

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS E AMBIENTAIS - CCAA
CAMPUS CHAPADINHA
CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

JARLYSON BRUNNO COSTA SOUZA

ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA NO
CERRADO MARANHENSE

CHAPADINHA - MA
2019

JARLYSON BRUNNO COSTA SOUZA

**ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA NO
CERRADO MARANHENSE**

Trabalho de Conclusão de Curso de
graduação apresentado como requisito
para obtenção de grau de Bacharel em
Engenharia Agrícola pela Universidade
Federal do Maranhão

Orientador: Prof. Dr. Washington da
Silva Sousa

Coorientador: Prof. Dr Edmilson Igor
Bernardo Almeida

CHAPADINHA - MA

2019

Souza, Jarlyson Brunno Costa.

Estimativa de perdas na colheita mecanizada de soja no cerrado maranhense / Jarlyson Brunno Costa Souza. -- 2019.

Orientador: Washington da Silva Sousa. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal do Maranhão, Curso de Engenharia Agrícola, Chapadinha, MA, 2019.

- 1. Introdução. 2. Revisão de Literatura 3. Material e Métodos. 4. Resultados e Discussão. 5. Literatura Citada. I.Sousa, Washinton S., orient.II. Universidade Federal do Maranhão. III. Título*

JARLYSON BRUNNO COSTA SOUZA

**ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA NO
CERRADO MARANHENSE**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado com requisito para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão.

Orientador: Prof. Dr. Washington da Silva Sousa

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado em: __/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Washington da Silva Sousa (Orientador)

Prof. Dr. Edmilson Igor Bernardo Almeida (Examinador)

Prof. Dr. Khalil de Menezes Rodrigues(Examinador)

ESTIMATIVA DE PERDAS NA COLHEITA MECANIZADA DE SOJA NO CERRADO MARANHENSE

Resumo: As perdas na colheita mecanizada de soja podem chegar a números alarmantes se feitas de maneira inadequada, influenciando diretamente na lucratividade do produtor. Assim sendo, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de quantificar as perdas na plataforma de corte e alimentação e no sistema de trilha na colheita mecanizada de soja. O experimento foi realizado no talhão comercial de soja de uma fazenda situada em Brejo (MA), durante a safra 2017/2018 no qual foi analisado duas áreas com cultivares distintas. A colhedora avaliada foi uma Case IH 8120, com potência máxima de 344,2 kW, sistema Axial Flow com duplo rotor e plataforma de corte de 12,2 m dotada de sistema de esteira transportadora (draper). O delineamento foi em esquema fatorial 3x2 com 4 repetições e 6 tratamentos nos quais consistiram em três velocidades da máquina (4, 6 e 7 km h⁻¹), associadas aos cilindros em níveis de rotação de 500 rpm e 800 rpm no sistema de trilha. A partir dos resultados da análise de variância e do teste de t, constatou-se ausência de diferença entre as médias provenientes dos tratamentos, para a cultivar BRX Opus da área 1. Por meio dos parâmetros da análise de variância para a cultivar BRS 9383, verificou-se significância para os efeitos individuais de velocidade e rotação, com a melhor velocidade sendo a de 6 km.h⁻¹ e a rotação 800 rpm contudo, para interação (velocidade x rotação), não houve diferença a 0,05 de probabilidade. As perdas para a cultivar Opus da Brasmax, não diferiu estatisticamente para a variáveis de velocidade e rotação do cilindro. Para a cultivar 9383 da Embrapa, recomenda-se a colheita de soja na velocidade de 4 km h⁻¹ e 800 rpm de rotação no cilindro do sistema de trilha.

Palavras-chave: *Glycine max.*, colhedora, mecanização, prejuízos, velocidade

ESTIMATION OF LOSSES IN MECHANIZED SOYBEAN HARVEST IN THE CERRADO OF MARANHÃO

Abstract: The soybean crop [*Glycine max.* (L.) Merrill] shows a marked participation in the Brazilian economy. Thus, the present study was conducted with the objective of quantifying the losses in the cutting and feeding platform and in the trail system in the mechanized soybean harvest. The experiment was carried out in the soybean commercial field of a farm located in Brejo (MA) during the 2017/2018 harvest. The harvester evaluated was a Case IH 8120, with a maximum power of 34.2 kW, Axial Flow system with double rotor and 12.2 m cutting platform equipped with a conveyor system (draper). The treatments consisted of three machine speeds (4, 6 and 7 km h⁻¹), associated with the rolls at 500 rpm and 800 rpm rotation levels in the track system. From the results of the analysis of variance and the t-test, there was no difference between the means from the treatments for the BRX Opus cultivar of area 1. By means of the analysis of variance parameters for cultivar BRS 9383, there was significance for the individual effects of speed and rotation, however, for interaction (velocity x rotation), there was no difference at 0,05 probability. The losses for the cultivar Opus of Brasmax did not differ statistically for the variables of speed and rotation of the cylinder. For cultivar 9383 from Embrapa, it is recommended to harvest soybean at a speed of 4 km h⁻¹ and 800 rpm of rotation in the cylinder of the trail system.

