

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISCIPLINA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO II
Linha de pesquisa: Máquinas, Equipamentos, Implementos e Engenharia Econômica

**AVALIAÇÃO DE PERDAS DE GRÃOS NA OPERAÇÃO DE COLHEITA
MECANIZADA E GERAÇÃO DOS MAPAS DE COLHEITA**

FÁBIO JUNIOR SEGALLA

ERECHIM
2015

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AGRÍCOLA



AVALIAÇÃO DE PERDAS DE GRÃOS NA OPERAÇÃO DE COLHEITA
MECANIZADA E GERAÇÃO DOS MAPAS DE COLHEITA

Fábio Junior Segalla

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Departamento de Ciências Agrárias na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, como requisito para aprovação na Disciplina de Trabalho de Graduação II.

ERECHIM
2015

FÁBIO JUNIOR SEGALLA

**AVALIAÇÃO DE PERDAS DE GRÃOS NA OPERAÇÃO DE COLHEITA
MECANIZADA E GERAÇÃO DOS MAPAS DE COLHEITA**

Orientador: Prof. Dr. Jardes Bragagnolo

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Jardes Bragagnolo
Engenheiro Agrônomo
URI - Erechim

Prof. Dra. Raquel Paula Lorensi
Engenheira Agrícola
URI - Erechim

Prof. Msc. Jeferson Cunha da Rocha
Engenheiro Agrícola
Coordenador da Disciplina de TG II

ERECHIM
2015

Dedico este trabalho a minha família, especialmente meus pais Santin e Vilma que nunca mediram esforços para que conseguisse chegar até aqui. A meu irmão Fernando por todo apoio. A minha namorada Fabíola, por todo apoio e incentivo, e por estar sempre do meu lado. A Deus por me dar forças para continuar mesmo nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela minha existência e por sempre me abençoar nesta caminhada.

À minha família pelo incentivo durante esta longa caminhada.

À minha namorada Fabiola pelo apoio.

Ao Prof. Jardes Bragagnolo, pela oportunidade da orientação, apoio, auxílio durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Aos estagiários Patrick William Sostisso Menegatti, Ricardo Santolin e Talis Claiton Malacarne, Carioletti, Juliano Alúcio Carbonera pela dedicação e contribuição durante todo o período do experimento.

A o professor Jeferson da Rocha pelo auxílio na parte de limpeza, secagem e correção da umidade e peso das amostras.

Aos demais professores por todo o conhecimento oferecido durante todo o andamento do curso.

À esta universidade, seu corpo docente, direção e administração, pela oportunidade de fazer o Curso de Engenharia Agrícola.

RESUMO

A busca pelo aumento na produção de alimentos é cada vez maior, e o uso de novas tecnologias pode auxiliar no cumprimento desta meta. A agricultura de precisão é uma tecnologia que tem auxiliado os produtores, e o uso de mapas de colheita facilitam a identificação das áreas com distintas capacidades produtivas para o manejo das áreas agrícolas. Além do uso de novas tecnologias é preciso também reduzir as perdas de grãos durante o processo de colheita mecanizada a níveis aceitáveis. O objetivo deste estudo foi avaliar as perdas de grãos na operação de colheita mecanizada, levando em consideração as perdas naturais e perdas nos processos internos de trilha, separação e limpeza de grãos na colhedora em relação a produtividade de grãos na área. O experimento foi realizado em uma área agrícola de aproximadamente 10ha utilizada para produção de grãos de soja. Para a colheita mecanizada foi utilizada uma colhedora axial equipada com sensor de produtividade e umidade de grãos e para a determinação das perdas de grãos foram realizadas coletas em 8 pontos georreferenciados das perdas de grãos por perdas pré colheita e perdas nos processos internos da colhedora. A produtividade média da área foi de 3889 kg ha⁻¹ (64,81 sc), 38% acima da média nacional 2.816 kg ha⁻¹ (46,93 sc). As perdas totais de grãos foram de 0,36% abaixo dos 3% descritos como toleráveis. As perdas de grãos observadas na área experimental não tiveram relação com a produtividade da cultura, estando intimamente ligadas a questões naturais e de regulação da colhedora.

Palavras-chave: soja; colhedora, mapas de colheita, perdas na colheita, agricultura de precisão.

ABSTRAC

The search for the increase in food production is increasing, and the use new technologies can assist in meeting this goal. Precision agriculture is a technology that has helped the producers, and the use of crop maps facilitate the identification areas with different production capacities for the management of agricultural areas. Besides the use new technologies is also necessary to reduce grain losses during the mechanical harvesting process to acceptable levels. The objective this study was to evaluate the grain losses in mechanized harvesting process, taking into account the natural losses and losses in combine internal processes, separation and grain cleaning in relation to grain yield in the area. The experiment was conducted in an agricultural area approximately 10ha used to produce soybeans. For mechanical harvesting was used an axial harvester equipped with yield and grain moisture sensor and for determining the grain losses collections were performed in 8 points georeferenced grain losses by natural losses and losses in the internal processes the combine. The average productivity the area was 3889 kg ha⁻¹ (64,81 sc), 38% above the national average 2816 kg ha⁻¹ (46,93 sc). The total grain losses were 0,36% below 3% described as acceptable. Grain losses observed in the experimental area was not related to crop productivity, is closely linked to natural issues and regulation the harvester.

