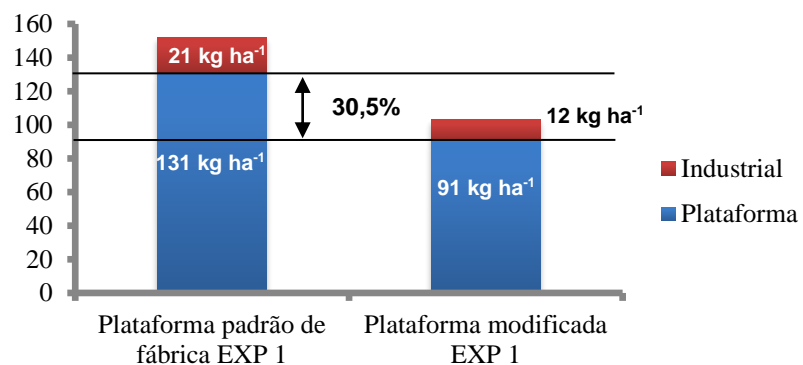
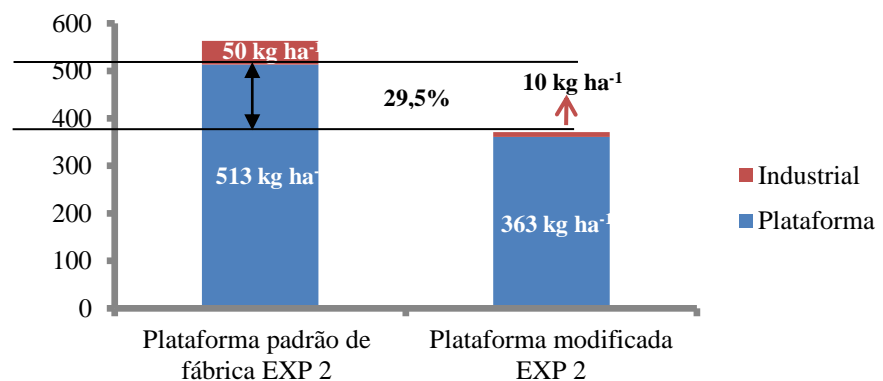


Figura 3.3. Perdas de grãos para plataforma padrão e modificada do experimento 2.



Há diferenças (Δ) aparentes entre as perdas de plataforma no experimento 2 em relação ao experimento 1, tanto para a versão padrão de fábrica com Δ igual a 381 kg ha^{-1} , quanto para o protótipo com Δ igual a 270 kg ha^{-1} , as diferenças nas perdas em plataforma de um experimento para o outro se devem à distância longitudinal do centro do molinete para a barra de corte, sendo que, no experimento 2, o operador trabalhou com o molinete mais a frente da barra de corte em ambos os tratamentos. Segundo o operador da máquina, esta estratégia evitaria danos (corte) nos dedos apoiadores pela barra de corte em momentos de flexão positiva do centro da barra de corte. Além disso, o molinete havia trabalhado bem próximo ao solo gerando ao operador a impressão de que com os dedos tocando o solo ajudaria a levantar as plantas acamadas, porém quando o molinete está muito à frente da barra de corte pode causar uma deficiência no apoio ao corte e condução das plantas para dentro da plataforma, promovendo assim, a deposição e acúmulo de plantas sobre a barra de corte causando debulha e perdas.

Estas diferenças entre operadores são muito comuns em avaliações de campo de produção de soja, segundo EMATER (2017). Todavia, as reduções das perdas promovidas pela adaptação se mantiveram em torno de 30% menores, em relação ao modelo padrão, nos dois experimentos, apesar das diferenças entre os campos experimentais e operadores.

Os coeficientes de variação experimentais (CVe%) dos experimentos 1 e 2 ficaram por volta dos 21,04% e 12,69% respectivamente, que segundo Garcia e Gomes 2002, podem ser considerados coeficientes médios, demonstrando que o método experimental aplicado apresenta boa precisão experimental, apesar da variável perda de grãos em colheita ser descrita como variável de grande dispersão do dados (CUNHA & ZANDBERGEN, 2007; TOLEDO ET. AL, 2008; HOLTZ & REIS, 2013).

A adaptação proposta para redução de perdas em plataforma se apresentou interessante, visto que considerada uma adaptação simples, que não altera as características do projeto base da plataforma bem como sua operação. Não apresenta riscos de danificar os mecanismos da plataforma e apresenta baixo custo de implementação.

Na Tabela 2.3 é possível observar a representatividade das perdas em relação ao rendimento em grãos das áreas experimentais. Com esta, nota-se

que as perdas durante a colheita são significativas, no qual, questões de operador e regulagem da máquina, umidade dos grãos no momento da colheita e, a inserção de mecanismos que auxiliam a redução das perdas, como o avaliado neste experimento, pode reduzir em até 14,6% as perdas totais de grãos (em relação a produtividade da área) durante a colheita mecanizada do feijão.

