



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MARIA ALBERTINA MONTEIRO DOS REIS**

**QUALIDADE DO PROCESSO DE COLHEITA SEMIMECANIZADA DO MILHO**

**FORTALEZA**

**2016**

MARIA ALBERTINA MONTEIRO DOS REIS

QUALIDADE DO PROCESSO DE COLHEITA SEMIMECANIZADA DO MILHO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientador: Marcelo Queiroz Amorim.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

Reis, Maria Albertina Monteiro dos.

Qualidade do processo de colheita semimecanizada do milho / Maria Albertina Monteiro dos Reis. – 2016.

56 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli.

Coorientação: Prof. Marcelo Queiroz Amorim.

1. Análise de pureza. 2. Perdas. 3. Trilhadora. I. Título.

CDD 630

---

MARIA ALBERTINA MONTEIRO DOS REIS

QUALIDADE DO PROCESSO DE COLHEITA SEMIMECANIZADA DO MILHO

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: 04/12/2015.

BANCA EXAMINADORA //

---

Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Msc. Elivania Maria Sousa Nascimento  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

## AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de amor e sabedoria, pela vida e Sua eterna proteção.

A Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de realização deste curso.

A meus pais Marta e Edson, principais responsáveis por minha formação e princípios de vida. Ao meu irmão Francisco pelo apoio.

Ao Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, pelos conselhos, orientações profissionais, sabedoria e exemplo de profissional.

Ao Prof. Danilo Roberto Loureiro pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos integrantes do NIMPA: Marcelo Queiroz, Elivania, Paulo Ricardo, Edcarla, Clíce, Jean, Nivanda, Evanaldo, Thiago e Renata pela contribuição durante a realização desse trabalho.

Aos integrantes do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA): Deivielison, Isabela e Karla.

Ao Grupo de Pesquisas em Energia e Máquinas para a Agricultura no Semiárido (GEMASA).

Aos professores Daniel Albiero, Adunias Teixeira, Márcio Cleber.

Aos amigos Alfredo, Marina, Pedro, Moisés, Erich, Ítalo e Rhayane que estiveram comigo desde o primeiro semestre compartilhando momentos de alegria, tristeza e vitória.

A Agrônômica - Empresa Júnior de Agronomia, por me proporcionar experiências incríveis da vida de um Agrônomo mesmo antes de estar formada e aos membros participantes: Eliete, Ramon, Jean, Michelle, Isabelle, Lucas, Neres, Manoela, Caique, Gina, Paloma, Jamison e Gina, pelo apoio durante todo o tempo juntos.

Aos meus amigos do Complexo por me acolher sempre: Valsergio, Israel, Danilo, Edibergue, Tiaguinho, Edilson e Marcelo.

Aos anjos em forma de amigos que surgiram nesses cinco anos de graduação: Anderson, Janaina, João Germano, Serginho, Sara, Wesley e Antonio Neto pela amizade sincera e momentos de descontrações.

Às minhas amigas pela convivência e paciência em todos esses anos Amandinha, Bárbara, Cláudia, Giovanna, Fernanda, Ivna Sara e Thais. E a todos aqueles que, de alguma forma me incentivaram ou me ajudaram a lutar pelo meu objetivo.

## RESUMO

A colheita semimecanizada do milho consiste na retirada da espiga da planta de forma manual, possibilitando maior qualidade dos grãos das espigas. Após o processo de colheita, é realizada a debulha mecanizada do milho na trilhadora, essa máquina é responsável pela separação dos grãos da espiga, sendo essa a última etapa do processo de produção, portanto torna-se necessário evitar perdas nessa etapa. Objetivou-se com esse trabalho avaliar as perdas quantitativas e a Análise de Pureza na trilha do milho, verificando a qualidade da colheita semimecanizada de milho, em função da variação da umidade dos grãos e da abertura do côncavo. As avaliações foram realizadas na área experimental de mecanização pertencente ao Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas da Universidade Federal do Ceará. Foi utilizada uma trilhadora estacionária de grãos da marca Maqtron, modelo B-150 com cilindro dentado, acoplada ao trator 4x2, modelo Massey Ferguson 265, com potência de 47,80 kW (65 cv). Os tratamentos foram constituídos por duas umidades, U1 – 20% e U2 – 14,5%, e cinco aberturas do côncavo, C1 – 64,73 mm, C2 – 70,37 mm, C3 – 70,6 mm, C4 – 78,93 mm e C5 – 83,1 mm. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2x5 com 4 repetições, totalizando 40 tratamentos. Os parâmetros avaliados foram: sementes danificadas (SD), material inerte (MI), sementes puras (SP), perdas no sistema de alimentação (PSA), perdas no saca palha (PSP), retilha (RE) e perdas totais (PT). Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. Os dados também foram submetidos a regressão para as duas umidades no momento da trilha em função das aberturas do côncavo, quando significativas pelo teste F a 5% de probabilidade e maior coeficiente de determinação determinou-se as curvas de regressão ajustadas. Para validação dos modelos foi realizada a análise de resíduo. É possível concluir que a maior qualidade do processo de colheita semimecanizada do milho é obtida com a umidade de 14,5% associada à abertura do côncavo de 83,1mm.

**Palavras-chave:** Análise de pureza. Perdas. Trilhadora.

## ABSTRACT

The semi-mechanized harvest consists of the removal of the spike done by hand, after the manual harvest, the spikes are taken to the thrashing at a thrashing machine. The thrashing is the process in which the grain is separated from the spike of the corn, is the last stage of the producing therefore is necessary to prevent losses in this process. The goal of this study is to evaluate the losses and the purity analysis on the corn thrashing machine, verifying the quality of the semi-mechanized harvest of the corn in function of the variation of the moisture determination of the grains and the opening of the concave. The evaluations were realized in the mechanization experimental area belonging to the Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas of the Universidade Federal do Ceará. It was utilized a stationary thresher Maqtron, model B-150 with toothed cylinder, connected to a tractor 4x2, model Massey Ferguson 265, power of 47,80 kW (65hp). The treatments were made by two moistures U1- 20% and U2 – 14,5%; and five openings of the concave, C1 – 64,73 mm, C2 – 70,37 mm, C3 – 70,6 mm, C4 – 78, 93 mm and C5 – 83,1 mm. The experimental design used was complete randomized blocks (DIC), in a 2x5 factorial arrangement in 4 replications, resulting in 40 treatments. The parameters evaluated were: damaged seeds (SD), inert material (MI), pure seeds (SP), losses in the feeding system (PSA), losses at the remove-straw area (PSP), Threshing (RE) and total losses (PT). The data was submitted to an analysis of variance and when significant was submitted to a 5% of probability Tukey test for average comparison. The data was also submitted to a regression analysis of variance for the two moistures at the threshing moment in function of the concave openings, when significant, was submitted to a 5% of probability and bigger determination coefficient F test determining the adjusted regression curves. For the validation of the models was realized a analysis of residue. It was concluded that the higher quality of the process of semi-mechanized harvest of corn is obtained with moisture of 14.5% associated with the opening of the concave of 83,1mm.

**Keywords:** Purity Analysis. Losses. Thrashing machine.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trilhadora utilizada para a debulha mecanizada do milho. ....	28
Figura 2 - Trator Massey Ferguson utilizado como fonte de potência para a trilhadora. ....	29
Figura 3 – Registro de regulagem dos pentes.....	29
Figura 4 – Abertura entre o cilindro e o côncavo. ....	30
Figura 5 - Medidor de umidade dos grãos de milho.....	31
Figura 6 - Amostras coletadas da retilha (A), da plataforma de alimentação (B) e do saca palha (C).....	32
Figura 7 - Análise de pureza: sementes danificadas (A), material inerte (B) e sementes puras (C).....	33

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Desdobramento da interação significativa para a umidade dentro da abertura do côncavo (A) e desdobramento da abertura do côncavo dentro da umidade (B) para perdas no saca palhas. ....	39
Gráfico 2 - Desdobramento da interação significativa para a umidade dentro da abertura do côncavo (A) e desdobramento da abertura do côncavo dentro da umidade (B) para retilha. .	41
Gráfico 3 - Gráfico de linha ajustada para sementes danificadas (SD) na colheita semimecanizada do milho. ....	43
Gráfico 4 - Gráfico de linha ajustada para material inerte (MI) na colheita semimecanizada do milho. ....	44
Gráfico 5 - Gráfico de linha ajustada para sementes puras (SP) na colheita semimecanizada do milho. ....	45
Gráfico 6 - Gráfico de linha ajustada para retilha (RE) na colheita semimecanizada do milho. ....	47
Gráfico 7 - Gráficos da análise de resíduo para sementes danificadas (SD) na umidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho. ....	48
Gráfico 8 - Gráficos da análise de resíduo para sementes puras (SP) na umidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho. ....	48
Gráfico 9 - Gráficos da análise de resíduo para sementes puras (SP) na umidade de 14,5% (U2) para a colheita semimecanizada do milho. ....	48
Gráfico 10 - Gráficos da análise de resíduo para retilha (RE) na umidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho. ....	49
Gráfico 11 - Gráficos da análise de resíduo para retilha (RE) na umidade de 14,5% (U2) para a colheita semimecanizada do milho. ....	50
Gráfico 12 - Gráficos da análise de resíduo para material inerte (MI) na umidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho. ....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da análise de variância e valores médios obtidos para sementes danificadas (SD), material inerte (MI) e sementes puras (SP) na operação de trilha do milho em duas umidades e cinco aberturas do côncavo. ....	35
Tabela 2 - Resultado da análise de variância e valores médios obtidos para perdas no sistema de alimentação (PSA), perdas no saca palha (PSP), retrilha (RE) e perdas totais (PT) na operação de trilha do milho em duas umidades e cinco aberturas do côncavo. ....	37
Tabela 3 - Resumo da regressão na análise de variância para sementes danificadas (SD), material inerte (MI) e sementes puras (SP). ....	42
Tabela 4 - Resumo da regressão na análise de variância para perdas no sistema de alimentação (PSA), perdas no saca palha (PSP), retrilha (RE), perdas totais (PT). ....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Cultura do milho.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Controle de qualidade do processo de trilha do milho.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1 Teor de água.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2 Regulagens operacionais da trilhadora.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3. Perdas na trilhadora.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.4 Análise de Pureza .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Análise de Regressão .....</b>	<b>26</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Parâmetros avaliados .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.1 Perdas na trilhadora.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.2 Análise de pureza.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 Metodologia estatística .....</b>	<b>34</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, observa-se a necessidade da mecanização da agricultura, visando obter maior produtividade da cultura, diminuição de mão de obra e rapidez nos processos, não deixando de lado a qualidade do produto final e do processo realizado pela máquina escolhida.

A cultura do milho envolve vários processos desde o seu início até a sua posterior venda ou armazenagem do grão. É necessário que o agricultor planeje de forma adequada todos os processos na produção da cultura, desde o plantio, condução da planta, adubação, colheita, debulha ou trilha, secagem, armazenagem e transporte.

A colheita do milho pode ser realizada de forma mecanizada, semimecanizada ou manual. A colheita mecanizada é realizada por colhedora que é responsável pela retirada da espiga da planta e, geralmente, pelo processo de debulha ou trilha do milho. Ao lado da máquina, poderá ser conduzido o caminhão graneleiro para que os grãos trilhados sejam armazenados e posteriormente levados para o armazenamento. A máquina pode vir acompanhada de um caminhão graneleiro, em que serão armazenados os grãos e posteriormente levados para o armazenamento.

Diferentemente da colheita mecanizada a colheita semimecanizada consiste na retirada da espiga da planta de forma manual, possibilitando maior qualidade devido a escolha e cuidado no manuseio das espigas, proporcionando menores perdas ainda durante a retirada da espiga da planta, após a colheita manual das espigas, elas são levadas para realização da debulha mecanizada.

O processo de trilha do milho é o processo no qual ocorre a separação dos grãos da espiga do milho, também chamado de debulha. Essa é a última etapa no processo de produção, além de ser um processo muito delicado para que sejam evitadas perdas nesse processo, pois essas perdas de grãos acarretarão em posterior prejuízo ao produtor.

Uma máquina regulada de forma ideal às condições apresentadas no momento do processo trilha é essencial para que haja redução nas perdas do processo, dessa forma, torna-se necessário a avaliação dos grãos no momento da colheita, como o monitoramento da umidade para se proporcionar condições ideais para o processo.

Quando se realiza o processo de trilha do milho em umidades elevadas, pode haver uma ineficiente separação dos grãos da espiga, devido a maiores teores de água dificultarem o desprendimento do grão, ocorrendo maiores perdas ao final do processo. Porém em umidades baixas os danos aos grãos podem ser maiores, devido a menor resistência do grão ao impacto.

O cilindro barrado é o mais indicado para o processo de trilha do milho, pois nele poderá ocorrer menor impacto com os grãos que no cilindro dentado. O cilindro dentado é

composto por uma barra configurada com dedos metálicos, devido a essa configuração pode ser que a eficiência do processo seja maior quando comparado ao cilindro barrado, que realiza a separação do grão da espiga por fricção. À medida que se aumenta o espaço entre o cilindro e o côncavo o impacto da máquina no grão irá diminuir, proporcionando melhor conservação do grão ao final do processo.

Nesse sentido, é importante a análise de perdas e pureza na operação de trilha do milho realizada com uma trilhadora estacionária acoplada a uma fonte de potência, pois são necessárias pesquisas com relação a essas máquinas verificando-se a qualidade do processo, possibilitando assim, maiores informações para melhores formas de regulação da máquina e época de debulha.

Diante do exposto, objetivou-se com esse trabalho avaliar as perdas quantitativas e a Análise de Pureza no processo de trilha do milho, verificando a qualidade da colheita semimecanizada de milho, em função da variação da umidade dos grãos e da abertura do côncavo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) pertence à família Poaceae e é uma espécie originária da América do Norte, com centro de origem genética no México, geralmente é consumido in natura para alimentação animal e humanos, apresentando também diversificada utilização industrial. É o cereal mais cultivados no mundo, devido a sua adaptabilidade aos diferentes climas e solos, assim como, ao seu alto potencial produtivo e valor nutritivo, é, também, o principal grão presente na formulação de rações animais e fonte básica na alimentação humana, gerando importante impacto socioeconômico (CERATTI *et al.*, 2015; VENEGAS; GASPARELLO; ALMEIDA, 2012).

A planta de milho é utilizada quase que em sua totalidade, sendo aproveitado na alimentação humana, matéria prima básica para uma série de produtos industrializados, como também para geração de energia de biomassa. Após a comercialização das espigas, os restos da planta podem ser aproveitados para posterior incorporação ou como cobertura do solo para plantio direto, ou ainda, sendo triturado para compor a silagem para a alimentação animal (MORAES, 2009).

O USDA (United States Department of Agriculture) prevê uma produção global de 978,1 milhões de t para a safra mundial de milho 2015/16. O consumo global do cereal foi estimado para 985,6 milhões de t, estabelecendo um volume recorde. Para as exportações mundiais estima-se que esse volume seja de 123,5 milhões de t, apresentando redução de 6,2% com relação à safra 2014/15 (FIESP, 2015).

O Brasil apresentou a terceira maior produção mundial de milho na safra 2014/15, apresentando um volume de 84 milhões de t. Com relação ao consumo mundial de milho, o Brasil apresentou 57 milhões de t do cereal consumidas, chegando em quarto lugar (FIESP, 2015).

No Brasil, o milho é uma das plantas cultivadas com grande importância, sendo produzido em diversas regiões, segundo dados da ANEC (2015) a safra 2014/15 foi superior a 84 milhões de toneladas, sendo, entre o período de janeiro a agosto 10,3 milhões de toneladas de milho foram exportadas. De acordo com Ryngelblum (2015) a CONAB prevê que o milho deverá apresentar acréscimo em produção e produtividade de 5,8% e 6,4%, respectivamente, resultando em uma produtividade de 5,382 mil kg ha<sup>-1</sup>, já a área plantada apresentará decréscimo de 0,5%, resultando em 15,743 milhões de hectares.

