

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desempenho de colhedoras de uma e de duas fileiras, semi-montadas  
para colheita mecanizada direta de milho**

**Carlos Magno de Lima**

**Dissertação apresentada para obtenção de Título de  
Mestre em Agronomia. Área de concentração:  
Máquinas Agrícolas**

Piracicaba

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Carlos Magno de Lima**  
**Licenciatura em Ciências Agrárias**

**Desempenho de colhedoras semi-montadas de uma e de duas fileiras, para  
colheita mecanizada direta de milho**

Orientador:  
Prof. Dr. **JOSÉ PAULO MOLIN**

**Dissertação apresentada para obtenção de título de  
Mestre em Agronomia. Área de concentração:  
Máquinas Agrícolas**

**Piracicaba**  
**2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Lima, Carlos Magno de

Desempenho de colhedoras semi-montadas de uma e de duas fileiras, para colheita mecanizada direta de milho/ Carlos Magno de Lima . - - Piracicaba, 2008.

81 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.  
Bibliografia.

1. Colheita 2. Colhedoras 3. Mecanização Agrícola 4. Milho I. Título

CDD 633.15

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

Aos meus pais Antonio e Olinda,  
à minha esposa Cristina,  
meus filhos Augusto e Leonardo,  
que abriram mão de muitos de nossos  
momentos e me apoiaram  
com amor e compreensão

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em Máquinas Agrícolas, por me aceitarem como aluno e pelos votos de confiança depositados.

Ao professor Doutor José Paulo Molin, por sua orientação, atenção e pelo enriquecimento profissional que vivenciei durante o curso.

Aos professores: Doutor Casimiro Dias Gadanha Júnior, Doutor Edgar Gomes Beauclair, Doutor Marcos Milan, Doutor Tomaz Caetano Cannavan Ripoli, pelos conhecimentos adquiridos durante o curso.

Ao Departamento de Engenharia Rural, especialmente os professores e funcionários, pela amizade e estímulo.

Aos amigos: João Célio de Araújo, Miguel Angel Isaac Toledo del Pino, Ana M. Sá Durazzini, Antonio Sampaio Baptista, com vocês, lembrei-me que nessa vida não se faz nada sozinho.

Aos amigos Ediney Sebastião Paradelo e José Roberto de Carvalho pela colaboração nas adaptações necessárias nas colhedoras e na execução do experimento.

A todos os amigos da pós, pelo convívio dentro e fora de sala de aula, resultando em uma amizade sincera e duradoura.

Aos companheiros de trabalho e de curso: Wellington Fleming e Sérgio Diogo de Pádua, no qual compartilhamos grandes momentos juntos.

Às secretárias do LER, Fernanda Barbosa da Silva e Davilmar Collevatti pela atenção prestada.

Ao Departamento de Produção Vegetal, em especial as funcionárias do Laboratório de Análise de Sementes: Helena Pescarin Chamma e Ana D. L. Coelho Novembre.

Aos funcionários da Biblioteca da ESALQ, pela atenção e carinho.

Aos alunos e funcionários da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes – MG, que participaram da realização do experimento.

À Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes – MG, por ter proporcionado as condições necessárias ao desenvolvimento do trabalho ao longo de todo esse período.

À Jumil, em especial aos funcionários e colaboradores, que tornaram possível a realização do experimento no campo, também cedendo as colhedoras para o ensaio.

MUITO OBRIGADO!!!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT .....	8
1 INTRODUÇÃO .....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1 Colheita do milho.....	11
2.2 Perdas na colheita.....	14
2.3 Grau de umidade dos grãos .....	16
2.4 Danos mecânicos nos grãos .....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1 Descrição do local de realização dos experimentos.....	20
3.2 Caracterização das colhedoras e dos tratores .....	20
3.3 Implantação da cultura .....	22
3.4 Colheita .....	23
3.6 Coleta de dados .....	26
3.6.1 Umidade dos grãos .....	29
3.6.2 Danos mecânicos .....	29
3.6.3 Teste de germinação.....	30
3.6.4 Análise de pureza física .....	31
3.7 Delineamento experimental e análise estatística dos dados.....	32
3.7 Delineamento experimental e análise estatística dos dados.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1 Análise das perdas no campo .....	42
4.1.1 Colhedora de duas fileiras.....	42
Perdas na plataforma .....	42
Perdas na separação e limpeza .....	43
Perdas na trilha .....	44
Perdas na separação e limpeza mais trilha.....	44
Perdas totais .....	45

4.1.2 Colhedora de uma fileira .....	46
4.2 Análise de parâmetros de qualidade dos grãos .....	48
4.2.1 Colhedora de duas fileiras .....	48
Impureza .....	48
Danos mecânicos .....	48
Falhas de germinação .....	50
Colhedora de uma fileira .....	51
Impurezas .....	51
Danos mecânicos .....	53
Falhas de germinação .....	53
5 CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	56
6 CONCLUSÕES .....	57
REFERÊNCIAS .....	58
ANEXOS .....	63



## RESUMO

### Desempenho de colhedoras semi-montadas de uma e de duas fileiras para colheita mecanizada direta de milho

O objetivo do trabalho foi adaptar procedimentos de ensaio existentes para colhedoras autopropelidas e avaliar o desempenho de colhedoras semi-montadas de uma fileira (C1) e de duas fileiras (C2), em que os tratamentos foram as velocidades de deslocamento de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$ ,  $0,77 \text{ m s}^{-1}$  e  $1,42 \text{ m s}^{-1}$  (C1) e  $0,59 \text{ m s}^{-1}$ ,  $0,85 \text{ m s}^{-1}$  e  $1,52 \text{ m s}^{-1}$  (C2), em dois graus de umidade de colheita (16 % e 22 %), utilizando rotação constante de 540 rpm na tomada de potência (TDP) para ambas as colhedoras. Para tanto foi desenvolvido um sistema para coletar toda a palha no seu ponto de saída, para quantificar as perdas de plataforma, separação e limpeza e trilha. Também foram realizadas análises de indicadores de qualidade da colheita, tais como impurezas nos grãos colhidos, danos mecânicos e falhas na germinação. O delineamento experimental empregado foi em blocos casualizados, em que as variáveis analisadas foram duas épocas de colheita e três velocidades de deslocamento, dispostos em esquema fatorial  $2 \times 3$ , com seis repetições. Os resultados demonstraram que não houve efeito dos tratamentos em relação às perdas totais de grãos na C1. Na C2 houve efeito significativo nos tratamentos de umidade e velocidade, em relação a todas as perdas, exceto às perdas de plataforma, apresentando melhor resultado quando a umidade dos grãos era de 16 % e a velocidade de deslocamento de  $1,52 \text{ m s}^{-1}$  e o pior desempenho, quando o grau de umidade dos grãos era de 22 % e a velocidade de deslocamento de  $0,59 \text{ m s}^{-1}$ . No que tange ao indicador impurezas, a C1 apresentou efeito significativo apenas para o tratamento de velocidade, já na C2, não houve efeito dos tratamentos sobre a variável impureza. Quanto aos danos mecânicos, na C1 não houve diferenças significativas nos tratamentos testados. Na C2 houve efeito significativo para a interação umidade x velocidade. No parâmetro falhas de germinação, foi observado que na C1, houve efeito significativo do fator umidade, para o qual na condição de grãos com 16 %, foi aquela que apresentou as menores falhas. Na C2, houve efeito significativo do fator umidade, sendo que, o resultado observado na condição em que o grau de umidade dos grãos era de 16 % foi melhor do que em grãos com 22 %. Conclui-se que o procedimento adotado é efetivo para a avaliação do desempenho das colhedoras semi-montadas de milho e o sistema desenvolvido para a coleta de material é eficiente, porém é exigente em mão-de-obra. Em relação às perdas, ambas as colhedoras apresentaram melhor desempenho quando o grau de umidade dos grãos no momento da colheita foi de 16 % e a operação de colheita realizada na maior velocidade ( $1,42 \text{ m s}^{-1}$  para C1 e  $1,52 \text{ m s}^{-1}$  para C2). Em relação aos indicadores de qualidade dos grãos, ambas as colhedoras apresentaram melhor desempenho quando colheram com o menor grau de umidade (16 %) e nas menores velocidades de deslocamento.

**Palavras-chave:** Mecanização; Colheita de milho; Colhedora

## ABSTRACT

### Field performance of semi-mounted corn harvesters of one and two rows

The objective of the work was to adjust the methodology used for self propelled combines and evaluate the performance of semi-mounted harvesters of one row (C1) and two rows (C2). The treatments were the travel speed (0,53 m s<sup>-1</sup>, 0,77 m s<sup>-1</sup> e 1,42 m s<sup>-1</sup> for C1 and 0,59 m s<sup>-1</sup>, 0,85 m s<sup>-1</sup> and 1,52 m s<sup>-1</sup> for C2), and grain moisture (16 % and 22 %), using 540 rpm in the tractor PTO for both harvesters. A system was developed to collect the whole residue (straw + grain losses) to quantify the head losses, and internal losses (thrashing, separation and cleaning). Analyses of crop quality indicators were also accomplished, such as grain impurities, mechanical damages and germination failures. The experiment was conducted as a randomized block design, and the variables were two harvesting times and three harvesting speeds, disposed in a 2 x 3 factorial with six replications. The results demonstrated that there was no effect of the treatments in relation to the total losses of grains in C1. In C2 there was significant effect in the grain moisture and speed treatments, in relation to all the losses, except for the platform losses, presenting better result when the grain moisture was of 16 % and speed of 1,52 m s<sup>-1</sup>, and the worst condition, when the grain moisture was of 22 % and the speed of 0,59 m s<sup>-1</sup>. In terms of quality, C1 presented significant effect for speed. On C2, there was no effect of treatments on impurities and on mechanical damages, in C1 there were no significant differences in the tested treatment levels. On C2 there was significant effect for the grain moisture x speed interaction. Related to germination, it was observed that on C1, there was significant effect of grain moisture, where 16 % presented the highest germination rate. In C2, there was significant effect of grain moisture and the 16 % level was better than 22 %. The conclusions are that the adjusted method is effective for testing harvesters performance, but it demands significant labor. In relation to the losses, both harvesters presented better performance when the grain moisture was at 16 % and harvesting at speed of 1,42 m s<sup>-1</sup> for C1 and 1,52 m s<sup>-1</sup> for C2. Both harvesters presented better quality results at grain moisture of 16 % and lower harvesting speeds.

**Keywords:** Mechanization; Corn harvest; Harvester

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura de milho (*Zea mays*, L.) é uma das culturas mais importantes do mundo, com produção projetada para safra 2007/2008 de 777 milhões de toneladas. O maior produtor mundial são os EUA, com cerca de 326,15 milhões toneladas (42 % da produção mundial), seguido pela China com 148 milhões de toneladas (19 %). O Brasil ocupa o terceiro lugar, com produção de 50 milhões de toneladas (6,4 %) (CIMILHO, 2007). A produção nacional, segundo estimativas para a safra 2007/2008 CONAB (2007) tem como maior produtor o Estado do Paraná, seguido por Minas Gerais, Mato Grosso e Rio Grande do Sul, com produções de 13682, 6225, 5898 e 5547 milhões de toneladas, respectivamente.

Existem diversos fatores que podem influenciar a produtividade da lavoura. O uso não racional da infraestrutura disponível e dos recursos humanos disponíveis, associado ao desperdício de insumo e à baixa eficiência operacional de máquinas e implementos são os principais que podem contribuir para redução da produtividade. De pouco adianta a posse de uma propriedade com solo de alta fertilidade, se os tratamentos aplicados à lavoura, como por exemplo, a época de plantio, a adubação, a semeadura e o controle de pragas e doenças, não são corretos. Um fator muito importante relacionado com a produtividade diz respeito à prática da colheita e do transporte. A colheita é a última operação desempenhada na lavoura e tem por objetivo retirar o produto das demais partes do organismo vegetal, em um tempo hábil que permita a mínima perda quantitativa e o alcance do nível máximo de qualidade (MIALHE, 1984; SRIVASTAVA et al., 1993). Trata-se de uma operação crítica, pois quando mal conduzida, pode resultar em significativo prejuízo, por causa das perdas, mesmo que a produtividade da cultura tenha sido adequada.

O processo da colheita de cereais pode ser realizado por três sistemas distintos: manual, semi-mecanizado e mecanizado. Sua seleção depende do grau de mecanização permitido pela cultura, das condições de relevo e dos fatores econômicos.

A colheita manual é totalmente realizada por mão-de-obra humana, enquanto que na colheita semi-mecanizada, algumas etapas, como a trilha e a limpeza, são realizadas por máquinas. Na colheita mecanizada são distinguidos dois sistemas.

Quando duas ou mais máquinas são envolvidas, sendo cada uma responsável por uma ou mais etapas, denomina-se de processo indireto de colheita mecanizada. No processo direto, uma só máquina, denominada de combinada, é responsável por todas as etapas da colheita, ou seja, o corte, a alimentação, a trilha, a separação e a limpeza, sendo que a mesma pode ser autopropelida, semi-montada ou montada. Na colheita semi-mecanizada, podem ser utilizadas na etapa de trilha as debulhadoras manuais para grãos e as trilhadoras estacionárias. Já na colheita mecanizada indireta utiliza-se despigadoras de arrasto ou automotrizes, mais trilhadoras estacionárias. Na colheita mecanizada direta utiliza-se as colhedoras combinadas de grãos semi-montadas com plataforma despigadora e acionadas pela TDP e as colhedoras combinadas autopropelidas.

A colheita mecanizada, por ser uma das mais importantes etapas do processo produtivo da cultura, se mal conduzida, pode acarretar em perdas elevadas de produto a ser obtido, através de perdas na pré-colheita, perdas na plataforma e perdas causadas pelos mecanismos internos da colhedora (trilha, separação e limpeza).

A umidade dos grãos fora das condições ideais de colheita, as regulagens incorretas e a velocidade inadequada de deslocamento da colhedora são responsáveis por elevados índices de perda de grãos. A minimização de perdas na colheita para um patamar aceitável pode ser obtida através do treinamento adequado dos operadores, da adequada manutenção das colhedoras, da eficiente regulagem das máquinas, da escolha da correta velocidade de trabalho e da operação da colheita no momento adequado (BALASTREIRE, 1987).

No mercado brasileiro são disponíveis colhedoras semi-montadas de milho, utilizadas por pequenos e médios produtores, que não dispõem de informação relacionada às reais condições operacionais dessas máquinas. Sendo assim o objetivo do trabalho foi adaptar procedimentos de ensaio existentes para colhedoras autopropelidas e avaliar o desempenho de colhedoras semi-montadas de uma fileira e de duas fileiras, quanto aos aspectos de perdas e qualidade do produto, em que os tratamentos foram as velocidades de deslocamento e dois graus de umidade de colheita.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Colheita do milho

No Brasil, a escassez do milho, que atua como o principal componente da ração de aves e suínos, prejudica a produção de carnes e, conseqüentemente, as exportações. Desta forma, o que era considerado lavoura tipicamente de subsistência, passou a ser cultura de elevado interesse comercial, sendo cada vez mais necessário o aumento da sua produção para atender às necessidades de alimentação tanto do homem como dos animais (GARCIA, 2003).

Estudos realizados por Santos e Mantovani (1997) relataram que 53 % da colheita de milho no Brasil era realizada de modo manual, em reflexo às pequenas propriedades produtoras existentes no país. Já, Santos (2005) estima que 60 % da produção de milho do Brasil é colhida mecanicamente. As vantagens apresentadas pela colheita mecânica são claras, com redução do tempo de execução da colheita e conforto aos indivíduos envolvidos (SOUZA et al., 2002). Entretanto, algumas peculiaridades relacionadas às interações máquina-planta durante este processo podem provocar elevadas perdas do produto colhido.

A colheita é a última operação desempenhada, e tem por objetivo retirar o produto agrícola das demais partes do organismo vegetal, em um tempo hábil que permita a mínima perda quantitativa e o alcance do máximo nível de qualidade (MIALHE, 1984; SRIVASTAVA et al., 1993). Trata-se de uma operação crítica, pois quando mal conduzida, pode resultar em significativo prejuízo, por causa das perdas, mesmo que a produtividade da cultura tenha sido adequada.