Key words: soybean; combine, harvesting maps, crop losses, precision agriculture.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de produtividade de soja com sensor de produtividade.....	20
Tabela 2 - Produtividade da cultura da soja e perdas de grão determinadas na safra 2014/2015.....	22
Tabela 3 - Correlação da produtividade de grãos com as perdas de grãos.....	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Máquina colhedora de grãos equipada com sensor de produtividade.....	16
Figura 2 - Delimitação da área de coleta de grãos caídos ao solo pelo método dos barbantes.....	17
Figura 3 - Distribuição dos pontos de coleta.....	18
Figura 4 - Mapa de produtividade de grãos de soja na safra 2014/2015.....	21
Figura 5 - Mapa de perdas totais de grãos no processo de colheita na safra 2014/2015.....	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
3 METODOLOGIA.....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÕES	25
6 REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países com maior área plantada no mundo e possui ainda capacidade de expansão de área para a produção agrícola, essa expansão fica cada ano mais evidente ao analisarmos os dados divulgados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). A cada safra o país desfruta do aumento de produção, proporcionada não somente pelo aumento da área cultivada, mas também pelo aumento da tecnologia disponível e empregada, pelo manejo e avanço genético.

Segundo dados divulgados para a safra 2013/2014 a produção estimada foi de 195,47 milhões de toneladas, 3,6% superior à obtida na safra 2012/13, quando atingiu 188,66 milhões de toneladas (CONAB, 2015). Esse resultado representa um ganho de 6,81 milhões de toneladas em relação à safra 2012/13 (CONAB, 2015).

Embora decorra aumento da produção, ainda enfrentamos alguns problemas, um deles é a quantidade de produto perdido no momento da colheita, sejam perdas ocasionadas por falta de regulagens das colhedoras, momento de colheita inadequado ou até mesmo perdas pré colheita.

Mesmo que alguns estudos apresentem níveis toleráveis de perdas de grãos durante a operação de colheita, que segundo Embrapa (2002) situam-se próximos a 60 kg ha⁻¹ para soja e 120 kg ha⁻¹ para milho, fatores como a instabilidade meteorológica, associadas aos descuidos de regulagens e desinformação dos operadores resultam em perdas de grãos muito superiores aos níveis toleráveis.

É importante que o operador, técnico ou responsável pelas regulagens da colhedora tenha domínio e conhecimento das regulagens existentes, do fluxo dos grãos no interior da máquina, influências das variações de umidade e produtividade no decorrer do dia e ainda as diferentes condições de topografia da área a fim de minimizar as perdas na colheita obtendo o maior aproveitamento do equipamento.

A grande discussão nos dias atuais é a necessidade de aumentar-se cada vez mais a produção de grãos, aumentando a produtividade na mesma área, devido à falta de novas áreas para expansão. Tendo em vista esta necessidade, nos deparamos com alguns problemas, dentre eles está a colheita desses grãos.

A qualidade da operação de colheita se é o reflexo do bom funcionamento da colhedora, estando diretamente ligado com o conhecimento e treinamento do operador da colhedora, pois além da regulagem inicial há necessidade de alterações durante o dia de trabalho, isso se dá pelas mudanças climáticas e culturais que deixam as plantas com maior ou menor umidade, facilitando ou dificultando a debulha dos grãos. Estima-se que seriam aceitáveis índices de perdas de 1 a 2 %, porém a média encontrada ultrapassa 5% em algumas regiões.

Tendo em vista o aumento da produção na mesma área cultivada, a agricultura de precisão é uma tecnologia que pode auxiliar para elevar ainda mais a produção e reduzir os danos ambientais. Uma importante ferramenta disponibilizada com o advento da agricultura de precisão é a geração de mapas de produtividade, pois possibilitam conhecer melhor a área, proporcionando embasamento para a tomada de decisão do produtor para o nível de investimento e consequente receita com responsabilidade ambiental.

1.1 OBJETIVOS

Determinar a variabilidade da produtividade da cultura da soja e mensurar e correlacionar as perdas de grãos provenientes do processo de colheita mecanizada.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar perdas de pré colheita de grãos;
- Avaliar perdas de grãos nos mecanismos internos de trilha, separação e limpeza;
- Gerar o mapa de produtividade;
- Gerar o mapa de perdas de grãos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No Brasil a história da soja teve início no ano de 1882 quando o então professor da escola de agronomia da Bahia Gustavo Dutra trouxe uma pequena quantidade de soja dos Estados Unidos da América para fins de estudo. Em 1914 teve-se o primeiro registro de cultivo com fim comercial que se deu na cidade de Santa Rosa – RS, a partir de então é frequentemente estudada suas mais diversas variedades buscando sempre a melhoria tanto em genética quanto em retorno financeiro ao produtor (EMBRAPA, 2002).

A produção brasileira de grãos esta em constante crescimento, e segundo Conab (2014), o Brasil obteve uma produção de 188,86 milhões de toneladas na safra 2012/2013, já na safra 2013/2014 a produção foi de 193,57 milhões de (Conab, 2014) e estima-se para a safra 2014/2015, segundo o último relatório, uma produção de 199,97 milhões de toneladas, ou seja, um aumento de 11,11 milhões de toneladas em apenas duas safras (CONAB, 2015).

Estes avanços em produção se devem a muitos fatores tais como novas cultivares, tecnologias de produção, clima favorável e também ao aumento da área plantada no país. Levando em consideração os dados anteriores é possível detectar um relativo aumento da área, pois na safra 2012/2013 a área plantada era de 53,34 milhões de hectares e na safra 2014/2015 a área foi de 57,21 milhões de hectares tendo um aumento de 3,87 milhões de hectares (CONAB, 2013; 2014).