Levantamentos realizados pela CONAB (2015) apontaram que a produção de milho de primeira safra de 2014/15 totalizou 30,244 milhões de toneladas, ocorrendo, portanto,

decréscimo de 4,4%, e as principais regiões produtoras foram Sul, Sudeste e Matopiba (região produtora composta por Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), com 46%, 26% e 11%, respectivamente. O Nordeste apresentou uma produtividade de 2,354 mil  $\text{kg ha}^{-1}$  na safra 2014/15, sendo a região com menor produtividade de milho no Brasil. O estado nordestino com maior produtividade na safra 2014/15 é Sergipe com 4,231 mil  $\text{kg ha}^{-1}$ , enquanto que o Ceará ocupa a oitava posição com produtividade de 315  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Devido a importante posição do milho na economia, em decorrência do valor de sua produção agropecuária, da área cultivada e do volume produzido, a cultura é explorada em pequenos e grandes módulos rurais (AGUILERA *et al.*, 2000; PAIVA, 2011). As parcelas compostas de pequenos produtores não utilizam altas tecnologias e dependem da produção para subsistência, já a parcela composta de grandes produtores possui alta produtividade, maior área, maior capital e maior tecnologia na produção de milho (ZANOLA, 2014).

O ponto de maturidade fisiológica do milho caracteriza o momento ideal para a colheita, esse ponto ocorre aproximadamente de 50 a 60 dias após a polinização, ao atingir esse estágio acontece a paralisação do acúmulo de matéria seca nos grãos e inicia-se o processo de senescência natural das folhas das plantas (MAGALHÃES *et al.* 1994; RITCHIE; HANWAY, 1989).

Na operação de colheita do milho empregam-se os sistemas manual, mecanizado e semimecanizado. A colheita mecanizada consiste na realização da colheita e da debulha em máquinas, sendo assim, a colheita no campo é realizada com máquinas agrícolas (colhedora) e a debulha do milho também será realizada em máquina (trilhadora), geralmente, a colhedora é responsável pela realização de todo o processo.

Segundo Santos (2009), a colheita mecanizada do milho, no Brasil, atinge cerca de 60 % da produção e, as perdas de grãos caídos durante o processo variam de 8 a 10%. O autor, também, comenta que as perdas podem ser reduzidas a um nível aceitável de 3 a 4%, através de adequada manutenção e regulagem das máquinas.

Com relação à colheita semimecanizada, o processo consiste na colheita manual das espigas, as quais são posteriormente submetidas ao processo de debulha em máquinas, acopladas ao trator, responsável por fornecer a fonte de potência para o acionamento dos órgãos ativos da máquina (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Popovic e Milicevic (1987) encontraram que quando as sementes foram colhidas e debulhadas manualmente, colhidas manualmente e debulhadas com máquina (sistema semimecanizado) e colhidas e debulhadas com máquina (sistema mecanizado), os índices apresentados de sementes sem danificação foram de 95,0, 70,0 e 47,0%, respectivamente.

Segundo Ribas *et al.* (2013), existe uma tendência significativa para o aumento do rendimento de grãos do milho, em decorrência do crescente aumento do consumo mundial desse cereal, na indústria alimentícia e produção animal, visando também atender a demanda energética mundial como fonte de energia renovável. Para se obter produções cada vez maiores, torna-se necessária a utilização de sementes de qualidade, pela garantia de um estande inicial de plantas, fato que interfere na produtividade da cultura (FERREIRA, 2012).

## **2.2 Controle de qualidade do processo de trilha do milho**

### **2.2.1 Teor de água**

A debulha mecânica é um processo que acarreta alto grau de impacto e extrema abrasividade, proporcionando danos mecânicos e morte das sementes, ou produção de plântulas anormais, gerando queda na qualidade dos lotes. O processo de debulha mecânica pode ser agravado quando o teor de água da semente é desfavorável, ocasionando em maiores perdas (BORBA, *et al.*, 1994).

A umidade do grão no momento da colheita é uma informação de extrema importância para efetuar as regulagens na colhedora. É necessária atenção com relação a umidade dos grãos na colheita, pois durante esse período ocorre variação na umidade dos grãos, a partir disso torna-se necessário realizar várias regulagens da máquina, principalmente em função da variação da umidade relativa do ar ao longo do dia; além disso, à medida que os grãos vão perdendo umidade, tornam-se quebradiços e mais fáceis de trilhar (CAMOLESE; ALVES; BAILO, 2014; GRIMM, 2004; SANTOS; MANTOVANI, 1997).

A colheita deve ser realizada o mais rápido possível após as sementes atingirem sua maturidade fisiológica, que ocorre quando o conteúdo de água dos grãos encontra-se na faixa de 30 a 38% (MAGALHÃES; DURÃES, 2011). Contudo, o elevado conteúdo de água dos grãos nesta fase inviabiliza a colheita mecanizada, devido a dificuldades na debulha, provenientes do excesso de partes verdes e úmidas das plantas, o que pode levar a severos danos nos grãos (ALVES *et al.*, 2001; MARQUES *et al.*, 2009;).

Ao chegar em sua maturidade fisiológica o grão ainda não se encontra em condições de armazenamento, em que a umidade deve estar na faixa de 13 a 15%, dessa forma, recomenda-se que a colheita seja realizada com umidade na faixa de 18 a 25% e que, após a debulha, os grãos sejam levados para secagem antes do armazenamento (MAGALHÃES, *et al.*, 2002). Nesse contexto, Finch, Coelho e Brandini (1980), afirmam que a melhor maneira de fazer a colheita de milho para semente é colher as espigas com umidade das sementes na faixa de 20 a 25% e realizar a secagem até 15 a 18% para debulha.

Gerage, Carvalho e Silva (1982) não recomendam que a debulha mecânica do milho seja realizada quando o grau de umidade das sementes for inferior a 13%, no entanto em trabalho realizado por Craig (1977), o autor enfatiza a necessidade da colheita e debulha serem realizadas com grau de umidade das sementes inferior a 20%.

Marques *et al.* (2011) recomendam que a umidade de colheita visando a ocorrência de menores perdas, em relação à danos mecânicos, deve variar de 22 a 26%, considerando esta como faixa ideal para a colheita de grãos de milho. Já Portella (2003) e Araújo (1995) recomendam a umidade dos grãos entre 15 a 18%, e entre 13,5 a 14,5%, respectivamente, de umidade no momento da colheita do milho.

Para Mantovani (2010) a colheita deve ser iniciada quando a umidade estiver na faixa de 18 a 20%, pois quanto mais úmidos, maior será a dificuldade de debulha-los, porém à medida que os grãos vão perdendo a umidade, tornam-se mais quebradiços e mais fáceis de serem destacados.

Para que haja redução na umidade do grão de milho a fim de realizar-se a colheita mecanizada, indica-se o atraso na colheita, porém é uma prática de elevado risco, pois pode gerar acamamento das plantas devido a fortes ventos e chuvas, a germinação dos grãos nas espigas em condições de umidade elevada e o ataque de insetos (ABREU *et al.*, 2013).

Quanto mais seca a semente estiver, mais suscetível estará aos danos provenientes da ação dos equipamentos. Quando a colheita é realizada com umidade inferior a recomendada, os grãos desprendem-se com mais facilidade do sabugo, dessa forma, ficam mais suscetíveis aos danos mecânicos (LOUREIRO *et al.*, 2012; RUFFATO; COUTO; QUEIROZ, 2001). Dessa forma, Ruffato *et al.* (2001), afirmam que quanto mais seco o grão estiver, menor será a elasticidade, tornando-o vulnerável aos danos provenientes da ação dos mecanismos de trilha.

Pesquisas conduzidas na Embrapa Milho e Sorgo, com uma colhedora automotriz, confirmam que, umidade mais altas, de 22 a 24%, apresentam maior dificuldade para destacar a semente do sabugo. À medida que os grãos vão secando no campo, maior facilidade de debulhar, além de reduzir o risco de danificação mecânica na semente (MANTOVANI, 2010).

Nesse sentido Tabile *et al.* (2008), constataram que as perdas no sistema de separação e limpeza e perdas totais são influenciadas pela umidade do grão, sendo que a umidade mais elevada de colheita proporciona perdas maiores quando comparado a menor umidade.

A antecipação da colheita pode ser uma prática adotada para a redução dos danos nas sementes, o processo é realizado fazendo-se a colheita da espiga sem que ocorra a retirada da palha e do sabugo, essa prática proporciona o aumento do período de colheita, reduzindo o

risco das sementes serem contaminadas por doenças no final do ciclo (FERREIRA, 2012).

Em trabalho realizado por Oliveira *et al.* (1997), o autor observou a adoção dessa prática pelos produtores de semente de milho, visando obter sementes de melhor qualidade. George (1985) recomenda que seja realizada a colheita em espiga quando a umidade estiver menor que 35%, posterior secagem artificial e debulhar quando o grau de umidade das sementes reduzir a 12%.

Ao adotar a colheita em espiga, é necessário observar o método de despalha, pois, as sementes apresentam alta umidade, podendo acarretar na alta incidência de danos mecânicos (FERREIRA, 2012). Segundo Ferreira (2012), conhecer o momento ideal de colheita é indispensável, pois as sementes recém-colhidas podem apresentar teor de água inadequado para o armazenamento, podendo afetar a qualidade das sementes durante todo o processo, causando danos.

### **2.2.2 Regulagens operacionais da trilhadora**

A colheita é uma das etapas mais importantes da atividade agrícola, dessa forma, as perdas que surgem nessa fase influenciam diretamente o êxito de todo o trabalho agrícola, portanto, há a necessidade de se evitar as perdas provocadas pela colhedora. Uma máquina bem regulada pode evitar cerca de 50% das perdas na colheita (VENEGAS; GASPARELLO; ALMEIDA, 2012). Nesse sentido, Chioderoli *et al.* (2012) afirma que um dos pontos importantes da mecanização da colheita é a regulagem a ser utilizada, pois deve ser adequada conforme a cultura, material genético, teor de água do grão, velocidade da colhedora e finalidade dos grãos.

O processo de colheita dos cereais é composto pelas seguintes etapas: corte, alimentação, trilha, separação e limpeza (SOUZA *et al.*, 1998). A trilha ou debulha é considerada a operação mais importante da colheita mecanizada, pois vai determinar a qualidade do material colhido, dessa forma, quando mal realizado, pode acarretar em perda significativa do produto, além de uma das mais importantes fontes de danificação dos grãos (CARVALHO; NAKAGAWA, 1980; MESQUITA *et al.*, 1998). Mantovani (2010) observou que as perdas de grãos soltos e de grãos no sabugo estão relacionadas com a regulagem da máquina.

As trilhadoras são compostas de côncavo, peneiras, ventilador e saca palha. O côncavo é uma estrutura metálica fixa, de forma circular ou semicircular, pode apresentar ou não dentes, que juntamente com o cilindro, são responsáveis por realizar a degrana das espigas, as peneiras e o ventilador separam os grãos da palhada, e o saca-palha descarrega os restos de

plantas da máquina. Os grãos trilhados são separados das impurezas pelas peneiras, fluxo de ar e saca-palha (SILVA, 2010).

Segundo Ferreira *et al.* (2007), a altura de corte, a rotação do cilindro trilhador, a abertura entre cilindro e côncavo e a velocidade de deslocamento estão entre os principais fatores que interferem nas perdas da colheita mecanizada de grãos. Portanto para que se tenha boa colheita, Mantovani (2010) recomenda que seja considerada a regulagem do espaço entre cilindro e abertura do côncavo, a velocidade de rotação do cilindro, a umidade do grão, a qualidade do grão e as perdas.

Durante a regulagem do sistema trilha, devem ser verificadas algumas partes como: saída de grãos, para ver se há grãos quebrados; retilha, para saber se há muito material retornando para o sistema de debulha; e saída da máquina (saca palha), para verificar se está saindo grão preso ao sabugo e se o sabugo está sendo muito quebrado (MANTOVANI, 2010).

As perdas no processo de trilha ocorrem, geralmente, em razão das condições de manutenção e operação das máquinas não estarem adequadas (DIEHL; JUNQUETTI, 2005). Segundo Loureiro *et al.* (2012), o sistema de trilha é o grande causador de danos mecânicos nas sementes. Porém essas perdas podem ser eliminadas regulando-se a abertura do côncavo, esta regulagem é feita de acordo com o diâmetro médio das espigas, para que o grão seja debulhado sem ser quebrado e o sabugo saia inteiro ou quebrado em grandes pedaços (MESQUITA *et al.*, 1998).

Kepner *et al.* (1972) afirmam que a eficiência de separação do côncavo ocorre em função da velocidade periférica do cilindro trilhador, da abertura entre o cilindro trilhador e o côncavo, do estado da cultura (umidade e maturação) e da taxa de alimentação da máquina.

A distância da abertura do côncavo deve ser regulada para que a espiga seja debulhada sem ser quebrada e o sabugo saia inteiro ou quebrado em grandes pedaços. A presença de muitos grãos no sabugo ocorre em função da regulagem da abertura do côncavo, possíveis causas para o aumento dessa perda acontecem devido à quebra do sabugo antes da debulha, abertura do côncavo muito grande, côncavo torto e existência de muito espaço entre as barras do côncavo (MANTOVANI, 2010).

Portella (2005), afirma que regulando corretamente a abertura do côncavo, menores são as chances de ocorrerem perdas por dano mecânico. Dessa forma a abertura entre o cilindro e o côncavo afeta diretamente a qualidade do processo de trilha e a quantidade de grãos que é separada da palha pelo côncavo. O autor também recomenda que a parte da frente da abertura entre o cilindro e o côncavo deve ser aproximadamente cinco milímetros maior que a parte de trás, pois o maior volume de material encontra-se no começo da trilha e essa concentração vai

diminuindo à medida que os grãos vão caindo através do côncavo.

De acordo com o manual da trilhadora a abertura do côncavo é regulada a partir do registro de regulagem das barras configuradas com dedos metálicos, para grãos úmidos recomenda-se abaixar o sistema de regulagem da abertura do côncavo ou seja, levantar os dedos metálicos, já para grãos secos recomenda-se aumentar a regulagem do sistema de abertura do côncavo, deixando os dedos metálicos baixados, e para grãos normais (nem secos nem úmidos) recomenda-se deixar o a regulagem do sistema de abertura do côncavo na posição do meio (MAQTRON, 20--).

A regulagem da abertura do côncavo pode ser feita de forma mecânica, elétrica ou hidráulica, dependendo do modelo de trilhadora. A abertura deve ser igual em ambos os extremos, para que a trilha seja uniforme (PORTELLA, 2005). A medida que se aumenta o espaçamento entre o cilindro e o côncavo, a trilha ocorre mais na parte traseira do côncavo e não há tempo para que os grãos sejam separados. Como resultado, estes caem sobre os saca-palhas, sobrecarregando-os, e acarretando em perdas ao final do processo (PORTELLA, 2005).

Mesquita e Gaudêncio (1997), afirmam que a regulagem de rotação do cilindro de trilha e a distância entre este e o côncavo são essenciais à qualidade do produto e para a redução das perdas, que ocorrem na unidade de trilha.

Para a debulha mecanizada do milho recomenda-se o uso do cilindro barrado, ele trabalha com a debulha por fricção, as barras atingem a espiga de modo que os grãos vão se despregando (MANTOVANI, 2010; AGUILA; AGUILA; THEISEN, 2011). Diferentemente, o cilindro dentado atua nas espigas por impacto, os dentes presentes no cilindro irão atingir a espiga proporcionando o desprendimento dos grãos, esse tipo de cilindro pode proporcionar maiores danos as sementes devido ao impacto ocasionado.

Brass e Marley (1973) estudaram diferentes mecanismos debulhadores com vistas aos danos mecânicos provocados nos grãos, e concluíram que o uso do rolo debulhador (fricção) resultou em uma redução significativa nos danos mecânicos totais do grão, quando comparado com o cilindro batedor (impacto).