O processo da colheita de cereais pode ser feito por três sistemas: manual, semi-mecanizado e mecanizado. Sua seleção depende do grau de mecanização permitido pela cultura, das condições de relevo e dos fatores econômicos. Esse último é o parâmetro que indica se é compensatório ao produtor investir na melhoria da eficiência de um sistema de colheita manual, ou se os custos decorrentes indicam ser mais

razoável evoluir para o processo semi-mecanizado ou o totalmente mecanizado (SILVEIRA, 1987).

A colheita manual, totalmente realizada por mão-de-obra humana, é aplicável em pequenas áreas e sob condições econômicas e/ou técnicas que inviabilizem o emprego de máquinas, nas quais a finalidade principal da produção seja a subsistência do agricultor e de sua família (BALASTREIRE, 1987). A redução do número de pessoas trabalhando na agricultura e a necessidade de maior produção de alimentos, devido ao aumento da população, levaram à crescente demanda de mecanização das etapas de produção (GLANZE, 1972).

Na colheita semi-mecanizada, algumas etapas como a trilha e a limpeza são realizadas por máquinas. Na colheita mecanizada são distinguidos dois sistemas. Quando duas ou mais máquinas são envolvidas, sendo cada uma responsável por uma ou mais etapas, denomina-se de processo indireto de colheita mecanizada. No processo direto, uma só máquina é responsável por todas as etapas e essa máquina é comumente denominada combinada. A colheita mecanizada de cereais envolve as etapas de corte, alimentação, trilha, separação e limpeza. Diversos autores, dentre eles Griffin (1991); Kepner (1972); Ortiz-Cañavate (1993); Richey (1961), Ridenour (1981), Srivastava et al. (1993); Quick e Buchele (1978) descrevem os seus princípios de funcionamento. O fluxo de operações realizadas por uma colhedora de cereais típica é apresentado na Figura 1.

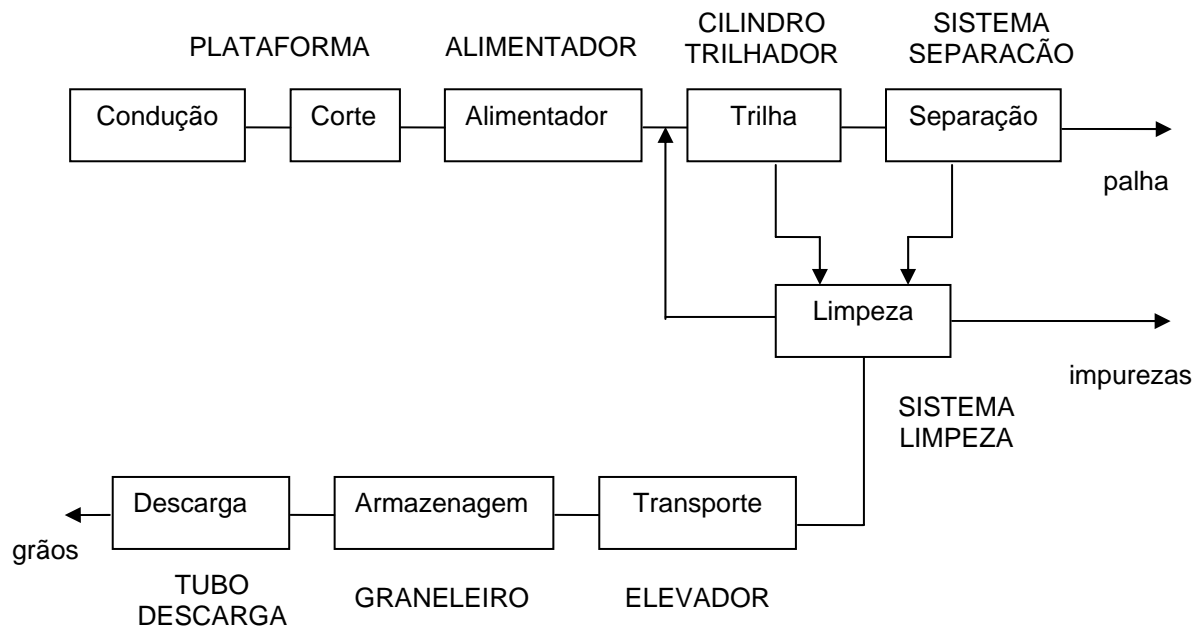


Figura 1 – Fluxo de etapas em uma colhedora de cereais típica; adaptada de (SRIVASTAVA et al., 1993)

Na colheita semi-mecanizada, podem ser utilizadas, na etapa de trilha, as debulhadoras manuais para grãos e as trilhadoras estacionárias. Já na colheita mecanizada indireta, utiliza-se despigadoras de arrasto ou automotrizas mais trilhadoras estacionárias. Enquanto que na colheita mecanizada direta, utiliza-se as colhedoras combinadas de grãos semi-montadas com plataforma despigadora, acionadas pela TDP e as colhedoras combinadas autopropelidas.

Quanto ao sistema de trilha, pode ser de fluxo radial ou axial. O sistema radial apresenta um cilindro trilhador de barras ranhuradas e um côncavo recobrimdo cerca de 25 % do perímetro desse, em sua parte inferior. Apresenta ainda, peneiras e ventiladores. O sistema de fluxo axial apresenta cilindro trilhador com dentes dispostos helicoidalmente, um côncavo de chapa perfurada envolvendo totalmente o cilindro, um transportador helicoidal que conduz os grãos para as peneiras e o ventilador (GADANHA Jr. et al., 1991).

Segundo Mialhe (1974), as máquinas agrícolas podem ser estudadas sob diferentes aspectos e, para que o trabalho delas possa ser racionalmente avaliado em termos quali-quantitativos, preconiza-se a realização de pesquisas e experimentos,

como forma de definir parâmetros de desempenho operacional, de acordo com as considerações teóricas e experimentação.

## 2.2 Perdas na colheita

Com relação à colheita mecânica do milho, Finch et al. (1980) e Mantovani (1989) dividem as perdas de milho no campo em perdas de pré-colheita, perdas causadas pela plataforma despigadora e perdas causadas pelos mecanismos internos da colhedora. Essas perdas estão diretamente relacionadas com a época escolhida para a realização da colheita e com fenômenos meteorológicos.

Na colheita de milho, as principais fontes de perda estão localizadas na plataforma despigadora, sob a forma de espigas não recolhidas pelas pontas divisoras. Outra fonte de perdas são os grãos debulhados pelo impacto na plataforma, espigas não recolhidas devido à velocidade incorreta das correntes recolhedoras e, principalmente, espigas jogadas ao solo devido à alta velocidade de deslocamento (BRASIL, 1993).

Beduschi (1986) ensaiou uma colhedora semi-montada de uma fileira (Penha, modelo CLM-350), operando com velocidade de deslocamento de  $0,73 \text{ m s}^{-1}$ , em que o grau médio de umidade dos grãos no momento da colheita encontrava-se com 16,47 %. Obteve perdas totais de 9,29 %. Perdas superiores foram observadas por Furlani Jr. (1973), utilizando uma colhedora semelhante, com velocidade de deslocamento de  $1,45 \text{ m s}^{-1}$  e grau de umidade dos grãos de 16,02 %, resultando em perdas totais de 15,56 %.

A respeito da colheita mecanizada, parece impossível realizá-la sem que ocorram perdas de grãos, pois, além das perdas devidas a má regulagem dos mecanismos, o próprio princípio de construção da colhedora impede o recolhimento de todos os grãos. É comum, na prática, se considerar que uma perda de 4 % é aceitável. No entanto, as indústrias fabricantes de colhedoras estabelecem o valor máximo de 2 % de perdas de grãos como sendo aceitável; qualquer valor superior a este deve ser motivo para se buscar as causas do problema (SLC, 1988a).



Para Mantovani (1989), em nível nacional, a perda total na colheita mecanizada do milho gira em torno de 6 %. Segundo o autor, perdas acima de 10 % representam um prejuízo superior ao custo operacional da colhedora. De acordo com SLC (1988b), citado por Molin et al. (1998), as perdas na colheita da cultura de milho não devem ultrapassar a 2 %.

Um estudo realizado por Silva et al. (2004) mostra que colhedoras automotrizes com idade entre 0 e 5 anos e com sistema de trilha axial apresentam menores valores de perdas para a cultura do milho, quando comparadas às máquinas com mais de 6 anos e com sistema de trilha radial.

Zabani et al. (2003) explicam que com a aquisição de serviços terceirizados para a colheita, esta é realizada com grandes velocidades para que possa haver uma liberação mais rápida da colhedora para outros serviços, o que apresenta uma correlação entre o número de horas de uso da colhedora e o nível de perdas durante a colheita. O mesmo foi comprovado por Mesquita et al. (2001) e Silva et al. (2004).

A velocidade de deslocamento influencia de forma significativa as perdas de grãos de milho com colhedoras operando em faixas de velocidade de 4,0 a 6,0 km h<sup>-1</sup>, apresentando perdas superiores às observadas em máquinas com velocidades de deslocamento superiores a 7,0 km h<sup>-1</sup>. Segundo o mesmo autor, isto pode ser explicado pelo fato das colhedoras axiais trabalharem com velocidades de deslocamento mais altas (8,0 km h<sup>-1</sup>). Em se tratando do sistema de trilha, foram encontradas diferenças significativas para as médias de grãos perdidos, com as colhedoras de fluxo axial apresentando menores perdas (21,6 kg ha<sup>-1</sup>) quando comparadas com as máquinas de fluxo radial (77,4 kg ha<sup>-1</sup>)(SILVA et al., 2004).

Burrough e Harbage (1953) demonstraram em ensaios com uma colhedora de milho, que as perdas aumentam conforme o aumento da rotação do cilindro trilhador. Na mesma época, Young (1953) constatou que as perdas no campo com colhedora semi-montada aumentavam à medida que a velocidade da operação aumentava, chegando a recomendar que os tratores empregados na colheita de milho se deslocassem em primeira marcha. Com uma velocidade de 0,88 m s<sup>-1</sup> a perda era superior a 150 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto que a 2,0 m s<sup>-1</sup> a perda alcançava 450 kg ha<sup>-1</sup>, aproximadamente.

Avaliações efetuadas por Cloninger et al. (1975) e Marley e Ayres (1972) mostraram que o retardamento da colheita do milho aumentou consideravelmente a quantidade de grãos danificados e que houve perda no total da produção, principalmente devido ao maior número de plantas acamadas, quebradas e de espigas caídas.

Para uma velocidade de deslocamento de  $1,11 \text{ m s}^{-1}$  ( $4,0 \text{ km h}^{-1}$ ), Ortiz e Cañavate (1993) preconizam perdas totais de 3,5 % a 10,5 % sobre a produção, afirmando que para velocidades maiores, as perdas aumentam consideravelmente, chegando a dobrar quando a velocidade está próxima de  $1,94 \text{ m s}^{-1}$  ( $6,98 \text{ km h}^{-1}$ ).

A avaliação racional das perdas de campo é muito importante para identificar em que fases elas ocorrem, de sorte a poder corrigi-las, sempre que possível. Em uma lavoura com rendimento de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , a redução de 1 % nas perdas significa um ganho de  $30 \text{ kg ha}^{-1}$ ; em  $12 \text{ ha dia}^{-1}$  isso equivaleria a um ganho de  $360 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou seja, seis sacos de 60 kg por dia (SLC, 1988b).

Para ensaios de colhedoras autopropelidas de grãos, são seguidas algumas normas, entre elas, a Norma Brasileira NBR 9741 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1987). O procedimento preconizado nessa norma estabelece que os dados de perdas devem ser obtidos separadamente para cada sistema interno da máquina e a análise deve ser feita a partir das perdas como função da taxa de alimentação.

### **2.3 Grau de umidade dos grãos**

O milho está pronto para ser colhido a partir da maturação fisiológica dos grãos, o que acontece no momento em que 50 % dos grãos na espiga apresentam uma pequena mancha preta no ponto de inserção das mesmas com o sabugo. Todavia, se não houver a necessidade de antecipação da colheita, esta deve ser iniciada quando o grau de umidade estiver na faixa entre 18 e 20 %. Para tal, o produtor deve levar em consideração a necessidade e disponibilidade de secagem, o risco de deterioração, o

gasto de energia na secagem e o preço do milho na época da colheita (QUICK e BUCHELE, 1978).

Para Ortiz-Cañavate (1993), a capacidade de trabalho das diferentes máquinas empregadas na colheita do milho depende, essencialmente, das condições da cultura e do grau de umidade em que se encontram os grãos.

Pickard (1955) relata que a determinação do grau de umidade no momento da realização da colheita do milho é um fator importante e o grau de umidade crítico dos grãos está compreendido na faixa de 25 a 30 %. Por outro lado, Gerage et al. (1982) não recomendam a debulha mecânica do milho quando o grau de umidade dos grãos for inferior a 13 % e neste peculiar, Goodsell (1964) comenta que os grãos de milho debulhados com grau de umidade abaixo de 12 % favorecem maiores incidências de danos mecânicos. Craig (1977) enfatizou a necessidade da colheita e debulha do milho serem realizadas com grau de umidade dos grãos inferior a 20 %.

Burrough e Harbage (1953) realizaram trabalhos experimentais com uma colhedora-trilhadora, tendo concluído que para o grau de umidade de 24,9 % no grão de milho, ocorreram perdas totais da ordem de 15,6 %, em relação à produção total. Por outro lado, quando o grau de umidade atingiu 34,5 %, foram obtidos péssimos resultados, o que determinou a suspensão dos ensaios. Para um grau de umidade de 29,6 % notaram que os sabugos se fragmentavam com facilidade e a debulha era reduzida. Hennigen (1978) reporta estudos que mostram que o melhor momento para a colheita mecânica é quando o milho se encontra numa faixa de 18 a 25 % de umidade.

Avaliando as perdas na colheita do cultivar híbrido de milho DKB 350, com duas umidades (17,5 e 14,4 %) e três rotações do cilindro trilhador (500, 600 e 700 RPM), utilizando colhedora, Sgarbi (2006) encontrou perdas totais de grãos de 1,2 % e 0,57 %, nas lavouras com maior e menor grau de umidade nos grãos, respectivamente, e não encontrou diferenças nos percentuais de perdas nas diferentes rotações em que os cilindros foram avaliados. O mesmo autor concluiu que, conforme os grãos vão secando na lavoura, melhor é o desempenho da colhedora, tanto na plataforma quanto nos mecanismos internos de trilha e separação.

## 2.4 Danos mecânicos nos grãos

A colheita mecânica é fonte de danos aos grãos, uma vez que os mecanismos de debulha são construídos para funcionar de modo rápido e eficiente na colheita de grãos, não levando em conta sua utilização na colheita de sementes, cuja viabilidade e o vigor da semente são da mais alta importância (MACIEL, 1977). O índice médio de perdas por problemas mecânicos na cultura do milho, segundo levantamento do Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária é de 15 % (BRASIL, 1993).

Vários fatores, especialmente físicos e biológicos, inter-relacionados, podem contribuir para que o processo de deterioração do milho se instale e se acentue sempre que o pericarpo (barreira natural de proteção da semente) é rompido no processamento mecânico (colheita, limpeza etc.). As trincas no pericarpo são portas de entrada para microrganismos, especialmente fungos (MANTOVANI; FONTES, 1989).

Na colheita mecanizada, o dano ocorre na etapa de debulha, quando forças consideráveis são aplicadas sobre os grãos, a fim de separá-los da estrutura que as contém (espiga no caso do milho); os danos ocorrem, essencialmente, em consequência dos impactos recebidos do cilindro debulhador e no momento em que passam através do côncavo Nakagawa (1986), podendo variar desde pequenas rachaduras ou trincamentos, quase imperceptíveis, até a quebra completa das mesmas.