Key words: *Glycine max.*, harvester, mechanization, losses, speed

LISTA DE FIGURAS

| | |
|-----------------------------------|----|
| FIGURA 1- COLHEDORA CASE | 13 |
| FIGURA 2 - LANÇAMENTO DO ARO..... | 13 |
| FIGURA 3- ARO DE 56 CM..... | 14 |
| FIGURA 4- COLETA DOS GRÃOS..... | 14 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 - VALORES MÉDIOS DE ALTURA DE PLANTA (AP), ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA VAGEM (AIPV), DIÂMETRO DO CAULE (DC), ALTURA DE CORTE DA PLANTA (ACP), ALTURA DA BARRA DE CORTE (ABC), UMIDADE (UBU) E ERRO PADRÃO ASSOCIADO PARA AS CULTIVARES DE SOJA NAS ÁREAS 1 E 2..... | 15 |
| TABELA 2 - VALORES MÉDIOS DAS PERDAS NA PLATAFORMA (PP), MECANISMOS INTERNOS (PMI) E TOTAIS (PT), PARA INTERAÇÃO VELOCIDADE (V) X ROTAÇÃO (R), RESUMO ANOVA, DIFERENÇA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) PARA ÁREA 1 (CULTIVAR BMX OPUS)..... | 17 |
| TABELA 3 - VALORES MÉDIOS DAS PERDAS NA PLATAFORMA (PP), MECANISMOS INTERNOS (PMI) E TOTAIS (PT), PARA INTERAÇÃO VELOCIDADE (V) X ROTAÇÃO (R), RESUMO ANOVA, DIFERENÇA MÍNIMA SIGNIFICATIVA (DMS) E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (CV) PARA ÁREA 2 (CULTIVAR BRS 9383)..... | 19 |

SUMÁRIO

| | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| INTRODUÇÃO..... | 10 |
| OBJETIVO | Error! Bookmark not defined. |
| REVISÃO DE LITERATURA | Error! Bookmark not defined. |
| MATERIAL E METODOS..... | 11 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO | 15 |
| CONCLUSÕES | 21 |
| LITERATURA CITADA..... | 22 |

INTRODUÇÃO

A cultura de soja [*Glycine max.* (L.) Merrill] possui grande participação na economia brasileira e com o crescimento de 3,5% na área plantada em relação ao ano de 2016, o setor atingiu 35,1 milhões de hectares com produção de 114.962 milhões de toneladas na safra do ano de 2017/2018 (Korber et al., 2017).

Para um desempenho de produção de grãos satisfatório, a colheita mecanizada de grãos estabelece padrões de qualidade destinados, especialmente, à prevenção e/ou minimização de perdas demasiadas, as quais são encerradas diretamente sobre a lucratividade final do produtor (Compagnon et al., 2012).

Na colheita mecanizada de soja as perdas podem ser classificadas em quantitativas e qualitativas estando ambas relacionadas com a máquina utilizada na operação e suas regulagens que tendem, normalmente, a serem dinâmicas devido às características da cultura e seus fatores inerentes (Cassia et al., 2015).

As perdas na plataforma de corte e alimentação são condicionadas pela velocidade do molinete e da colhedora. Nesse sentido, a regulagem tem extrema importância para a redução das perdas que ocorrem nesta unidade (Holtz & Reis, 2013).

No Maranhão, a elevada produção de soja nos últimos anos conferiu ao estado a posição de segundo maior produtor da região Nordeste. Segundo o IBGE (2015), a quantidade produzida no estado foi de 2.099.507 toneladas, Na Mesorregião do Leste Maranhense destaca-se o município de Brejo, que se encontra entre os 10 maiores produtores de soja do Estado com produção de 64.626 toneladas.

Objetivou-se neste trabalho quantificar as perdas envolvidas na colheita de soja com uma colhedora em função da velocidade de deslocamento e rotação do rotor em duas cultivares de soja no município de Brejo (MA).

REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é o país que detém a maior produtividade de soja do mundo, e quando comparado com os Estados Unidos que também é referência em produtividade, o Brasil consegue produzir 11% a mais por hectare (Campos & Fachel 2010), segundo Silveira & Conte (2013) todo o processo de colheita que se faz presente equipamentos mecanizados provoca maior ou menor perda de produto, devido as características da planta e da máquina.

Para Moraes, Mayorga e Filho (2005), de 5% a 10% do que é cultivado de soja acaba ficando perdido na lavoura ou durante a armazenagem e transporte, trazendo consequências negativas para o sojicultor e ainda para o abastecimento nacional, chegando a encarecer o produto interno.

Segundo Maurina (2008), as perdas na colheita representam grande risco a lucratividade final do produtor de soja e, para que essas perdas sejam reduzidas no processo de colheita mecanizada de grãos, é importante que o produtor conheça as causas e origens dessas perdas, sejam elas quantitativas ou qualitativas, podendo assim providenciar operações de implantação adequadas para potencializar o rendimento da lavoura, assim como ter uma boa condução nas regulagem da máquina, sempre se preocupando com a manutenção da colhedora e capacitando o operador.

Segundo a EMBRAPA (2003) a margem de perdas aceitáveis devem ser de até 60 kg ha⁻¹ na colheita da soja, no entanto muitos produtores enfrentam uma grande complexidade na operação de colheita como: a necessidade de agilidade, alguns descuidos associados a instabilidade meteorológica e a desqualificação do operador, resultando em perdas elevadas (Mario, 2016).

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado em talhões comerciais de soja de uma fazenda situada em Brejo (MA), durante a safra 2017/2018. O município está localizado na Mesorregião do

Leste Maranhense, com as coordenadas geográficas de referência entre as latitudes s 03° 52' 57" e S 03° 31' 48" e longitudes W 43° 01' 05" e W 42° 31' 48", e altitude variando de 200 a 400 m com relevo ondulado e suave ondulado. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo amarelo. Segundo a classificação de Thorntwaite, o clima da região pode ser determinado como C₂W₂A'a', isto é, subúmido, megatérmico e com moderada deficiência de água no inverno, com precipitação pluviométrica anual entre 1600 a 2000 mm (Maranhão, 2002).

O experimento foi conduzido em duas áreas distintas. Na área 1 (A1) estava semeada a cultivar Opus da Brasmax[®], e na área 2 (A2) foi semeada a cultivar BRS 9383. O estudo com duas cultivares diferentes se fez necessário por uma necessidade do produtor em verificar o desempenho de ambas nas condições estabelecidas nesta pesquisa. As características agronômicas das duas cultivares foram mensuradas por meio da altura de planta, altura de inserção da primeira vagem e diâmetro do caule, para dez plantas aleatórias da área útil de cada parcela. A altura de planta foi determinada pela distância entre a superfície do solo e parte apical da planta, cujos resultados foram expressos em centímetros (cm) e aferidos com auxílio de trena milimétrica. A altura de inserção da primeira vagem (cm) foi mensurada pela distância entre a superfície do solo e a primeira vagem inserida no ramo. O diâmetro do caule (mm) foi realizado com paquímetro digital, a dois centímetros da superfície do solo.

Foram avaliados a altura de corte das plantas (cm), pela distância entre a superfície do solo e a porção apical do caule cortado e a altura da barra de corte da plataforma, pela distância entre a superfície do solo o posicionamento da barra de corte. Para os grãos, fez-se a estimativa do teor de água (%), por meio de um Motomco model 919, com base em 10 amostras de 100 g coletadas no granelheiro da colhedora.

A colhedora utilizada no experimento foi uma Case IH 8120, com potência máxima de 344,2 kW (468 cv), sistema Axial Flow com duplo rotor e plataforma de corte de 12,2



Figura 1- Colhedora Case IH 8120 utilizada no experimento Brejo (MA)

m (40 pés) dotada de sistema de esteiras condutoras (draper) (Figura 1). A regulagem do molinete constituiu-se de forma automática com velocidade tangencial 15% acima da velocidade de deslocamento da colhedora.

Os tratamentos consistiram em três velocidades da máquina (4, 6 e 7 km h⁻¹), associadas a dois níveis de rotação do rotor (500 e 800 rpm) no sistema de trilha. Deste modo o experimento foi conduzido em arranjo fatorial 3 x 2, em 4 blocos completos casualizados, totalizando 24 unidades experimentais, em parcelas de 25 m de comprimento com a largura da plataforma de 12,2 m, espaçadas a 40 m.