Em estudo realizado por Brass e Marley (1973) os autores observaram que o dano mecânico mínimo ao grão para o cilindro batedor ocorre com aproximadamente 19% de umidade, enquanto o dano mecânico mínimo para o rolo debulhador ocorre a níveis de umidade mais baixos. Reduções nos danos mecânicos de aproximadamente 50% foram obtidas com o rolo debulhador quando comparado com o tipo cilindro batedor, para umidades abaixo de 20% no grão. Para o debulhador tipo cilindro batedor a umidade do grão, velocidade do cilindro e abertura do côncavo são variáveis significantes, afetando os danos mecânicos nos grãos.

### 2.2.3. Perdas na trilhadora

As perdas podem ser quantitativas ou qualitativas. As perdas quantitativas, ou seja, perdas em número de sementes, as variações climáticas e a época da colheita também ocasionam perdas qualitativas às sementes, como danos e quebras (HOLTZ; REIS, 2013). Na colheita, a semente fica suscetível ao dano mecânico, imediato ou latente, pois os danos podem-se apresentar logo no momento da colheita ou em consequências futuras para o armazenamento e semeadura (PAIVA; MEDEIROS; FRAGA, 2000; HOLTZ; REIS, 2013).

Segundo Vasconcelos *et al.* (2002) o percentual de perda aceitável na colheita está em torno de 4%. No Brasil, a colheita manual apresenta perda média de 1 a 1,5%, já na colheita mecanizada podem ocorrer perdas na faixa de 8 a 10% (ALMEIDA *et al.*, 2007).

A colheita mecanizada de milho é a última etapa do processo produtivo, podendo acarretar em grandes perdas, quando o processo é mal executado, dessa forma, irá gerar aumento do custo de produção e, conseqüentemente, redução na rentabilidade do produtor (BERTONHA *et al.* 2012), sendo assim é necessário que haja redução das perdas à um mínimo para que o lucro seja maior (AGUILA; AGUILA; THEISEN, 2011).

Na colheita manual as perdas são decorrentes da ação da mão do operador, da ferramenta de corte utilizada e pela exposição das plantas às variações climáticas e ao ataque de insetos e pássaros, durante a secagem natural. Ainda na colheita manual, ocorrem perdas devido à umidade inadequada dos grãos no momento da trilha e, muitas vezes pelo volume excessivo de plantas trilhadas por vez (SILVA, 2010).

Diferentemente da colheita manual, durante a colheita mecanizada, as perdas são provocadas pelos mecanismos externos e internos da colhedora. As externas são devidas à ação mecânica da plataforma de corte, e as internas, pela ação do cilindro trilhador, saca-palha e peneiras. Na colheita, o impacto das plantas com a plataforma de corte provoca perdas, que dependem da facilidade de desprendimento dos grãos da espiga, da umidade dos grãos, da presença de plantas daninhas e da conservação e operação da máquina (SILVA, 2010).

Tanto o dano mecânico imediato quanto o latente são originados no momento da debulha, isto é, no momento em que forças consideráveis são aplicadas sobre as sementes, a fim de separá-las das vagens. Isto ocorre, principalmente, por causa dos impactos provenientes do cilindro de trilha, no momento em que as espigas passam pelo côncavo (HOLTZ; REIS, 2013). Carvalho e Nakagawa (2000) explicam esse fato devido a semente na colhedora ser um corpo estático, contra o qual se movimenta um corpo metálico, as barras do cilindro trilhador.

As perdas pelo processo de trilha são devidas à regulação inadequada da distância entre cilindro e côncavo (abertura), que resulta em trilha deficiente, com grãos presos às espigas, ou em danos mecânicos aos grãos (SILVA, 2010). De acordo com Portella (2005) as perdas no processo de trilha e separação ocorrem devido ao fluxo de ar inadequado, orientação defeituosa da corrente de ar, peneiras mal reguladas e falta ou excesso de trilha.

Segundo Mantovani (2010) nas umidades mais altas, testes indicaram que a perda de grãos no sabugo foi o que mais contribuiu para o aumento da perda total. Após a operação de trilha, os produtos obtidos são: grão trilhado e separado da palha, grão trilhado, porém junto com a palha e grão não trilhado (PORTELLA, 2005). Mesquita *et al.* (2001) afirmam que as perdas podem ser parcialmente evitadas, proporcionando redução no custo de produção e incremento no lucro dos envolvidos na atividade.

#### **2.2.4 Análise de Pureza**

O objetivo da Análise de Pureza é determinar a composição percentual por peso e a identidade das diferentes espécies de sementes e do material inerte da amostra (BRASIL, 2009).

De acordo com a Regra de Análise de Sementes, a amostra será diferenciada em sementes puras, outras sementes e material inerte. São consideradas puras todas as sementes ou unidades de dispersão pertencentes à espécie em exame, também são consideradas sementes puras pedaços de unidades de dispersão maiores que a metade de seu tamanho. Outras sementes são compostas por unidades de dispersão de qualquer outra espécie de planta que não aquela da semente pura (BRASIL, 2009).

Material inerte inclui unidades de dispersão e todos os outros materiais e estruturas não definidas como semente pura ou outras sementes, sendo estas: unidades de dispersão nas quais é óbvio que não contenha a semente, pedaços de unidades de dispersão quebrados ou danificados iguais ou menores do que a metade de seu tamanho original, apêndices não classificados como parte da semente pura (BRASIL, 2009).

A amostra de trabalho deve ser de 900g, seu peso mínimo, podendo ser maiores até um limite de 3%, obtida por homogeneização e divisão da amostra média. Essa amostra deve ser examinada e separada nos três componentes, essa separação ocorre por meio das características visíveis da semente com ajuda de peneiras, sopradores ou pressão. Após esse procedimento os componentes devem ser pesados em gramas e indicados em porcentagem por peso da amostra de trabalho (BRASIL, 2009).

A qualidade da semente é o fator mais afetado quando se refere a danos mecânicos, e pode ser conceituada como o somatório dos atributos físicos, genéticos, fisiológicos e sanitários que afetam a capacidade de originar plantas com maior produtividade (BRACCINI *et al.*; 1999; CARVALHO; NAKAGAWA,2000).

Dessa forma, esses danos influenciam diretamente na qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes e podem variar em função do conteúdo de água e da regulagens das máquinas, além de serem considerados como os maiores fatores de redução da viabilidade e sanidade das sementes (BEWLEY; BLACK,1985; BRASS; MARLEY, 1973; POLLOCK; ROOS, 1972).

Os danos mecânicos influenciam direta e indiretamente na qualidade do produto colhido, pois grãos quebrados, com áreas abaixo de 50% da sua área original são considerados impurezas, dessa forma, gerando prejuízo ao produtor, além das trincas e quebras nos grãos interferirem na secagem e aumentarem a possibilidade de deterioração no armazenamento fato que contribuirá para maior ocorrência de insetos (SANTOS, 2009; SILVEIRA, 2011).

A injúria mecânica está entre os mais importantes problemas da produção de sementes em que a principal causa é a mecanização nas fases dos processos: colheita, transportes, secagem e beneficiamento (PAIVA, 1997). Sementes com injúria apresentarão decréscimo em sua qualidade fisiológica, além do que o produto que sofreu injúria terá seu valor de mercado reduzido (ANDRADE *et al.*, 1998; GALVÃO *et al.*, 2014).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (1988), aproximadamente 40% dos danos mecânicos ocorrem durante a colheita mecânica, 50% durante o beneficiamento, 4% durante o armazenamento, 2% durante o transporte e 4% na semeadura. Segundo os autores fatores que interferem nos danos mecânicos são: intensidade e número de impactos, local do impacto, grau de umidade das sementes e características das sementes.

Diversos fatores contribuem para a deterioração das sementes, afetando a sua qualidade física. O uso inadequado de máquinas e equipamentos em condições desfavoráveis de manuseio ocasionam sérios danos físicos às sementes, que são consideradas as formas mais severas de injúrias (SATO; CÍCERO, 1992).

A pureza física é um dos fatores principais que determinam a qualidade dos grãos e sementes, dessa forma, as máquinas de debulha que proporcionam elevado percentual de pureza são preferidas, pois diminuem a necessidade de processamento posterior para limpeza do produto (BROOKER; BAKKEL-ARKEMA; HALL, 1992)

Os danos não podem ser completamente evitados, devido ao uso indispensável de máquinas para os processos de despalha, debulha e beneficiamento das sementes de milho

(FERREIRA, 2012). Souza *et al.* (2002) relataram que a presença de danos mecânicos em sementes debulhadas mecanicamente é inevitável, prejudicando a qualidade da semente para o plantio e afetando a qualidade dos grãos, sendo assim, diminui consideravelmente o seu valor de mercado para o consumo. Portanto, os danos mecânicos podem ser altamente prejudiciais ao produto final, seja ele destinado ao consumo ou ao plantio.

De acordo com Moore (1974) as injúrias mecânicas são as maiores forças destrutivas que atuam na redução da qualidade fisiológica e sanitária das mesmas.

### 2.3 Análise de Regressão

O coeficiente de correlação linear  $r$  retrata a intensidade da relação linear entre duas variáveis. Esse coeficiente entre as variáveis  $X$  e  $Y$  é definido no domínio entre  $-1$  e  $1$ . A ausência da correlação linear entre duas variáveis não implica que essas duas variáveis não sejam relacionadas, mas simplesmente que não possuem relação linear (FERREIRA, 2005).

Os valores de  $r$  determinam a intensidade da relação entre as variáveis  $X$  e  $Y$ . Dessa forma, quando o valor de  $r = 0$  indica que as variáveis  $X$  e  $Y$  não são correlacionadas linearmente, ou seja, não existem meios lineares de fazer qualquer previsão de valores de  $Y$  conhecendo os valores de  $X$ , ou vice-versa. Quando  $r > 0$ , existe uma relação linear positiva entre  $X$  e  $Y$ , o que indica que há uma tendência de pequenos valores de  $X$  estarem associados a pequenos valores de  $Y$  e de grandes valores de  $X$  estarem associados a grandes valores de  $Y$ , a intensidade dessa relação aumenta à medida que  $r$  se aproxima de  $1$ . Quando  $r < 0$ , uma relação linear negativa existe entre  $X$  e  $Y$ , isso indica que existe uma tendência de pequenos valores de  $X$  estarem associados a grandes valores de  $Y$  e grandes valores de  $X$  estarem associados a pequenos valores de  $Y$ , a intensidade dessa relação linear inversamente proporcional aumenta à medida que  $r$  se aproxima de  $-1$ . No caso de  $r = 1$ , essa associação linear é perfeita, ou seja, é possível determinar com exatidão os valores de  $Y$  conhecendo os valores de  $X$ , ou vice-versa, para o caso de  $r = -1$  a relação também é considerada perfeita, a diferença para a situação anterior é que, nesse último caso, a relação linear é inversamente proporcional (FERREIRA, 2005).

O coeficiente de determinação amostral,  $R^2$ , representa quanto da variação de uma variável é explicada pela correlação existente com outra variável. O valor de  $R^2$  pertence ao intervalo de  $0$  a  $1$ , esse valor é igual ao quadrado do coeficiente de correlação da amostra ( $r$ ) entre  $X$  e  $Y$  (WERKEMA; AGUIAR, 1996; FERREIRA, 2005).

A regressão é utilizada para estabelecer uma relação funcional existente entre as diversas variáveis de um processo. Ela é baseada em empregar uma equação para expressar o

relacionamento entre as variáveis de interesse. Os métodos que estabelecem relações lineares para os parâmetros de um modelo entre duas ou mais variáveis são denominados de métodos de regressão linear (WERKEMA; AGUIAR, 1996; FERREIRA, 2005).

Segundo Ferreira (2005) na regressão, pode-se estabelecer uma relação funcional entre uma variável aleatória  $Y$  (dependente) e outra variável independente, que pode ser tanto aleatória, como fixa. O autor, também, estabelece o relacionamento linear entre duas variáveis a partir do modelo funcional de regressão linear simples, de acordo com a equação:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que,

$Y_i$  = variável dependente;

$X_i$  = variável independente;

$\varepsilon_i$  = erro não observável associado a  $i$ -ésima observação;

$\beta_0$  e  $\beta_1$  = parâmetros do modelo.

A reta gerada pelo modelo não passará por todos os pontos devido a erros que devem ser ajustados, modificando-se os valores de  $Y$  observados para valores presentes na reta, dessa forma a equação deverá levar em consideração esses erros ( $\varepsilon$ ). Esta falha pode ser devida a erros de medição, a erros de amostragem e aos efeitos de outras variáveis (WERKEMA; AGUIAR, 1996; FERREIRA, 2005). Dessa forma, Ferreira (2005) afirma que o objetivo da regressão é determinar estimadores de  $\beta_0$  e  $\beta_1$  de tal forma que as distâncias médias entre a reta de regressão e os valores observados sejam minimizadas.

Para o modelo de regressão linear simples, a análise de variância é empregada para testar se o modelo linear se ajusta aos dados, verificando se a variação total explicada pelo modelo é significativamente diferente de zero (FERREIRA, 2005).

A análise de resíduo é realizada com o intuito de detectar possíveis desvios no erro padrão do modelo de equação gerado na análise de regressão, dessa forma os resíduos  $e_i$  deverão refletir as propriedades dos erros  $\varepsilon_i$ . O modelo da equação será analisado utilizando resíduos por meio de gráficos de resíduos (WERKEMA; AGUIAR, 1996).

### 3 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental do Núcleo Integrado de Mecanização e Projetos Agrícolas, NIMPA, localizada nas coordenadas geodésicas: latitude 3°44'S e longitude 38°34'W com altitude média de 26 m. Conforme a classificação de Köppen (1923), a região do estudo é definida como Aw', que indica tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18°C.

Para a colheita semimecanizada utilizou-se a trilhadora estacionária da marca Maqtron® modelo B-150 (Figura 1), com sistema de trilha por impacto, configurada com cilindro dentado, folga do cilindro com o côncavo na parte posterior de 0,10 m e na parte frontal com 0,25 m, peneira superior nº 1 que associada a ventilação forçada permitiu a separação e limpeza dos grãos. As polias da máquina foram reguladas para que a rotação na trilhadora fosse de 850 rpm. A entrada de ar foi regulada em 50%. As sementes utilizadas no plantio do milho foram de milho transgênico GNZ 2005 YG.

Figura 1 - Trilhadora utilizada para a debulha mecanizada do milho.



Fonte: Autor (2015).

Para acionamento da trilhadora foi utilizado um trator agrícola 4x2 da marca Massey Ferguson 265 (Figura 2), com potência de 47,80 kW (65 cv), equipado com pneus diagonais, eixo dianteiro 6.00-16F2 com pressão de inflação de 46 psi (316 kPa) e traseiro 14.4-30 com pressão de inflação de 11 psi (75,79 kPa).

Figura 2 - Trator Massey Ferguson utilizado como fonte de potência para a trilhadora.



Fonte: Autor (2015).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x5 com quatro repetições, sendo duas umidades das sementes de milho (U1 - 20 e U2 - 14,5%), e cinco regulagens de abertura do côncavo (C1- 64,73 mm; C2- 70,37 mm; C3- 70,6 mm; C4- 78,93 mm; C5- 83,1 mm), totalizando quarenta unidades experimentais.

As aberturas do côncavo foram selecionadas conforme a ordem de regulagens fornecida pela máquina, para sua regulagem utilizou-se o registro de regulagem dos pentes (Figura 3), esse registro serve para erguer ou abaixar as barras configuradas com dedos metálicos, aumentando ou diminuindo a abertura entre o cilindro e o côncavo (Figura 4).

Figura 3 – Registro de regulagem dos pentes.



Fonte: Autor (2015).

Figura 4 – Abertura entre o cilindro e o côncavo.



Fonte: Autor (2015).

A colheita manual das espigas de milho foi realizada em uma condição de umidade acima do ideal (CRAIG, 1977), no dia 13 de julho de 2015, data em que foi realizada a trilha das vinte unidades experimentais com a primeira umidade. Durante os dias seguintes, a umidade foi monitorada com um medidor de umidade de grãos, modelo Mini Gac Grain Moisture Analyzer (Figura 5), até que atingisse a umidade desejada para a realização dos testes. O segundo processo de trilha foi realizado no dia 29 de julho de 2015 e as medições de umidade foram realizadas aleatoriamente na área.