Srivastava e Herum (1974) observaram que grãos de milho são mais frágeis ao longo do eixo longitudinal do que transversalmente, quando submetidas a forças de impacto. A ocorrência de diversos tipos de injúrias mecânicas nos grãos levou Fagundes; Camargo e Venchi (1972) e Maciel (1977), a definirem injúrias mecânicas como sendo os danos causados por agentes físicos na colheita, beneficiamento e transporte, causando-lhes abrasões e trincas, sendo que esses danos podem estar ligados direta ou indiretamente com a perda da qualidade.

A danificação mecânica, segundo Toledo (1977), ocorre com frequência nas colheitas mecanizadas, embora as modernas máquinas colhedoras se mostrarem bastante evoluídas, não deixam de proporcionar danos em níveis prejudiciais.

Estudando o sistema de eficiência de trilha de uma colhedora semi-montada de uma linha (Penha, modelo CLM – 350), Furlani Jr. (1973), concluiu que com a variação

da velocidade periférica do cilindro batedor na faixa de  $13,31 \text{ m s}^{-1}$  a  $20,16 \text{ m s}^{-1}$ , as percentagens médias de grãos inteiros decresceram de 96,98 % para 82,06 %, ao tempo em que as percentagens de grãos quebrados aumentaram de 0,94 % a 4,31 %.

Segundo Carvalho e Nakagawa (1988), na colheita mecânica, o grão fica particularmente susceptível ao dano latente que, às vezes, é mais drástico do que o dano imediato, em razão de não ser visível e nem modificar sensivelmente as características físicas do grão.

Klein et al. (1996) avaliaram danos mecânicos provocados em grãos de milho durante a colheita mecânica. Foram realizadas colheitas de milho com diferentes graus de umidade nos grãos (21; 24 ; 29 e 32 %). Os resultados demonstraram que houve um aumento de danos nos grãos, nas diferentes fases da colheita, em todos os graus de umidade, confirmando a hipótese de que os mecanismos da colhedora provocam danos nos grãos do milho. Os mesmos autores concluíram, também, que o grau de umidade nos grãos de 24 % é o mais recomendado para a colheita de milho.

Keller et al. (1972) e Hall (1974) concluíram que os grãos de milho com grau umidade na faixa entre 19 e 24 % são aqueles que sofrem menores injúrias mecânicas nos processos de colheita e beneficiamento.

Segundo Green et al. (1966) o grau de umidade dos grãos no momento do impacto com a plataforma da colhedora é o fator que desempenha o papel mais importante dentre os que determinam a gravidade do dano mecânico sofrido pelos grãos. Grãos com o grau de umidade elevado tendem a sofrer danos por esmagamento, enquanto que grãos mais secos tendem para danos por quebraimento, de modo que em níveis bastante úmidos ou muito secos os danos sempre influenciam a qualidade. Em valores intermediários do grau de umidade, a força de impacto tende a ser distribuída de maneira mais uniforme no grão, sendo o impacto absorvido e amortecido (NAKAGAWA, 1986). Na prática, pode-se dizer que o dano mecânico por quebraimento aumenta de intensidade à medida que o grau de umidade se reduz para 12 a 14 % e por amassamento aumenta entre 18 a 25 %.

A injúria mecânica tem um efeito cumulativo, isto é, o dano causado pelo impacto anterior soma-se ao de um novo impacto. Ainda, a cada impacto o grão se torna cada vez mais sensível à injúria mecânica (CARVALHO, NAKAGAWA, 1988).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Nesta seção são apresentados os materiais e as metodologias usados para a realização de dois experimentos. Em ambos os experimentos foram utilizadas as mesmas metodologias e os mesmos parâmetros de análise. Neste estudos, as diferenças entre os ensaios dizem respeito às colhedoras utilizadas, de modo que apenas assuntos peculiares de um e de outro experimento são apresentados separadamente. Os assuntos comuns às duas máquinas ensaiadas são demonstrados somente uma vez em itens únicos.

Por não existirem normas específicas para o ensaio de colhedora semi-montada, foi adotada como referência a norma NBR 9740 (ABNT, 1987), Colhedora autopropelida de grãos – determinação das características técnicas e de desempenho, adaptando-a às condições das colhedoras ensaiadas.

#### **3.1 Descrição do local de realização dos experimentos**

Os experimento foram realizados na Fazenda Experimental da Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, no município de Inconfidentes (MG). As áreas experimentais situam-se na latitude 22° 18' S, longitude 46° 19' W, altitude média de 855 m, apresentam declividades médias de 1 % e o regime pluviométrico médio do local é de 1500 mm por ano. Segundo Prado (2005), o solo da área classifica-se como Argissolo Acinzentado eutrófico.

#### **3.2 Caracterização das colhedoras e dos tratores**

Na realização dos ensaios, foram utilizadas duas colhedoras da marca Jumil, o modelo JM – 380, semi-montada, sistema de fluxo axial, posicionada lateralmente em relação ao trator, sendo que a mesma colhe duas fileiras de plantas por vez. O modelo JM – 350, com características semelhantes à anterior, com capacidade de colher apenas uma fileira, como ilustra a Figura 2.

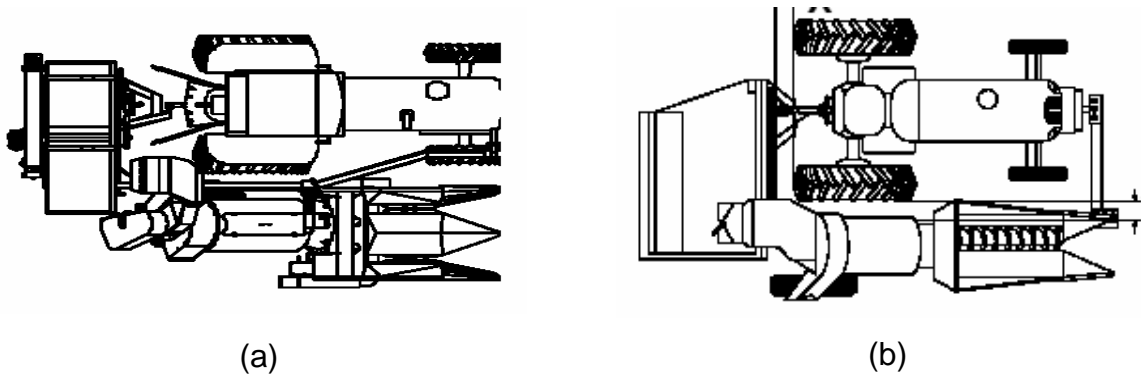
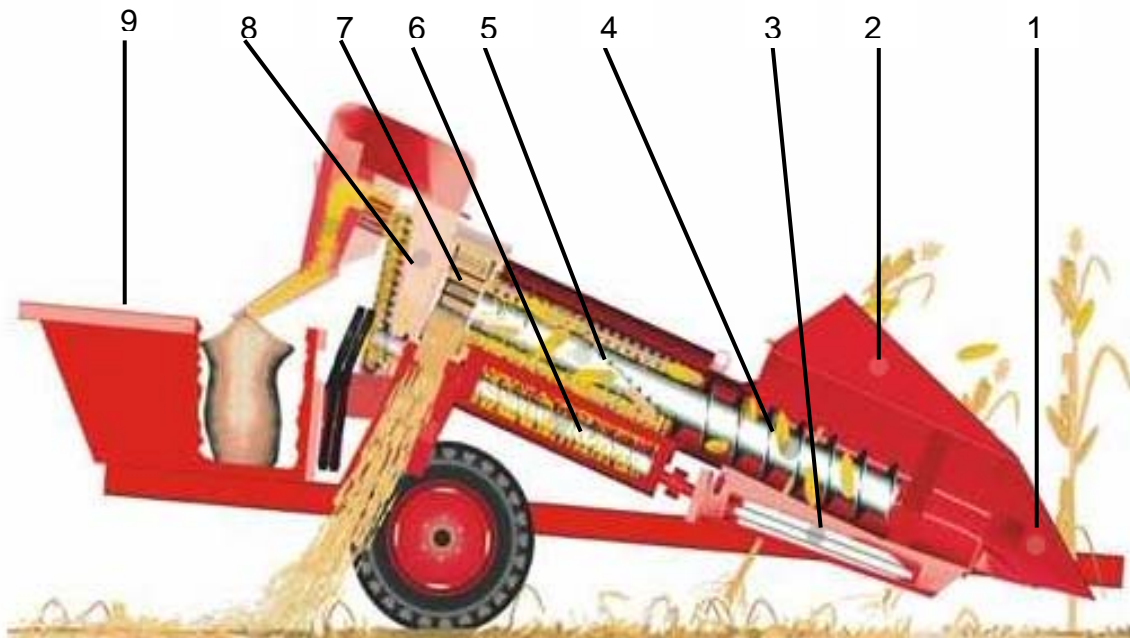


Figura 2 – Vista superior das duas colhedoras acopladas a trator e utilizadas nos ensaios (a) JM – 380 de duas fileira, (b) JM – 350 de uma fileira



1 – bico coletor; 2 – aparador; 3 – rolos despigadores; 4 – transportador helicoidal de espigas; 5 – sistema de trilha e separação; 6 – transportador helicoidal de grãos; 7 – ventilador; 8 – cabeçote; 9 – plataforma de ensaque.

Figura 3 – Colhedora combinada de milho semi-montada com plataforma despigadora de uma fileira

A colhedora é acoplada ao trator na barra de tração e no chassi, localizando-se à direita e atrás do mesmo. É composta por sistema despigador, de alimentação de trilha, de separação e de limpeza.

O sistema despigador é constituído por separadores levantadores de colmos, um de cada lado da linha, que conduzem as plantas para dentro da máquina, e por rolos despigadores, que giram em sentidos opostos, puxando o colmo para baixo e retirando as espigas. Sua altura é regulada pelo sistema hidráulico do trator para a colhedora de duas fileiras e manualmente para a colhedora de uma fileira.

O sistema de alimentação é constituído de um transportador helicoidal (máquina de uma fileira) ou uma esteira com taliscas (máquina de duas fileiras) que conduz as espigas até o sistema de trilhas e separação. Esse é composto por um cilindro inclinado com duas fileiras de dentes recurvados dispostos helicoidalmente seguidos por dentes retos na parte terminal. Na extensão do cilindro há um ventilador. O cilindro é circundado pelo côncavo na forma de chapa perfurada.

Abaixo do cilindro há um transportador helicoidal que conduz os grãos de milho trilhados que passam pelas aberturas do côncavo para a saída de ensaque. A palha retirada pelo cilindro trilhador, assim como os sabugos são expulsos da máquina pelo ventilador por uma saída de exaustão. Uma rosca sem-fim colocada na parte posterior do transportador helicoidal conduz os grãos a uma saída na plataforma de ensaque.

O acionamento e transporte da colhedora JM 380 foram realizados por um trator marca Massey Ferguson, modelo 283 com Tração Dianteira Auxiliar (TDA), ano 2002, equipado com motor diesel de 63,3 kW (86 cv) de potência total. Já para a colhedora JM 350 utilizou-se um trator MF 275 TDA, ano 2002, com 56,0 kW (75 cv) de potência bruta.

### **3.3 Implantação da cultura**

Foi utilizado um milho híbrido triplo de ciclo superprecoce (DEKALB 455), adaptado a várias regiões do Brasil, com as seguintes características, segundo seu fornecedor: tipo e cor do grão – duro/alaranjado; soma térmica – 715 U.C.;



florescimento masculino médio - 60 dias; maturação fisiológica média – 120 dias; altura média da planta – 2,3 m; inserção média da espiga superior – 1,10 m; “stay green” – acentuado; empalhamento bom.

A semeadura foi realizada no dia 10/11/05, no sistema convencional, em uma área de aproximadamente 3 ha, utilizando uma semeadora adubadora Jumil, modelo 2040 de 3 fileiras, com população final esperada de 55000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Considerando perda de 18,5 % (referente à germinação e outros), foram distribuídas 67500 sementes  $\text{ha}^{-1}$ , usando o espaçamento entre fileiras de 0,8 m, chegando a 5,4 sementes por metro linear e obtendo um espaçamento médio entre plantas de 0,185 m. A adubação foi feita com a aplicação de 200 kg  $\text{ha}^{-1}$  da fórmula 8-28-16 (16,00 g  $\text{m}^{-1}$ ) juntamente com a semeadura.

A adubação de cobertura foi realizada com 200 kg  $\text{ha}^{-1}$  de fertilizante com a fórmula 20-5-20, utilizando um cultivador adubador montado, para 3 fileiras, 30 dias após a semeadura. No controle de ervas daninhas, foi utilizado o herbicida Atrazine na dosagem de 5 litros  $\text{ha}^{-1}$  com vazão de 300 L  $\text{ha}^{-1}$ .

### **3.4 Colheita**

Inicialmente as colhedoras foram reguladas conforme recomendações do fabricante e de acordo com as normas da NBR 9740 (ABNT, 1987). A regulagem foi realizada por dois engenheiros da fábrica, também designados para acompanhar o ensaio (Figura 4).



(a)



(b)

Figura 4 – Engenheiros, funcionários do fabricante, fazendo as regulagens recomendadas pela fábrica (a) e testando a colhedora após a regulagem na área experimental

As colheitas, com os dois graus de umidade dos grãos, foram realizadas nos dias 19/04/2006 e 24/04/2006 respectivamente, a partir do monitoramento do grau de umidade dos grãos na lavoura. Na área experimental foram determinadas 108 fileiras de milho com um comprimento de 40 metros cada, sendo 36 fileiras para serem colhidas com a colhedora C1 de uma fileira (JM 350), e 72 fileiras para a colhedora C2 de duas fileiras (JM 380), todas com bordaduras de 20 metros para atender o tempo de enchimento da colhedora. Nestas fileiras, foram coletados a palha e os grãos de milho processados pelas colhedoras, além da catação manual das espigas que não entraram na máquina.

Para facilitar a coleta do material foi desenvolvido um sistema que permitiu coletar toda a palha proveniente da saída da colhedora. Consistiu em um reservatório que foi instalado na lateral da colhedora, com dimensões que comportaram e armazenaram um volume de palha correspondente à parcela, conforme ilustra a Figura 5 (a). Também foi desenvolvido um direcionador de fluxo, fazendo a conexão entre a saída de palha da colhedora e o reservatório, com dimensões que não promoveram o estrangulamento do mesmo e não interferiram no processamento. Este mecanismo facilitou a operação de coleta nas parcelas e o descarte nas bordaduras, como ilustra a Figura 5 (b). O reservatório foi revestido com chapa metálica lisa com os cantos

arredondados na sua parte inferior e telado na parte superior para permitir a saída do ar.



Figura 5 – Vista lateral do reservatório de palha (a) e detalhes do direcionador de fluxo desenvolvido (b)

O reservatório de palhas para a colhedora de duas fileiras foi ampliado em função da quantidade de massa ser o dobro daquela produzida pela colhedora de uma fileira. Esta ampliação consistiu em um alongamento do reservatório utilizando um saco telado colocado no final do sistema, como ilustra a Figura 6.



Figura 6 – Vista lateral do reservatório de palha da colhedora de duas linhas (a) vista da parte de trás do reservatório de palha da colhedora (b)



Um dispositivo semelhante foi utilizado em ensaio realizado por Kydd (1980), com colhedoras automotrizes, na colheita de grãos.

### 3.6 Coleta de dados

Antes de iniciar a colheita uma equipe percorreu cada parcela para coletar as espigas caídas e tombadas. Após a passagem da colhedora (Figura 7 a), a mesma equipe percorreu as parcelas coletando as espigas caídas no chão. Os grãos caídos foram mensurados por amostragem com o auxílio de uma armação retangular, de madeira, com as dimensões de 1,0 m x 0,8 m, para a colhedora de uma fileira, e de 1 m x 1,6 m para a colhedora de duas fileiras. A largura da armação foi determinada de acordo com a plataforma de cada colhedora, como ilustra a Figura 7(b), e foram coletados os grãos encontrados no interior das mesmas. Beduschi (1986) utilizou este mesmo dispositivo, porém com dimensões diferentes. A partir das espigas e dos grãos coletados, a perda ocorrida na plataforma despigadora pôde então ser determinada.