As perdas foram mensuradas mediante metodologia proposta por Bragachini (1992), que consiste na utilização de 4 armações metálicas dotadas de 56 cm de diâmetro (Figura



Figura 2 - Lançamento do aro para coleta de perda de grãos.

3). Para isso, lançou-se cada armação após a passagem da plataforma, de forma que dois aros permanecessem externamente ao rastro dos rodados e os demais entre o rastro (Figura 2).



Figura 3- Aro de 56 cm que servirá para coleta dos grãos perdidos

Após a passagem da colhedora, todos os grãos remanescentes no terreno foram recolhidos e classificados em perdas da plataforma (PP), enquanto aqueles acima da armação, foram determinados como perdas dos mecanismos internos (PMI) e as perdas totais (PT), calculadas pelas somas das perdas anteriores (Figura 4). Posteriormente fez-se o encaminhamento para o laboratório, onde os mesmos tiveram suas massas mensuradas como perdas extrapoladas para kg ha^{-1} . As perdas naturais foram descartadas de análises, pois as mesmas foram insignificantes.



Figura 4- Coleta das perdas da plataforma e mecanismos internos.

Os dados obtidos foram tabulados e em seguida submetidos à análise de variância, comparando as médias pelo teste t student a 0,05 de significância por meio do software SISVAR 5.0 (Ferreira, 2018).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios para a altura de planta, de inserção da primeira vagem, de corte da planta, de corte da plataforma da colhedora e diâmetro do caule, acompanhados do respectivo erro padrão da estimativa, e o teor de água (base úmida), para as cultivares Opus BMX (Área 1) e BRS 9383 (Área 2), constam na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de altura de planta (AP), altura de inserção de primeira vagem (AIPV), diâmetro do caule (DC), altura de corte da planta (ACP), altura da barra de corte (ABC), umidade (Ubu) e erro padrão associado, para as cultivares de soja exploradas nas áreas 1 e 2.

| Cultivar | Variáveis | | | | | |
|--------------|-----------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|---------|
| | AP ± EP (cm) | AIPV ± EP (cm) | DC ± EP (mm) | ACP ± EP (cm) | ABC ± EP (cm) | Ubu (%) |
| Brasmax Opus | 36,73 ± 0,43 | 13,37 ± 0,21 | 6,23 ± 0,15 | 7,22 ± 0,22 | 4,6 ± 0,51 | 12,60 |
| BRS 9383 | 58,37 ± 1,12 | 14,24 ± 0,34 | 9,02 ± 0,99 | 8,42 ± 0,34 | 5,6 ± 0,51 | 13,00 |

A altura de planta da BMX Opus e BRS 9383 foi de $36,73 \pm 0,43$ e $58,37 \pm 1,12$ cm, respectivamente. Esses resultados explicitam que as duas áreas colhidas apresentavam estandes com portes distintos, o que pode estar associado à precocidade ou à sensibilidade da BMX Opus às instabilidades climáticas ocorridas na safra 2017/2018 na mesorregião do Leste Maranhense. Rosa et al. (2016) verificaram o efeito de épocas de semeadura sobre diversas cultivares de soja em estudo no norte do Mato Grosso e observaram que a BMX Opus apresentou altura média em torno de 94 cm, o que indica que esta variedade tende a apresentar porte mais elevado em outras regiões. Ribeiro et al. (2016) afirmam que o desenvolvimento das diversas cultivares de soja é influenciado por vários fatores

ambientais, entre estes a temperatura, a precipitação pluvial, a umidade relativa do ar, e o teor de água do solo; deste modo, é de suma importância a quantificação e avaliação do desempenho dos genótipos em diferentes locais e ambientes, afim de subsidiar uma recomendação ajustada para cada situação de cultivo.

A inserção da primeira vagem variou de $13,37 \pm 0,21$ (Brasmax Opus) a $14,24 \pm 0,34$ cm (BRS 9383). Embora apresentassem alturas distintas de planta, as duas cultivares expuseram projeções de vagem em alturas semelhantes. Pereira Júnior et al. (2010) apontam que a altura de inserção de primeira vagem tem seus parâmetros relacionados ao fluxo de material colhido e afirmam que a estatura de 15 cm para altura de corte na colheita mecanizada de soja é o padrão normal. Os valores observados da inserção da primeira vagem estão próximos ao ideal, o que limita as perdas ocasionadas por vagens não colhidas, uma vez que evita que a plataforma trabalhe muito rente ao solo.