Figura 5 - Medidor de umidade dos grãos de milho.



Fonte: Autor (2015).

### 3.2 Parâmetros avaliados

Para a avaliação das perdas quantitativas, foram avaliados os seguintes parâmetros: perdas na plataforma de alimentação, retilha, perdas no saca palha e análise de pureza (grãos danificados, material inerte e semente pura) (BRASIL, 2009).

Utilizou-se a amostra inicial de 5 kg de espigas para cada unidade experimental.

#### 3.2.1 Perdas na trilhadora

Para obtenção dos dados de perdas na trilhadora foram analisadas as perdas no sistema de alimentação, os grãos no momento em que a barra configurada com dedos metálicos exercem impacto nas espigas colocadas no sistema e iniciam o processo, nesse momento grãos da espiga são repelidos pelo sistema. Considerou-se a área de 4m<sup>2</sup> à frente da trilhadora e após o processo de trilha de cada unidade experimental foram coletadas as sementes e pesadas em balança de precisão 0,001.

O material da retilha foi mensurado a partir da coleta do material que passou pelas peneiras superior e inferior e foram transportados pelo elevador da retilha até a saída da retilha, voltando para o sistema de alimentação, esse material foi coletado e posteriormente pesados em balança de precisão. Os dados de perdas no saca palha foram obtidos após a trilha de cada unidade experimental, fez-se a coleta dos grãos que não foram trilhados e que ainda se encontravam no sabugo e grãos soltos que foram perdidos na saída do saca palhas.

Posteriormente os grãos foram pesados em balança de precisão 0,001.

A Figura 6 mostra os materiais coletados na retilha, na plataforma de alimentação e no saca palha para realização da pesagem.

Figura 6 - Amostras coletadas da retilha (A), da plataforma de alimentação (B) e do saca palha (C).



Fonte: Autor (2015).

A porcentagem de perdas foi determinada pela relação entre a massa das sementes perdidas e a massa das sementes que saíram no ensacador (Equação 2), essa forma foi utilizada para as perdas na plataforma de alimentação e as perdas no saca palha.

$$P = 100 * \frac{m_p}{m_e + m_p} \quad (2)$$

em que:

P = perdas (%);

$m_p$  = massa de grãos perdidos (g);

$m_e$  = massa de grãos do ensacador (g).

Para a retilha a porcentagem de material é determinado pela relação entre a massa de sementes perdidas e a massa da amostra inicial (5kg) (Equação 3).

$$RE = 100 * \frac{m_s}{m_i} \quad (3)$$

em que:

RE = retilha (%);

$m_s$  = massa de eliminada no saca palha (g);

$m_i$  = massa inicial da amostra (g).

As perdas totais foram obtidas a partir da soma de todas as perdas do sistema, como mostra a Equação 4:

$$PT = PSA + PSP \quad (4)$$

em que:

PT = Perdas totais;

PSA = Perdas no sistema de alimentação;

PSP = Perdas no saca palha.

### 3.2.2 Análise de pureza

Para análise de pureza foram amostrados 900g de grãos retirados do ensacador da trilhadora, referente à trilha de cada unidade experimental. A pureza foi determinada conforme metodologia da Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009) adaptada, por meio da relação entre a massa de impurezas e a massa total da amostra.

As sementes foram consideradas danificadas (SD) quando apresentaram, no mínimo, algum dos seguintes tipos de danos: semente quebrada, partida e pequenos estragos superficiais; material inerte (MI) quando as unidades de dispersão eram compostas de frações menores que metade de seu tamanho original; e sementes puras (SP) todas as sementes em exame e sementes maiores que a metade de seu tamanho original.

Através da análise visual e com o auxílio de uma peneira realizou-se a separação manual das sementes puras, materiais inertes e sementes danificadas (Figura 7). Cada material separado foi pesado em balança de precisão e o resultado final expresso em porcentagem.

Figura 7 - Análise de pureza: sementes danificadas (A), material inerte (B) e sementes puras (C).



Fonte: Autor (2015).

A porcentagem de sementes puras, sementes danificadas e material inerte foram determinadas pela relação entre a massa das sementes analisadas e a massa das sementes da amostra de trabalho (900g) (Equação 5).

$$S\% = 100 * \frac{m_g}{m_a} \quad (5)$$

em que:

$S\%$  = sementes puras, danificadas ou material inerte (%);

$m_g$  = massa de sementes puras, danificadas ou material inerte (g);

$m_a$  = massa da amostra inicial (g).

### 3.3 Metodologia estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). Foi realizada a análise de variância (ANOVA), e quando significativos as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Também foi realizada análise de regressão para as duas umidades em relação às aberturas do côncavo, utilizando o software ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2002). Quando os parâmetros foram significativos pelo teste t determinou-se a curva de regressão com maior coeficiente de determinação por meio do programa Excel (2010) e para validação dos modelos foi realizada a análise de resíduo utilizando o software Minitab 16.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontra-se o resumo da análise de variância para a análise de pureza na colheita semimecanizada do milho com diferentes umidades e aberturas do côncavo.

Tabela 1 - Resultado da análise de variância e valores médios obtidos para sementes danificadas (SD), material inerte (MI) e sementes puras (SP) na operação de trilha do milho em duas umidades e cinco aberturas do côncavo.

Causas de Variação		SD	MI	SP
Umidade (U)	U1	5,30	6,33 b	87,30 a
	U2	5,97	13,59 a	80,59 b
Côncavo (C)	C1	6,35	10,01	83,37
	C2	6,16	11,57	81,79
	C3	5,66	10,25	83,33
	C4	5,21	8,65	85,86
	C5	4,79	9,29	85,38
Valor de F	U	2,86 <sup>NS</sup>	77,59*	49,05*
	C	2,18 <sup>NS</sup>	1,43 <sup>NS</sup>	2,41 <sup>NS</sup>
	U*C	1,56 <sup>NS</sup>	1,12 <sup>NS</sup>	1,88 <sup>NS</sup>
DMS	U	0,81	1,68	1,96
	C	1,81	3,79	4,40
CV (%)		22,12	26,17	3,61

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> não significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). U1- umidade 1 (20%); U2- umidade 2 (14,5%); C1- côncavo 1 (64,73 mm); C2- côncavo 2 (70,37 mm); C3- côncavo 3 (70,6 mm); C4- côncavo 4 (78,93 mm); C5- côncavo 5 (83,1 mm). DMS – diferença mínima significativa. CV – coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Para o parâmetro sementes danificadas podemos observar pela análise de variância que o resultado não foi significativo ( $p < 0,05$ ), ou seja, as variáveis umidade e abertura do côncavo não interferem nos valores do parâmetro. Para Andrade *et al.* (1998) a umidade é considerada um fator importante que define a severidade dos danos mecânicos nas sementes.

Diferentemente, os parâmetros material inerte e sementes puras apresentaram significância ( $p < 0,05$ ) apenas para a variável umidade. Com relação ao material inerte a umidade que apresentou maior porcentagem foi a umidade de 14,5%, esse fato pode ser explicado pela menor umidade do grão promover maior impacto na trilhadora, proporcionando maiores danos no grão, dessa forma, irá ocorrer maior quantidade de material inerte. Borba *et al.* (1994) avaliando qualidade de sementes de milho na debulha mecânica, observaram que para a menor umidade avaliada (10%) foi obtida a menor porcentagem média de danos, quando comparado com umidades de 22% e 15,5%.

Já no parâmetro avaliado de sementes puras é possível observar que a maior umidade, U1 de 20%, proporcionou maior porcentagem de sementes puras, isso ocorre devido

ao grão apresentar-se menos quebradiço quando possui maior teor de água, dessa forma, o impacto gerado pela máquina irá proporcionar menores danos ao grão. Diferentemente do trabalho realizado por Oliveira *et al.* (2005) observaram que sementes com umidade de 14 a 16% resistiram mais aos efeitos dos impactos gerados pela debulha mecanizada.

Em estudo realizado por Mantovani (2010), o autor observou que menores umidades do grão facilitam o processo de debulha, porém tornam os grãos mais quebradiços, podendo acarretar em maiores quantidades de sementes danificadas e material inerte, o contrário também ocorre, quanto mais úmidos os grãos estiverem maior será a dificuldade de debulhá-los, mas a quantidade de sementes puras será maior, assim como o observado no presente trabalho.

Os parâmetros material inerte e sementes puras mostram-se complementares, pois a medida que a quantidade de material inerte diminui as sementes puras aumentam, como é observado na maior umidade, o inverso também acontece, à medida que o material inerte aumenta a quantidade de sementes puras diminui, o que acontece para a menor umidade. Assim como é observado no presente trabalho, Borba *et al.* (1994) observaram que os danos aumentaram com a redução da umidade.

Diferentemente do que foi observado no presente estudo, Oliveira *et al.* (2005) não observaram interferência da umidade dos grãos de milho na colheita para a análise de pureza, assim como Camolese, Alves e Baio (2014) também, constataram em seu trabalho que a umidade dos grãos não influenciou na porcentagem de pureza.

O resumo da análise de variância para perdas no sistema de alimentação, perdas no saca palha, retilha e perdas totais na colheita semimecanizada do milho com diferentes umidades e aberturas do côncavo, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultado da análise de variância e valores médios obtidos para perdas no sistema de alimentação (PSA), perdas no saca palha (PSP), retrilha (RE) e perdas totais (PT) na operação de trilha do milho em duas umidades e cinco aberturas do côncavo.

Causas de Variação		PSA	PSP	RE	PT
Umidade (U)	U1	0,97 b	0,70	2,19	1,67 a
	U2	1,13 a	0,26	2,89	1,39 b
Côncavo (C)	C1	1,27 a	0,53	2,48	1,80 a
	C2	1,16 ab	0,55	2,67	1,73 ab
	C3	1,01 ab	0,44	2,91	1,45 bc
	C4	0,92 b	0,44	2,53	1,36 c
	C5	0,88 b	0,43	2,11	1,30 c
Valor de F	U	5,79*	1104,89*	78,01*	13,66*
	C	4,93*	15,63*	10,89*	6,83*
	U*C	0,38 <sup>NS</sup>	15,32*	6,25*	052 <sup>NS</sup>
DMS	U	0,14	0,03	0,16	0,15
	C	0,31	0,06	0,36	0,35
CV (%)		20,16	8,74	9,83	15,59

\* - significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> – não significativo ao nível de 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% ( $p < 0,05$ ). U1- umidade 1 (20%); U2- umidade 2 (14,5%); C1- côncavo 1 (64,73 mm); C2- côncavo 2 (70,37 mm); C3- côncavo 3 (70,6 mm); C4- côncavo 4 (78,93 mm); C5- côncavo 5 (83,1 mm). DMS – diferença mínima significativa. CV – coeficiente de variação.

Fonte: elaborada pelo autor.

As perdas avaliadas no sistema de alimentação apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para as duas variáveis analisadas, umidade e abertura do côncavo. Para a variável umidade a maior perda no sistema de alimentação aconteceu na menor umidade (14,5%), isso pode ter ocorrido, pois o menor teor de água no grão proporciona seu desprendimento da espiga mais fácil, dessa forma os dentes do cilindro ao atingirem a espiga, irão repelir os grãos mais facilmente devido ao impacto causado. Segundo Portella (2000) a plataforma de alimentação é onde ocorrem as maiores perdas, pois podem ocorrer perdas por espigas para fora da plataforma e grãos debulhados devido ao impacto.

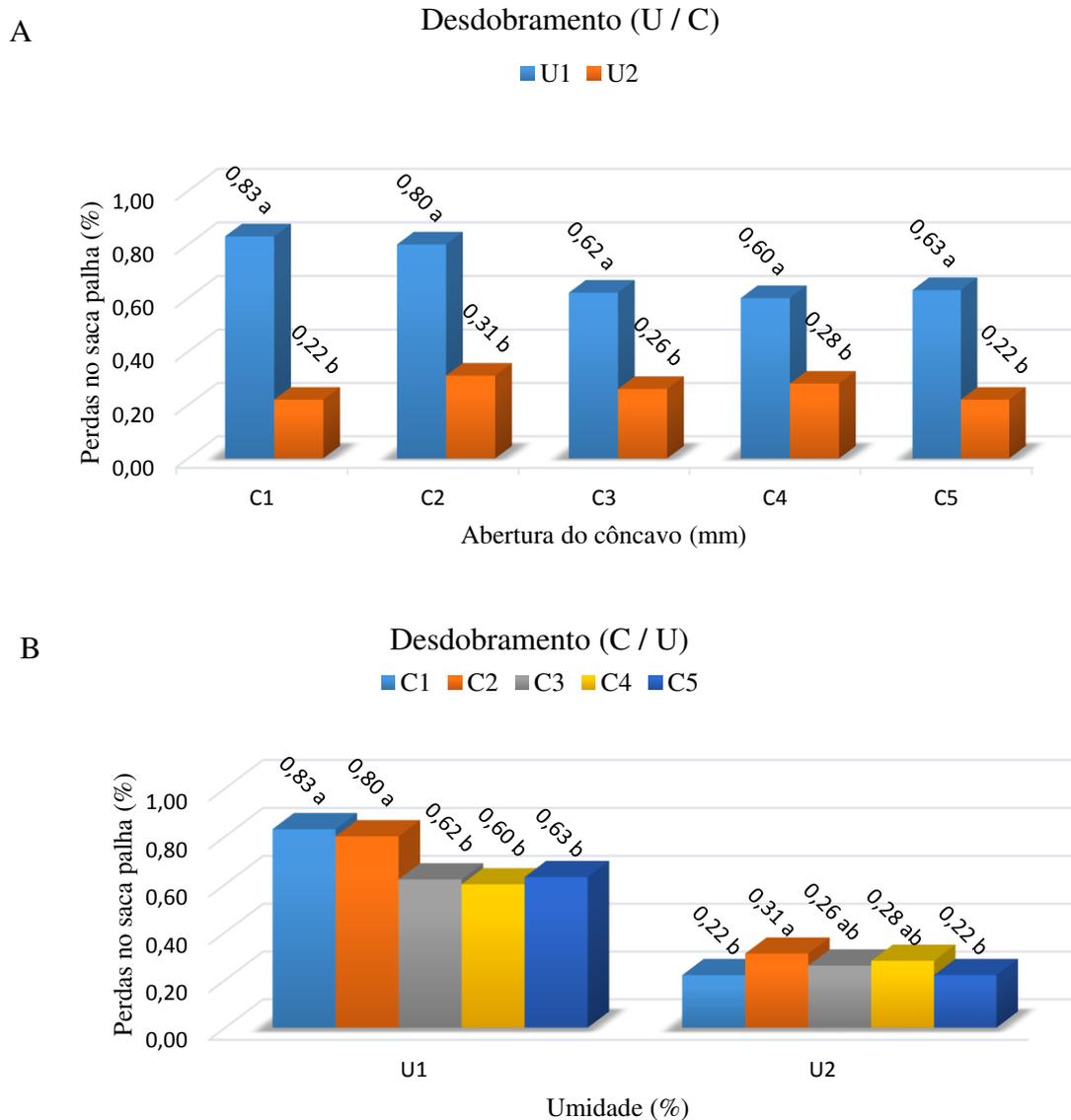
Com relação às aberturas do côncavo, a abertura que proporcionou maiores perdas no sistema de alimentação foi a menor abertura (C1 – 64,73 mm), esse fato ocorre devido a menor abertura entre o cilindro e o côncavo gerar maior impacto na espiga, pois os dentes do cilindro irão atingir o grão com maior força, devido a maior proximidade dos dentes à espiga, repelindo maior quantidade de grãos. De acordo com Mesquita *et al.* (1998) a regulagem da abertura entre o cilindro e o côncavo deve ser feita de acordo com o diâmetro médio das espigas para que a espiga saia inteira ou em pedaços ao final do processo e o grão seja debulhado sem ser quebrado.