Figura 7 – Colhedora de uma linha em operação na parcela (a) e catação dos grãos de milho encontrados dentro da armação de madeira após a passagem da colhedora (b)

No final da fileira de colheita, os grãos de milho oriundos da saída de grãos para ensaque foram coletados e acondicionados em sacos de polietileno com capacidade

para 60 kg. Os sacos foram identificados de acordo com a máquina, velocidade e bloco correspondentes e levados até uma balança marca Filizola com capacidade para 200 kg e uma variação de 1 kg com intervalo de décimos de kg, posicionada no local da colheita.



Figura 8 – Identificação do milho proveniente de cada parcela (a) e o encaminhamento do mesmo até o local de pesagem (b)

O milho foi pesado, teve seu valor anotado e uma amostra de 1,2 kg de cada saco foi retirada para posterior análise em laboratório. Foram avaliadas as impureza nos grãos, grau de umidade dos grãos, danos mecânicos e falhas na germinação. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de 2 kg e armazenadas em uma caixa de isopor. A palha proveniente da colheita de cada parcela foi retirada e acondicionada em um encerado de polietileno (3 m x 4 m) (Figura 9 a) e em seguida foi pesada e destinada ao processo de separação (Figura 9 b). Uma equipe foi responsável por abaná-la e os grãos separados foram acondicionados em sacos plásticos (Figura 10 a). Os grãos presos aos sabugos, também foram debulhados manualmente e identificados neste processo (Figura 10 b), sendo também armazenados em sacos plásticos. Os valores das quantidades desses grãos presos foram utilizados para o cálculo das perdas de trilha, separação e limpeza.





(a)



(b)

Figura 9 – Retirada da palha do reservatório utilizando uma lona (a) e a pesagem da palha no local do experimento



(a)



(b)

Figura 10 – Abanação da palha após sua pesagem (a) e catação dos grãos de milho resultantes da abanação (b)

Amostras de espigas foram coletadas na área de bordadura de cada bloco de colheita para servirem como testemunhas às análises de laboratório, sendo posteriormente debulhadas à mão.

De acordo com o manual de instruções das colhedoras ensaiadas, a velocidade de deslocamento recomenda é de  $1,11$  a  $1,39 \text{ m s}^{-1}$ , enquanto o grau de umidade dos grãos varia de 18 a 20 %. A escolha das velocidades de deslocamento para os ensaios foi determinada após testes de campo, procurando obter a maior velocidade com o

maior grau de umidade, onde o limitador foi o embuchamento da colhedora, para a primeira colheita, mantendo a velocidade de deslocamento e alterando o grau de umidade dos grãos na segunda colheita. O experimento foi realizado com três velocidades de deslocamento distribuídas aleatoriamente para as fileiras de cada parcela. As marchas utilizadas nos tratores foram: primeira reduzida, segunda reduzida e terceira reduzida, resultando nas velocidades de  $0,59 \text{ m s}^{-1}$ ,  $0,85 \text{ m s}^{-1}$  e  $1,52 \text{ m s}^{-1}$  no trator modelo MF 283 e  $0,53 \text{ m s}^{-1}$ ,  $0,77 \text{ m s}^{-1}$  e  $1,42 \text{ m s}^{-1}$  no trator modelo MF 275, mantendo-se a rotação da TDP em 540 rpm. A velocidade de deslocamento durante a colheita foi aferida com cronômetro para as distâncias fixas e equivalentes ao comprimento das parcelas.

### **3.6.1 Umidade dos grãos**

O grau de umidade dos grãos foi determinado por meio da variação de peso determinada com uma balança semi analítica, marca Bel Engineering, com capacidade para 2 kg e variação de uma grama, com intervalo de centésimos de grama. Amostras de milho úmido com 100 g de massa foram submetidas à secagem em estufa regulada a  $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$  durante 24 horas, utilizando-se a metodologia descrita por (BRASIL, 1992).

### **3.6.2 Danos mecânicos**

Para a determinação dos danos mecânicos foi utilizada uma amostra contendo 100 grãos de milho para cada parcela, obtida após homogeneização e divisão feita em um divisor de amostras de solo (Figura 11 a). As amostras foram imersas durante 5 minutos em uma solução de iodo a 0,08 %, preparada pela diluição de uma tintura de iodo 2,0 %. A presença de fragmentos e trincas nos grãos foi verificada pela coloração escura (marrom-azulada) resultante da reação entre o iodo e o amido do endosperma

(Figura 11 b) e os resultados expressos em porcentagem de grãos danificados (SATO, 1991).



Figura 11 – Homogeneização das amostras utilizando um divisor de amostras de solo (a) e grãos de milho submetidos à solução de iodo (b)

### 3.6.3 Teste de germinação

O teste de germinação foi conduzido de acordo com as Regras para Análise de Sementes, Brasil (1992), com cinquenta grãos na repetição, distribuídos em rolos de papel toalha e colocados para germinar a 25 °C. O volume de água utilizado para o umedecimento do papel toalha foi equivalente a 2,5 vezes o seu peso. As contagens foram realizadas no quinto dia após o início do teste, como ilustra a Figura 12, computando o número de plântulas normais por parcela expressando o percentual do total da amostra.





(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 12 – Distribuição dos grãos no papel toalha, com auxílio de uma placa contadora (a), amostras prontas para ir para o germinador (b), amostras no germinador (c) e avaliação da germinação após cinco dias (d)

### 3.6.4 Análise de pureza física

Os testes de pureza física foram realizados de acordo com as Regras de Análises de Sementes, Brasil (1992), e para o cálculo das impurezas pesaram-se todas as partículas presentes na amostra, bem como os grãos defeituosos, fragmentos e a presença de sementes de outras espécies. A percentagem da pureza foi determinada pela relação entre a massa dos grãos e a massa total da amostra.

### 3.7 Delineamento experimental e análise estatística dos dados

Croqui do experimento é representado na Figura 13

bordadura 20 m	36 fileiras de colheita de 40 m	bordadura 20 m	36 fileiras de colheita de 40 m	bordadura 20 m	36 fileiras de colheita de 40 m	bordadura 20 m
----------------	---------------------------------	----------------	---------------------------------	----------------	---------------------------------	----------------

Figura 13 – Croqui das áreas experimentais

Foi empregado o delineamento fatorial (3 velocidade de deslocamento da colhedora *versus* 2 graus de umidade dos grãos), com 6 repetições. Todos os dados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o programa SISVAR 4.6, Ferreira (2000), empregando-se a análise de variância com aplicação do Teste F. Os dados de perdas, em percentagem, foram transformados em arco-seno da raiz quadrada de  $x/100$ . As análises de variância dos dados das diferentes avaliações foram realizadas conforme esquemas apresentados na Tabela 1.

Os ensaios foram distintos para as duas colhedoras e as variáveis utilizadas para análise estatística foram: perdas na plataforma, perdas por separação e limpeza, perdas de trilha, perdas por separação e limpeza com trilha, perdas totais, impurezas, danos mecânicos e falhas na germinação, dispostos em esquema fatorial com 2 graus de umidade dos grãos e 3 velocidades de deslocamento. As comparações das médias dos tratamentos com as duas épocas de colheita (grau de umidade dos grãos) e as três velocidades de deslocamento da colhedora foram realizadas aplicando-se o Teste de Tukey com nível de significância de 5 %.

Tabela 1 – Esquema da análise de variância dos dados obtidos na determinação de perdas na plataforma, separação e limpeza, trilha, separação e limpeza com trilha, perdas totais, impurezas, danos mecânicos e falhas na germinação para as colhedoras de uma e de duas fileiras

FONTES DE VARIAÇÃO	GRAUS DE LIBERDADE
Umidade dos grãos	1
Velocidade de colheita	2
Umidade x Velocidade	2
Blocos	5
Resíduo	25
Total	35

Nota: Foi utilizado o mesmo esquema da análise de variância nos experimentos 1 e 2

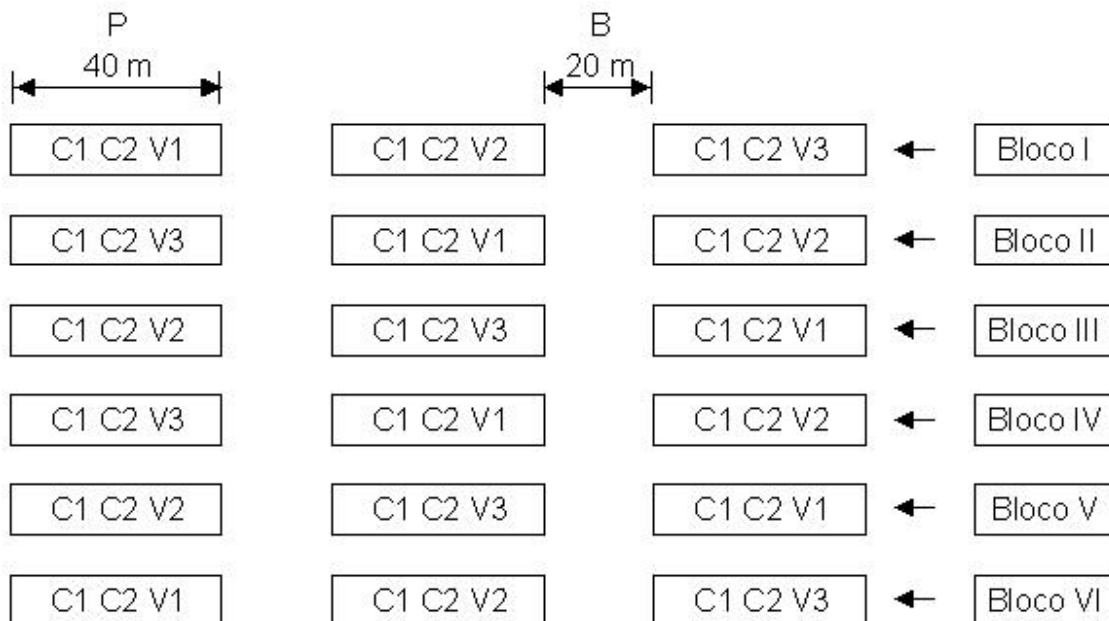


Figura 14 – Croqui do delineamento experimental: P (parcela), B (bordadura), C1 (colhedora de uma fileira), C2 (colhedora de duas fileiras), V1 (velocidade de deslocamento de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$  para C1 e  $0,59 \text{ m s}^{-1}$  para C2), V2 (velocidade de deslocamento de  $0,77 \text{ m s}^{-1}$  para C1 e  $0,85 \text{ m s}^{-1}$  para C2), V3 (velocidade de deslocamento de  $1,42 \text{ m s}^{-1}$  para C1 e  $1,52 \text{ m s}^{-1}$  para C2)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia empregada no ensaio, referente à adaptação das normas da ABNT, mostrou ser confiável. O percurso necessário para estabilizar a velocidade e o fluxo de grãos e palha dentro da colhedora, foi reduzido de 50 m (autopropelida) para 20 m (semi-montada).

A adaptação feita nas colhedoras para a coleta da palha funcionou perfeitamente, porém o acionamento da alavanca do direcionador de fluxo de palha não ofereceu segurança para o operador da mesma, como ilustra a (Figura 15). Sugerindo-se, em futuras oportunidades, modificações que solucionem este problema. A coleta de todo o material processado pela colhedora, proporcionou a obtenção de dados reais e não estimados por amostras, possibilitando assim eliminar as perdas em função da possível variabilidade espacial entre as parcelas. No entanto, o método demonstrou demandar elevada quantidade de pessoas envolvidas para a realização de todas as tarefas de campo, totalizando 14 para cada colhedora, distribuídas da seguinte maneira: perdas de pré-colheita 2 pessoas; plataforma 2; direcionador de fluxo 1; bica de ensaque 1; retirada de palha do reservatório 2; transporte do material 2; cronometragem da velocidade de deslocamento da colhedora 1; operador 1; pesagem e anotações 2. Para processar o material e os dados coletados no campo, foram necessárias apenas 2 pessoas, para as duas colhedoras.



(a)



(b)

Figura 15 – Destaque para a alavanca que direciona o fluxo de palha (a); destaque para o operador da alavanca (b)

Com base nos resultados apresentados na Figura 16a, a colhedora C1 não apresentou perdas na plataforma, enquanto a colhedora C2 demonstrou maiores perdas quando a colheita foi realizada com o grau de umidade dos grãos de 22 %, na velocidade de  $1,52 \text{ m s}^{-1}$ . Na colheita realizada com a umidade dos grãos de 16 %, houve o inverso em relação à velocidade de deslocamento. Entretanto, as perdas foram mínimas, devido às características das colhedoras (pequeno porte) facilitando a dirigibilidade, bem como as condições da lavoura. Estas perdas são inferiores às apresentadas por Furlani Jr. (1973), obtidas em um ensaio realizado com uma colhedora semi-montada de uma fileira operando com velocidade de deslocamento de  $1,45 \text{ m s}^{-1}$ , em que, o grau médio de umidade dos grãos no momento da colheita encontrava-se com 16,02 % e as perdas na plataforma de 6,70 %.

Com relação às perdas nos sistemas de separação e limpeza, apresentados na Figura 16b, os diferentes graus de umidade dos grãos e as velocidades de deslocamento ensaiadas não apresentaram diferenças expressivas sobre a colhedora C1. Contudo, com o uso da colhedora C2 foi observado que o aumento da velocidade de deslocamento promoveu redução dessas perdas, com grãos em ambos os graus de umidade (16 e 22 %), porém, com a elevação da velocidade de deslocamento e aumentando, conseqüentemente, a taxa de alimentação, foi verificada a interferência na relação ar e massa; quando o fluxo de ar aumentava, ocorria maior possibilidade do

deslocamento dos grãos junto à palha, já que a colhedora não apresenta sistema de limpeza por peneiras vibratórias.

A colheita usando a colhedora C1, realizada em lavoura com grãos contendo o grau de umidade de 16 % não apresentou perdas expressivas de trilha. Contudo, quando o milho apresentava grau de umidade de 22 %, na velocidade de deslocamento de  $1,42 \text{ m s}^{-1}$  foram observadas maiores perdas do que nas velocidades de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$  e  $0,77 \text{ m s}^{-1}$ . Na colheita usando a colhedora C2, também foi observado semelhante ao que diz respeito às perdas de trilha, quando o grau de umidade dos grãos era de 22 % e a velocidade de deslocamento de  $1,59 \text{ m s}^{-1}$ , conforme pode ser observado na Figura 16c.