Com relação à altura da barra de corte da colhedora, constatou-se a média de $7,22 \pm 0,22$ cm, para a área 1 (Cultivar BRX Opus), enquanto que a área 2 (Cultivar BRS 9383) evidenciou-se valor ligeiramente superior, $8,42 \pm 0,34$ cm. Esta pequena diferença pode ter sido causada pelo fato de que as plantas da cultivar BRS 9383 serem maiores, o que levou o operador a trabalhar com a plataforma ligeiramente mais elevada. Segundo Braz et al. (2010), a altura de corte da plataforma figura entre os principais fatores que influenciam nas perdas da colheita mecanizada de soja, pois a barra de corte da colhedora opera a uma altura mínima do solo. No presente estudo ambas as cultivares tiveram suas plantas cortadas abaixo da altura de inserção da primeira vagem, o que minimiza perdas devido à altura de corte da colhedora.

O teor de água variou de 12,60% (BRX Opus) a 13,00% (BRS 9383) e adequa-se ao intervalo de 12 a 14%, definido pela EMBRAPA (2011), como o ponto de colheita de

grãos de soja. Carvalho & Novembre (2012) acrescentam que teores de água inferiores a 12% e superiores a 16% propiciam danos mecânicos imediatos na colheita da soja.

A partir dos resultados da análise de variância e do teste de t, para o desdobramento velocidade e rotação, constatou-se ausência de diferença entre as médias das variáveis de velocidade e rotação provenientes dos tratamentos, para a cultivar Opus da Brasmax da área 1 (Tabela 2). Desta forma, as perdas na colheita não tiveram influência das velocidades de deslocamento e das rotações empreendidas no experimento. Constatou-se variação acentuada nos tratamentos para as variáveis perdas na plataforma e perdas nos mecanismos internos, expressa em termos de valor pelo coeficiente de variação de 46,27 e 80,04 %, respectivamente.

Tabela 2 - Valores médios das perdas na plataforma (PP), perdas nos mecanismos internos (PMI) e perdas totais (PT), para interação velocidade (V) x rotação (R), resumo ANOVA, diferença mínima significativa (DMS) e coeficiente de variação (CV) para área 1 (Cultivar BMX Opus).

| Velocidade (km h ⁻¹) | Perdas plataforma (kg ha ⁻¹) | | Perdas mecanismos internos (kg ha ⁻¹) | | Perdas totais (kg ha ⁻¹) | |
|----------------------------------|--|---------|---|---------|--------------------------------------|---------|
| | Rotação (rpm) | | Rotação (rpm) | | Rotação (rpm) | |
| | 500 | 800 | 500 | 800 | 500 | 800 |
| 4,0 | 69,59 a | 71,41 a | 9,50 a | 14,23 a | 79,09 a | 85,64 a |
| 6,0 | 70,01 a | 45,01 a | 10,90 a | 23,08 a | 80,92 a | 68,08 a |
| 7,0 | 66,87 a | 90,66a | 10,48 a | 5,82 a | 77,35 a | 96,48 a |
| ANOVA | | | Fcalculado | | | |
| BLOCO | 1,90 ^{NS} | | 2,62 ^{NS} | | 1,60 ^{NS} | |
| V | 0,90 ^{NS} | | 1,62 ^{NS} | | 0,29 ^{NS} | |
| R | 0,00 ^{NS} | | 1,03 ^{NS} | | 0,10 ^{NS} | |
| V x R | 1,17 ^{NS} | | 1,46 ^{NS} | | 0,48 ^{NS} | |
| DMS | 48,06 | | 14,88 | | 49,50 | |
| CV | 46,27 | | 80,04 | | 40,42 | |

Médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste t de student ao nível de 0,05 de significância; ^{NS} - Não significativo

Nesse aspecto, Silva et al. (2013) relataram que a alta variabilidade é recorrente em estudos sobre perdas quantitativas na colheita mecânica, os quais normalmente apresentam coeficiente de variação com grande amplitude.

Autores como Holtz & Reis (2013), afirmaram que, por causa das suas características fisiológicas, a soja é uma das culturas mais susceptíveis à perda de grãos por abertura de vagens, que pode ser induzida por fatores climáticos ou da máquina utilizada na colheita. Partindo deste pressuposto, considerando-se que, as duas áreas (A1 e A2) sofreram com um veranico de 20 dias e que ambas foram cultivadas com materiais distintos, podendo ter sido o fator que interferiu no processo, por se tratar de cultivares com características fisiológicas diferentes, possivelmente causando esta dispersão que culminou para que houvesse semelhança entre as médias dos tratamentos analisados para a cultivar Opus.