Para o parâmetro perdas totais, também houve significância ( $p < 0,05$ ) para as duas variáveis analisadas, umidade e abertura do côncavo. A umidade que proporcionou maiores perdas totais foi a umidade de 20%. Corroborando com o presente estudo, *Tabile et al.* (2008), avaliando perdas na colheita do milho em função da umidade dos grãos, constataram que a umidade maior de 17,5% proporcionou maiores perdas totais quando comparado a menor umidade de 14,5%.

Para a variável abertura do côncavo no parâmetro perdas totais a abertura do côncavo que proporcionou maior porcentagem de perda total foi a menor abertura (64,73 mm), isso pode ser justificado, pois a menor abertura do côncavo provoca mais perdas no processo de trilha devido a separação dos grãos não eficiente. Já a abertura que ocasionou menor porcentagem de perda foi a maior abertura do côncavo (83,1 mm).

No Gráfico 1 encontra-se o desdobramento para a interação significativa ( $p < 0,05$ ) para os valores de perdas no saca palha.

Gráfico 1 - Desdobramento da interação significativa para a umidade dentro da abertura do côncavo (A) e desdobramento da abertura do côncavo dentro da umidade (B) para perdas no saca palhas.



Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). U1- umidade 1 (20%); U2- umidade 2 (14,5%); C1- côncavo 1 (64,73 mm); C2- côncavo 2 (70,37 mm); C3- côncavo 3 (70,6 mm); C4- côncavo 4 (78,93 mm); C5- côncavo 5 (83,1 mm).

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados apresentados no Gráfico A demonstraram que as duas umidades diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação às cinco aberturas do côncavo, dessa forma, observa-se que em qualquer abertura do côncavo a umidade de 20% irá proporcionar maiores perdas no saca palha, isso ocorre devido ao maior teor de água no grão tornar seu despreendimento da espiga mais difícil, dessa forma, ainda haverá grãos juntos à espiga que irão sair no saca palha.

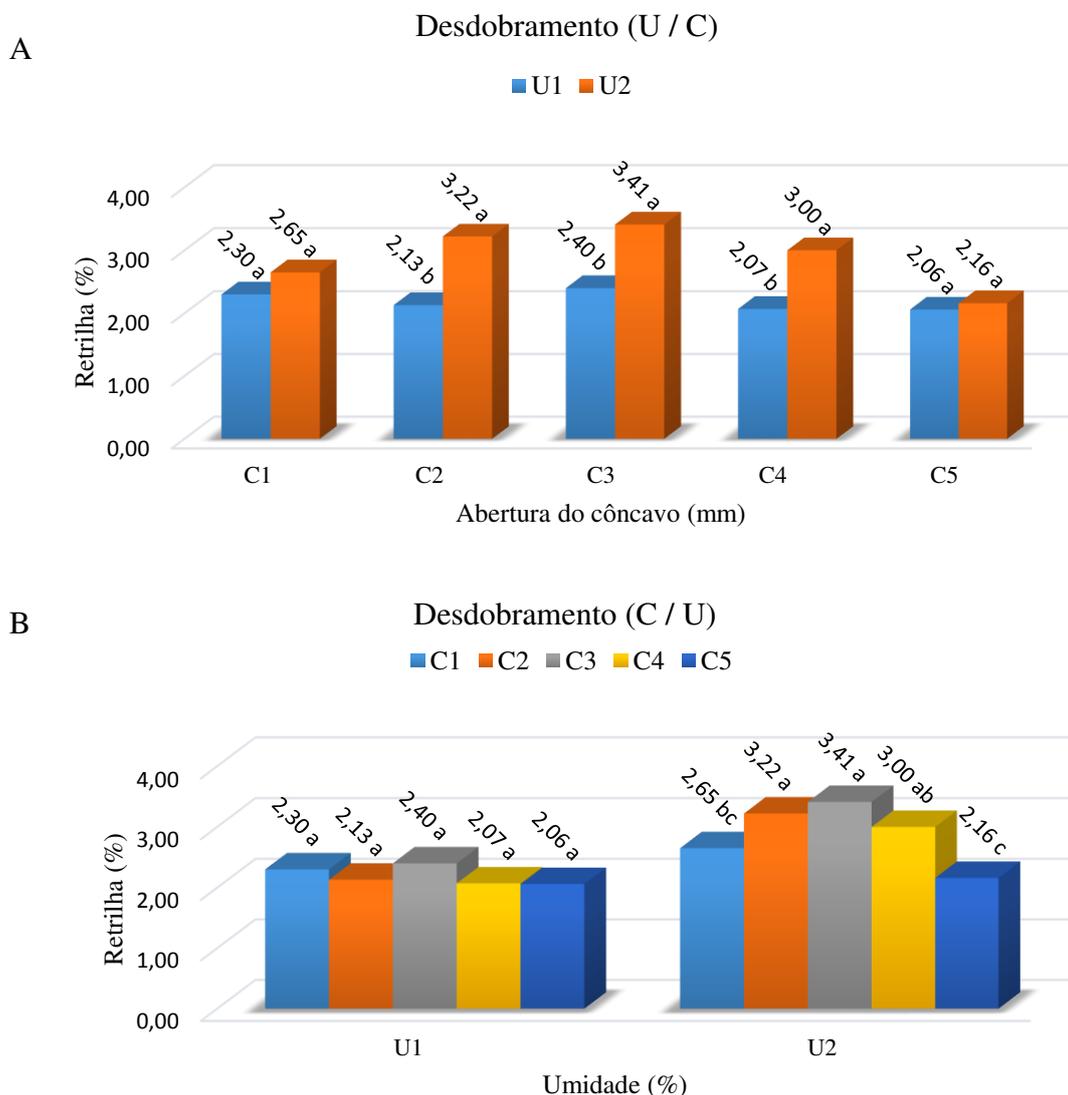
Camolese, Baio e Alves (2015), avaliando perdas com grãos de soja observaram que a maior umidade proporcionou maiores perdas, justificando esse fato devido as perdas serem causadas pela maior dificuldade de separação dos grãos dos restos culturais da massa vegetal, que com o aumento da umidade apresenta resistência de desagregação entre essa massa vegetal e os grãos no sistema de separação e limpeza.

Já para as aberturas do côncavo em relação às umidades (Gráfico B), para a umidade U1 as duas primeiras aberturas do côncavo proporcionaram maiores perdas no saca palha, pois as menores aberturas entre o cilindro e o côncavo acarretam em menores desprendimentos dos grãos da espiga, ocorrendo falhas no processo. Além dessas aberturas proporcionarem maiores quebras da espiga, gerando quantidade excessiva de material no saca palha, e devido a umidade não favorecer o desprendimento dos grãos a perda de grãos será maior.

Na umidade U2 observa-se um pico de perdas no saca palha em relação às aberturas do côncavo, as aberturas C2, C3 e C4 proporcionaram maiores perdas. De acordo com Portella (2005), à medida que se aumenta a abertura entre o cilindro e o côncavo, a trilha ocorre mais na parte traseira do côncavo e não há tempo para que os grãos sejam separados, dessa forma o material cai no saca palha, sobrecarregando-o, e gerando perdas ao final do processo.

O desdobramento da interação significativa ( $p < 0,05$ ) para a variável retrilha encontram-se no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Desdobramento da interação significativa para a umidade dentro da abertura do côncavo (A) e desdobramento da abertura do côncavo dentro da umidade (B) para retilha.



Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). U1- umidade 1 (20%); U2- umidade 2 (14,5%); C1- côncavo 1 (64,73 mm); C2- côncavo 2 (70,37 mm); C3- côncavo 3 (70,6 mm); C4- côncavo 4 (78,93 mm); C5- côncavo 5 (83,1 mm).

Fonte: elaborada pelo autor.

No Gráfico A é possível observar que as duas umidades diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação às aberturas do côncavo C2, C3 e C4, a umidade de 14,5% ocasionou maior retilha nas três aberturas do côncavo, esse fato pode ser justificado devido a menor umidade proporcionar maiores quebras no sabugo, dessa forma os pedaços menores de sabugo irão passar pelas peneiras voltando para a retilha.

Com relação à variação das aberturas do côncavo em relação às umidades (Gráfico B) não se observa diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as aberturas do côncavo em relação à umidade de 20%, já na umidade de 14,5% houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para as

aberturas C2, C3 e C4, ocorrendo um pico com maior material na retilha nessas aberturas, isso pode ser explicado pois, essas aberturas podem estar ocasionando muitas quebras no sabugo, fazendo com que esse material passe pela peneira e volte para a retilha. De acordo com o explicado, observa-se que a maior abertura do côncavo C5 apresentou menor valor para a retilha, podendo indicar que houve menores quebras no sabugo, dessa forma havia menos material na retilha.

A trilhadora possui duas peneiras, a superior e a inferior, elas possuem movimentos alternados e com sentidos opostos, o que lhes garante maior eficiência de limpeza e ajudam a evitar o acúmulo de palha ou entupimentos. A peneira superior faz uma limpeza preliminar, os grãos, a palha e pedaços da espiga menor e mais pesada, deverão passar através dela, essa peneira estando muito aberta, sobrecarregará a peneira inferior, causando retilha demasiadamente carregada de palhas e pedaços de espiga. Porém, estando fechada demais, há uma retilha carregada de grãos e como resultado, muitos grãos quebrados (MESQUITA *et al*, 1998).

O resumo da análise de regressão feita para os parâmetros sementes danificadas(SD), material inerte (MI) e sementes puras (SP) nas duas umidades avaliadas encontram-se na Tabela 3. É possível observar que a abertura do côncavo ocasionou diferenças significativas nas sementes danificada para o modelo linear na umidade de 20% (Gráfico 3), no material inerte para o modelo linear na umidade de 20% (Gráfico 4) e em sementes puras nas duas umidades para os modelos linear e cúbica, respectivamente (Gráfico 5).

Tabela 3 - Resumo da regressão na análise de variância para sementes danificadas (SD), material inerte (MI) e sementes puras (SP).

FV		F	R <sup>2</sup>		F	R <sup>2</sup>		F	R <sup>2</sup>	
Umidade 1 – 20%										
Linear	C x SD	5,58*	0,74	C x MI	9,04*	0,85	C x SP	6,09*	0,93	
Quad.		0,78 <sup>NS</sup>			0,03 <sup>NS</sup>			0,03 <sup>NS</sup>		
Cúbica		0,52 <sup>NS</sup>			0,13 <sup>NS</sup>			0,23 <sup>NS</sup>		
4º grau		1,41 <sup>NS</sup>			0,17 <sup>NS</sup>			0,83 <sup>NS</sup>		
Umidade 2 – 14,5%										
Linear	C x SD	3,32 <sup>NS</sup>		C x MI	0,44 <sup>NS</sup>		C x SP	1,39 <sup>NS</sup>		
Quad.		1,23 <sup>NS</sup>			0,47 <sup>NS</sup>			1,21 <sup>NS</sup>		
Cúbica		0,92 <sup>NS</sup>			3,79 <sup>NS</sup>			6,53*		0,76
4º grau		1,37 <sup>NS</sup>			0,01 <sup>NS</sup>			0,16 <sup>NS</sup>		

\* - significativo pelo Teste t a nível de 5% de probabilidade; <sup>NS</sup> – não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

C – abertura do côncavo.

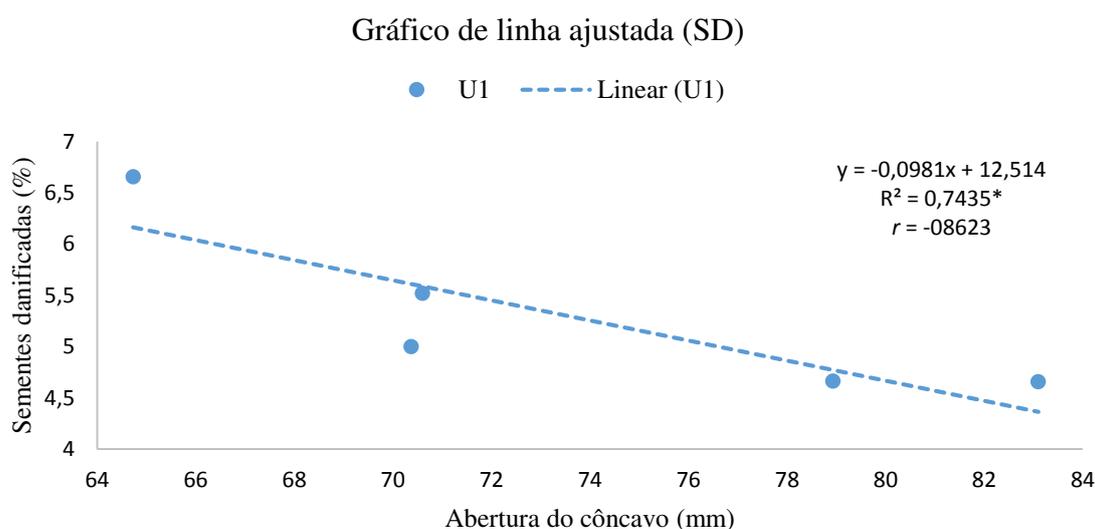
Fonte: elaborada pelo autor.

No Gráfico 3 podemos observar que o modelo linear foi o mais adequado para representar a relação entre as sementes danificadas e a abertura do côncavo na umidade de 20%. A partir da reta verifica-se que ocorre diminuição das sementes danificadas à medida que a abertura do côncavo aumenta, pois ao aumentar a abertura do côncavo o impacto nas sementes será menor, ocasionando menores danos.

De acordo com Loureiro *et al.* (2012) o fato da menor abertura entre o cilindro e o côncavo aumentar os danos mecânicos nas sementes durante o processo de debulha, pode ser devido a um aumento na força de atrito sofrida pela espiga.

Andrews (1965) e Bunch (1962) afirmaram que o dano mecânico é causado por choques e abrasões das sementes contra superfícies duras ou contra outras sementes, resultando em materiais quebrados, trincados, fragmentados e danificados, levando à redução do padrão de qualidade fisiológica da semente.

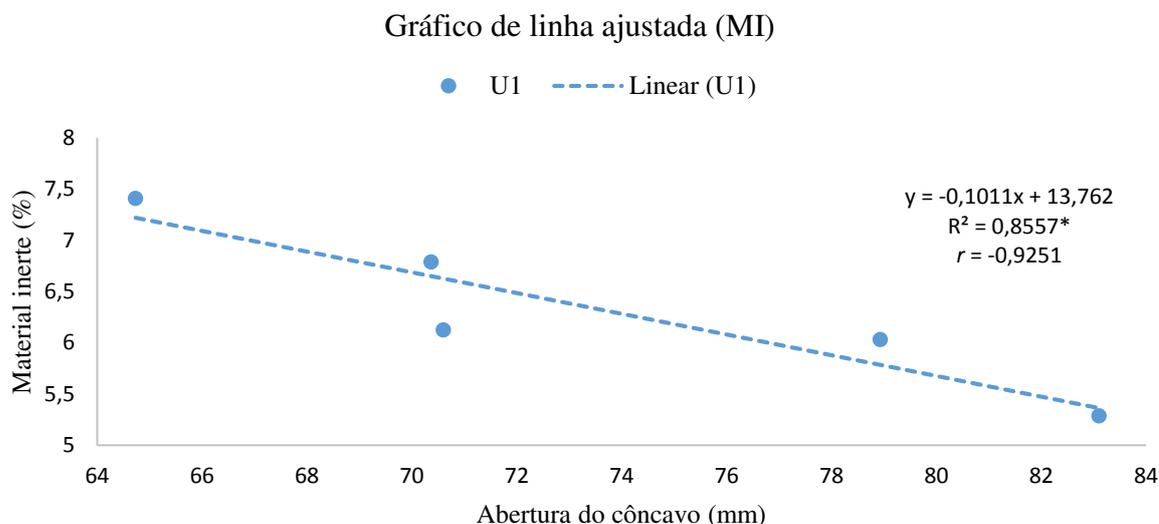
Gráfico 3 - Gráfico de linha ajustada para sementes danificadas (SD) na colheita semimecanizada do milho.