Tabela 2.3. Porcentagem de perdas na colheita mecanizada em relação ao rendimento das áreas experimentais (1.463,0 e 2.530,1 kg ha⁻¹ para os experimentos 1 e 2 respectivamente)

Local de Perda	Experimento 1		Experimento 2	
	Tratamento 1*	Tratamento 2**	Tratamento 1	Tratamento 2
Plataforma	8,9	6,2	20,3	14,3
Industrial	1,4	0,8	1,3	1,5
Total	10,3	7,0	21,6	15,8

* Molinete padrão de fabrica; **Molinete com o protótipo de teste

Também se pode comentar que, a partir da análise dos dados de campo, para o caso do experimento 1, que apresentou valores baixos de perdas na plataforma, seria interessante aumentar a área do quadro amostral para aumentar a massa de perdas da coleta, isso pode melhorar a qualidade experimental pela redução das incertezas de medida, proporcionadas pelos métodos de avaliação em laboratório, como secagem em estufa e pesagem. Este fato foi observado para o experimento 2, onde a massa de perdas de cada amostra/subamostra foi bem maior, fato que pode ter influenciado na redução das variabilidades causadas por erros experimentais e imprecisões de medida.

Por fim, em termos gerais, devem ser considerados os benefícios e impactos diretos e indiretos da utilização destes mecanismos de redução de perdas, ao passo que a redução do desperdício no processo de colheita, torna os custos operacionais e de produção de feijão mais viáveis, além de aumentar a disponibilidade do feijão no mercado, o que pode favorecer a redução do preço do produto para a sociedade.

5.6 CONCLUSÕES

A inserção do maior número de dedos nas barras do molinete da plataforma reduziu significativamente as perdas de grãos no processo de corte e recolhimento durante as colheitas mecanizadas de feijão, em relação à configuração do molinete padrão de fábrica.

Mesmo com a adaptação do molinete da plataforma, ainda, é notória a diferença entre operadores em relação às perdas em colheita mecanizada de feijão.

Agradecimentos ao presente trabalho

Ao IAPAR pelo apoio técnico e institucional.

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.

6 ARTIGO D: VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO DE PERDAS EM INDUSTRIAL PARA COLHEDORAS DE GRÃOS, BASEADA EM TELEMETIA EM TEMPO REAL

6.1 RESUMO

As colhedoras automotrizes combinadas que possuem computadores de bordo embarcados podem monitorar a velocidade de colheita, fluxo de material colhido, perdas, umidade do grão e registrar as regulagens que o operador executa na cabine. Para uma alternativa de menor custo em relação aos sistemas vendidos fabricantes de máquinas, existem empresas utilizando sistemas de transmissão de dados via SMS por sinal GSM de celular, pois, as informações são transmitidas com texto e são de tamanho reduzido. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso do monitor de produtividade da máquina em relação ao sensoriamento e mapeamento das perdas de grãos no industrial da colhedora, utilizando-se de avaliações à campo das perdas de grãos, como via de comparação com as leituras do painel, transmitidas via remota por rastreador. O teste de correlação de Spearman indica que não houve uma correlação dos pesos das perdas úmidas e secas, os valores de (p) de 0,6806 e 0,7490 respectivamente para colheita de soja. Contudo, os testes de correlação nos experimentos de perdas para a cultura do milho resultaram em correlação significativa, Porém esta apresentou baixo grau de correlação entre os dados de perdas amostradas no campo e os dados gerados pelo monitor de produtividade para colheita do milho. A não existência de correlação dos dados para o caso da soja e a baixa correlação obtida para os dados de milho, torna a informação obtida pelo sistema de telemetria não adequada para a confecção de um mapa de perdas de industrial durante a colheita mecanizada de grãos.

Palavras-chave: Monitor de produtividade, rastreador, perdas na colheita, mapa de perdas de grãos.

6.2 ABSTRACT

EVALUATION OF MONITORING SYSTEM OF MECHANIZED HARVEST LOSS BASED ON AGRICULTURAL TRACTORS

Combined automotive harvesters that have embedded on-board computers can monitor harvesting speed, harvested material flow, wastes, grain moisture and record the settings the operator performs in the cab. For a lower-cost alternative to CAMBUS, there are companies using data transmission systems via SMS by cellular GSM signal, since information is transmitted with text and is of reduced size. The objective of this work was to evaluate the use of the machine productivity monitor in relation to the grain wastes sensing and mapping in the grain harvester threshing and cleaning sectors, using evaluations in the field of grain wastes, in relation to the transmitted panel readings via tracker equipment. The Spearman correlation test indicates that there was no correlation of wet and dry wastes weights, and the values of (p) were 0.6806 and 0.7490 respectively. However, the correlation tests in the corn wastes experiments resulted in an inverse correlation with the weights and scale of grades. There was an inverse correction between the data of wastes sampled in the field and the data generated by the productivity monitor for corn harvest and, on the other hand, for soybean, there was no correlation. The non-existence of correlation of the data for the case of soybean and the inverse correlation for maize makes the information obtained by the telemetry system not adequate for the production of a map of industrial losses during the mechanized harvest of grains.

Key words: productivity monitor, tracker, harvest wastes, grain wastes map

6.3 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de grãos segundo Conab (2018), safra Verão/Inverno 2017/2018, foi de 225 milhões de toneladas. Segundo USDA (2018), a produção mundial de grãos está em torno das 5,1 bilhões de toneladas na safra 2016/2017.

No Brasil colheita mecanizada está presente em boa parte do setor produtivo de grãos e segundo Silveira (2001) e Balastreire (2007) as colhedoras combinadas podem admitir perdas de grãos no sistema de trilha e limpeza de 1 a 3% da produtividade da área, sendo necessário proceder regulagens suficientes para que fiquem dentro deste intervalo. Tendo ainda as perdas externas, que são causadas por debulha natural e pela plataforma de corte, recolhimento e condução das plantas, no qual, a última, é responsável pelas maiores perdas de grãos.