No Brasil a estimativa de área plantada com a cultura da soja (*Glycine max* L.) para a safra 2014/2015 pode superar os 31 milhões de hectares com uma produtividade estimada que possa passar dos 91 milhões de toneladas, ou seja, um aumento de produção em torno de quatro milhões de toneladas (CONAB, 2014). A soja é a cultura das leguminosas de maior importância mundial devido as suas diversas utilidades tanto na alimentação humana, animal e seus derivados, como óleos, lecitina entre outros. Além disso, é a cultura de grande valor econômico, ela vem ganhando espaços safra após safra nas áreas cultivadas no mundo (EMBRAPA, 2002).

Desta forma, novas tecnologias estão surgindo e crescendo no cenário brasileiro ano após ano, sendo uma delas a agricultura de precisão, que pode ser definido como “um conjunto de técnicas e metodologias que visam otimizar o manejo das culturas e a utilização dos insumos agropecuários, proporcionando máxima eficiência econômica. As ferramentas de AP permitem o uso racional dos corretivos, fertilizantes e agrotóxicos garantindo a redução dos impactos ambientais decorrentes da atividade agropecuária” (MAPA, 2011).

No sistema da agricultura de precisão são muitos fatores a serem avaliados, muitos dados precisam ser conhecidos, por isso o mapeamento da produtividade é uma ferramenta muito utilizada no início dos trabalhos pela facilidade da obtenção destes dados preliminares. Sendo possível através desta ferramenta ter uma avaliação da variabilidade da produtividade dentro da área, além de outros fatores como a umidade dos grãos e a relação de perdas (QUEIROZ, 2000).

Segundo Molin (2000) os mapas de produtividade obtidos durante o processo de colheita são ponto essencial para a agricultura de precisão, pois esses dados coletados pelos sensores da colhedora geram um número muito grande de informações brutas sobre a área avaliada. Esses dados brutos após a coleta devem ser submetidos a uma filtragem pois podem conter alguns erros ocasionados pelos sensores durante a coleta. Com os dados filtrados e os mapas gerados é possível visualizar os efeitos das áreas desuniformes na produtividade bem como acompanhar a evolução das melhorias da área com a correção proporcionada pela agricultura de precisão com o passar dos anos.

Outro fator importante a ser analisado e cuidado para que se obtenha dados confiáveis é a calibração correta dos sensores, pois a utilização dos mesmos com a calibração errada pode acarretar numa coleta de dados não confiáveis e até mesmo na tomada de decisão errada para a correção do solo, devendo-se passarem por calibração periodicamente para minimizar os erros (MOLIN, 2000).

A colheita é umas das etapas mais importantes do cultivo da soja, pois é nesse momento que se obtém os resultados de todo o trabalho no cultivo da cultura desde sua semeadura até a colheita, sendo esta sujeita ao risco de perdas de grãos, pois é um estágio da cultura muito vulnerável as condições climáticas e a danos mecânicos causados pelas colhedoras, sendo assim é de suma importância que logo que a

planta atinja o ponto de colheita ideal, seja realizado este processo tendo em vista a minimização das perdas (EMBRAPA, 2004).

As perdas de grãos podem ser naturais ou mecânicas, sendo as naturais fruto das mais diversas intempéries climáticas (chuva, seca, granizo, vento), variedades cultivadas, população de plantas entre outros. As perdas mecânicas são originadas principalmente pela colhedora, sendo estas causadas pelos sistemas de plataforma, separação, trilha e limpeza. Além disso, pode-se ter perdas pós colheita, devido a transporte, secagem, limpeza e armazenagem dos grãos (MORAES et al., 2005). Segundo descrição de Moraes et al., (2005) as perdas mecânicas, ocasionadas pela colhedora podem ser divididas em diferentes etapas:

Perdas na Plataforma: a plataforma é o mecanismo onde mais ocorrem perdas durante o processo da colheita, essa perda se dá por inúmeros fatores tais como o mau manuseio deste equipamento, falta de regulagem para os diferentes períodos durante a colheita e diferentes variedades da mesma cultura. O principal componente da plataforma responsável pelas perdas na plataforma é o molinete, pois o mesmo é o primeiro componente a entrar em contato com a cultura, responsável por puxar a cultura para dentro da plataforma. Se este estiver mal regulado, pode jogar as plantas para fora, ou debulhar as vagens de soja caso esteja muito baixo e muito rápido sua rotação.

Perdas no Sistema de Trilha: o sistema de trilha é outro fator a ser avaliado durante o processo da colheita, pois se mal regulado pode trazer perdas significativas para todo o processo. Neste sistema é onde a planta colhida vai ter seus grãos trilhados, ou seja, separados da vagem. Geralmente as perdas nesse sistema ocorrem pela má regulagem do côncavo ou pela velocidade inadequada durante a colheita. O ideal para este sistema é que as perdas totais nele não fossem superiores a 1%.

Perdas no Sistema de Limpeza: as perdas no sistema de limpeza ocorrem devido à má regulagem do sistema de limpeza, geralmente devido a abertura ou fechamento inadequado das peneiras, ou ainda pelo fato da velocidade de ar colocado no sistema de limpeza. Desta forma é necessário avaliar a influência da produtividade das culturas sobre as perdas de grãos no processo mecanizado para colhedoras com a mesma regulagem em condições diferenciadas de colheita.