Todavia, é importante ressaltar que, embora os tratamentos avaliados para a cultivar da BMX Opus não expressem médias diferentes, todas as regulagens propostas no estudo proporcionaram perdas totais acima dos níveis aceitáveis estabelecidos pela EMBRAPA (2011), os quais determinam perdas superiores a 60 kg ha^{-1} , como excessivas. É interessante observar também que as perdas na plataforma foram responsáveis pela maior quantidade de perdas ocorridas. Considerando-se que a altura de corte foi inferior à altura de inserção da primeira vagem, pode aferir que este elevado nível de perdas na plataforma não advém da deficiência de corte, mas sim, da debulha de grão proporcionada pela ação do molinete.

Em resumo, a velocidade de 7 km h^{-1} com rotação de 800 rpm promoveu maior nível de perdas, $36,48 \text{ kg h}^{-1}$ acima do recomendável, ao passo que a velocidade de 6 km h^{-1} associada à rotação de 800 rpm inferiu em um aporte de $8,08 \text{ kg h}^{-1}$ a mais que o aceitável, estando esta, mais perto da meta de colheita. Nesse sentido, é importante orientar o produtor para as regulagens mais assertivas, pois, embora não tenha havido diferença

estatística, a perda do rendimento de colheita cumulativa pode culminar em queda de lucratividade para o produtor. Ainda mais, numa fronteira agrícola tão desafiadora, como o Leste Maranhense, que apresenta forte instabilidade climática e solos predominantemente coesos.

Com relação à área 2 (Tabela 3), verificou-se significância ($p < 0,05$) para os efeitos da velocidade sobre as perdas na plataforma (PP); rotação sobre as perdas dos mecanismos internos (PMI); velocidade e rotação sobre as perdas totais (PT). Não houve efeito significativo da interação (velocidade x rotação) para nenhuma das variáveis analisadas. O coeficiente de variação ultrapassou 40% para as perdas na plataforma e mecanismos internos. Entretanto, Toledo et al. (2008) explica que em certas situações, o coeficiente de variação pode chegar até de 170%, o que depende da metodologia empregada.

Tabela 3. Valores médios das perdas na plataforma (PP), perdas nos mecanismos internos (PMI) e perdas totais (PT), para interação velocidade (V) x rotação (R), resumo ANOVA, diferença mínima significativa (DMS) e coeficiente de variação (CV) para área 2 (Cultivar BRS 9383).

| Velocidade (km h ⁻¹) | Perdas na Plataforma (kg ha ⁻¹) | | Perdas nos mecanismos internos (kg ha ⁻¹) | | Perdas totais (kg ha ⁻¹) | |
|----------------------------------|---|-----------|---|----------|--------------------------------------|----------|
| | Rotação (rpm) | | Rotação (rpm) | | Rotação (rpm) | |
| | 500 | 800 | 500 | 800 | 500 | 800 |
| 4,0 | 32,15 aA | 34,76 aA | 56,35 aA | 19,32 aB | 88,50 aA | 54,09 Aa |
| 6,0 | 55,23 abA | 30,82 abA | 46,19 abA | 29,87 aA | 101,42 aA | 60,69 Aa |
| 7,0 | 82,13 bA | 60,94 bA | 75,37 bA | 23,16 aB | 157,50 bA | 84,10 Ab |
| ANOVA | Fcalculado | | | | | |
| BLOCO | 1,46 ^{NS} | | 2,01 ^{NS} | | 1,40 ^{NS} | |
| V | 7,87 * | | 1,09 ^{NS} | | 7,28 * | |
| R | 3,09 ^{NS} | | 23,68 * | | 19,46 * | |
| V x R | 1,09 ^{NS} | | 2,07 ^{NS} | | 1,16 ^{NS} | |
| DMS | 30,10 | | 26,69 | | 41,43 | |
| CV | 40,48 | | 42,46 | | 30,19 | |

Médias seguidas por letras iguais, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste t de student ao nível de 0,05 de significância; ^{NS} - Não significativo; * - Significativo a 0,05 de significância pela ANOVA

Na velocidade de 4 km h⁻¹ houve o menor volume de perdas na plataforma (32,15 e 34,76 kg ha⁻¹), ao passo que a 7 km h⁻¹ foram encontradas perdas de 53,23% maiores que a menor velocidade (82,13 e 60,94 kg ha⁻¹). Estes resultados estão de acordo com Mesquita et al. (2001), os quais apontam que com o aumento da velocidade de colheita há favorecimento para maiores perdas na plataforma. Conforme Cunha et al. (2009), as menores perdas na colheita são conferidas às velocidades situadas próximas à faixa de 4,5 a 5,5 km h⁻¹, a qual corrobora com os melhores desempenhos da colhedora no presente estudo.