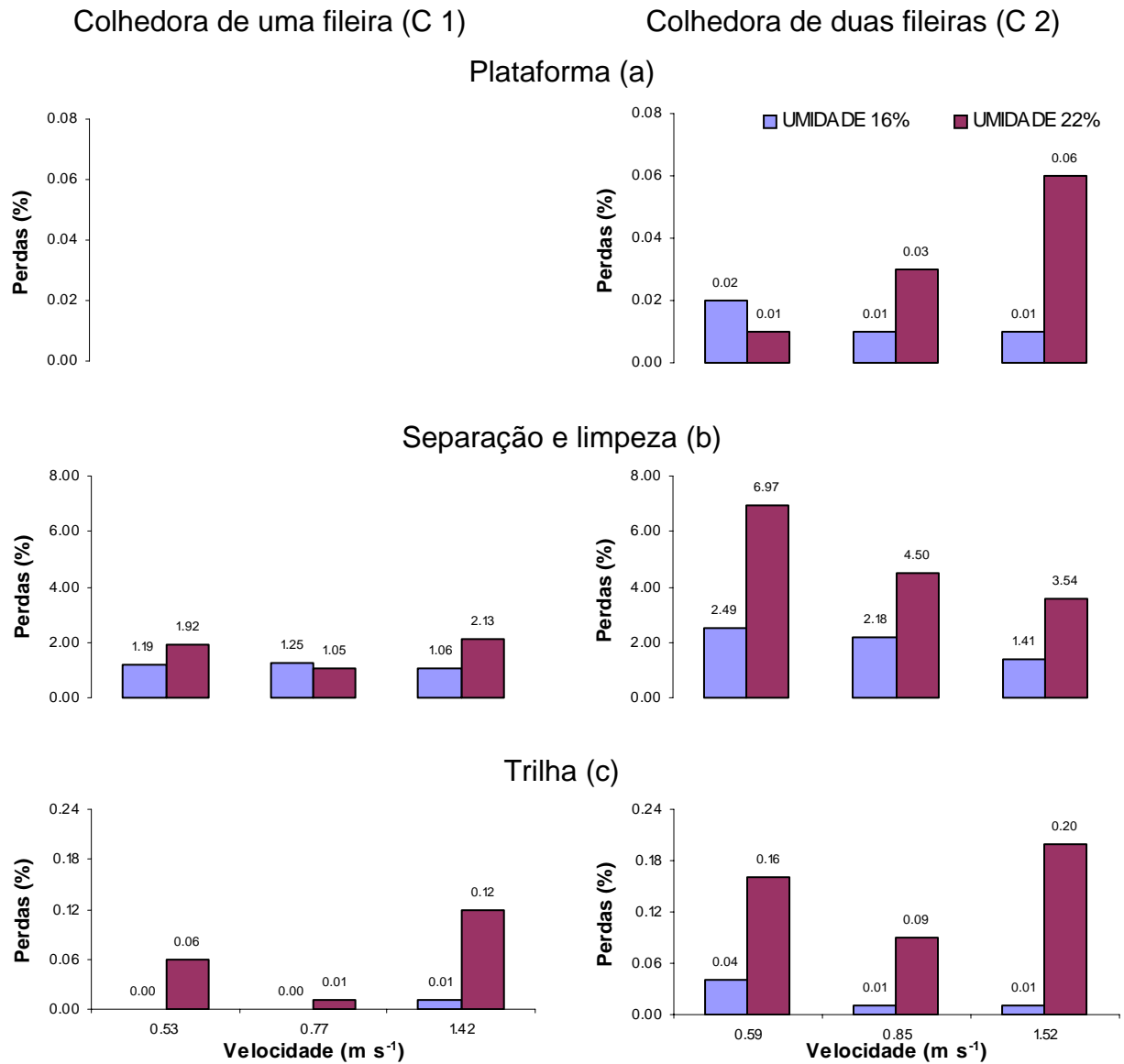


Figura 16 – Perdas como função da velocidade de deslocamento e do grau de umidade dos grãos, na plataforma (a); separação e limpeza (b) e trilha (c)

Quanto às perdas totais, na colhedora C1 não foram verificadas diferenças expressivas entre os diferentes tratamentos julgados. Porém, houve um decréscimo de 11 % das perdas quando a velocidade de deslocamento foi aumentada de 0,53 m s<sup>-1</sup> para 1,42 m s<sup>-1</sup>, na lavoura com grãos contendo grau de umidade de 16 %. Por outro lado, quando a colheita foi realizada quando o grau de umidade dos grãos estava com

22 %, foi observado o acréscimo de 4,87 % nas perdas, quando a velocidade de deslocamento foi aumentada de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$  para  $1,42 \text{ m s}^{-1}$ .

Na colheita realizada com a colhedora C2 foram verificadas diferenças expressivas nas perdas totais quando comparados os diferentes tratamentos. Foi observada a redução de 46,78 % e 43,92 % nas perdas, nas situações de colheita onde a velocidade de deslocamento foi aumentada de  $0,59 \text{ m s}^{-1}$  para  $1,52 \text{ m s}^{-1}$ , em lavouras com grãos contendo 16 e 22 % umidade, respectivamente. O melhor desempenho foi obtido com a maior velocidade de deslocamento em condição que o grau de umidade dos grãos, no momento da colheita, era 16 % (Figura 17b). Ainda quanto às perdas totais, os valores médios observados nos tratamentos no qual a colhedora C1 foi submetida, foram próximas ao limite de tolerância de 2 %, conforme SLC (1988b) citado por Molin et al. (1998). Já a colhedora C2, no tratamento com grãos contendo grau de umidade de 16 % e operando sob a velocidade de  $1,52 \text{ m s}^{-1}$ , as perdas ficaram abaixo de 2 %. Porém, quando o grau de umidade dos grãos era de 22 %, as perdas foram maiores do que 2 % em todas as velocidades de deslocamento ( $0,59 \text{ m s}^{-1}$ ,  $0,85 \text{ m s}^{-1}$  e  $1,52 \text{ m s}^{-1}$ ).



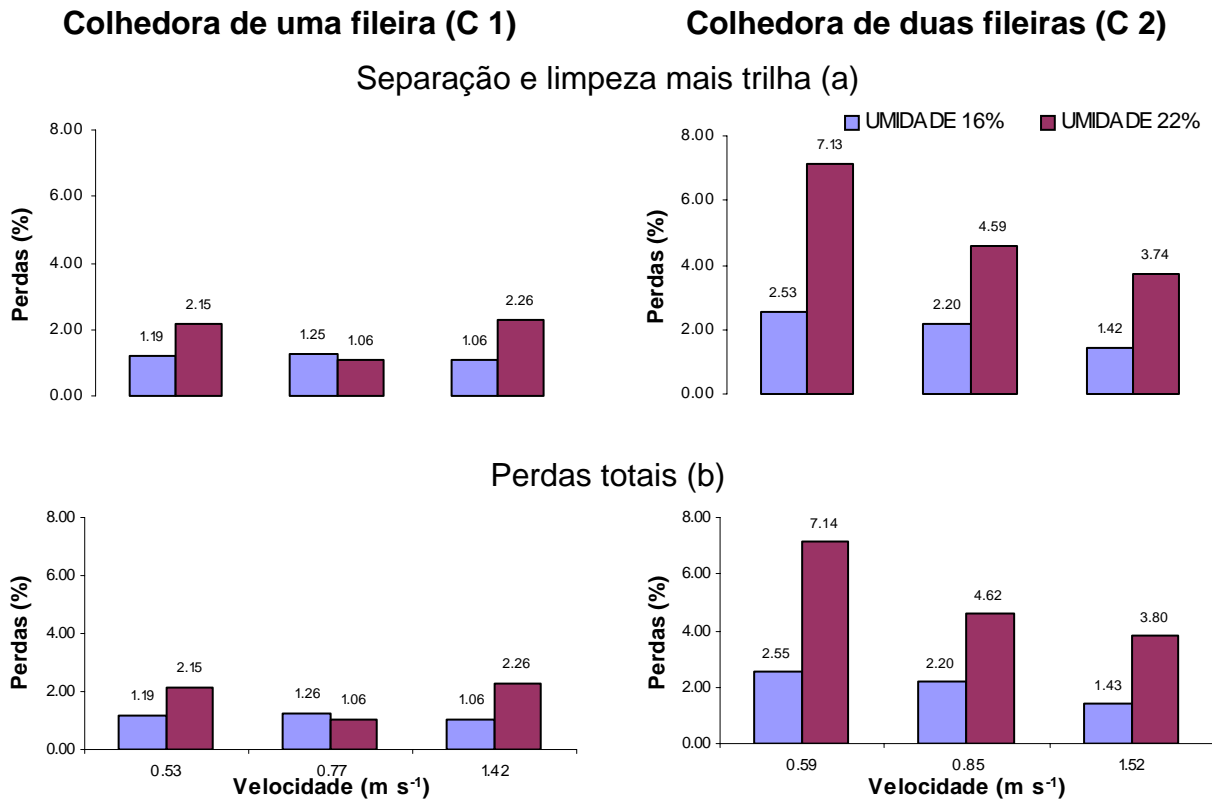


Figura 17 – Perdas como função da velocidade de deslocamento e do grau de umidade dos grãos, na separação e limpeza mais trilha (a) e perdas totais (b)

De acordo com os resultados apresentados na Figura 18a, relacionados com a impureza nos grãos, a colhedora C1 apresentou uma maior percentagem de impurezas no grau de umidade de 22 %, quando a velocidade de colheita foi aumentada de 0,53 m s<sup>-1</sup> para 1,42 m s<sup>-1</sup>, sendo que o mesmo não ocorre no grau de umidade de 16 %, em que a menor percentagem de impureza foi obtida na velocidade de 0,77 m s<sup>-1</sup>. A colhedora C2 não apresentou diferenças expressivas nos tratamentos ensaiados, porém, apresentou melhor desempenho do que a colhedora C1. Foi observado também, que, com a elevação da velocidade de deslocamento, ocorreu aumento no fluxo de massa em relação ao fluxo de ar. Isso pode ser uma explicação para a queda na eficiência do sistema de separação e limpeza, os quais apresentaram maiores percentagens de impureza com a elevação da velocidade.

Quanto aos danos mecânicos, ambas as colhedoras não apresentaram diferenças expressivas entre os tratamentos. Contudo, a colhedora C2 obteve diferenças da ordem de 34,89 % entre os graus de umidade de 16 % e 22 %, na velocidade de deslocamento de  $0,59 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 18b).

Para a colhedora C1, as menores percentagens de falhas na germinação dos grãos de milho ocorreram, na velocidade de  $1,42 \text{ ms}^{-1}$  para o grau de umidade de 22 %, e na velocidade de  $0,53 \text{ ms}^{-1}$  para o grau de umidade de 16 %. Enquanto que na colhedora C2, o melhor resultado foi obtido na velocidade de  $0,85 \text{ m s}^{-1}$ , para o grau de umidade de 16 %. No grau de umidade de 22 %, o melhor resultado foi obtido na velocidade de  $0,59 \text{ m s}^{-1}$  (Figura 18c).

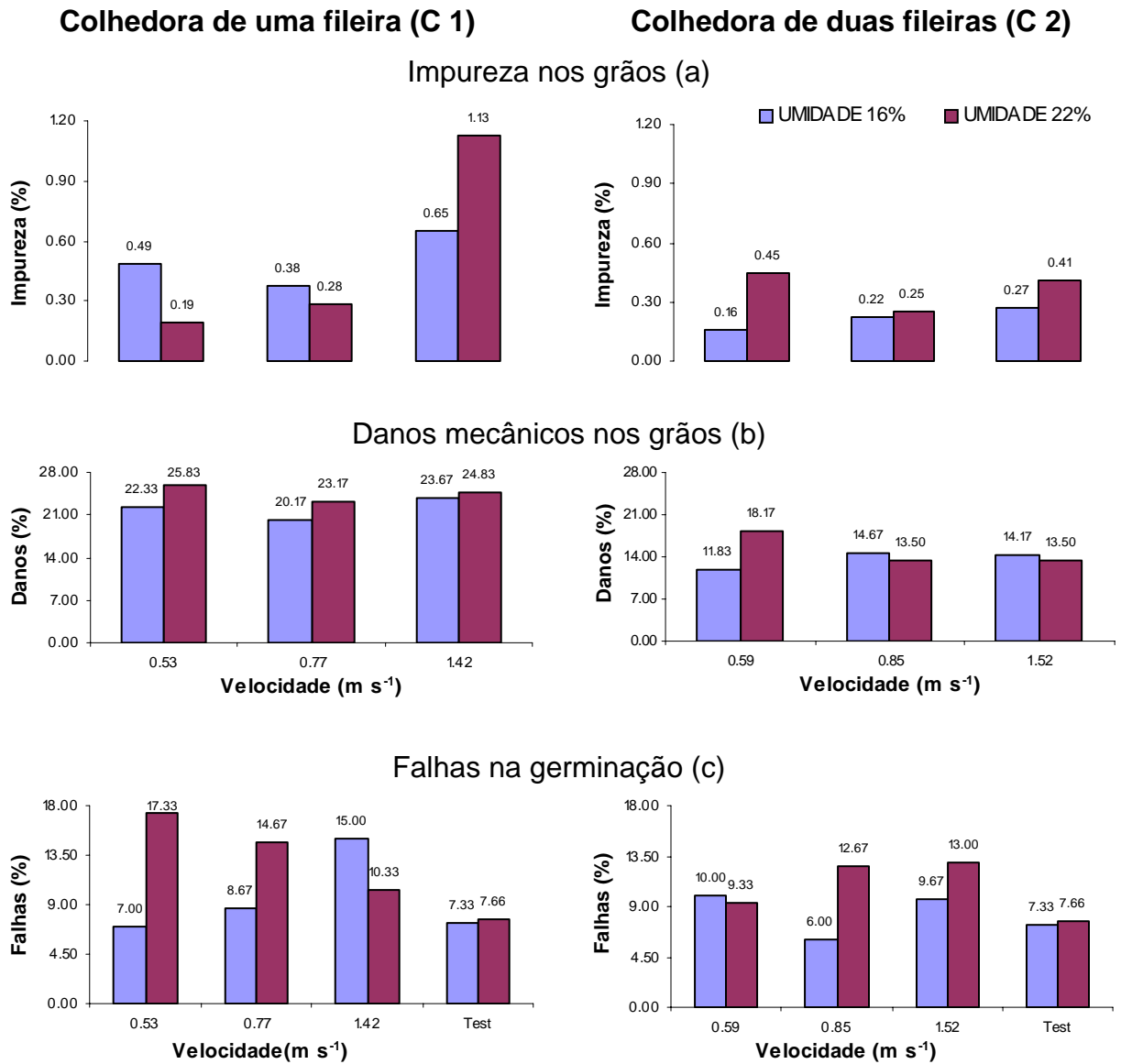


Figura 18 – Indicadores de qualidade como função da velocidade de deslocamento e do grau de umidade dos grãos: impureza nos grãos (a); danos mecânicos (b) e falhas na germinação (c)

## 4.1 Análise das perdas no campo

### 4.1.1 Colhedora de duas fileiras

#### a) Perdas na plataforma

Os resultados das análises de variância (Tabela 2) indicam, pelo teste F com nível de significância de 5 %, que não houve efeito significativo dos graus de umidade dos grãos e da velocidade de deslocamento da colhedora sobre as perdas na plataforma. Todavia, Beldin e Skromme (1959) comentam que a colheita tardia com esse tipo de máquina pode ocasionar uma maior perda de grãos pela plataforma.

Tabela 2 – Análise de variância de perdas de grãos na plataforma, separação e limpeza, trilha, separação e limpeza mais trilha e perdas totais

F.V. (1)	G.L. (2)	Quadrados Médios				
		Plataforma	Separação e limpeza	Trilha	Separação e limpeza mais trilha	Perdas Totais
Umidade	1	0,000115 <sup>ns</sup>	0,057201 <sup>**</sup>	0,005975 <sup>**</sup>	0,061339 <sup>**</sup>	0,062026 <sup>**</sup>
Velocidade	2	0,000060 <sup>ns</sup>	0,012352 <sup>**</sup>	0,000149 <sup>ns</sup>	0,012068 <sup>**</sup>	0,011908 <sup>**</sup>
Interação	2	0,000417 <sup>ns</sup>	0,002084 <sup>ns</sup>	0,000086 <sup>ns</sup>	0,001967 <sup>ns</sup>	0,001834 <sup>ns</sup>
Blocos	5	–	–	–	–	–
Resíduo	25	–	–	–	–	–
C.V. (%)	–	90,29	23,08	88,40	22,82	22,57

Nota: <sup>ns</sup> não significativo

<sup>\*\*</sup> Teste de F em nível de significância de 1 %

(1) Fontes de variação

(2) Graus de liberdade

### b) Perdas na separação e limpeza

Na Tabela 2, verifica-se que ocorreram diferenças estatisticamente significativas das perdas por separação e limpeza, quando a colheita foi realizada com 16 e 22 % no grau de umidade dos grãos e nas diferentes velocidades de deslocamento da colhedora ensaiada. Pelos resultados apresentados na Tabela 3, observa-se que a colheita realizada com grau de umidade de 16 %, apresentou menores perdas na separação e limpeza do que quando a operação foi realizada com grãos contendo 22 % de grau de umidade. Em relação à velocidade de deslocamento, foram observadas menores perdas quando as velocidades foram  $1,52 \text{ m s}^{-1}$  e  $0,85 \text{ m s}^{-1}$ . As perdas observadas nessas condições não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). As maiores perdas foram observadas quando a colheita foi conduzida na velocidade de  $0,59 \text{ m s}^{-1}$ .