3 METODOLOGIA

A avaliação das perdas e geração do mapa de colheita foi realizada em uma área de 10 hectares da cultivar Intacta RR Pró, cultivada com a finalidade de produção de sementes, sendo a semeadura realizada no final de outubro de 2014, na Fazenda Girardi, propriedade do Sr Marcos Girardi, localizada em Erechim – RS, na rodovia ERS 477, saída para o município de Áurea.

Esta área apresenta clima Subtropical úmido, Latossolo Vermelho, o terreno apresentava declividade de aproximadamente 5%. Durante o processo de desenvolvimento da cultura foram necessários tratos culturais, para evitar perdas e danos causados por pragas e doenças, para tanto foram realizadas 4 aplicações de fungicidas e 5 de inseticidas.

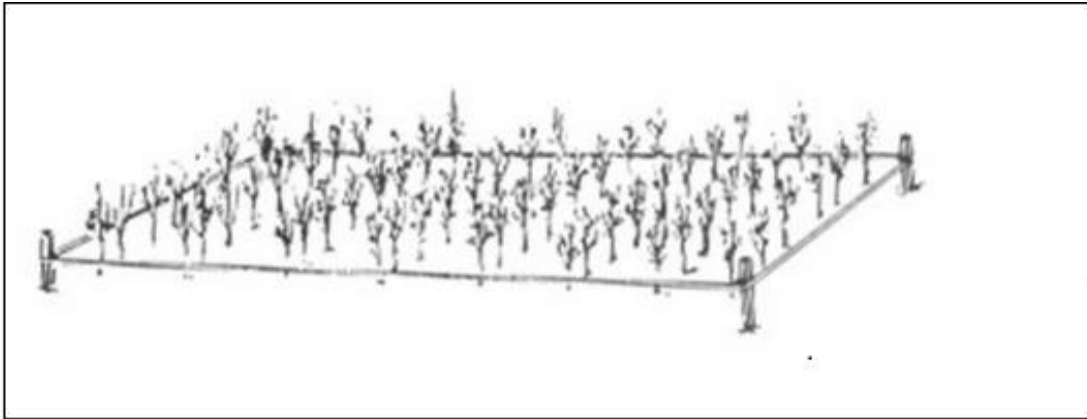
Para a colheita mecanizada foi utilizada uma colhedora Massey Ferguson, modelo 9790 (Figura 1), sistema de trilha axial, com plataforma de 30 pés equipada com sistema helicoidal de recolha (caracol), com sistema de agricultura de precisão instalado (sensores de produtividade, sensores de umidade, piloto automático com precisão de 20 cm, GPS).

Figura 1. Máquina colhedora de Grãos equipada com sensor de produtividade.



Para o experimento foi delimitada uma área e efetuado o mapeamento do contorno com o auxílio de um GPS Garmin. Posteriormente foi realizada a coleta dos grãos caídos com auxílio de uma armação de barbante em uma área de 2 m² seguindo metodologia descrita por Moraes et al. (2005) (Figura 2). Como a plataforma de colheita possuía 9,10m de largura, coletou-se os grãos em uma faixa de 0,22m. Para cada local em que foi realizada a coleta dos grãos caídos na superfície do solo foi registrado um ponto georreferenciado com uso do GPS Garmim.

Figura 2. Delimitação da área de coleta de grãos caídos ao solo pelo método dos barbantes.



Fonte: Portella (2000).

Para cada local foram realizadas as coletas de grãos advindas das perdas pré colheita (PPC) e perdas das unidades internas de processamento de trilha, separação e limpeza (PPI).

Os grãos caídos no solo provenientes das perdas pré colheita foram coletados antes da colhedora realizar o processo de colheita, esperou-se até a mesma colher os grãos no ponto em que estava sendo realizada as determinações e realizava-se a coleta dos grãos caídos ao solo novamente para mensurar as perdas pelo sistema interno. Os grãos coletados, tanto na coleta para perdas pré colheita quanto para perdas pelo sistema de trilha, separação e limpeza, eram armazenados em embalagens separadamente para posteriormente serem processadas individualmente, visando a definição da umidade e peso por amostra coletada.

Durante o experimento foram determinadas as perdas em 8 pontos alocados aleatoriamente na área (Figura 3), com posterior demarcação do ponto com GPS. Após as coletas as amostras foram levadas para o Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas da URI Erechim Campus II, onde as foram processadas.

Figura 3. Distribuição dos pontos coletados.



O primeiro passo foi a limpeza das amostras, para a retirada das impurezas como pedaços da planta, vagens secas e outras matérias diferentes do grão da cultura. Esta limpeza foi realizada manualmente devido ao volume de amostras de cada ponto ser reduzido, colocando-se sobre uma bandeja limpa e seca, as impurezas e materiais estranhos eram retirados por catação e colocados para pesagem, obtendo-se assim o peso limpo dos grãos coletados e das impurezas.