\* - significativo pelo Teste t a nível de 5% de significância. U1- umidade 1 (20%).  $r$  = coeficiente de correlação. Fonte: elaborada pelo autor.

O modelo adequado para representar a relação entre o material inerte e a abertura do côncavo na umidade de 20%, encontra-se no Gráfico 4. Observa-se que à medida que a abertura do côncavo aumenta, a quantidade de material inerte diminui, pois haverá menor impacto nos grãos ao passarem pelo côncavo. Mesquita *et al.* (1998) recomendam que a regulagem de abertura do côncavo seja feita de acordo com o diâmetro médio das espigas, para que o grão seja debulhado sem ser quebrado.

Gráfico 4 - Gráfico de linha ajustada para material inerte (MI) na colheita semimecanizada do milho.



\* - significativo pelo Teste t a nível de 5% de significância. U1- unidade 1 (20%); U2- unidade 2 (14,5%).  $r$  = coeficiente de correlação.

Fonte: elaborada pelo autor.

O modelo linear considerado adequado para representar a relação entre o parâmetro sementes puras e a abertura do côncavo na unidade de 20% (Gráfico 5), mostra que à medida que a abertura do côncavo aumenta, a quantidade de sementes puras também aumenta. Isso ocorre pois, ao aumentar abertura do côncavo o impacto dos dentes do cilindro com os grãos é menor, acarretando em menores danos às sementes, podendo obter maior quantidade de sementes puras.

Segundo Costa *et al.* (2003) os mecanismos de trilha transmitem impactos agressivos sobre as plantas, pois o sistema envolve ações simultâneas de impacto, de compressão e atrito sobre as sementes que são levadas a passar entre o cilindro e o côncavo durante a colheita.

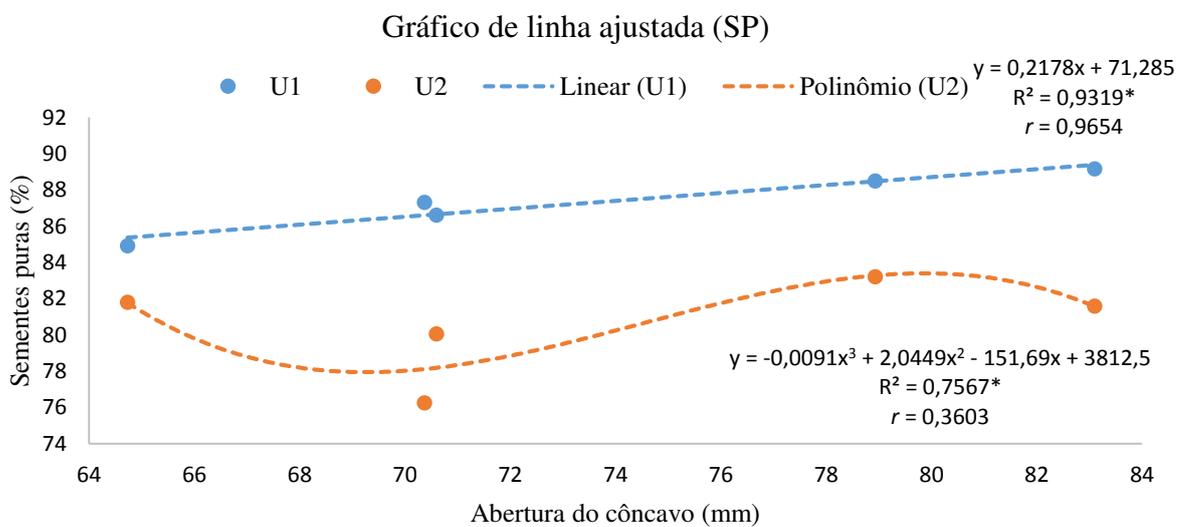
Para a unidade de 14,5% o modelo cúbico representa melhor o relacionamento existente entre o parâmetro sementes puras e a abertura do côncavo (Gráfico 5). Nesse modelo observa-se que ocorrem dois picos na curva apresentada, um onde a quantidade de sementes puras é menor quando a abertura do côncavo se encontra na faixa de 68 a 70mm, e outro em que a quantidade de sementes puras é maior na faixa de 78 a 82mm.

Esses picos podem representar a faixa não ideal da abertura do côncavo para a operação de trilha do milho na unidade de 14,5%, sendo essa de 68 a 70mm, em que será obtida uma menor porcentagem de sementes puras ao final do processo. Assim como, o pico mais alto na faixa de abertura do côncavo entre 78 a 82 mm, pode representar a faixa ideal para o processo

de trilha do milho na umidade de 14,5%, em que ocorrerá a maior porcentagem de sementes puras.

Podemos verificar, também, que tanto para a umidade de 20% como para 14,5% a abertura do côncavo que proporcionou maiores porcentagens de sementes puras foi a abertura de 78,93mm, dessa forma, verifica-se que essa seria uma melhor abertura para o processo de trilha na máquina avaliada para qualquer das umidades avaliadas.

Gráfico 5 - Gráfico de linha ajustada para sementes puras (SP) na colheita semimecanizada do milho.



\* - significativo pelo Teste t a nível de 5% de significância. U1- umidade 1 (20%); U2- umidade 2 (14,5%).  $r$  = coeficiente de correlação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Na Tabela 4 encontra-se o resumo da análise de regressão feita para os parâmetros perdas no sistema de alimentação, perdas no saca palha, retilha e perdas totais para as duas umidades avaliadas.

Tabela 4 - Resumo da regressão na análise de variância para perdas no sistema de alimentação (PSA), perdas no saca palha (PSP), retilha (RE), perdas totais (PT).

FV		F	R <sup>2</sup>		F	R <sup>2</sup>		F	R <sup>2</sup>		
Umidade 1 – 20%											
Linear	C x PSA	4,13 <sup>NS</sup>		C x PSP	0,05 <sup>NS</sup>		C x RE	9,40*	0,56		
Quad.		0,11 <sup>NS</sup>			0,67 <sup>NS</sup>			1,59 <sup>NS</sup>		C x PT	1,60 <sup>NS</sup>
Cúbica		0,06 <sup>NS</sup>			0,57 <sup>NS</sup>			0,50 <sup>NS</sup>			0,03 <sup>NS</sup>
4º grau		0,02 <sup>NS</sup>			1,76 <sup>NS</sup>			16,60 <sup>NS</sup>			0,04 <sup>NS</sup>
								0,54 <sup>NS</sup>			
Umidade 2 – 14,5%											
Linear	C x PSA	4,49 <sup>NS</sup>		C x PSP	1,14 <sup>NS</sup>		C x RE	5,19*	0,22		
Quad.		0,45 <sup>NS</sup>			0,98 <sup>NS</sup>			29,70*	0,98	C x PT	1,99 <sup>NS</sup>
Cúbica		0,47 <sup>NS</sup>			4,37 <sup>NS</sup>			0,01 <sup>NS</sup>			3,97 <sup>NS</sup>
4º grau		0,01 <sup>NS</sup>			2,29 <sup>NS</sup>			0,10 <sup>NS</sup>			1,72 <sup>NS</sup>

\* - significativo pelo Teste t a nível de 5% de probabilidade; <sup>NS</sup> – não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

C – abertura do côncavo.

Fonte: elaborada pelo autor.

A partir da Tabela 4 é possível observar que a abertura do côncavo ocasionou diferenças significativas na retilha para o modelo linear na umidade de 20% (Gráfico 6) e para os modelos linear e quadrática na umidade de 14,5% (Gráfico 6). Para as variáveis perdas no sistema de alimentação, perdas no saca palha e perdas totais, não se verificou diferenças significativas.

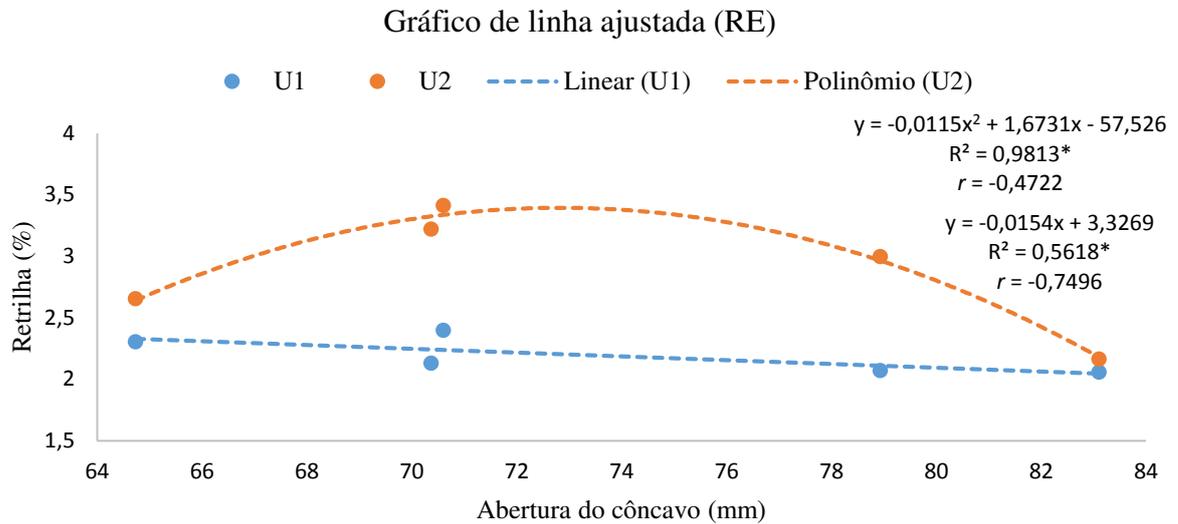
No Gráfico 6 podemos observar que o modelo linear é mais adequado para representar a relação entre a retilha e a abertura do côncavo na umidade de 20%. A partir da reta é possível se verificar que ocorre diminuição do material na retilha à medida que a abertura do côncavo aumenta. Quanto maior a abertura do côncavo, menor impacto ocorrerá na espiga, dessa forma irá ocorrer menos quebras nas espigas, impedindo que pequenos pedaços passem pelas peneiras e voltem para a retilha.

Para a umidade de 14,5% o modelo quadrático foi o que mais se ajustou à variável, pois apresentou valor do coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) mais aproximado de um (WERKEMA; AGUIAR, 1996; FERREIRA, 2005) (Tabela 4), indicando que o modelo representa melhor o relacionamento existente entre o parâmetro retilha e a abertura do côncavo. De acordo com Ferreira (2005) o coeficiente de determinação é importante para avaliar a qualidade do modelo ajustado, dessa forma, quanto mais próximo de um mais ajustado o modelo será para a variável.

No Gráfico 6 observa-se que a reta traçada para o modelo apresenta um pico nas aberturas do côncavo em uma faixa de 72 e 74mm, após esse pico, a porcentagem de material que volta para a retilha tende a diminuir.

A porcentagem de material na retilha tende a diminuir, pois a medida que aumenta a abertura do côncavo a espiga será menos quebrada, dessa forma, irá passar menos material pelas peneiras, implicando em menos material na retilha.

Gráfico 6 - Gráfico de linha ajustada para retilha (RE) na colheita semimecanizada do milho.



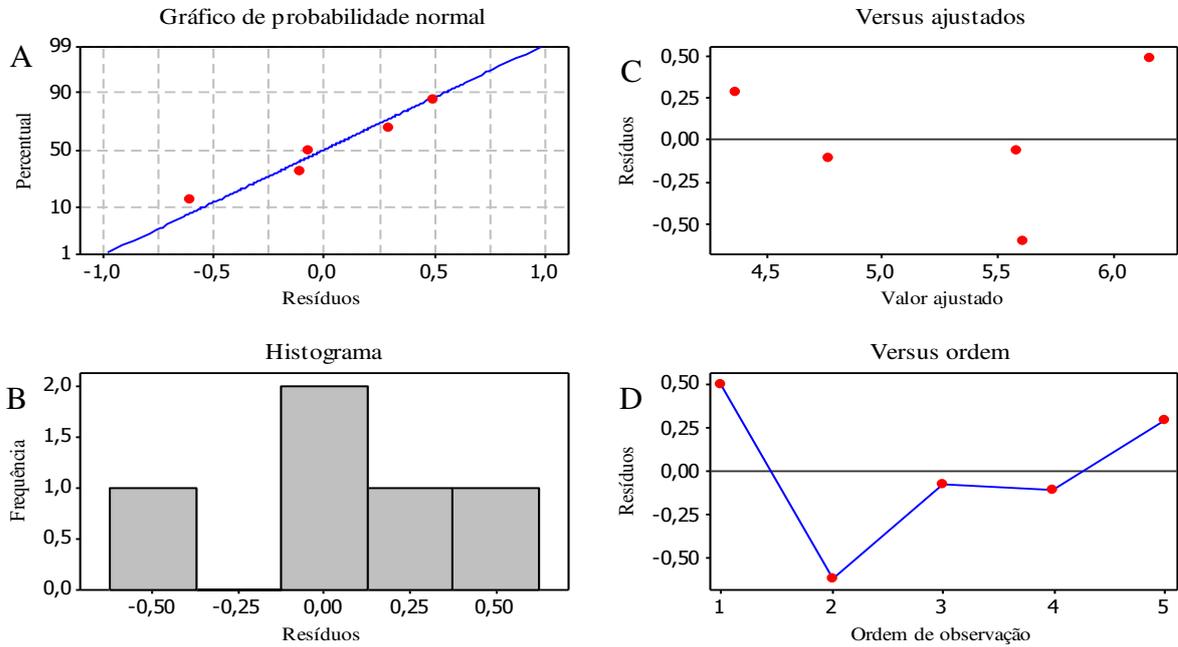
\* - significativo pelo Teste t a nível de 5% de significância. U1- umidade 1 (20%); U2- umidade 2 (14,5%).  $r$  = coeficiente de correlação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Os gráficos 7, 8, 9, 10, 11 e 12 mostram a análise de resíduo para análises e validação dos modelos gerados para os parâmetros sementes danificadas na umidade de 20%, sementes puras nas umidades de 20% e 14,5%, retilha nas umidades de 20% e 14,5% e material inerte na umidade de 20%.

Gráfico 7 - Gráficos da análise de resíduo para sementes danificadas (SD) na umidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho.

Gráficos de Resíduos SD - U1

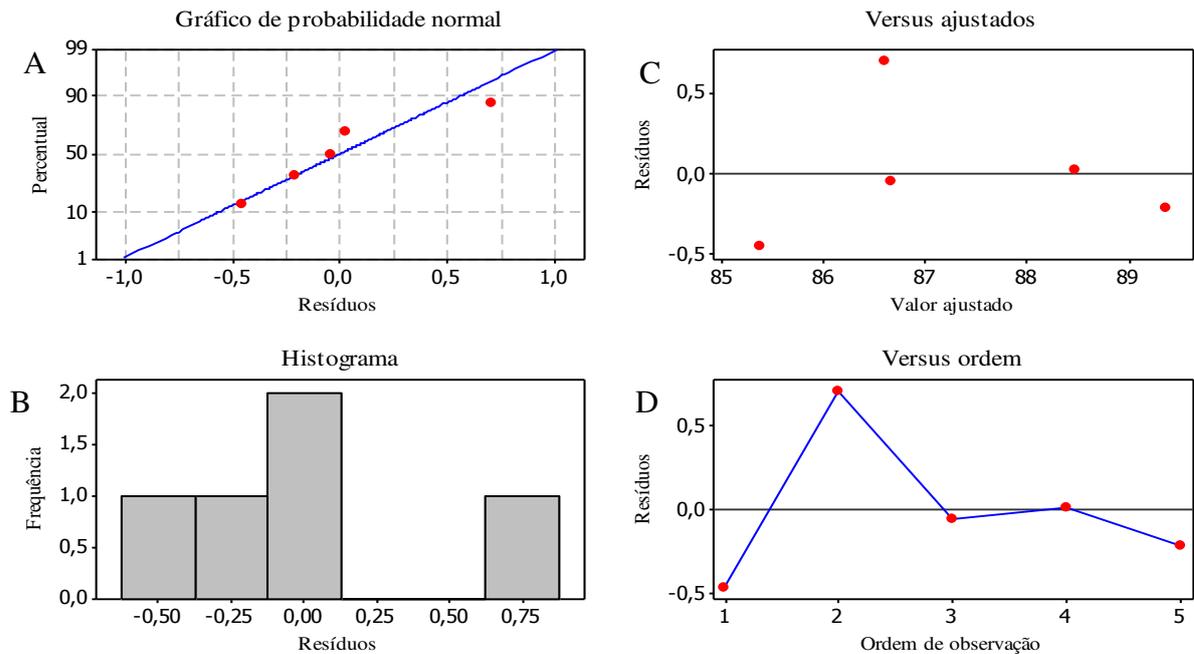


(A) gráfico de probabilidade normal, (B) histograma, (C) gráfico de resíduo contra valores ajustados, (D) gráfico de resíduo contra a ordem de observação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Gráfico 8 - Gráficos da análise de resíduo para sementes puras (SP) na umidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho.