Todas as médias dos tratamentos foram inferiores aos resultados apresentados por Furlani Jr. (1973), obtidas em um ensaio realizado com uma colhedora semi-montada de uma fileira operando com velocidade de deslocamento de  $1,45 \text{ m s}^{-1}$ , em que, o grau médio de umidade dos grãos no momento da colheita encontrava-se com 16,02 % e as foram de 6,86 %.

Tabela 3 – Perdas por separação e limpeza, de acordo com o grau de umidade dos grãos e velocidade de deslocamento da colhedora C2

TRATAMENTOS	MÉDIAS (%)
Umidade 1 – 16 %	1,93 a
Umidade 2 – 22 %	4,72 b
Velocidade 1 – $0,59 \text{ m s}^{-1}$	4,41 b
Velocidade 2 – $0,85 \text{ m s}^{-1}$	3,14 ab
Velocidade 3 – $1,52 \text{ m s}^{-1}$	2,16 a

Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

### c) Perdas na trilha

Na Tabela 2, verifica-se que houve efeito significativo somente no grau de umidade dos grãos em relação a perdas na trilha, sendo que o grau de umidade de 16 % apresentou a menor perda por trilha, em relação ao grau de umidade de 22 %, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Perdas por trilha, de acordo com os graus de umidade dos grãos da colhedora C2

TRATAMENTOS	MÉDIAS (%)
Umidade 1 – 16 %	0,01 a
Umidade 2 – 22 %	0,11 b

Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

### d) Perdas na separação e limpeza mais trilha

Observa-se na Tabela 2, que houve efeito significativo dos tratamentos (umidade e velocidade) em relação às perdas por separação e limpeza mais trilha. Pela Tabela 5, verifica-se uma perda menor quando o grau de umidade dos grãos na colheita foi de 16 %. As menores perdas foram observadas nas velocidades de deslocamento da colhedora de  $1,52 \text{ m s}^{-1}$  e de  $0,85 \text{ m s}^{-1}$ , as quais não diferiram estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %. As maiores perdas ocorreram na colheita realizada com a velocidade de  $0,59 \text{ m s}^{-1}$ . Os resultados observados corroboram com aqueles encontrados por Lima et al. (2007), os quais também encontraram menores perdas com o aumento da velocidade de deslocamento. O comportamento inverso, normalmente, é obtido em colhedoras automotrizes, nas quais a interpretação da capacidade de processamento da máquina é dada pela maior taxa de alimentação, obtida dentro de um nível de perdas aceitável. Nos ensaios, esse aumento na taxa de alimentação é dado pela elevação da velocidade de deslocamento (KYDD, 1980; ABNT, 1987).

Tabela 5 – Perdas por separação e limpeza mais trilha, de acordo com os graus de umidade dos grãos e da velocidade de deslocamento da colhedora C2

TRATAMENTOS	MÉDIAS (%)
Umidade 1 – 16 %	1,95 a
Umidade 2 – 22 %	4,87 b
Velocidade 1 – 0,59 m s <sup>-1</sup>	4,51 b
Velocidade 2 – 0,85 m s <sup>-1</sup>	3,18 ab
Velocidade 3 – 1,52 m s <sup>-1</sup>	2,25 a

Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

### e) Perdas totais

Na Tabela 2, verifica-se que houve diferenças em relação às perdas totais para os tratamentos com diferentes graus de umidade nos grãos e as velocidades de deslocamento da colhedora. Na Tabela 6, observa-se que as menores perdas foram observadas quando o grau de umidade dos grãos era de 16 %. Estes resultados estão de acordo com aqueles observados por Portella (2003), que concluiu que, na medida em que os grãos secam na lavoura, melhora o desempenho da colhedora, tanto na plataforma quanto nos mecanismos internos (trilha e separação). Fato também apontado por Sgarbi (2006).

Com relação à velocidade de deslocamento da colhedora (Tabela 6), as menores perdas foram verificadas nas velocidades de 1,52 m s<sup>-1</sup> e 0,85 m s<sup>-1</sup>, nas quais não foram observadas diferenças estatísticas nas perdas. A maior perda ocorreu quando a colheita foi realizada na velocidade de 0,59 m s<sup>-1</sup>. As literaturas apresentam contradições quanto a esse parâmetro. De um lado Mello (2006), utilizando uma colhedora automotriz, SLC 1165, observou que os maiores valores de perdas totais ocorriam na menor velocidade de deslocamento da colhedora. Por outro lado, segundo Kydd (1980), as perdas crescem com o aumento da taxa de alimentação, em colhedoras automotrizes. De acordo com Silva et al. (2004), também utilizando uma colhedora combinada automotriz, com sistema de fluxo axial, constatou que a velocidade de deslocamento influencia de forma significativa as perdas de grãos de

milho com colhedoras operando em faixas de velocidade de 1,11 a 1,67 m s<sup>-1</sup>, apresentando perdas superiores às encontradas em máquinas com velocidades superiores a 1,94 m s<sup>-1</sup>.

Todas as médias dos tratamentos foram inferiores aos resultados apresentados por Furlani Jr. (1973), onde observou médias de perdas totais de 15,56 %. Perdas superiores também foram encontradas por Beduschi (1986), utilizando colhedora semelhante, com perdas totais de 9,29 %, porem na velocidade de deslocamento de 0,73 m s<sup>-1</sup>.

Tabela 6 – Perdas por separação e limpeza mais trilha, de acordo com os graus de umidade dos grãos e da velocidade de deslocamento da colhedora C2

TRATAMENTOS	MÉDIAS (%)
Umidade 1 – 16 %	1,96 a
Umidade 2 – 22 %	4,91 b
Velocidade 1 – 0,59 m s <sup>-1</sup>	4,53 b
Velocidade 2 – 0,85 m s <sup>-1</sup>	3,20 ab
Velocidade 3 – 1,52 m s <sup>-1</sup>	2,28 a

Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

#### 4.1.2 Colhedora de uma fileira

Os resultados das análises de variância (Tabela 7) indicam, pelo teste de F com nível de significância de 5 %, que não houve efeito significativo dos graus de umidade dos grãos e da velocidade de deslocamento da colhedora sobre as perdas na plataforma, separação e limpeza, trilha, separação e limpeza mais trilha e perdas totais.

Foi observado no campo que um número significativo de parcelas não apresentou perdas de plataforma, influenciando dessa forma, a quantificação das mesmas.



Tabela 7 – Análise de variância de perdas de grãos na plataforma, separação e limpeza, trilha, separação e limpeza mais trilha e perdas totais

F.V. (1)	G.L. (2)	Quadrados Médios				
		Plataforma	Separação e limpeza	Trilha	Separação e limpeza mais trilha	Perdas Totais
Umidade	1	0,000004 <sup>ns</sup>	0,002776 <sup>ns</sup>	0,000651 <sup>ns</sup>	0,003202 <sup>ns</sup>	0,003192 <sup>ns</sup>
Velocidade	2	0,000006 <sup>ns</sup>	0,001009 <sup>ns</sup>	0,000142 <sup>ns</sup>	0,001059 <sup>ns</sup>	0,001051 <sup>ns</sup>
Interação	2	0,000007 <sup>ns</sup>	0,001285 <sup>ns</sup>	0,000048 <sup>ns</sup>	0,001370 <sup>ns</sup>	0,001375 <sup>ns</sup>
Blocos	5	–	–	–	–	–
Resíduo	25	–	–	–	–	–
C.V. (%)	–	133,67	40,11	360,83	41,93	41,87

Nota: <sup>ns</sup> não significativo

(1) Fontes de variação

(2) Graus de liberdade

Resultados obtidos por Lima et al. (2007), em um ensaio realizado com uma colhedora semi-montada de uma fileira, marca Penha, modelo CLM-350, constataram diferenças em relação às velocidades de deslocamento ensaiadas e as perdas de plataforma, tendo as maiores perdas ocorrido com as maiores velocidades de deslocamento. Os mesmos autores atribuíram estas perdas às condições da lavoura, como acamamento das plantas e declividade da área.

A lavoura utilizada para o ensaio foi implantada em uma área protegida da ação de ventos, contribuindo dessa forma com a ausência de plantas tombadas. A área tem declividade próxima de 1 %, diminuindo assim, a ocorrência do empuxo lateral do conjunto trator-colhedora. Tais fatores podem ter influenciado nos resultados referentes às perdas na plataforma.

Como não houve efeito significativo dos tratamentos (graus de umidade dos grãos e velocidade de deslocamento) em todas as variáveis ensaiadas, isso indica que, ao permitir trabalhar na maior velocidade de deslocamento, consegue-se aumento na capacidade operacional.

## 4.2 Análise de parâmetros de qualidade dos grãos

### 4.2.1 Colhedora de duas fileiras

#### a) Impureza

Pela Tabela 8, observa-se que não houve diferenças significativas nos tratamentos ensaiados, no que diz respeito à ocorrência de impurezas nos grãos colhidos.

Tabela 8 – Análise de variância de impureza nos grãos, danos mecânicos e falhas na germinação

F.V. (1)	G.L. (2)	Quadrados Médios		
		Impureza	Danos mecânicos	Falhas na germinação
Umidade	1	0,000376 <sup>ns</sup>	0,003977 <sup>ns</sup>	0,028420 *
Velocidade	2	0,000126 <sup>ns</sup>	0,000635 <sup>ns</sup>	0,003869 <sup>ns</sup>
Interação	2	0,000300 <sup>ns</sup>	0,010585 *	0,011882 <sup>ns</sup>
Blocos	5	–	–	–
Resíduo	25	–	–	–
C.V. (%)	–	48,98	11,91	24,29

Nota: <sup>ns</sup> não significativo

\* Teste de F em nível de significância de 5 %

(1) Fontes de variação

(2) Graus de liberdade

#### b) Danos mecânicos

Na Tabela 8, verifica-se que não houve efeito significativo dos tratamentos no grau de umidade dos grãos e na velocidade de deslocamento da colhedora, entretanto, houve efeito significativo para a interação grau de umidade dos grãos *versus* velocidade de deslocamento. Analisando o desdobramento da interação grau de umidade dos grãos *versus* velocidade de deslocamento, pode-se verificar pela Tabela 9 que no desdobramento umidade dentro das três velocidades de deslocamento, houve efeito dos tratamentos somente na velocidade de deslocamento de 0,59 m s<sup>-1</sup>, com nível de significância de 1 %. Para o desdobramento de velocidade dentro das duas umidades,

ocorreu efeito dos tratamentos somente na umidade de 22 %, com nível de significância de 5 %.

Tabela 9 – Análise de variância com o desdobramento da interação grau de umidade dos grãos *versus* velocidade de deslocamento de danos mecânicos para verificar o comportamento da umidade dentro de cada velocidade e o comportamento da velocidade dentro de cada umidade

FONTES DE VARIAÇÃO	GL (2)	Quadrados Médios
Umidade dentro da velocidade de 0,59 m s <sup>-1</sup>	1	0,024004 **
Umidade dentro da velocidade de 0,85 m s <sup>-1</sup>	1	0,000894 n.s.
Umidade dentro da velocidade de 1,52 m s <sup>-1</sup>	1	0,000249 n.s.
Resíduo	25	
Velocidade dentro da umidade de 16 %	2	0,003177 n.s.
Velocidade dentro de umidade de 22 %	2	0,008043 *
Resíduo	25	

Nota: <sup>ns</sup> não significativo

\* Teste de F em nível de significância de 5 %

\*\* Teste de F em nível de significância de 1 %

(1) Fontes de variação

(2) Graus de liberdade

No desdobramento do grau de umidade dos grãos dentro das três velocidades de deslocamento (Tabela 10), constatou-se que a umidade de 16 % foi a que apresentou o menor dano mecânico aos grãos na velocidade de 0,59 m s<sup>-1</sup>. O mesmo não ocorre nas velocidades de 0,85 m s<sup>-1</sup> e 1,52 m s<sup>-1</sup>, em que não houve diferenças significativas para os dois graus de umidades ensaiados dentro de cada velocidade. No desdobramento velocidade de deslocamento dentro dos dois graus de umidade dos grãos, observa-se pela Tabela 10 que as velocidades de 1,52 m s<sup>-1</sup> e 0,85 m s<sup>-1</sup> apresentaram os menores danos, na condição de grau de umidade de 22 %, não diferindo entre si pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %. A velocidade de 0,59 m s<sup>-1</sup> foi a que apresentou o maior dano mecânico.

Constatações de Carvalho e Nakagawa (1988) indicam que os impactos mecânicos são acumulativos e, quanto menor os graus de umidade dos grãos no

momento da colheita, menores são os danos sofridos pelas sementes, o que não condiz com os resultados reportados por Ruffato et al. (2001), os quais relatam que quanto mais seco se encontra o grão, menor a elasticidade da película protetora do mesmo, tornando-o mais vulnerável aos danos provenientes da ação dos equipamentos. Beduschi (1986) e Furlani Jr. (1973) obtiveram valores menores.

Tabela 10 – Resumo dos resultados dos desdobramentos do grau de umidade dos grãos *versus* velocidade de deslocamento para dados de danos mecânicos

	Velocidade de 0,59 m s <sup>-1</sup>	Velocidade de 0,85 m s <sup>-1</sup>	Velocidade de 1,52 m s <sup>-1</sup>
Umidade de 16 %	11,67 a A	14,59 a A	14,02 a A
Umidade de 22 %	18,00 b B	13,39 a A	13,39 a A

Nota: Para cada velocidade, letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %. Para cada umidade, letras maiúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

### c) Falhas de germinação

Verifica-se, pela Tabela 8, que houve efeito dos tratamentos somente para o grau de umidade dos grãos, sendo que os demais não apresentaram efeitos significativos. Pelos resultados apresentados na Tabela 11, observa-se que os grãos de milho colhidos com 16 % apresentaram menores falhas de germinação do que aqueles colhidos com 22 % de umidade.

O resultado de 8,01 % é superior aos 3,9 % apresentado por Beduschi (1986), e inferior aos 15,67 % apresentados por Furlani Jr. (1973), colhendo praticamente com o mesmo grau de umidade dos grãos.

Tabela 11 – Falhas de germinação, de acordo com grau de umidade dos grãos

TRATAMENTO	MÉDIAS (%)
Umidade de 16 %	8,01 a
Umidade de 22 %	11,32 b

Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

#### 4.2.2 Colhedora de uma fileira

##### a) Impurezas

Na Tabela 12, observa-se que houve efeito dos tratamentos apenas para a velocidade de deslocamento da colhedora sobre o teor de impurezas nos grãos. O grau de umidade dos grãos e a interação entre os diferentes graus de umidade dos grãos com as três velocidades de deslocamento não apresentaram efeito significativo em relação aos tratamentos. Estes resultados diferem daqueles encontrados por Oliveira et al. (2005), os quais relataram efeito significativo do grau de umidade dos grãos e da interação desse fator com a velocidade de deslocamento da colhedora sobre o índice de impurezas.

Tabela 12 – Análise de variância de impureza nos grãos, danos mecânicos e falhas na germinação

F.V. (1)	G.L. (2)	Quadrados Médios		
		Impureza	Danos mecânicos	Falhas na germinação
Umidade	1	0,000374 <sup>ns</sup>	0,008516 <sup>ns</sup>	0,034163 *
Velocidade	2	0,004335 *	0,003481 <sup>ns</sup>	0,001395 <sup>ns</sup>
Interação	2	0,000656 <sup>ns</sup>	0,000800 <sup>ns</sup>	0,042556 **
Blocos	5	–	–	–
Resíduo	25	–	–	–
C.V. (%)	–	53,62	10,08	19,17

Nota: <sup>ns</sup> não significativo

\* Teste de F em nível de significância de 5 %

\*\* Teste de F em nível de significância de 1 %

(1) Fontes de variação

(2) Graus de liberdade

Analisando a Tabela 13, observam-se menores teores de impurezas quando a colheita foi realizada com velocidades de deslocamento de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$  e de  $0,77 \text{ m s}^{-1}$ . A maior ocorrência de impurezas nos grãos foi encontrada quando a colheita foi realizada na velocidade de deslocamento de  $1,42 \text{ m s}^{-1}$ . Estes resultados indicam que com o aumento da velocidade de deslocamento, há uma elevação no fluxo de massa em relação ao fluxo de ar, interferindo na eficiência do sistema de separação e limpeza dos grãos, que apresentou maiores percentagens de impureza com a elevação da velocidade. Beduschi (1986) obteve média de 0,24 % operando na velocidade de deslocamento de  $0,73 \text{ m s}^{-1}$ , portanto resultado semelhante ao apresentado na Tabela 13. No entanto Furlani Jr. (1973) obteve média de 0,09 % operando na velocidade de deslocamento de  $1,45 \text{ m s}^{-1}$ , inferior ao correspondente na Tabela 13.