Realizada a limpeza e a pesagem das amostras, foram pesadas 10 gramas de cada amostra para determinação da umidade dos grãos segundo a metodologia da estufa padrão da RAS (2009) e colocadas na estufa a 105°C para a secagem durante 24 horas. Com a umidade determinada foi realizado os cálculos de correção do peso das amostras para a umidade de 13%, umidade adequada para o armazenamento e

comercialização do grão da soja. As correções das produtividades dos grãos foram realizadas com o auxílio das seguintes equações descritas em Silva (2009):

Equação 1: Correção da umidade

$$PDu = PP_L \times \left(\frac{Ui - Ut}{100 - Ut} \right)$$

Equação 2: Correção do peso

$$PP_{SC} = PP_L - PDu$$

Para o processo de filtragem dos dados e geração dos mapas de produtividade e de perdas de grãos foi utilizado o software CR CAMPEIRO 7 (Versão CR7.33). Para a geração dos mapas utilizou-se os dados obtidos nos sensores instalados na colhedora, passando por um processo de filtragem, utilizando o método descrito em Menegatti & Molin (2003), os dados foram corrigidos para umidade de 13% e excluindo-se dados com posicionamento errôneo e com produtividades improváveis. Para o processo de filtragem dos dados e geração dos mapas de produtividade e de perdas de grãos foi utilizado o software CR CAMPEIRO 7 (Versão CR7.33).

Os resultados experimentais foram submetidos à análise geoestatística descritiva e de variância, através do software CR CAMPEIRO 7 (Versão CR7.33). O coeficiente de variação (CV) da produtividade de grãos e da perda de grãos foram classificados como baixo (<12 %), médio (12 a 62 %), ou alto (>62 %), como proposto por Warrick & Nielsen (1980). O coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas foi determinado através do software SigmaPlot 11.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os dados obtidos da colhedora, com valores brutos e os valores filtrados e corrigidos, além da média e os valores de produtividade máximo e mínimo.

Tabela 1- Resultados de produtividade de soja com sensor de produtividade

	Dados Brutos	Dados Filtrados
Número de registros	4.205	4.137
Média da Produtividade (kg ha ⁻¹)	3.889,12	3.889,95
Valor Mínimo (kg ha ⁻¹)	2.239,35	2.281,16
Valor Máximo (kg ha ⁻¹)	10.767,48	5.906,13
Desvio Padrão (kg ha ⁻¹)	785,18	623,01
C.V. (%)	20,19	16,02

A produtividade média de grãos na área experimental foi de 3.889 kg ha⁻¹ (64,81sc) (Tabela 1), superior à média geral do Rio Grande do Sul de 2.816 kg ha⁻¹ (46,93 sc) em uma área de 5,2 milhões de hectares (CONAB, 2015).

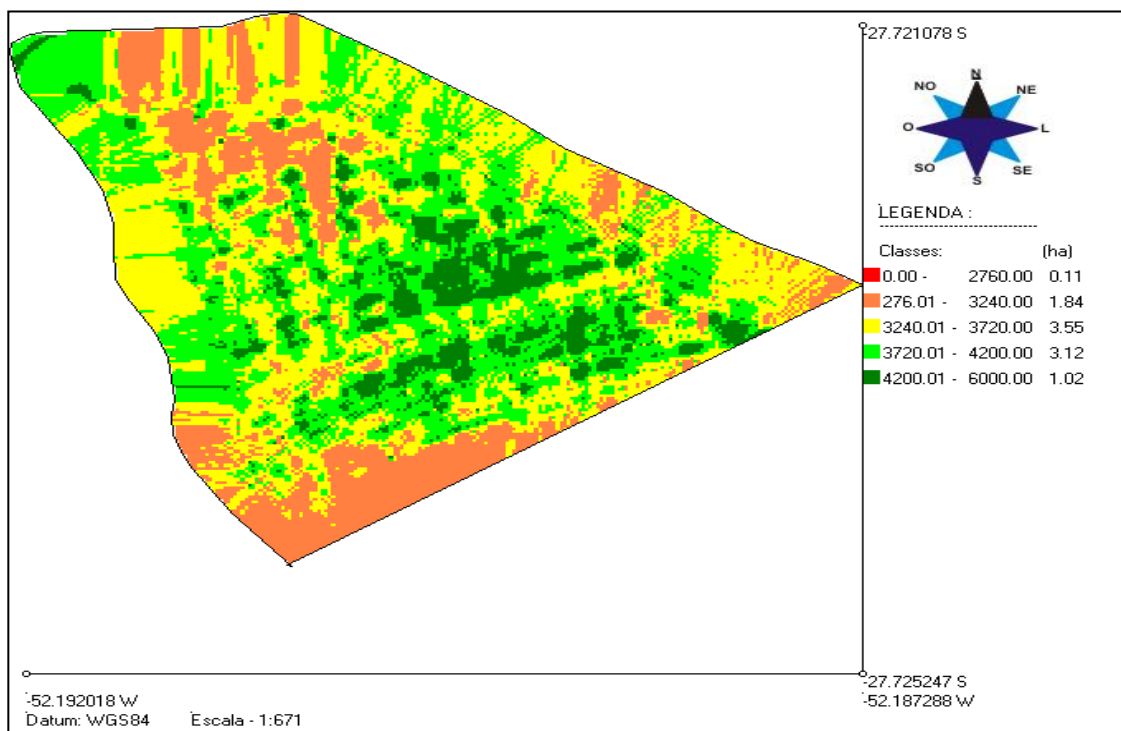
Através dos resultados obtidos com o sensor de produtividade instalado na máquina colhedora foi possível observar a existência de variabilidade da produtividade de grãos de soja. Os resultados brutos obtidos através do sensor de rendimento passaram pela filtragem de dados e dos 4205 pontos de dados armazenados no sistema, após a filtragem restaram 4137 dados, indicando uma redução de 1,6% (Tabela 1). Quando comparado com Santi et al. (2013), que para uma filtragem de dados obtiveram uma redução de 8% dos pontos registrados, destaca-se uma redução pequena de pontos registrados, com pequena alteração nos valores médios, o que caracteriza poucas correções. A filtragem desses dados é de suma importância para a geração dos mapas, pois é na filtragem que podemos analisar visualmente os dados que tendem a erros na sua geração, deixando mais confiáveis os dados a serem trabalhados e os mapas gerados por esses dados (MENEGATTI & MOLIN, 2003).