Gráfico de Resíduos SP - U1



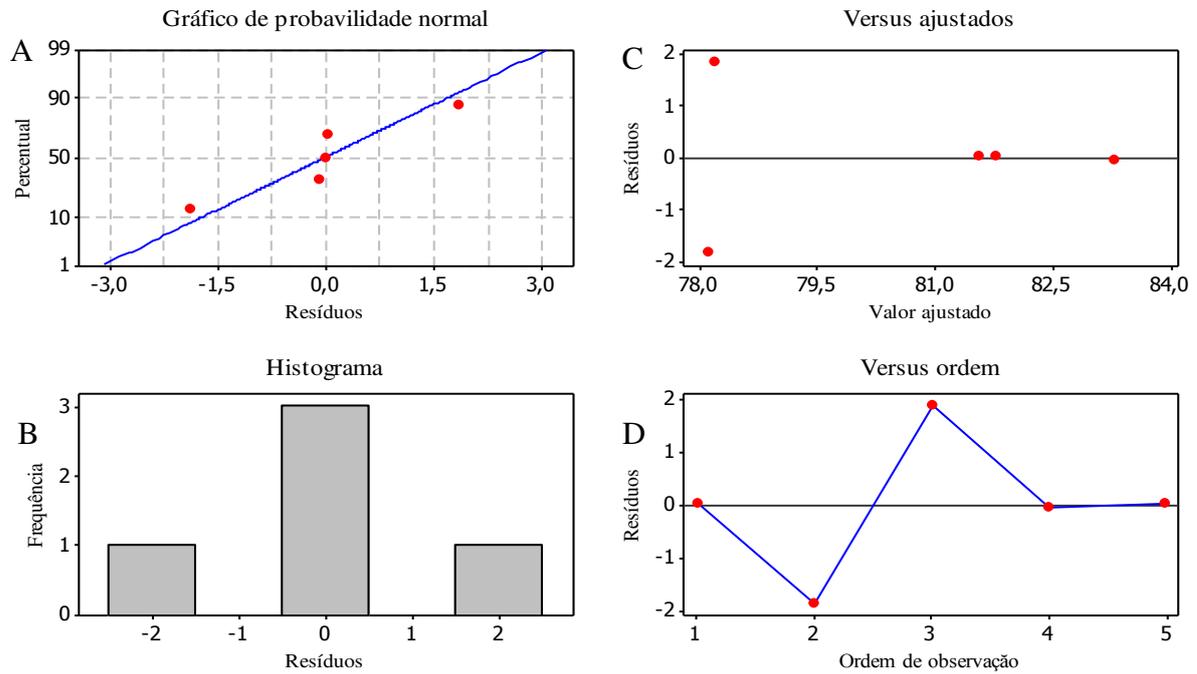
(A) gráfico de probabilidade normal, (B) histograma, (C) gráfico de resíduo contra valores ajustados, (D) gráfico de resíduo contra a ordem de observação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Gráfico 9 - Gráficos da análise de resíduo para sementes puras (SP) na umidade de 14,5% (U2)

para a colheita semimecanizada do milho.

Gráfico de Resíduos SP - U2

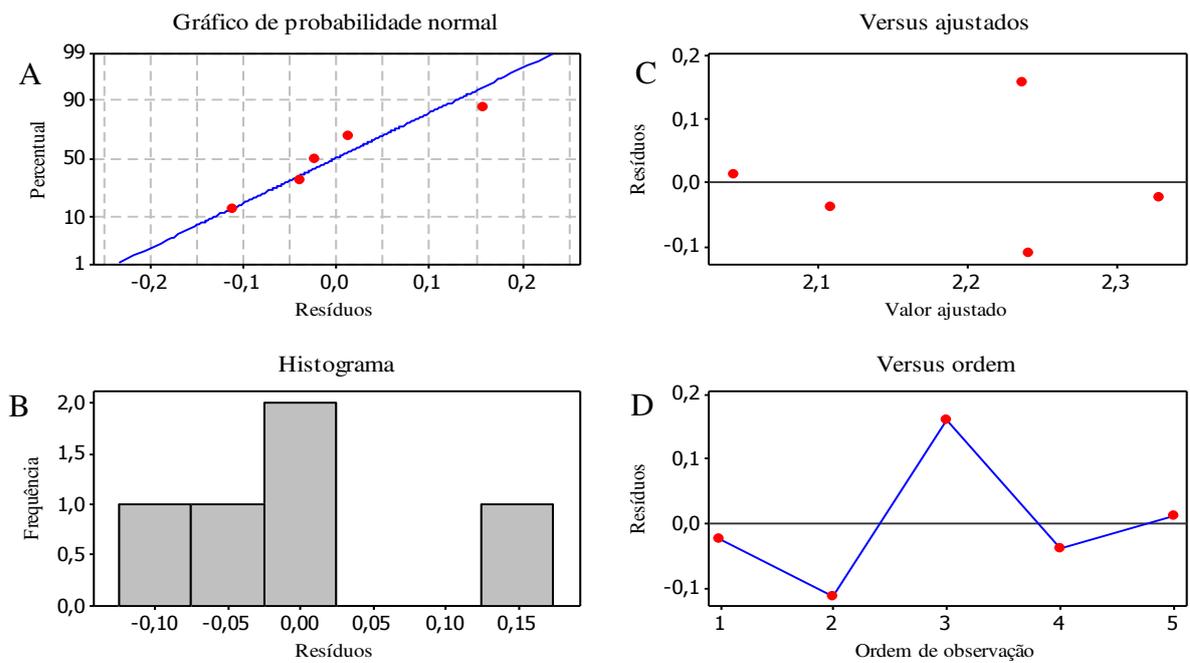


(A) gráfico de probabilidade normal, (B) histograma, (C) gráfico de resíduo contra valores ajustados, (D) gráfico de resíduo contra a ordem de observação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Gráfico 10 - Gráficos da análise de resíduo para retilha (RE) na unidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho.

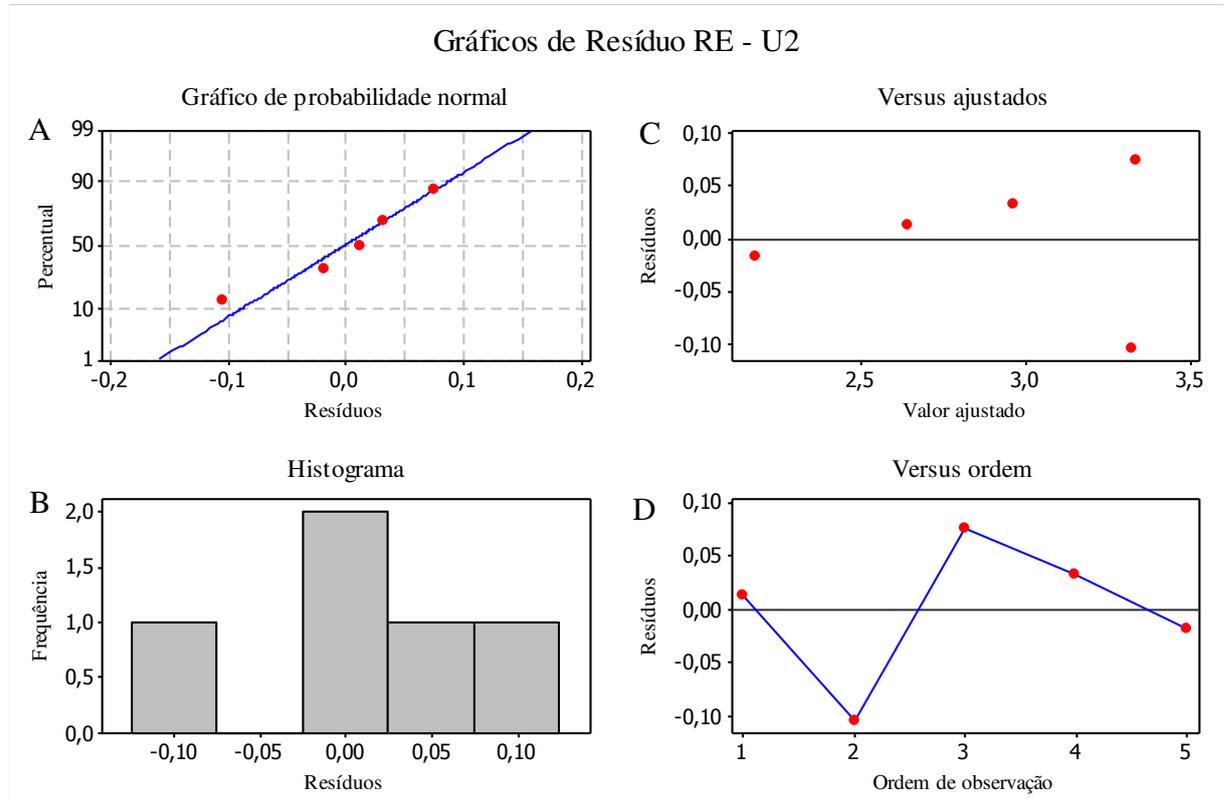
Gráficos de Resíduo RE - U1



(A) gráfico de probabilidade normal, (B) histograma, (C) gráfico de resíduo contra valores ajustados, (D) gráfico de resíduo contra a ordem de observação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Gráfico 11 - Gráficos da análise de resíduo para retrilha (RE) na unidade de 14,5% (U2) para a colheita semimecanizada do milho.



(A) gráfico de probabilidade normal, (B) histograma, (C) gráfico de resíduo contra valores ajustados, (D) gráfico de resíduo contra a ordem de observação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Através dos gráficos de probabilidade normal (A) é possível observar que os pontos se encontram próximos a linha, indicando que o gráfico representa condição satisfatória, ou seja, os valores apresentam distribuição normal. Complementando o gráfico no histograma (B), também é possível verificar que houve normalidade nos dados, pois encontra-se simétrico em torno de zero.

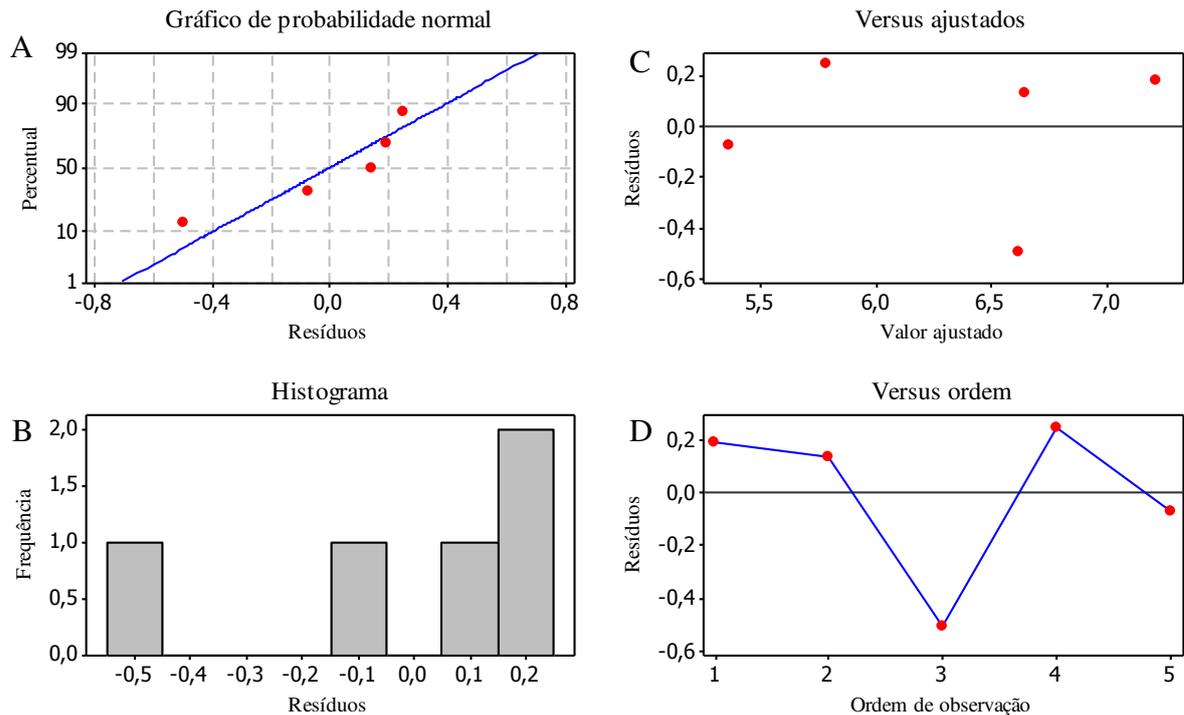
De acordo com o gráfico de resíduo contra valores ajustados (C) observa-se que o modelo linear utilizado para representar o parâmetro é adequado, devido aos pontos apresentados no gráfico estarem próximos de zero, indicando situação satisfatória. Segundo Montgomery e Runger (2009) em condições ideais, os pontos do gráfico C devem estar distribuídos aleatoriamente sem nenhum padrão definido.

No gráfico de resíduo contra a ordem de observação (D) observamos que os pontos se encontram próximos de zero e que não existe nenhuma tendência entre os pontos, considerando-se que a tendência ocorre a partir de três pontos que apresentam o mesmo comportamento, indicando que os resíduos não estão correlacionados.

Dessa forma, é possível afirmar que os modelos gerados para os parâmetros analisados são adequados, pois verifica-se que gráficos estão distribuídos normalmente e de forma independente (MARTINS; DOMINGUES, 2014).

Gráfico 12 - Gráficos da análise de resíduo para material inerte (MI) na umidade de 20% (U1) para a colheita semimecanizada do milho.

Gráficos de Resíduo MI - U1



(A) gráfico de probabilidade normal, (B) histograma, (C) gráfico de resíduo contra valores ajustados, (D) gráfico de resíduo contra a ordem de observação.

Fonte: elaborada pelo autor.

O gráfico de probabilidade normal (A) mostra que os pontos estão próximos a linha reta, indicando condição satisfatória, ou seja, os valores apresentam distribuição normal. Porém o histograma (B), não apresenta distribuição normal dos dados, pois verifica-se uma tendência para o lado positivo do gráfico B.

No gráfico de resíduo contra valores ajustados (C), observa-se que os pontos se encontram próximos de zero e distribuídos aleatoriamente (MONTGOMERY E RUNGER 2009), afirmando que o modelo linear utilizado para representar o parâmetro é adequado. O gráfico de resíduo contra a ordem de observação (D), indica que não há correlação entre os resíduos, isso porque os pontos estão próximos de zero e que não existe nenhuma tendência entre os pontos.

Portanto, a partir das análises de resíduo, pode-se observar que o modelo linear não é adequado para o parâmetro material inerte na umidade de 20%, pois verifica-se que gráficos não estão distribuídos normalmente.

## 5 CONCLUSÃO

Na Análise de pureza a umidade de 20% associada a aberturas do côncavo na faixa de 82 a 84mm, apresenta menores porcentagem de danos e maior porcentagem de sementes puras.