Apesar do mercado de máquinas estar sempre na busca de inovações tecnológicas, as perdas nos mecanismos internos não estão ligadas diretamente com a idade da colhedora, mas sim, a fatores como ajustes, manutenção, habilidade do operador, produtividade de grãos e condições de campo (ESGICI, SESSIZ & BAYHAN, 2018; EMBRAPA: EMATER).

As colhedoras automotrizes combinadas, que possuem computadores de bordo embarcados, podem monitorar a velocidade de colheita, fluxo de material colhido, perdas, umidade do grão e registrar as regulagens que o operador executa na cabine.

Com relação ao monitoramento das perdas, estas são monitoradas por sensores de impacto posicionado na saída do saca-palha ou rotor(es) de debulha, que tem a função de distinguir os impactos dos grãos ou da palhada e estimar as perdas de grãos que estão ocorrendo.

Contudo, os dados das perdas são compilados pela central computadorizada da máquina, que são protegidos por protocolos fechados e posteriormente demonstrados de forma gráfica ao operador em uma tela ou painel eletrônico, tendo como objetivo de alertar o operador sobre o rendimento operacional da máquina. As formas de exibição dependem de fabricante, ano ou modelo da máquina.

Para uma alternativa mais barata em relação aos sistemas comercializados pelas fabricantes de máquinas, existem empresas utilizando sistemas de transmissão de dados via SMS por sinal GSM de celular, pois, as informações são transmitidas com texto e são de tamanho reduzido.

O GSM é muito utilizado no Brasil por empresas de logística e rastreabilidade de veículos urbanos e de transporte de cargas, visto que a cobertura de sinal GSM no Brasil tem amplo alcance e razoável disponibilidade, juntamente com a capacidade de transmissão de dados em tempo real.

Para acompanhar o desenvolvimento da tecnologia, faz-se necessário a realização de procedimentos para a avaliação e validação com maior precisão e menor erro, pois, as metodologias tradicionais não possuem um bom desempenho.

O objetivo do trabalho foi avaliar, validar as informações fornecidas pelo monitor de produtividade da máquina em relação ao sensoriamento e mapeamento das perdas de grãos no industrial da máquina, utilizando-se de avaliações a campo das perdas de grãos, a campo para vias de comparação.

6.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em áreas comerciais, o experimento 1, no município de Bela Vista do Paraíso - PR (safra verão 2016/2017) e, o experimento 2, no município de Cambé - PR (safra verão 2017/2018). Segundo Köppen e Geiger, a classificação do clima é Cfa subtropical.

Foram utilizadas duas colhedoras John Deere instrumentadas com painel de produtividade (Tabela 4). Sendo que os dados de produtividade foram transmitidos através do equipamento de rastreabilidade (empresa Agritel), e formato SMS, e via sinal GSM. O sistema de monitoramento e transmissão de dados em tempo real via GSM em formato SMS, o qual esta ligado em paralelo com a rede CAN do monitor de colheita da colhedora.

Tabela 3.1 - Dados da colhedora

	Experimento 1	Experimento 2
Colhedora	John Deere 9770 STS / 2016/2017	John Deere S660 / 2017/2018
Plataforma	Universal/ Plataforma HydraFlex™ Flexível 600F/ 30 pés/ 2016/2017	Universal/Plataforma HydraFlex™ Flexível 600F/ 30 pés/ 2017/2018
Velocidade de trabalho	4,5 a 5 km h ⁻¹	4,5 a 5 km h ⁻¹

Todavia, para que fosse possível decodificar, previamente, foram ligados às portas CAN da colhedora a um copiador de códigos de protocolos CAN. Para que, deste modo, somente fossem transmitidos os dados de importância como: monitor de produtividade e perdas, velocidade, horímetro, odômetro, etc.

A prototipagem dos rastreadores e a decodificação dos códigos CAN foram realizadas pela empresa parceira do setor privado, bem como o pós-processamento de forma automatizada dos dados, que também foi desenvolvido pela empresa, dentro de um servidor na nuvem, e pode ser acessada de qualquer lugar com conexão ativa à internet.

No método de avaliação de perdas a campo foi utilizada a técnica de amostragem e avaliação de Delalibera, Higashibara & Ralisch (2017), as subamostras coletas foram pesadas úmidas e depois repesadas após secagem na estufa (Carmo, 2000), para obtenção do peso seco das amostras.

Posteriormente, os dados foram submetidos à estatística “z”, visando a remoção de dados não pertencentes a dita população, esta foi aplicada, pois, não havia tratamentos, somente avaliações de perdas para futura correlação com os dados fornecidos pelo sistema telemetria (SNEDECOR & COCHRAN, 1980; GOMES & GARCIA, 2002). As pesagens, depois de submetidas ao procedimento estatístico *Jackknife* para eliminação de discrepâncias e se adequarem a distribuição normal. Após aplicou-se o teste de correlação, para observar a hipótese de existência de correlação entre os dados fornecidos pelo monitor de produtividade e transmitidos pelo sistema de telemetria com os dados do levantamento de campo. Utilizou-se para correlação o método de Spearman devido os dados advindos da telemetria não

se apresentarem normais.