Apesar da área experimental possuir apenas 10 hectares a variabilidade de produtividade na lavoura foi grande, sendo em alguns pontos de 2.281kg ha⁻¹ (46,93sc) chegando a valores de 5.906 kg ha⁻¹ (98,43sc), ou seja, quase 100 sacos ha⁻¹, resultado semelhante ao já reportado por produtores com uso intensivo de tecnologia da região próxima ao cultivo que atingiram produtividades de 108 sacos ha⁻¹ (CESB, 2014).

O coeficiente de variação encontrado para os dados já filtrados foi classificado como médio apresentando 16,02%, segundo a classificação de Warrick & Nielsen (1980) e representa uma redução advinda principalmente de valores superestimados pelo sensor de produtividade da colhedora quando comparados aos dados brutos.

Desta forma, através da geração do mapa de produtividade pode-se observar a variabilidade das produtividades de soja na área experimental (Figura 3). O mapa de produtividade foi gerado através dos pontos coletados pelo sensor e após estes serem corrigidos, sendo esse gerado com um tamanho de pixel de 2x2m e raio máximo de interpolação de 50m, sendo que para melhor avaliação da produtividade o mapa foi classificado em 5 classes, demonstradas através de 5 cores diferentes sendo que quanto mais vermelho a menor produtividade e quanto mais verde mais produtiva é a área.

Figura 4 – Mapa de produtividade de grãos de soja na safra 2014/2015.



Nota-se que as áreas menos produtivas ficam mais nas bordas da lavoura, sendo que a maior fração de baixa produtividade se apresenta na entrada no talhão, onde há uma intensa movimentação de máquinas sobre a mesma (Figura 3).

As produtividades obtidas demonstram que em torno de 79,77% da área experimental é classificada de média ou alta produtividade, ou seja cerca de 7,69 ha, sendo superiores à média estadual. Comparando com a produtividade do Rio Grande do Sul, onde a média foi de 2.816 kg ha⁻¹ a média da área amostrada que se encontra na cor amarela no mapa e representa 3,55 há da área amostrada fica entre 3.240 e 3.720 kg ha⁻¹, ou seja, quase 1.000 kg ha⁻¹ a mais de produtividade, esta diferença fica ainda maior quando comparado com a área verde do mapa onde a produtividade parte de 3.720,01 kg ha⁻¹ chegando a 6.000 kg ha⁻¹, ou seja, uma diferença que pode chegar a 3.185 kg ha⁻¹, cerca de 113% a mais de produtividade.

Quando compara-se os resultados de produtividade média da área (3.889 kg ha⁻¹) com a produtividade média obtida dos pontos onde foi determinada a perda de grãos através da média dos valores no entorno do ponto (3.702 kg ha⁻¹), verifica-se que houve uma diferença de 187 kg ha⁻¹, considerada pequena e proveniente da interpolação dos dados, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Produtividade da cultura da soja e perdas de grão determinadas na safra 2014/2015.

Pontos	Produtividade	PPC*	PPI**	Total	% PPC	% PPI	% Total	%PPC p/ Total	% PPI p/ Total
1	3.547,57	4,32	3,98	8,31	0,12	0,11	0,23	52,03	47,97
2	3.844,62	2,97	15,97	18,93	0,07	0,41	0,49	15,66	84,34
3	3.977,74	3,78	7,58	11,36	0,09	0,19	0,29	33,29	66,71
4	3.859,99	5,57	8,01	13,58	0,14	0,21	0,35	40,99	59,01
5	3.825,86	10,70	11,29	21,99	0,28	0,29	0,57	48,66	51,34
6	3.839,99	2,32	2,48	4,80	0,06	0,06	0,12	48,36	51,64
7	3.438,52	7,18	1,45	8,63	0,21	0,04	0,25	83,21	16,79
8	3.288,20	2,68	15,38	18,06	0,08	0,47	0,55	14,63	85,17
Média	3.702,811	4,94	8,26	13,21	0,13	0,22	0,36	42,10	57,87
DP	245,01	2,83	5,59	6,00	0,08	0,16	0,16	22,05	22,01
CV (%)	6,6	57,7	67,7	45,48	58,8	70,97	46,07	52,37	38,04

* PPC: Perdas Pré Colheita (kg ha⁻¹).

** PPI: Perdas nos Sistemas Internos (kg ha⁻¹).

Apesar da obtenção de produtividades satisfatórias na área, foram identificadas perdas de grãos que passaram por avaliação e quantificação (Tabela 2). As perdas de pré colheita de grãos tiveram um valor médio de $4,94 \text{ kg ha}^{-1}$ como podemos ver na (Tabela 2), correspondendo a 42,10% das perdas totais durante o processo de colheita. Essas perdas foram devido a debulha natural devido a planta estar com um percentual de umidade baixa na faixa de 12 a 13 %, um fator observado que contribuiu foi o amassamento das plantas devido aos tratos culturais ou até mesmo danificadas pelo vento.