No que se refere aos mecanismos internos, constatou-se que a rotação de 800 rpm promoveu menores perdas em comparação à de 500 rpm, que é a regulagem padrão, adotada na fazenda. Esses resultados estão em convergência com os obtidos por Chioderoli et al. (2012), os quais afirmam que a primeira regulagem (800 rpm) quando adotada, melhora a eficiência e reduz as perdas quantitativas.

Para os mecanismos internos, é importante ressaltar que a colhedora analisada neste estudo, é axial e por isso ela possui maior capacidade de colheita. Campos et al. (2005) validam que as colhedoras axiais permitem diminuir os índices de perdas, pois possibilitam que o material colhido permaneça mais tempo dentro da máquina, tornando o sistema de trilha mais hábil.

Em condições comerciais, as perdas totais estimadas podem resultar em expressivos prejuízos, especialmente com a colheita realizada a 7 km h⁻¹ para as duas rotações (500 e 800 rpm), as quais tiveram perdas muito acima dos índices ideais (Tabela 3). No entanto, para a velocidade de 4 km h⁻¹, compreendida na faixa recomendada para a colheita mecânica, aliada com a rotação de 800 rpm, foi possível obter números aceitáveis para a colheita de soja com a cultivar BRS (54,09 kg ha⁻¹).

Nesse aspecto, a colheita na velocidade de 4 km h⁻¹ com rotação de 800 rpm podem inferir num aumento de 35,68% (30,01 kg de soja por hectare) da quantidade ofertada quando equiparado com as regulagens de 7 km h⁻¹ com rotação de 500 rpm e 65,66% (103,41 kg de soja por hectare) com o processo sendo realizado a 7 km h⁻¹ e rotação de 500 rpm. Isso em uma área de produção acima de 500 hectares que é o tradicional da mesorregião do Leste Maranhense pode culminar em significativo incremento da lucratividade para os produtores de soja.

O aumento da rapidez de colheita visa genericamente o aproveitamento dos melhores preços de mercado e esquivar-se das condições climáticas instáveis no final de verão chuvoso no Leste Maranhense. Os preços atrativos geralmente estão associados ao fato de que a colheita nesta mesorregião ocorre no período de entressafra de outras regiões produtoras do Brasil, como o Centro-Oeste e Sul. Nesse aspecto, é fundamental a adequada recomendação operacional, mesmo que em determinadas situações não haja diferença estatística significativa, pois incrementos pequenos podem propiciar retornos financeiros cumulativos e expressivos ao produtor.

CONCLUSÕES

1. As perdas de soja para a cultivar Opus da BRX, não diferiram para as variáveis de velocidade de deslocamento e da rotação do cilindro da colhedora.
2. A velocidade de 6 km h⁻¹ com a rotação de 800 rpm obteve o menor índice de perdas totais (68,08 kg ha⁻¹), enquanto que a velocidade de 7 km h⁻¹ com o rotação do cilindro a 800 rpm, atingiu nível muito acima do esperado (96,48 kg ha⁻¹) para a cultivar Opus da BRX.
3. Para a cultivar BRS 9383, recomenda-se a colheita de soja nas velocidades de 4 e 6 km h⁻¹ com 800 rpm, pois, ambas as regulagens atingiram níveis aceitáveis de perdas totais com 54,09 e 60,69 kg ha⁻¹ respectivamente.

4. Enfatiza-se que são importante novos estudos que analisem outros limiares de velocidade e rotação dentro do intervalo analisado no presente estudo.

LITERATURA CITADA

Bragachini, M. Cosecha de soja. In: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. Soja. Manfredi, p. 63-176, 1992.

Braz, G. B. P.; Cassol, G.M.; Ordonez, G.A.P.; Simon, G.A.; Procópio, S. O.; Oliveira Neto, A. M.; Ferreira Filho, W.C.; Dan, H. A. Componentes de produção e rendimento de soja em função da época de dessecação e do manejo em pós-emergência. Revista Brasileira de Herbicidas, v. 9, p. 63-72, 2010.

Campos, J.; Fachel, F.; Reportagem: Vantagem da produção de soja brasileira é perdida na logística de transporte. 2010. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=ekS9PZTm88s>. Acesso em: 08/12/18.

Campos, M. A. O.; Silva, R. P.; Carvalho Filho, A.; Mesquita, H. C. B.; Zabani, S. Perdas na colheita mecanizada de soja no estado de Minas Gerais. Engenharia Agrícola, v. 25, p. 207-213, 2005.