As amostragens a campo foram distribuídas como descrito por Delalibera, Higashibara e Ralisch (2017) e georrefêrenciadas através de GPS da marca GARMIN®, porém, neste estudo foram realizadas avaliações de perdas em plataforma e perda total para experimento de colheita de soja, visando, pela subtração das perdas em plataforma, estimar as perdas em industrial e, somente, perda total, para a cultura do milho, pois, para a cultura do milho as perdas de plataformas foram desprezíveis e, portanto, desconsideradas.

A única diferença da amostragem de perda total para a de perda em plataforma (DELALIBERA, HIGASHIBARA e RALISCH, 2019) está no fato de que, para a estimativa de perda total, a colhedora não há necessidade de parar a máquina para a definição do local e inserção do quadro amostrador, como ocorre com as coletas para perda em plataforma e, após a passagem da colhedora, as armações são posicionadas dentro do limite da faixa de trabalho, ou seja, respeitando a largura da plataforma.

A amostragem de umidade do grão e temperatura ambiente no momento da coleta de campo foram feitas com medidor portátil de umidade de grão AL-102 ECO da Agrologic.

As estimativas de produtividade média em ambas as culturas foram realizadas com a amostragem de 10 pontos aleatórios, através da coleta de 2 metros lineares para o milho e 1 metro linear para soja. Sendo os grãos separados das plantas e colocados em sacos de papel, e secos na estufa até peso constante. Não obstante, foram pesados úmidos e secos para cálculo da umidade.

Nas tabelas 3.2 e 3.3 estão as informações sobre condições das áreas experimentais nas datas de coleta.

Tabela 3.2 - Informações sobre experimento de perdas em milho.

Data das Coletas	Cultura	Espaçamento entre linhas
09/02/2017	Milho	0,5 m

Produtividade média estimada		8001 kg ha ⁻¹	
Híbrido		Pioneer 30f53	
Amostragem	Umidade dos grãos	Horário	Temperatura Ambiente
m			
1	23,7%	10:00	31°C
2	22,9%	14:00	39°C
3	22,2%	16:00	40°C

Tabela 3.3 - Informações sobre experimento de perdas em soja

Datas das Coletas		Cultura	Espaçamento entre linhas
07 e 08/03/2018		Soja	0,45 m
Produtividade média estimada		4031 kg ha ⁻¹	
Cultivar		TMG 7363 RR	
Amostragem	% Umidade dos grãos	Horário	Temperatura Ambiente
1	11,3%	13:00	30°C
2	12,8%	15:00	32°C
3	14,5%	17:00	31°C

Uma escala de notas foi criada para facilitar as correlações entre dados do monitor de produtividade e os dados de perda do campo, pois, o monitor utiliza as leituras de perdas, velocidade de deslocamento da máquina e entrada de grãos colhidos no tanque graneleiro, e calcula um índice, e indica o resultado em forma de cores no painel (tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Índices, cores e escala de notas no monitor de produtividade

Intervalo de índices	Cores	Escala de notas
0-92	Amarelo	1
93-161	Verde	2
162-251	Amarelo	3

6.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para correlação dos dados utilizou-se o método de Spearman, pois dados não se apresentavam paramétricos com a relação a distribuição (normalidade), além de as entradas de dados advindas do sistema de monitoramento apresentarem natureza discreta (dados categorizados).

O teste de correlação de Spearman para dados não paramétricos, indica que não houve uma correlação entre os pesos das perdas úmidas e secas levantadas a campo, informações obtidas pelo sensor, ou seja, os valores de (p) de 0,6806 e 0,7490 respectivamente (Tabela 3.5) para as estimativas de perdas durante a colheita da soja.

Contudo, os testes de correlação no experimento de perdas para a cultura do milho, resultaram em significância da correlação em entre as leituras de campo do monitor de colheita/telemetria, dado em escala de notas, conforme os valores de ($p > 0,05$) apresentados na (Tabela 9). Porém, observou-se uma correlação inversamente proporcional, pois, o valores de (r^2 s) são negativos, ou seja, quando um aumenta o outro diminui. Porém devido os baixos graus de correlação (R^2) os dados obtidos não apresentam qualidade adequada para definir as perdas utilizando o monitor de produtividade da colhedora.

Tabela 3.5 - Correlação de Spearman para os experimentos de milho e de soja para teste de perda de Grãos

Correlação	(rs)	T	(p)
Milho			
Peso Umido x Nota	-0,3860	-2,2139	0,0351*
Peso Seco x Nota	-0,3860	-2,2139	0,0351*
Soja			
Peso Umido x Nota	-0,0784	0,4160	0,6806 ^(ns)
Peso Seco x Nota	-0,0610	-0,3232	0,7490 ^(ns)

As baixas correlações das leituras de perda fornecidas pelos sensores, para o caso do milho podem ter sido causadas pela interpolação dos dados de perdas, velocidade de deslocamento da máquina e fluxo de grãos colhidos no tanque graneleiro, pois o monitor de produtividade cria um índice, através do equacionamento que esta livremente disponível aos usuários, e os relaciona a uma cor, que vai do amarelo para o verde e novamente para o amarelo, onde verde representa quantidade de perdas aceitáveis e, amarelo, as perdas não aceitáveis. Porém, se fosse possível a conexão direta do sistema de captura dos dados rastreador e dos de transmissão, com sensores de perdas da colhedora talvez fosse possível uma análise mais refinada entre as leituras dos sensores de monitoramento de perdas, nos mecanismos internos e as leituras de pesos, obtidos no campo, da perda de grãos e as escalas de notas, mas, devido a questão da garantia das máquinas, não foi possível a adaptação do sistema de rastreamento via telemetria, visando avaliar somente da variável perda.