Segundo Embrapa (2002) as perdas toleráveis durante o processo de colheita seriam em torno de 60 kg ha^{-1} para que estas não afetassem o lucro da cultura estabelecida. As perdas encontradas na área ficaram abaixo do valor tolerável, sendo verificadas as médias de perdas totais de grãos com valor de $13,21 \text{ kg ha}^{-1}$.

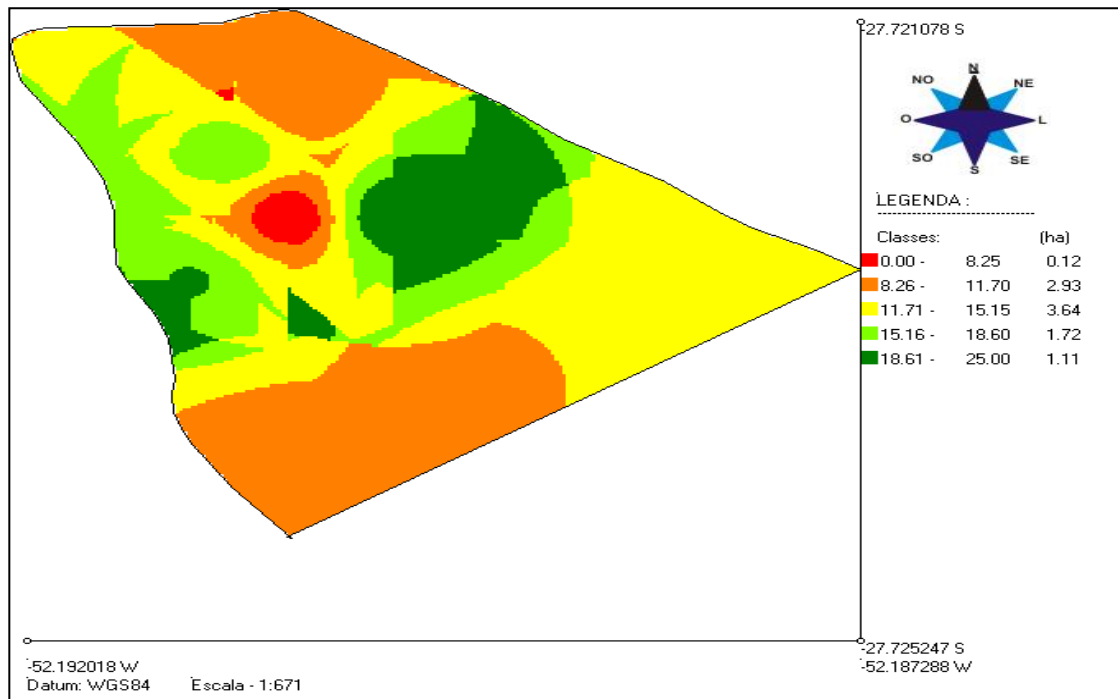
O coeficiente de variação ficou em 6,6%, ou seja, houve uma variação bem abaixo dos 43,13% encontrados por Gomes (2014) na avaliação de perdas entre colhedoras convencionais e axiais, sendo os dados avaliados estão com valores muito confiáveis.

Os pontos 2 e 5 tiveram valores altos de perdas em relação aos outros pontos, onde no ponto 2 as perdas de pré colheita e dos sistemas internos juntos somam $18,93 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}$ e no ponto 5 somam $21,99 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}$, já os pontos 1 e 6 tiveram os menores valores de percas totais, sendo respectivamente $8,31$ e $4,80 \text{ (kg ha}^{-1}\text{)}$.

Quando comparadas as perdas naturais e do sistema interno com os resultados de Gomes (2014) e Bissotto (2014) que determinaram valores de $119,08 \text{ kg ha}^{-1}$ e $168,76 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente, constata-se que as perdas foram reduzidas e pode-se inferir que a colhedora apresentava excelente regulagem.

Para o melhor entendimento dos valores de perdas, como na tabela de produtividade foi gerado o mapa das perdas de grãos (Figura 4) com malha de pixel de $2 \times 2 \text{ m}$ e 100 m de raio máximo de interpolação para confecção do mapa.

Figura 5 - Mapa de perdas totais de grãos no processo de colheita na safra 2014/2015.



Observa-se no mapa de perdas que a disposição das perdas na área amostrada, nota-se que os menores valores de perdas, expostos nas cores vermelho, laranja e amarela no mapa, que juntas representam 69% da área, já as áreas verde claro e verde escuro que significam as maiores perdas de grãos representam 31% da área, nesta área de maior perda as possíveis razões da incidência de perdas é dada pela declividade existente no terreno onde sobrecarrega o sistema de trilha, separação e limpeza, podendo assim não realizar a limpeza de forma adequada de todo volume de material que está sendo processado “jogando fora” um maior volume de grãos.

A tabela 3 apresenta os valores para as correlações entre os fatores avaliados, sendo eles produtividade, perdas de pré colheita e perdas pelos sistemas internos da colhedora.

Tabela 3. Correlação da produtividade de grãos com as perdas de grãos.

	Produtividade	PPC	PPI	PT
Produtividade	1	0.0600 ^{ns}	-0.00426 ^{ns}	0.0240 ^{ns}
PPC		1	-0.0963 ^{ns}	0.382 ^{ns}
PPI			1	0.88*
PT				1

PPC= perdas de grãos pré colheita (kg ha⁻¹); PPI= perdas de grãos pelos processos internos (kg ha⁻¹); PT= perdas totais de grãos (kg ha⁻¹) *Valores de correlação significativos ao nível de 1%. ^{ns}Valores de correlação não significativos.