A menor porcentagem de perdas totais foi obtida para a umidade de 14,5% associada a maior (83,1mm) abertura do côncavo. Com relação a retrilha aberturas na faixa de 82 a 84mm proporcionam menores porcentagens de perdas para a maior umidade e para a menor umidade.

A maior porcentagem de sementes puras foi obtida para a umidade de 20%, indicando que a menor umidade (14,5%) pode promover maiores quebras nos grãos.

A partir das análises realizadas no trabalho é possível observar que a menor umidade e a maior abertura proporcionam melhor qualidade do processo de trilha do milho, obtendo-se menores perdas e maior qualidade das sementes.

## REFERÊNCIAS

ABREU, M. I. A. de; COSTA, R. V. da; COTA, L. V.; SILVA, D. D. da. Atraso na colheita e incidência de grãos ardidos em cultivares de milho. In: Seminário de iniciação científica, 5, 2013. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2013.

AGUILA, L. S. H.; AGUILA, J. A. THEISEN, G. Perdas na colheita da cultura da soja. Pelotas: Embrapa Clima Temperado (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico 271), 2011. 12p.

AGUILERA, L. A.; CARON, B. O.; CELLA, W. L.; JUNIOR, I. L. Qualidade fisiológica de sementes de milho em função da forma e do tratamento químico das sementes. Ciência Rural, Santa Maria-RS, v. 30, n. 2, p. 211-215. 2000.

ALMEIDA, F. de A. C.; OLIVEIRA, M. E. C. de; PEREIRA, J. P. G.; COSTA, R. F. da; FIGUEIRÊDO NETO, A.; OLIVEIRA, F. M. de M. Avaliação da debulha mecânica em sementes de milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.2, p.217-221, 2007.

ALVES, W. M.; FARONI, L. R. A.; CORRÊA, P. C.; QUEIROZ, D. M.; TEIXEIRA, M. M. Influência dos teores de umidade de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 40-45, 2001.

ANDRADE, E. T.; CORRÊA, P. C.; ALVARENGA, E. M.; MARTINS, J. H. Efeitos de danos mecânicos controlados sobre a qualidade fisiológica de sementes de feijão durante o armazenamento. Revista Brasileira de Armazenamento, Viçosa, MG, v.23, p.41- 51, 1998.

ANDREWS, C. Injúria Mecânica em sementes. Short Course For Seedsmen, 1965. Mississippi State University Seed Technology Laboratory, p.125-130, 1965.

ARAÚJO, R. F. Efeito da colheita nas perdas quantitativas e qualitativas de sementes de milho. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE CEREAIS – ANEC. Fechamento Agosto/2015. 2015. Disponível em: <<http://www.anec.com.br/pt-br/flexible-page-width>>. em: 27 out. 2015.

BERTONHA, R. S.; SILVA, R. P.; BARROZO, L. M.; CAVICHIOLI, F. A.; CASSIA, M.T. Perdas e desempenho de sementes de milho em dois sistemas de preparo do solo e velocidades de deslocamento da colhedora. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.11, n.3, p. 243-253, 2012.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds; physiology of development and germination. New York, Plenum Press, 1985. 367 p.

BORBA, C. S.; ANDRADE, R. V. de; AZEVEDO, J. T. de; OLIVEIRA, A. C. de. Efeito da debulha mecânica na qualidade de sementes de milho (*Zea mays* L.). Revista Brasileira de Sementes, v.16, n.1, p.68-70, 1994.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília, 2009. 398 p.

BRACCINI, A. L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja após o processo de hidratação-desidratação e envelhecimento acelerado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.6, p. 1053-1066, Jun. 1999.

BRASS, R. W.; S. J. MARLEY. Roller shelter: low damage corn shelling cylinder. *Transactions of the A.S.A. E St. Joseph, Michigan, U.S.A.* v.16, n.1, p.64-66, 1973.

BROOKER, D. B.; BAKKEL-ARKEMA, F. W.; HALL, C. M. Drying and storage of grains and oil seeds. New York: van Nostrand Reinhold. 1992. 420p.

BUNCH, H. D. Relationships between moisture content of seed and mechanical damage in seed conveying. *Seed World*, Chicago, v.86, n.5, p.14, 16-17, 1962.

CAMOLESE, H. S.; ALVES, C. Z.; BAIIO, F. H. R. Avaliação das perdas quantitativas e qualitativas de uma colhedora com trilha radial em função da umidade dos grãos de milho. *Journal of Agronomic Sciences*, Umuarama, v.3, n.2, p.208-215, 2014.

CAMOLESE, H. S.; BAIIO, F. H. R.; ALVES, C. Z. Perdas quantitativas e qualitativas de colhedoras com trilha radial e axial em função da umidade do grão. *Brazilian Journal of Biosystems Engineering*, v.9, n.1, p.21-29, 2015.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Injúria mecânica. Sementes; Ciência, Tecnologia e Produção. Campinas, Fundação Cargill, 1980. p.223-34.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção, Campinas, Fundação Cargill, 1988. 424p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: Ciência, tecnologia e produção. 4ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

CERATTI, R.; SILVEIRA, D. C.; BONETTI, L. P.; ZIMMERMANN JUNIOR, A. Análise da qualidade fisiológica de semente de milho (*Zea mays*) e de teosinto (*Euchlaena mexicana*) em diferentes substratos. In: Seminário de Iniciação Científica, 23. 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, n.1, p.112-121, 2012.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento) – Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Safra 2014/15, Décimo segundo levantamento, Setembro 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

COSTA, N. P. da; MESQUITA, C. M.; MAURINA, A. C.; FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no Brasil. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 25, n. 1, p. 128-132, 2003.

CRAIG, W.F. Production of hybrid corn seed. *Corn and corn improvement*. Washington, American Society of Agronomy, p. 671-719, 1977.

DIEHL, S. R. L.; JUNQUETTI, M. T. de G. 2005. Contextos gerais da soja. Disponível em: <<http://www.agrobyte.com.br/soja.htm>>. Acesso em: 27 out. 2015.

FERREIRA, D. F. Estatística Básica. 1 ed., Lavras: Editora UFLA: Universidade Federal de Lavras, 2005. 664p.

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

FERREIRA, V. de F. Qualidade de sementes de milho colhidas e despalhadas com altos teores de água. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FINCH, E. O.; COELHO, A. M.; BRANDINI, A. Colheita de milho. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 72, n. 6, p. 61-66, 1980.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) – Informativo de Agro, Safra Mundial de Milho 2015/16, 5º Levantamento do USDA, Setembro 2015. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

GALVÃO, J. C. C.; CONCEIÇÃO, P. M. da; ARAÚJO, E. F.; KARSTEN, J.; FINGER, F. L. Alterações fisiológicas e enzimáticas em sementes de milho submetidas a diferentes épocas de colheita e métodos de debulha. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.1, p.14-23, 2014.

GEORGE, R. A. T. Vegetable seed production. London: Longman group. 318p. 1985.

GERAGE, A. C.; CARVALHO, A. O. R.; SILVA, W. R. Colheita e processamento. In: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná. O milho no Paraná. Londrina, IAPAR, p. 165-77. (Circular, 29), 1982.

GRIMM, H. Qualidade comprometida. Cultivar Máquinas. Pelotas. v.28, março. 2004.

HOLTZ, V.; REIS, E. F. dos. Perdas na colheita mecanizada de soja: uma análise quantitativa e qualitativa. Revista Ceres, Viçosa, v.60, n.3, p.347-353, 2013.

KEPNER, R.A.; BAINER, R.; BARGER, E.L. Principles of farm machinery. 2nd ed. Westport, Connecticut, AVI Publishing Company, 1972. 486p.

LOUREIRO, D. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; LEITE, D. M.; FERNANDES, L. S. Perdas germinativas na colheita mecanizada do milho cultivado em espaçamentos reduzido e convencional. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v.33, n.4, p.1351-1358, 2012.

MAGALHÃES, P. C.; RESENDE, M.; OLIVEIRA, A. C. de; DURÃES, F. O. M.; SANS, L. M. A. Caracterização morfológica de milho de diferentes ciclos. In: Congresso Nacional De Milho e Sorgo, 20, 1994, Goiânia. Centro Oeste-cinturão do milho e do sorgo no Brasil: resumos. Goiânia, ABMS, 1994. p. 190.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do milho. Circular técnica, 22, Sete Lagoas, MG, 2002 (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento). Disponível em: < <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul22.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. Ecofisiologia. Embrapa milho e sorgo, 7ed., 2011. (Embrapa milho e sorgo: Sistema de produção 1). Disponível em: < [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_7\\_ed/ecofisiologia.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/ecofisiologia.htm)>. Acesso em: 29 out. 2015.

MAQTRON. Manual de Instrução: Trilhadeira, 20--. Vencedora Maqtron. Disponível em: < <http://www.vencedoramaqtron.com.br/site/manuais.php>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

MANTOVANI, E. C. Cultivo do milho: Colheita e pós-colheita. Embrapa milho e sorgo, 6ed., 2010. (Embrapa milho e sorgo: Sistema de produção 1). Disponível em: < [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/colregula.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/colregula.htm)>. Acesso em: 28 out. 2015.

MARQUES, O. J.; VIDIGAL FILHO, P. S.; DALPASQUALE, V. A.; SCAPIM, C. A.; PRICINOTTO, L. F.; MACHINSKI JUNIOR, M. Incidência fúngica e contaminações por micotoxinas em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 31, p. 667-675, 2009.

MARQUES, O.J.; DALPASQUALE, V.A.; VIDIGAL, P.S.F.; SCAPIM, C.A.; RECHE, D.L. Danos mecânicos em grãos de híbridos comerciais de milho em função da umidade de colheita. Semina: Ciências Agrárias, v.32, n.2, p.565-576, 2011.

MARTINS, G. A.; DOMINGUES, O. Estatística Geral e Aplicada. São Paulo. 399p., 2014.

MESQUITA, C. M.; GAUDÊNCIO, C. A. Medidor de perdas na colheita de soja e trigo. Londrina, Embrapa-CNPSO. 28p. (Embrapa-CNPSO. Comunicado Técnico,15). 1997.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; MANTOVANI, E.C.; ANDRADE, J.G.M.; FRANÇA NETO, J.B.; SILVA, J.G.; FONSECA, J.R.; PORTUGAL, F.A.F.; GUIMARÃES SOBRINHO, J.B. Manual do produtor: Como evitar desperdícios nas colheitas da soja, do milho e do arroz. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998.

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: 30 Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Foz do Iguaçu. Anais, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola. 1 CD ROM, 2001.

MONTGOMERY D. C.; RUNGER, G. C., 2009. Estatística Aplicada e Probabilidade Para Engenheiros. Rio de Janeiro. 993 pp.

MOORE, R. P. Effects of mechanical injuries on viability. In: ROBERTS, E.M. (Ed). Viability of seeds. London: Chapman and Hall. 1974. p.94-113.

MORAES, A. R. A. de. A cultura do milho verde. 2009. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/MilhoVerde/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/MilhoVerde/index.htm)>. Acesso em: 10 nov. 2015.

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

OLIVEIRA, M. E. C. de; ALMEIDA, F. A. C.; OLIVEIRA, F. M. M.; BARROS NETO, J. J. S.; GOUVEIA, J. P. G. de. Danificações em sementes de milho decorrente da debulha e teor de umidade na colheita. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.5, n.2, 2005.

PAIVA, L.E. Danos mecânicos em sementes de milho Ag-122 no beneficiamento, colhidas mecanicamente em espigas e em grãos, e seu comportamento no armazenamento e desempenho em campo. 1997. 102 p. Tese Doutorado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

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

PAIVA, J. R. G. Comportamento produtivo da cultura do milho em sistema orgânico de cultivo. 2011. 40 f. Monografia (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha, 2011.

POLLOCK, B. M.; ROOS, E. E. Mechanical damage and vigor reduction. *Seed Biology*. New York: Academic, v.1, p.352-359, 1972.

POPOVIC, R.; MILICEVIC, M. Effect of processing on pericarp injuries in maize seeds. *Informatsionnyil Byulleten po kukuruze. Inst. za kukuruz. Zemun Polje, Belgrado, Yugoslávia*, 6:257-268. 1987.

PORTELLA, J. A. Colheita de grãos mecanizada: implementos, manutenção e regulagem. Viçosa: Aprenda Fácil, 2000. 190 p.

PORTELLA, J. A. Influência do ponto de colheita nas perdas de grãos de milho. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 32, 2003, Goiânia. Anais. Jaboticabal: SBEA, 2003.

PORTELLA, J. A. Sintonia total. Cultivar máquinas, fev. 2005. Disponível em: <[http://www.fatecpompeia.edu.br/arquivos/arquivos/colhedora\\_regulagens\\_2005\\_a.pdf](http://www.fatecpompeia.edu.br/arquivos/arquivos/colhedora_regulagens_2005_a.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2015.

RIBAS, M. R.; TAVARES, C. J.; REZENDE, B. P.; CUNHA, P. C. R. da.; JAKELAITIS, A. Competição de híbridos de milho com plantas daninhas em dois espaçamentos entrelinhas. *Gl. SciTechnol*, Rio Verde, v. 06, n. 02, p.38 – 47, mai/ago. 2013.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J. How a corn plant develops. Ames: Iowa State University of Science and Technology/ Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report, 48).

RUFFATO, S.; COUTO, S. M.; QUEIROZ, D. M. Análise de impactos em grãos de milho pelo método de elementos finitos. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 21-27, 2001.

RYNGELBLUM, I. Conab prevê produção recorde de grãos em 2014/2015. Canal Rural, São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.canalrural.com.br/noticias/soja/conab-preve-producao-recorde-graos-2014-2015-58798>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

SANTOS, J. P. Cultivo do milho: Colheita e pós- colheita. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 5ed. 2009. (Embrapa milho e sorgo: sistemas de produção, 2). Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_5\\_ed/colpragas.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/colpragas.htm)>. Acesso em: 27 out. 2015.

SANTOS, J. P.; MANTOVANI, E. C. Perdas de grãos na cultura do milho: Pré- colheita, colheita, transporte e armazenamento. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 1997. 40p. (Embrapa milho e sorgo: Circular Técnica, 24), 1997.

SATO, O.; CÍCERO, S. M. Seleção de espigas e debulha das sementes de milho (*Zea mays* L.): I – Efeitos sobre a qualidade física e infestação por insetos. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.49, n.1, p.93-101, 1992.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, J. G. da. Arroz: Colheita. *Árvore do conhecimento*. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2010. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fx8sgduq02wyiv80u5vcsvzgrx9v.html>>. Acesso em: 04 nov. 2015.

SILVEIRA, G.M. Máquinas para colheita e transporte. 4ª ed. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2011. 290 p.

SOUZA, C. M. A. de; PINTO, F. A. C.; MANTOVANI, E. C.; QUEIROZ, D. M. de. Simulação e análise do processo de trilha e separação mecânica do milho-pipoca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.2, p.212-218, 1998.

SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; CECON, P. R. Efeito da colheita mecanizada sobre a qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, v.27, n.1, p.21-29, 2002.

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

VASCONCELOS, R.C.; VON PINHO, R.G.; REIS, R.P.; LOGATO, E.S. Tecnologias aplicadas na cultura do milho em Lavras, MG na safra 1998/1999. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v.26, n.1, p.117-127, 2002.

VENEGAS, F.; GASPARELLO, A. V.; ALMEIDA, M. P. de. Determinação de perdas na colheita mecanizada do milho (*Zea mays* L.) utilizando diferentes regulagens de rotação do cilindro trilhador da colhedeira. *Ensaio e ciência: Ciência biológicas, agrárias e da saúde*, v.16, n.5, p.43-55, 2012.

WERKEMA, M. C. C.; AGUIAR, S. *Análise de regressão: como entender o relacionamento entre as variáveis de um processo*. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996. 311p.

ZANOLLA, C.; GALLANTE, V. "O cultivo de milho na região sudoeste do Paraná: Viabilidade e alternativas." *XLII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*. 2004.