Carvalho, T. C.; Novembre, A. D. L. C. Qualidade de sementes de soja colhidas de forma manual e mecânica com diferentes teores de água. Semina: Ciências Agrárias, v.33, p.155-166, 2012.

Cassia, M.T.; Voltarelli, M. A.; da Silva, R. P.; Zerbato, C.; de Lima, P. H.; Monitoramento da operação de colheita mecanizada de sementes de soja. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, p.1209-1214, 2015.

Chioderoli, C. A.; Silva, R. P.; Noronha, R. H. F.; Cassia, M. T.; Santos, E. P. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. Bragantia, v.71, p.112-121, 2012.

- Compagnon, A. M.; Silva, R. P.; Cassia, M. T.; Graat, D.; Voltarelli, M. A. Comparação entre métodos de perdas na colheita mecanizada de soja. *Revista Scientia Agropecuaria*, v. 3, p. 215 – 223, 2012.
- Cunha, J. P. A. R.; Piva, G.; Oliveira, C. A. A. Efeito do sistema de trilha e da velocidade das colhedoras na qualidade de sementes de soja. *Bioscience Journal*, v.25, p.37-42, 2009.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Perdas na colheita de soja: Rio Grande do Sul, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 271p.
- Ferreira, D. F. sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, p.36-41, 2008.
- Holtz, V.; Reis, E. F.; Perdas na colheita mecanizada de soja: uma análise quantitativa e qualitativa. *Revista Ceres*, v. 60, p. 347-353, 2013.
- IBGE, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento de Safras Agrícolas no Ano Cível, dezembro, 2015.
- Korber, A. H. C.; Pinto, L. P.; Pivetta, L. A.; Albrecht, L. P.; Frigo, K. D. A. Adubação nitrogenada e potássica em soja sob sistemas de semeadura. *Revista de Agricultura Neotropical*. v. 4, p.38-45, 2017.
- Maranhão. Governo do Estado do Maranhão. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico: GEPLAN. Atlas do Maranhão. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2002, 39p.
- Mario, A. Identificação de variáveis culturais que influenciam nas perdas na colheita mecanizada da cultura da soja. Erechim, 2016.
- Maurina, A. C. Perdas na colheita mecanizada da soja: Safra 07/08. Emater/SEAB, Curitiba, 2018. Disponível em http://www.emater.pr.gov/arquivos/file/graos/perdas_2007_2008.pdf. acesso em 05.12.2018.

- Mesquita, C. M.; Costa, N. P.; Pereira, J. E.; Maurina, A. C.; Andrade, J. G. Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: Perdas e qualidades físicas do grão relacionadas à características operacionais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 30. Anais..., 2001.
- Morais, h. M. M.; Mayorga, m. I. O.; Filho, f. C. Análise do custo social das perdas no processo produtivo da banana no município de Mauriti-CE. XLIII Congresso da Sober, Ribeirão Preto, 2005.
- Pereira Júnior, P.; Rezende, P. M.; Malfitano, S. C.; Lima, R. K.; Corrêa, L. V.; Carvalho, E. R. Efeito de doses de silício sobre a produtividade e características agrônômicas da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. Revista Ciência e Agrotecnologia, v. 34, p. 908-913, 2010.
- Ribeiro, F. C.; Colombo, G. A.; Silva, P. O. S.; Silva, J. I. C.; Erasmo, E. A. L.; Peluzio J. M. Desempenho agrônômico de cultivares de soja na região central do Estado do Tocantins, safra 2014/2015. Scientia Plena, v. 12, 2016.
- Rosa, P. R.; Pittelkow, F.K.; Pasqualli, R. M.; Avaliação de cultivares de soja com tecnologia RR2(Intacta RR2 PRO) em duas épocas de semeadura. Boletim Técnico da fundação Rio Verde, 2016.
- Silva, R. P.; Cassia, M. T.; Voltarelli, M. A.; Compagnon, A. M.; Furlani, C. E. A. Qualidade da colheita mecanizada de feijão (*Phaseolusvulgaris*) em dois sistemas de preparo do solo. Revista Ciência Agronômica, v.44, p.61-69, 2013.
- Silveira, J.M.; Conte, O. Determinação de perdas na colheita de soja: copo medidor da Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Soja - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Londrina, 2013

Toledo, A.; Tabile, R. A.; Silva, R. P.; Furlani, C. E. A.; Magalhães, S. C.; Costa, B.;
Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada
de soja. Engenharia Agrícola, v.28 p.710-719, 2008.