Tabela 13 – Percentuais de impurezas, de acordo com a velocidade de deslocamento da colhedora

TRATAMENTOS	MÉDIAS (%)
Velocidade 1 – 0,53 m s <sup>-1</sup>	0,24 a
Velocidade 2 – 0,77 m s <sup>-1</sup>	0,31 ab
Velocidade 3 – 1,42 m s <sup>-1</sup>	0,72 b

Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

### b) Danos mecânicos

Verifica-se pela Tabela 12, que não houve diferenças significativas nos tratamentos ensaiados para danos mecânicos.

### c) Falhas de germinação

Na Tabela 12, pode-se observar que houve efeito dos tratamentos sobre o grau de umidade dos grãos e da interação do grau de umidade dos grãos com as velocidades de deslocamento. Em relação ao grau de umidade dos grãos, o milho colhido com 16 % foi a que apresentou as menores falhas de germinação de todos os tratamentos julgados (Tabela 14). A velocidade de deslocamento da colhedora não apresentou efeito significativo sobre esse parâmetro de avaliação.

Tabela 14 – Percentuais de falhas de germinação, de acordo com o grau de umidade dos grãos

TRATAMENTO	MÉDIAS (%)
Umidade 1 – 16%	9,76 a
Umidade 2 – 22%	13,72 b

Nota: médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey em nível de significância de 5 %

No desdobramento do grau de umidade dos grãos dentro das três velocidades de deslocamento (Tabela 15), pode-se observar que nas velocidades de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$  e  $0,77 \text{ m s}^{-1}$ , houve efeitos dos tratamentos para as duas umidades ensaiadas dentro de cada velocidade, sendo que em ambas as velocidades, a umidade de 16 % foi a que apresentou a menor falha de germinação (Tabela 16).

Tabela 15 – Análise de variância das falhas de germinação, com o desdobramento da interação grau de umidade dos grãos *versus* velocidade de deslocamento, para verificar o comportamento da umidade dentro de cada velocidade e o comportamento da velocidade dentro de cada umidade

FONTES DE VARIAÇÃO	G.L.	Quadrados Médios
Umidade dentro da velocidade de $0,53 \text{ m s}^{-1}$	1	0,074766 **
Umidade dentro da velocidade de $0,77 \text{ m s}^{-1}$	1	0,029136 *
Umidade dentro da velocidade de $1,42 \text{ m s}^{-1}$	1	0,015373 <sup>n.s.</sup>
Resíduo	25	
Velocidade dentro da umidade de 16 %	2	0,029019 **
Velocidade dentro de umidade de 22%	2	0,014931 *
Resíduo	25	

Nota: <sup>ns</sup> não significativo

\* Teste de F em nível de significância de 5 %

\*\* Teste de F em nível de significância de 1 %

(1) Fontes de variação

(2) Graus de liberdade

Em relação ao desdobramento da velocidade de deslocamento dentro das duas umidades dos grãos, verifica-se que em ambos os desdobramentos ocorreram efeitos dos tratamentos (Tabela 15). Com relação ao grau de umidade de 16 %, verifica-se pela Tabela 16 que as menores falhas de germinação ocorreram nas velocidades de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$  e  $0,77 \text{ m s}^{-1}$  e, no grau de umidade de 22 %, a velocidade de  $1,42 \text{ m s}^{-1}$  foi a que apresentou o menor percentual de falhas de germinação, superando as outras duas velocidades de deslocamento que não variaram estatisticamente entre si.



Tabela 16 – Resumo dos resultados dos desdobramentos do grau de umidade dos grãos *versus* velocidade de deslocamento para dados de perdas percentuais por falhas de germinação

INTERAÇÃO	Velocidade de 0,53 m s <sup>-1</sup>	Velocidade de 0,77 m s <sup>-1</sup>	Velocidade de 1,42 m s <sup>-1</sup>
Umidade de 16 %	6,87 a A	8,25 a A	14,93 a B
Umidade de 22 %	16,86 b B	14,45 b AB	10,20 a A

Nota: Para cada velocidade, letras minúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %. Para cada umidade, letras maiúsculas iguais nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de significância de 5 %

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os ensaios realizados possibilitaram resultados satisfatórios em termos de desempenho das colhedoras, pois foi comprovado o fato de que o aumento da velocidade de colheita, nos limites testado, é benéfico em relação à diminuição de perdas, diferentemente do que era esperado, com base no comportamento das colhedoras autopropelidas. Em contrapartida, com o aumento da velocidade de colheita, cresceram as porcentagens de impurezas encontradas junto aos grãos, para ambos os graus de umidade dos grãos, confirmando o efeito de ausência de um sistema integral de limpeza nas máquinas ensaiadas. Os graus de umidade, também proporcionaram níveis diferentes de perdas; com 16 %, obtiveram-se resultados mais satisfatórios do que com 22 %. Ambas as colhedoras não apresentaram perdas na plataforma, relacionando este fato às boas condições da lavoura, como a ausência de acamamento de plantas e baixa declividade do terreno. O baixo índice de perdas na trilha obtido no ensaio comprova a eficiência na debulha das colhedoras.

A colhedora de uma fileira apresentou maior eficiência no quesito perdas totais. Já nos indicadores de qualidade, impureza nos grãos, danos mecânicos e falhas na germinação, a colhedora de duas fileiras foi a mais eficiente.

O desempenho das colhedoras foi satisfatório nas velocidades de deslocamento e graus de umidades ensaiadas. Observa-se, com base nos resultados apresentados, que no grau de umidade de 16 % é possível executar a colheita com velocidades de deslocamento superiores às ensaiadas, ampliando a capacidade operacional das mesmas, tendo como principal fator limitante o embuchamento da colhedora. Além disso, a trafegabilidade relacionada com a declividade da área e os intervalos na escala de velocidade de deslocamento dos tratores.

Os resultados obtidos foram com regulagens específicas para as condições do ensaio, executadas pelo fabricante. Para outras condições de declividade, umidade dos grãos, variedades, produtividade, sugere-se regulagens específicas, sempre buscando a maior eficiência e produtividade da colhedora.

## 6 CONCLUSÕES

O método de ensaio adotado é efetivo para a avaliação do desempenho de colhedoras; o sistema desenvolvido para a coleta de material é eficiente, porém demanda disponibilidade de muitos colaboradores.

As perdas de separação e limpeza, trilha, separação e limpeza mais trilha e perdas totais são menores quando a colheita é realizada com a lavoura de milho com grãos contendo o menor grau de umidade (16 %) na maior velocidade de deslocamento adotada ( $1,52 \text{ m s}^{-1}$ ), para a colhedora de duas fileiras. Já a colhedora de uma fileira não apresentou diferenças significativas para tais variáveis.

Os teores de impurezas são maiores quando a colheita é executada com velocidades de deslocamento mais elevadas, tanto em lavoura com 16 % de umidade dos grãos como naquelas com 22 % de umidade, para ambas as colhedoras.

Não há diferença nos índices de danos mecânicos nos grãos colhidos com a colhedora de uma fileira, nas operações de colheita realizadas com grãos em grau de umidade de 16 e 22 % e com velocidades de  $0,53 \text{ m s}^{-1}$  a  $1,42 \text{ m s}^{-1}$ . Já a colhedora de duas fileiras apresentou melhores resultados com o grau de umidade dos grãos de 16% na menor velocidade de deslocamento ( $0,59 \text{ m s}^{-1}$ ).

Os grãos colhidos pela colhedora C2 apresentaram maior poder germinativo com a colheita realizada com os grãos contendo o menor grau de umidade adotado (16 %) e não apresentou diferença significativa para as velocidades de deslocamento. Já a colhedora C1 obteve menores falhas de germinação quando operou na menor velocidade de deslocamento ( $0,53 \text{ m s}^{-1}$ ) e com o menor grau de umidade (16 %), bem como na maior velocidade ( $1,42 \text{ m s}^{-1}$ ) e com o maior grau de umidade (22 %).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9740**: colhedora autopropelida de grãos – determinação das características técnicas e de desempenho. Rio de Janeiro, 1987. 13 p.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 309 p.

BEDUSCHI, L.C. **Estudo operacional e econômico de dois sistemas mecanizados de colheita de milho (*Zea mays* L.)**. 1986. 164 p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1986.

BELDIN, R.L.; SKROMME, A.B. Shelling attachment for mounted corn picker. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 40, n. 2, p. 87-91, 1959.

BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992. 365 p.

\_\_\_\_\_. **Perdas na agropecuária brasileira; relatório preliminar da Comissão Técnica para Redução das Perdas na Agropecuária**. Brasília, 1993. 15 p.

BURROUGH, D.E.; HARBAGE, R.P. Performance of a corn picker-sheller. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 34, n. 1, p. 21-22, 1953.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 424 p.

CIMILHO. Disponível em: <http://cimilho.cnpms.embrapa.br/mostranoticia.php?codigo=70>> Acesso em: 12 dez. 2007.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo\\_safra.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf)> Acesso em: 26 dez. 2007.

CLONINGER, F.D.; HORROCKS, R.D.; ZUBER, M.S. Effects of harvest date, plant density and hybrid on corn grain quality. **Agronomy Journal**, Madison, v. 67, n. 5, p. 693-695, 1975.

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

FAGUNDES, S.R.F.; CAMARGO, C.P.; VECHI, C. Considerações sobre dano mecânico e seu efeito na qualidade da semente de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO, 9., Recife, 1972. **Anais ...** Recife: UFRPE, CEGRF, 1972. p. 308-315.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 66 p.

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

FURLANI JUNIOR, J.A. **Desempenho da colhedora de milho Penha CLM-350**. 1973. 80 p. Tese (Doutor em Ciências) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 1973.

GADANHA JUNIOR, C.D.; MOLIN, J.P.; COELHO, J.L.D.; YAHN, C.H.; TOMOMORI, S.M.A.W. **Máquinas e implementos agrícolas do Brasil**. São Paulo: Manole, 1991. 468 p.

GARCIA, J.C. Produção brasileira em 2002/2003 pode mudar cenário mundial. **Revista Brasileira Agropecuária**, São Paulo, v.3, n. 17, p. 9-10, 2003.

GERAGE, A.C.; CARVALHO, A.O.R.; SILVA, W.R. Colheita e processamento. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **O milho no Paraná**. Londrina, 1982. p. 165-177.

GLANZE, P. **Technical fundamentals of grain maize in tropical and subtropical regions**. Berlin: Leipzig, 1972. 196 p.

GOODSELL, S.F. What damages seed corn? Cold test detects problem. **Crops and Soils**, Madison, v. 16, n. 7, p. 21, 1964.

GREEN, D.E.; CAVANAH, L.E.; PINNEL, E.L. Effect of seed moisture content, field weathering and combine cylinder speed on soybean seed quality. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 7-10, 1966.

GRIFFIN, G.A. Combine harvesting. In: JOHN DEERE COMPANY. **Fundamentals of machine operation**. 4<sup>th</sup> ed. Illinois: Malone, 1991, . 216p.

HALL, G.E. Damage during handling of shelled corn and soybeans. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 17, n. 2, p. 335-338, 1974.

HENNIGEN, J. Colheita mecânica da cultura do milho. **IPAGRO Informa**, Porto Alegre, v. 20, p. 5-6, 1978.

KELLER, D.L.; CONVERSE, H.H.; HODGES, T.O; CHUNG, D.S. Corn Kernel damage due to high velocity impact. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 15, p. 330-332, 1972.

KEPNER, R.A.; BAINER, R.; BARGER, E.L. **Principles of farm machinery**. 2<sup>nd</sup> ed. Westport: AVI Publ., 1972. 486 p.

KLEIN, V.A.; RAMBO, A.C.; LIMA, G.M. Danos mecânicos provocados em grãos de milho em colheita mecanizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Anais ...** Jaboticabal: SBEA, 1996. 1 CD-ROM.

KYDD, H.D. **Measuring combine capacity**. PAMI - Prairie Agricultural Machinery Institute, 1980. Disponível em: <[http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/ba3468a2a8681f69872569d60073fde1/a9b9bcc4fc6ba76187256e040062421f/\\$FILE/157.PDF](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/ba3468a2a8681f69872569d60073fde1/a9b9bcc4fc6ba76187256e040062421f/$FILE/157.PDF)>. Acesso em: 12 mar. 2007.

LIMA, C.M.; MOLIN, J.P.; ARAÚJO, J.C.; FLEMING, W.; PEREIRA, A.J. Avaliação do desempenho de uma colhedora semi-montada para colheita mecanizada direta de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais ...** Jaboticabal: SBEA, 2007. 1 CD-ROM.

MACIEL, V.S. **Perdas e danificações mecânicas de sementes de arroz (*Oryza sativa* L.) durante a colheita**. 1977. 81p. Tese (Mestre em Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas. 1977.

MANTOVANI, B.H.M.; FONTES, R.A. **Secagem e armazenamento de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 35 p. (Boletim Técnico, 2).

MANTOVANI, E.C. **Colheita mecânica do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, 1989. 4 p.

MARLEY, S.J.; AYRES, G.E. Influence of planting and harvesting dates on corn yield. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 15, n. 2, p. 228-231, 1972.

MELLO, A.J.R. **Produtividade e perdas na colheita de dois cultivares híbridos de milho em função da velocidade de semeadura (*Zea mays* L.)**. 2006. 65 p. Tese (Mestre em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal. 2006.

MESQUITA, C.M.; COSTA, N.P.; PEREIRA, J.E.; MAURINA, A.C.; ANDRADE, J.G.M. Caracterização da colheita mecanizada de soja no Paraná. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 21, n. 2, p. 197-205, 2001.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1974. 301 p.

\_\_\_\_\_. **Máquinas para colher cereais**. Piracicaba: ESALQ, 1984. 66 p.

MOLIN, J.P.; OLIVEIRA, M.D.A.; MAZZOTTI, H.C. Método volumétrico para estimativa de perdas na colheita na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais ...** Lavras: UFLA; SBEA, 1998. v. 3, p. 184-186.

NAGAGAWA, J. Produção de sementes. In: REUNIÃO ANUAL DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DA ADMINISTRAÇÃO DE PERNAMBUCO, 26., 1986, Belém. **Anais ...** Brasília: ABEAS, 1986. p. 24-8.

OLIVEIRA, M.E.C.; ALMEIDA, F.A.C.; OLIVEIRA, F.M.M.; BARROS NETO, J.J.S.; GOUVEIA, J.P.G. Danificações em sementes de milho decorrente da debulha e teor de umidade na colheita. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 1-12, 2005.

ORTIZ-CAÑAVATE, J. **Las máquinas agrícolas y su aplicación**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 490 p.

PICKARD, G.E. Laboratory studies of corn combining. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 36, n. 12, p. 792-974, 1955.

PORTELLA, J.A. Influência do ponto de colheita nas perdas de grãos de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais ...** Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.

PRADO, H. do. **Solos do Brasil**. 4.ed. Piracicaba, Ceres, 2005. 281 p.

QUICK, G.R.; BUCHELE, W. **The grain harvesters**. St. Joseph: ASAE, 1978. 269 p.

RICHEY, C.B.; JACOBSON, P.; HALL, C.W. **Agricultural engineers handbook**. New York: McGraw-Hill, 1961. 880 p.

RIDENOUR, H.E. **Combines and combining**. Columbus: Ohio Agricultural Education Curriculum Materials, 1981. 141 p.

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

SANTOS, J.P. **Pragas de grãos armazenados**. Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/colpragas.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2005.