6.6 CONCLUSÃO

Houve uma correção inversa entre os dados de perdas amostrados no campo e os dados gerados pelo monitor de produtividade para colheita do milho e, para a soja, não houve correlação significativa.

A não existência de correlação dos dados para o caso da soja e a baixa correlação para os dados de perda em industrial da colhedora para a

cultura do milho, torna a informação obtida pelo sistema de telemetria não adequada para a confecção de um mapa de perdas de industrial durante a colheita mecanizada de grãos.

7 CONCLUSÕES GERAIS

O método sugerido para inferência estatística em avaliação de perdas, para tratamentos aplicados em colheita mecanizada de grãos, devido a sua maior agilidade na execução a campo e a possibilidade de a implementação de experimento mais complexos e com maior número de repetições, apresentou-se adequada para tal.

Não houve efeito do método/tamanho da área amostral na quantidade de perdas de grãos estimadas para colheita mecanizada.

O aumento do número de dedos do molinete, com conseqüente redução do espaço entre estes, para as plataformas de corte e recolhimento, exerceram efeitos significativos na redução das perdas de grãos em plataforma universal para colheita mecanizada do feijão, mesmo em condições ruins para a máquina, como baixa produtividade, plantas acamadas e pouca massa da cultura.

Com o uso do monitor de produtividade da máquina conjuntamente com sistemas de rastreador, possibilita-se a transmissão remota dos dados da máquina, mas não há precisão suficiente para geração de mapas de perdas de grão.

REFERÊNCIAS

- ARSLAN, S., F. INANC, J. N. GRAY COLVIN, T. S. Grain flow measurements with X-ray techniques. **Computers and Electronics in Agriculture** 26:65-80, 2000.
- AUERNHAMMER, H; Precision farming-the environmental challenge. **Comput. Elect. Agric.**, 30: 41-33. DOI: 10.1016/S0168-1699(00)00153-8, 2001.
- BABU, G. J. & SINGH, K. Edgeworth expansions for sampling without replacement from finite populations, **J. Multivariate Analysis**, 17, 261-278, 1985. Disponível em: <<https://online.stat.psu.edu/~babu/mypdfpap/1985JMVA17.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.
- BAE, Y. H., SEARCY, S. W., SCHUELLER, J. K., STOUT, B. A. Determination of spatially variable yield maps. **ASAE Paper** No. 871533. St. Joseph, MI:ASAE. 1987.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**, São Paulo, Editora Manole, ed.3, 2007, 307p.
- BLACKMORE, B. S., MARSHALL, C. J. Yield mapping: errors and algorithms. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Precision Agriculture, Madison, WI:ASA-CSSA-SSSA. pag. 403-415, 1996.
- Bosch R. **CAN specification version 2.0**. Robert Bosch GmbH, Stuttgart, Pag. 70 1991.
- BRASIL. Governo Federal. Companhia Nacional de Abastecimento Conab. **Safra de grãos 2015/2016 totaliza 186,4 milhões de toneladas**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/09/safra-de-graos-2015-2016-totaliza-186-4-milhoes-de-toneladas>>. Acesso em: 6 mar. 2017.
- CARMO, C. A. F. S., ARAÚJO, W. S., BERNARDI, A. C. C., SALDANHA, M. F. C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na EMBRAPA Solos. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, p.41, 2000. (Embrapa Solos. **Circular Técnica**; 6). ISSN 1517-5146 Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/62212/1/ Metodo-de-analise-de-tecido.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2016.
- CHOI, M. C. Development of a grain yield monitoring system for 55 kW full-type multi-purpose combines. Ph.D. Dissertation. Daejeon, Republic of Korea:Chungnam National University, Department of Biosystems Machinery Engineering, 2016.
- CHUNG, S. O., CHOI, M. C., LEE K. H., KIM, Y. J., HONG, S. J., LI M. Sensing Technologies for Grain Crop Yield Monitoring Systems: **A ReviewJ. of**

Biosystems Eng. 41(4):408-417. (2016. 12) Disponível em:
<<https://doi.org/10.5307/JBE.2016.41.4.408>> eISSN : 2234-1862 pISSN : 1738-1266 Acesso em: 07 jul. 2017.

COLVIN, T. S, ARSLAN,S. A review of yield reconstruction and sources of errors in yield maps. In:Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture (unpaginated), Madison, WI:ASA-CSSA-SSSA, 2000.

COMAT RELECO®. **Telemetria - O que é um sistema de telemetria.**
Disponível em:< <HTTPS://comatreleco.com.br/telemetria-sistema-telemetria/> >.
Acesso em: 24 de setembro 2014.

COMPAGNON A., PEREIRA DA SILVA R., CASSIA M. T., GRAAT D., VOLTARELLI M. A. **Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja.** Scientia Agropecuaria 3(2012) 215 - 223

CUNHA, J. P. A. R. ; ZANDBERGEN, H. P. Perdas na Colheita Mecanizada da Soja na Região Do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Brasil. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 23, n. 4, p. 61-66, Out.- Dez. 2007. Disponível em:
<<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6662>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

DELALIBERA, H.C; HIGASHIBARA, L.R; RALISCH, R. Estimativa de perdas na colheita: adequação da metodologia para plataformas universais modernas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, XLVI, 2017, Maceió. **Anais...** CONBEA 2017, Maceió/AL, 2017.