Observou-se na tabela 3 que a produtividade da cultura não influenciou as perdas de grãos totais e nem as proporcionadas pela colhedora ou pelas de pré colheita, não apresentando correlação entre estas. Este comportamento pode ser atribuído a correta regulagem e operação da colhedora durante a operação de colheita.

Pelos valores apresentados na tabela 3 observou-se apenas correlação entre as perdas de processos internos e as perdas totais de grãos nos pontos georreferenciados ($r=0,88$). Este valor de r pode ser explicado pelo fato das perdas totais serem reflexo das perdas pelos processos internos na percentagem de 57,87%, enquanto que as perdas de pré colheita contribuem com apenas 42,13%.

Assim as altas produtividades observadas na área experimental acompanhadas pela pouca quantidade de grãos perdidos demonstraram que as perdas de grãos são mais fortemente influenciadas pelas condições de colheita e regulagens estabelecidas pelo operador do que outros fatores de cultivo, quando adequadamente conduzida a lavoura.

5 CONCLUSÕES

1) A produtividade de grãos de soja da área foi elevada quando comparada com a média do Rio Grande do Sul e apresentou variabilidade dentro da área, sendo os resultados obtidos pelo sensor de produtividade pouco influenciados pelo processo de filtragem de dados.

2) Com a geração de mapas observamos que na área há uma variação de produtividade.

3) Não houve influência da produtividade de grãos de soja sobre as perdas dos processos internos e baixa influência sobre as perdas naturais, devido ao momento de colheita ser adequado e o uso da colhedora de grãos moderna apresentar regulação adequada.

4) As perdas naturais na área amostrada foram de $4,9 \text{ kg ha}^{-1}$, ou seja, 42,1% das perdas totais encontradas na área.

5) As perdas oriundas dos sistemas internos da colhedora por sua vez foram de $8,26 \text{ kg ha}^{-1}$, ou seja, 57,8% das perdas totais.

Para trabalhos futuros sugere-se a investigação da população de plantas para a determinação de perdas de grãos através dos mapas de produtividade.

REFERÊNCIAS

BISSOTO, S. **Influência da velocidade de deslocamento da colhedora sobre as perdas na colheita da soja mecanizada.** Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : MAPA/ACS, 2009.

CESB – Comitê Estratégico Soja Brasil. **Desafio soja 2013/14.** Melhores produtividades da Região Sul. <http://www.cesbrasil.org.br/Resultados.aspx>. Acessado em 06/2015.

CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento. **Levantamentos de Safra.** http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_setembro_2014.pdf. Acessado em 10/2014.

CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento. **Levantamentos de Safra.** http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_11_13_09_19_35_boletim_graos_novembro_2014.pdf Acessado em 11/2014.

CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento. **Levantamentos de Safra.** http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_16_14_32_01_boletim_portugues_-_setembro_2013.pdf. Acessado em 11/2014.

CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento. **Levantamentos de Safra.** http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_05_13_08_46_55_boletim_graos_maio_2015.pdf. Acessado em 05/2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1>. Acessado em: 05/2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>. Acessado em: 05/2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja**: Paraná: 2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 195p. Sistemas de produção.

GOMES, M. A. **Diferença de perdas quantitativas entre colhedoras de sistema de trilha axial e radial na cultura da soja**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Erechim. 2014.

MAPA – Ministério da Agricultura, pecuária e Abastecimento –**Agricultura de Precisão**/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília Mapa/ACS, 2011

MENEGATTI, L. A. A.; MOLIN, J. P. **Metodologia para identificação e caracterização de erros em mapas de produtividade**. Dissertação de Mestrado do primeiro autor, na ESALQ/USP. Depto. de Eng. Rural, ESALQ/USP. Av Pádua Dias 11, CP 09, Piracicaba, SP.

MOLIN, J. P., **Definição de unidades de manejo a partir de mapas de produtividade**. Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Revista Eng. Agríc., Jaboticabal, v.22, n.1, p.83-92, jan. 2002.

MORAES, M.L.B.; MORAES, M.L.B.; REIS, A.V; MACHADO, A.L.T. **Máquinas para colheita e processamento de grãos**. 2. ed. Pelotas: Editora e Gráfica Universitária. 2005. 83 a 91p.

PORTELLA, J. A. **Colheita de grãos mecanizada: Implementos, manutenção e regulação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 190p.

QUEIROZ, D.M.; **Uso do GPS na Agricultura de Precisão**, Departamento de Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa. Maio/2000.

SANTI, ANTÔNIO L.; AMADO, TELMO J. C.; EITELWEIN, MATEUS T.; CHERUBIN, MAURÍCIO R.; DA SILVA, RODRIGO F.; DA ROS, CLOVIS O. **Definição de zonas de produtividade em áreas manejadas com agricultura de precisão**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 8, núm. 3, 2013, pp. 510-515 Universidade Federal Rural de Pernambuco Pernambuco, Brasil.

SILVA, L.C.; **Quebras de Impureza e Umidade**; UFES – Departamento de Engenharia Rural, Universidade Federal do Espírito Santo Boletim Técnico: AG: 01/09 em 04/03/2009.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D.R. **Spatial variability of soil physical properties in the field**. In: HILLEL, D., ed. Applications of soil physics. New York, Academic Press, p.319-344, 1980.