DEMMELE, M. Site-specific recording of yields. In:Precision in Crop Farming: Site-Specific Concepts and Sensing Methods: Applications and Results, Dordrecht, Netherlands: **Springer Science and Business Media**, pag. 313-329, 2013.

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.
Agricultura de Precisão – Planejar é Preciso. Disponível em:
<<https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2/historico> >. Acesso em: 06 jul. 2017.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.
Arranjos Espaciais de Plantas de Feijoeiro Comum de Diferentes Tipos de Crescimento. 2008. Disponível em: <
https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/doc_236_000g3h8tlh502wx5ok0r2ma0np5rl6gi.pdf >. Acesso em: 06 jul. 2017.

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, ISSN 1516-781X; n.146) Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO/6112/1/doc146.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro, 2013.

EMATER - EMPRESA PÚBLICA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Perdas na Colheita Mecanizada da SOJA - Safra 2014/2015. ago. 2015. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Relatos_Resultados_e_Planejamentos/Perdas_na_Colheita/Rel_perdas_colheita_safra_2014_2015.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2016.

EMATER - EMPRESA PÚBLICA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Perdas na Colheita Mecanizada da SOJA - Safra 2014/2015. ago. 2015. Disponível em: <http://www.emater.pr.gov.br/arquivos/File/Biblioteca_Virtual/Relatos_Resultados_e_Planejamentos/Perdas_na_Colheita/Rel_perdas_colheita_safra_2014_2015.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2017.

ESGICI R., SESSIZ A., BAYHAN Y. **The relationship between the age of combine harvester and grain losses for paddy** scientific proceedings iv international scientific and technical conference "agricultural machinery", 2016.

ETSI, GSM 03.40 Technical Specifications European Telecommunications Standards Institute. Sophia-Antipolis, France, 1996.

EVERETT, A., C. **Soybean harvesting losses with the combine.** 1949. 83f Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Iowa State College, Iowa - Estados Unidos, 1949.

FAGGION. F., MELARA D. F., DA SILVA T. P., Pereira C. E. A. **Perda na colheita de soja por duas colhedoras depreciadas** Applied Research & Agrotechnology v.10, n.2, may/aug. (2017) Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Project: Reduction of Post Harvest Losses for Food Security.** Bir C. Mandal, v.1, n. 1, out. 2014. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/az466e.pdf> >. Acesso em: 07 nov. 2016.

FULTON, J. P., SOBOLIK C. J., SHEARER S. A., HIGGINS S. F., BURKS T. F.. Grain yield monitor flow sensor accuracy for simulated varying field slopes.

Applied Engineering in Agriculture 25(1):pag.15-20.,2009.

GEBBERS, R., ADAMCHUK V. I., Precision Agriculture and Food Security. **Science Magazine**, V. 327, pag 828, 2010.

GOMES, P., F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

GSWP - GLOBAL STRATEGY WORKING PAPERS. Improving Methods for Estimating Post - Harvest Losses: A Review of Methods for Estimating Grain Post- Harvest Losses. **Global Strategy Working Paper**, v. 1, n. 2, set. 2015. Disponível em: <http://www.gsars.org/wp-content/uploads/2015/09/WP-Review-of-Methods_for_estimating_grain-loss-160915.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2016.

GUIMARÃES A. A., SARAIVA A. M., O Protocolo CAN: Entendendo e Implementando uma Rede de Comunicação Serial de Dados baseada no Barramento "Controller Area Network". **Society of Automotive Engineers - SAE**, 2002.

HAIR Jr, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. **Análise multivariada de dados**. tradução: Adonai Schlup Sant'Anna. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. p.688.

HAN, S., SCHNEIDER S. M., RAWLINS S. L., EVANS R. G. A bitmap method for determining effective combine cut width in yield mapping. Transactions of the **ASAE** 40(2): pag. 485-490, 1996

HOLTZ, V., REIS, E. F. Perdas na colheita mecanizada de soja: uma análise quantitativa e qualitativa. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 60, n.3, p. 347-353, mai/jun, 2013 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-737X2013000300007>. Acesso em: 08 nov. 2016.

JENSEN L. A., SØRENSEN C. G. E JØRGENSEN, R. N. Real-time Internet-based Traceability Unit for Mobile Payload Vehicles. **Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal**. Kyoto, Japão, v. 9, p. 1-7, dez, 2007.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro. Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2009.

KOICHI, S., K. A. TSUNEO. 2011. A Mini Grain-yield sensor and in-situ non-linear calibration impact-by-impact sensing to compensate for it's own drift and to preserve non-linearity for enhanced accuracy. **ASAE Paper** No. 1111161. St. Joseph, MI:ASAE.

KORMANN, G., M. DEMMEL AND H. AUERNHAMMER. Testing stand for yield measurement systems in combine harvesters. **ASAE Paper** No. 983102. St. Joseph, MI:ASA,. 1998.

LENTNER, M. & T. BISHOP. **Experimental design and analysis**. Valley Book Co., Blacksburg, Va. 1993.

LIAGHAT S., BALASUNDRAM S.K; A Review: The Role of Remote Sensing in Precision Agriculture American. **Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 5 , pag. 50-55, ISSN 1557-4989 ,2010.

MAHALANOBIS, P. C. Report on the Bihar Crop Survey: Rabi Season 1943-44. **The Indian Journal of Statistics** (1933-1960), Vol. 7, No. 1, p.29-106 Ago., 1945. Disponível em: < <https://www.jstor.org/stable/pdf/25047829.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

MENEZES, A.; IKEHARA, H. C.; GAUDÊNCIO, C. A.; MESQUITA, C. M.; GALERANI, P. R. Avaliação de perdas de colheita de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) através do método volumétrico. **Semina**, v.6, n.2, p. 48-56, 1985. Disponível em: < <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/5355>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

MESQUITA, C.M. Capacidade de trabalho das máquinas agrícolas. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1981. 11 p. **EMBRAPACNPSo**. Série Miscelânea, 4).

MESQUITA, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Medidor de perdas na colheita de soja e trigo. Londrina: **EMBRAPA-CNPSo**, 1982. 9 p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado Técnico, 15).

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTONVANI, E.C.; ANDRADE, J.C.M. de A.; FRANÇA-NETO, J.B.; SILVA, J.G. de; FONSECA, J.R.; PORTUGAL, F.A.F.; GUIMARÃES SOBRINHO, J.B. Manual do produtor: como evitar desperdício nas colheitas de soja, do milho e do arroz. Londrina: **EMBRAPA-CNPSo**, 1998. 31 p. (EMBRAPA-CNPSo, Documentos, 112).

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>. Acesso em: 6 mar. 2017.

PARI L., A ASSIRELLI., SUARDI A., CIVITARESE V., DEL GIUDICE A., SANTANGELO E. Seed losses during the harvesting of oilseed rape (*Brassica napus* L.) at on-farm scale. **Journal of Agricultural Engineering**, Vol. XLIV, 2013. doi:10.4081/jae.2013.s2.e126

QUICK, G., R., **Analysis of the combine header and design for the reduction of gathering loss in soybeans**. 1972. 291f Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Iowa State College, Iowa - Estados Unidos, 1972.

PFEIFFER, D. W., HUMMEL J. W., MILLER N. R.. Real-time corn yield sensor. **ASAE Paper** No. 931013. St. Joseph, MI:ASAE. 1993.

MAERTENS, REYNS K., DE BAERDEMAEKER, P J. On-line measurement of grain quality with NIR technology. Transactions of the **ASAE** 47(4): pag. 1135-1140, 2004.

MAHALANOBIS, P. C. Report on the Bihar Crop Survey: Rabi Season 1943-44. **The Indian Journal of Statistics** (1933-1960), Vol. 7, No. 1, p.29-106 Ago., 1945. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/pdf/25047829.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

MARCONDES, M.C.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, I.C.B. Qualidade de sementes de soja em função do horário de colheita e do sistema de trilha de fluxo radial e axial. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.30, n.2, p.315-321, 2010.

MENEZES, A.; IKEHARA, H. C.; GAUDÊNCIO, C. A.; MESQUITA, C. M.; GALERANI, P. R. Avaliação de perdas de colheita de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) através do método volumétrico. *Semina*, v.6, n.2, p. 48-56, 1985.
MESQUITA, C.M. Capacidade de trabalho das máquinas agrícolas. Londrina: **EMBRAPA-CNPSO**, 1981. 11 p. (EMBRAPACNPSO. Série Miscelânea, 4).

MESQUITA, C.M. Capacidade de trabalho das máquinas agrícolas. Londrina: **EMBRAPA-CNPSO**, 1981. 11 p. (EMBRAPACNPSO. Série Miscelânea, 4).

MESQUITA, C.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Medidor de perdas na colheita de soja e trigo. Londrina: EMBRAPA, 1982. 9 p. (EMBRAPA-CNPSO. Comunicado Técnico, 15).

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTONVANI, E.C.; ANDRADE, J.C.M. DE A.; FRANÇA-NETO, J.B.; SILVA, J.G. DE; FONSECA, J.R.; PORTUGAL, F.A.F.; GUIMARÃES SOBRINHO, J.B. Manual do produtor: como evitar desperdício nas colheitas de soja, do milho e do arroz. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998. 31 p. (EMBRAPA-CNPSO, Documentos, 112).

MISSOTTEN, B. Measurement Systems for the Mapping and the Evaluation of Crop Production Performance. Leuven:Katholieke Universiteit Press, pag.302, 1998.

Moraes, M.L.B. et al. Máquinas para colheita e processamento dos grãos. Pelotas : Universitária / UFPel, pag. 153p, 1996.

MURPHY, D. P., SCHNUG, E., HANEKLAUS, S. YIELD mapping-a guide to improved techniques and strategies. In:Proceedings of Site-Specific Management for Agricultural SystemsMadison, WI:ASA-CSSA-SSSA. pag. 33-47, 1995.

QUICK, G., R., Analysis of the combine header and design for the reduction of

- gathering loss in soybeans. 1972. 291f. **Tese**; Iowa State College, Iowa - Estados Unidos, 1972.
- REITZ, P., KUTZBACH, H. D. Investigations on a particular yield mapping system for combine harvesters. **Computers and Electronics in Agriculture** v.14 Pag.137-150, 1996.
- REYNS, P., MISSOTTEN, B., RAMON H., DE BAERDEMAEKER, J. A review of combine sensors for precision farming. **Precision Agriculture**. V. 3, pag. 169-182, 2002.
- ROBERT P. C., Precision agriculture: a challenge for crop nutrition management **Plant and Soil**, v. 247, pag 143 - 149, 2002.
- SATTAR M., MUEEN-U-DIN, ALI M., ALI L., WAQAR M. Q., ALI M. A., KHALID L. Grain Losses of Wheat as Affected by Different Harvesting and Threshing Techniques **International Journal of Research in Agriculture and Forestry** Volume 2, Issue 6, pag. 20-26, 2015. ISSN 2394-5907 (Print) & ISSN 2394-5915 (Online)
- SEARCY, S. W., SCHUELLER, J. K., BAE, Y. H., BORGELT, S. C., STOUT, B. A. Mapping of spatially variable yield during grain combining. Transactions of the **ASAE** v. 32, ed.3, pag. 826-829, 1989.
- SILVA, R. P. et al. Desempenho operacional do conjunto trator-recolhedora-trilhadora de feijão. **Ciência Rural**, v. 38, n. 05, p. 1286-1291, 2008.
- SILVA, C.B.; MORAES, M.A.F.D.; MOLIN, J.P. Adoption and use of precision agriculture technologies in the sugarcane industry of São Paulo state, Brazil. **Precision Agriculture**, v.12, n.1, pag. 67-81, 2011.
- SILVA, R. P. Material elaborado para as disciplinas “Máquinas Agrícolas” (Agronomia) e “Máquinas e Mecanização Agrícola” (Zootecnia) da FCAV/UNESP. Pag. 5-31, 2015.
- SINGH, M., VERMA, A., SHARMA, A. Precision in grain yield monitoring technologies: a review. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America*, v. 43, pag. 50-59, 2012.
- SILVEIRA, G. M. **Máquinas para Colheita e Transporte**. Viçosa, Aprenda Fácio Editora, v.4, 2001, p.15-138. (Serie Mecanização)
- SOUZA, C.M.A.; RAFULL, L.Z.L.; REIS, E.F.; SOBRINHO, T.A. Perdas na colheita mecanizada de milho em agricultura familiar da Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.5, n.2, p.280-90, 2006.
- SNEDECOR G. W., COCHRAN, W. G. **Statistical Methods**. Iowa State University Press. Biometry, ed.7, 1980, p.593.

SØRENSEN C.G., SUOMI P., KAIVOSOJA J., PESONEN L. E NORROS, L. **User-centric information modeling**. Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food. System International Conference.; Ragusa – Italy, set. , 2008, p. 7.

SCHROCK, M. D., D. L. OARD, R. K. TAYLOR, E. L. EISELE, N. ZHANG, SUHARDITO AND J. L. PRINGLE. 1997. A diaphragm impact sensor for measuring combine grain flow. **ASAE Paper** No. 97AETC107. St. Joseph, MI:ASAE.

SUMNER, P. E. Harvesting, Drying And Storage Soybeans. Cooperative Extension Service The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, mar. 2000. Disponível em: <<http://caes2.caes.uga.edu/engineering/pubs/documents/harvestsoybean.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

SUOMI P., OKSANEN T., PESONEN L., KAIVOSOJA J., HAAPALA H., VISALA A; **Intelligent functions for crop production automation**; XVI CIGR World Congress, Bonn, Germany, 2006.

STAFFORD J. V., AMBLER B., BOLAM H. C. Cut width sensors to improve the accuracy of yield mapping systems. In Proceeding of the 1st European Conference on Precision Agriculture, pag.623-627, 1997.

TABILE R., TOLEDO A., DA SILVA R. P., FURLANI C. E. A., GROTTA D. C. C., CORTEZ J. W. **Perdas na colheita de milho em função da rotação do cilindro trilhador e umidade dos grãos**. Scientia Agraria, Curitiba, v.9, n.4, p.505-510, 2008

TOLEDO, A.; TABILE, R. A.; DA SILVA, R. A.; FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C.; COSTA, B. O. Caracterização das Perdas e Distribuição de Cobertura Vegetal em Colheita Mecanizada de Soja, **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.28, n.4, p.710-719, out./dez. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000400011>. Acesso em: 08 nov. 2016. Com DOI (<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162008000400011>)

SUMNER, P. E. Harvesting, Drying And Storage Soybeans. Cooperative Extension Service The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, mar. 2000. Disponível em: <<http://caes2.caes.uga.edu/engineering/pubs/documents/harvestsoybean.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2016.

WU, C. F. J. (1986). Jackknife, bootstrap and other resampling methods in regression analysis (with discussion), **Ann. Statist.**, v.14, n.4, p.1261-1350, 1986. Disponível em: <http://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.aos/1176350142>. Acesso em: 08 nov. 2016.

WU, C. F. J. (1990). On the asymptotic properties of the jackknife histogram, **Ann. Statist.**, v.18, n.3, p.1438-1452, 1990. Disponível em: <https://projecteuclid.org/download/pdf_1/euclid.aos/1176347759>. Acesso em: 08 nov. 2016.

ZHAO, Z., Y. LI, J. CHEN AND J. XU.. Grain separation loss monitoring system in combine harvester. **Computers and Electronics in Agriculture** 76:183-188, 2011.