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

SATO, O. **Efeito da seleção de espigas e da debulha na qualidade física e fisiológica das sementes de milho (*Zea mays*, L.)**. 1991. 110 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

SGARBI, V.P. **Perdas na colheita de milho (*Zea mays* L.) em função da rotação do cilindro trilhador e umidade dos grãos**. 2006. 33 p. Trabalho (Graduação) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

SILVA, R.P.; CAMPOS, M.A.O.; MESQUITA, H.C.B.; ZABANI, S. Perdas na colheita mecanizada de milho no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba-MG. **Fazu em Revista**. Uberaba, v. 1, n. 1, p. 3-10, 2004.

SILVEIRA, G.M. As colhedoras. In: RIPOLI, T.C.C. **Coletânea de artigos sobre mecanização e máquinas agrícolas**. Piracicaba: ESALQ, 1987. v. 3, p. 16-17.

SCHMEIDER LOGEMANN & CIA. **Manual de operação**. Horizontina, 1988a. 8 p.

\_\_\_\_\_. **Perdas na colheita: a solução está em suas mãos**. Horizontina, 1988b. 13 p.

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, p. 21-29, 2002.

SRIVASTAVA, A.K.; HERUM, F.L. **Impact parameters related to physical damage to corn kernels**. St. Joseph: ASAE, 1974. 25 p. (ASAE Paper, 74).

SRIVASTAVA, A.K.; GOERING, C.E.; ROHRBACH, R.P. **Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph: ASAE, 1993. 601 p. (Series, 6).

TOLEDO, F.F. de. Estabelecimento de campos de sementes. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS. **Importância das sementes**. Lavras, 1977. p. 125-154.

YOUNG, O. L. Pick slower and save corn. **Farm Implement News**, Chicago, n.9, p. 8-11, 1953.

ZABANI, S.; SILVA, R.P. da; CAMPOS, M.A.O.; BUSO, L.G.M.; MESQUITA, H.C.B. Perdas na colheita de soja em duas propriedades na safra de 2002/2003. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais ...** Goiânia: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.



**ANEXOS**

Tabela 17 – Resumo das perdas quantitativas em função da velocidade de deslocamento das colhedoras e o grau de umidade dos grãos

Perdas							
Colhedoras	Grau de umidade dos grãos (%)	Velocidade de deslocamento $\text{ms}^{-1}$	Perdas de plataforma (%)	Perdas de separação e limpeza (%)	Perdas de trilha (%)	Perdas de separação e limpeza mais trilha (%)	Perdas totais (%)
Uma fileira	16	0,53	0,00	1,19	0,00	1,19	1,19
	16	0,77	0,00	1,25	0,00	1,25	1,26
	16	1,42	0,00	1,06	0,01	1,06	1,06
	22	0,53	0,00	1,92	0,06	2,15	2,15
	22	0,77	0,00	1,05	0,01	1,06	1,06
	22	1,42	0,00	2,13	0,12	2,26	2,26
Duas fileiras	16	0,59	0,02	2,49	0,04	2,53	2,55
	16	0,85	0,01	2,18	0,01	2,20	2,20
	16	1,52	0,01	1,41	0,01	1,42	1,43
	22	0,59	0,01	6,97	0,16	7,13	7,14
	22	0,85	0,03	4,50	0,09	4,59	4,62
	22	1,52	0,06	3,54	0,20	3,74	3,80

Tabela 18 – Resumo das perdas qualitativas em função da velocidade de deslocamento das colhedoras e o grau de umidade dos grãos

Indicadores de qualidade					
Colhedoras	Grau de umidade dos grãos (%)	Velocidade de deslocamento $\text{ms}^{-1}$	Impureza nos grãos (%)	Danos mecânicos nos grãos (%)	Falhas na germinação (%)
Uma fileira	16	0,53	0,49	22,33	7,00
	16	0,77	0,38	20,17	8,67
	16	1,42	0,65	23,67	15,00
	22	0,53	0,19	25,83	17,33
	22	0,77	0,28	23,17	14,67
	22	1,42	1,13	24,83	10,33
Duas fileiras	16	0,59	0,16	11,83	10,00
	16	0,85	0,22	14,67	6,00
	16	1,52	0,27	14,17	9,67
	22	0,59	0,45	18,17	9,33
	22	0,85	0,25	13,50	12,67
	22	1,52	0,41	13,50	13,00

## RESULTADOS PARA A COLHEDORA DE UMA FILEIRA - PERDAS

Perdas na plataforma da colhedora JM-350						
Velocidade $\text{m s}^{-1}$	Umidade %	Média %	Máxima %	Mínima %	D.P.	C.V.
0,53	16	0,00	0,00	0,00	0,0006	36,71
0,77	16	0,00	0,00	0,00	0,0029	119,78
1,42	16	0,00	0,00	0,00	0,0023	167,61
0,53	22	0,00	0,00	0,00	0,0020	128,93
0,77	22	0,00	0,01	0,00	0,0035	244,95
1,42	22	0,00	0,01	0,00	0,0022	138,61

### PERDAS NA PLATAFORMA JM-350

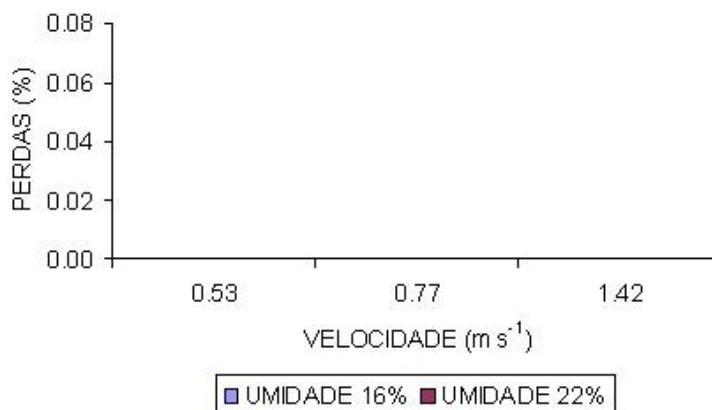


Figura 18 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas de plataforma

Separação e limpeza da colhedora de uma fileira						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,53	16	1,19	2,03	0,58	0,5659	47,43
0,77	16	1,25	2,50	0,47	0,7603	60,69
1,42	16	1,06	2,23	0,56	0,613	58,04
0,53	22	1,92	4,90	1,20	1,4064	67,60
0,77	22	1,05	1,53	0,60	0,2423	23,15
1,42	22	2,13	8,54	0,60	3,1484	147,48

#### SEPARAÇÃO E LIMPEZA JM-350

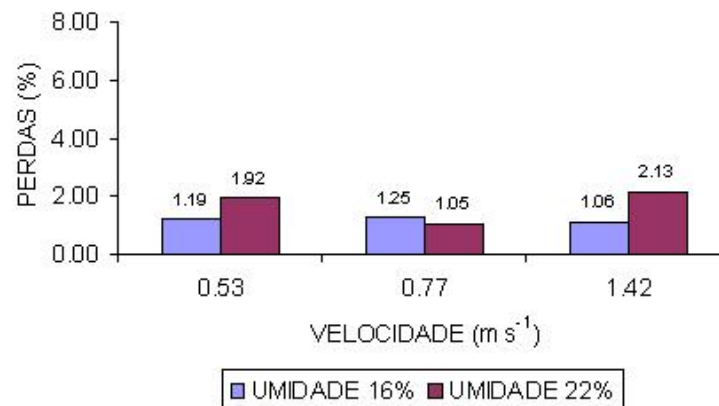


Figura 19 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas de separação e limpeza

Perdas de trilha da colhedora de uma fileira						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,53	16	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00
0,77	16	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,00
1,42	16	0,01	0,04	0,00	0,0153	244,95
0,53	22	0,06	0,39	0,00	0,1587	244,95
0,77	22	0,01	0,05	0,00	0,0223	244,95
1,42	22	0,12	0,75	0,00	0,3056	244,95

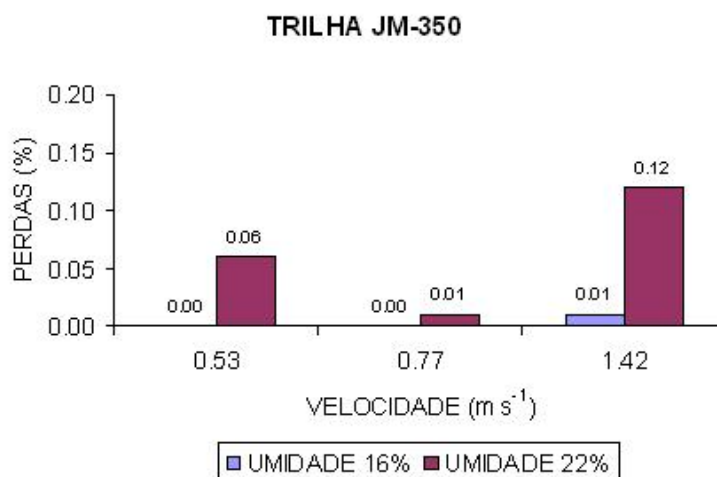


Figura 20 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas de trilha

Separação e limpeza mais trilha da colhedora de uma fileira						
Velocidade $m s^{-1}$	Umidade %	Média %	Máxima %	Mínima %	D.P.	C.V.
0,53	16	1,19	2,03	0,58	0,5658	47,43
0,77	16	1,25	2,50	0,47	0,7603	60,69
1,42	16	1,06	2,26	0,56	0,6272	59,05
0,53	22	2,15	5,29	1,20	1,5627	72,84
0,77	22	1,06	1,53	0,90	0,2377	23,78
1,42	22	2,26	9,29	0,60	3,4532	152,82

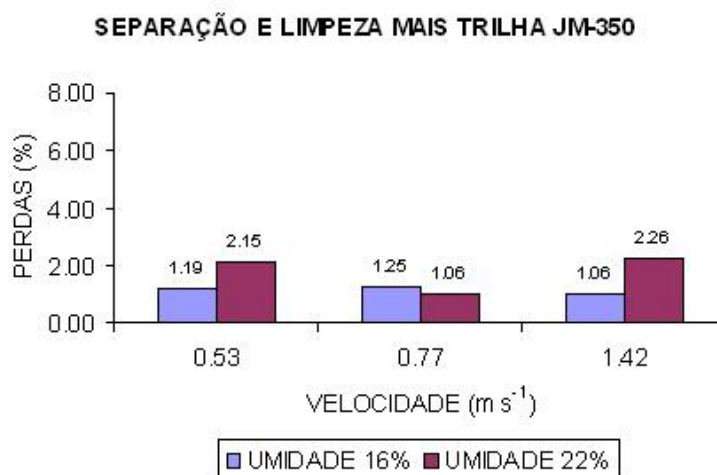


Figura 21 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas de separação e limpeza mais trilha

Perdas totais da colhedora de uma fileira						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,53	16	1,19	2,03	0,58	0,5655	47,38
0,77	16	1,26	2,50	0,47	0,7585	60,42
1,42	16	1,06	2,26	0,56	0,6263	58,87
0,53	22	2,15	5,29	1,20	1,5625	72,81
0,77	22	1,06	1,53	0,90	0,2368	22,40
1,42	22	2,26	9,29	0,60	3,4335	152,73

PERDAS TOTAIS JM-350

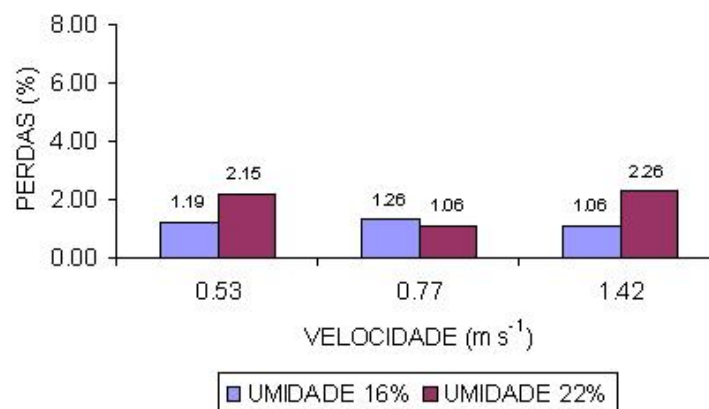


Figura 22 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas totais



## RESULTADOS PARA A COLHEDORA DE DUAS FILEIRAS - PERDAS

Perdas na plataforma da colhedora de duas fileiras						
Velocidade $\text{m s}^{-1}$	Umidade %	Média %	Máxima %	Mínima %	D.P.	C.V.
0,59	16	0,02	0,09	0,00	0,0329	145,28
0,85	16	0,01	0,01	0,00	0,0040	58,60
1,52	16	0,01	0,02	0,00	0,0076	116,05
0,59	22	0,01	0,01	0,00	0,0060	114,95
0,85	22	0,03	0,14	0,00	0,0545	164,23
1,52	22	0,06	0,19	0,00	0,0768	137,43

### PERDAS NA PLATAFORMA JM-380

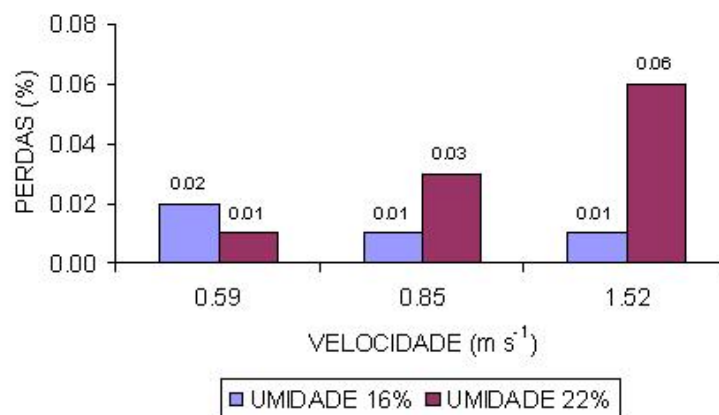


Figura 23 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas na plataforma

Separação e limpeza da colhedora de duas fileiras						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,59	16	2,49	3,60	1,57	0,7947	31,92
0,85	16	2,18	3,33	1,79	0,6043	27,68
1,52	16	1,41	2,45	0,40	0,8748	62,03
0,59	22	6,97	8,53	5,71	0,9756	14,00
0,85	22	4,50	7,41	1,55	1,9960	44,34
1,52	22	3,54	6,98	0,77	2,1016	59,38

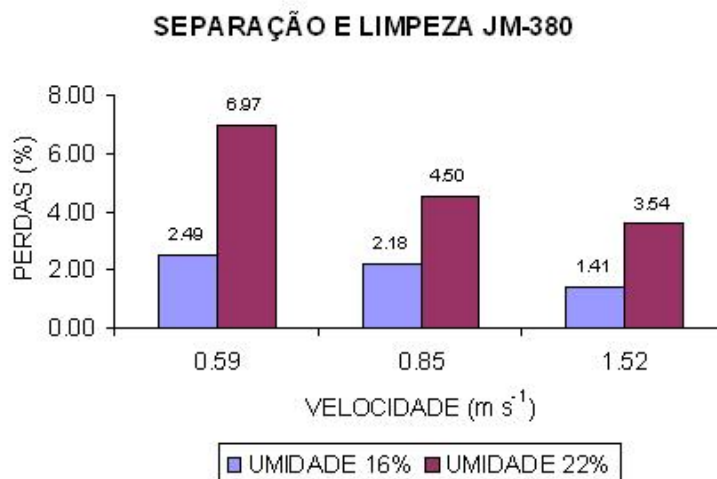


Figura 24 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas de separação e limpeza

Perdas de Trilha da colhedora de duas fileiras						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,59	16	0,04	0,24	0,00	0,0988	244,95
0,85	16	0,01	0,04	0,00	0,0209	155,31
1,52	16	0,01	0,04	0,00	0,0157	115,33
0,59	22	0,16	0,28	0,03	0,0981	60,64
0,85	22	0,09	0,16	0,00	0,0617	69,59
1,52	22	0,20	0,54	0,00	0,2064	101,57

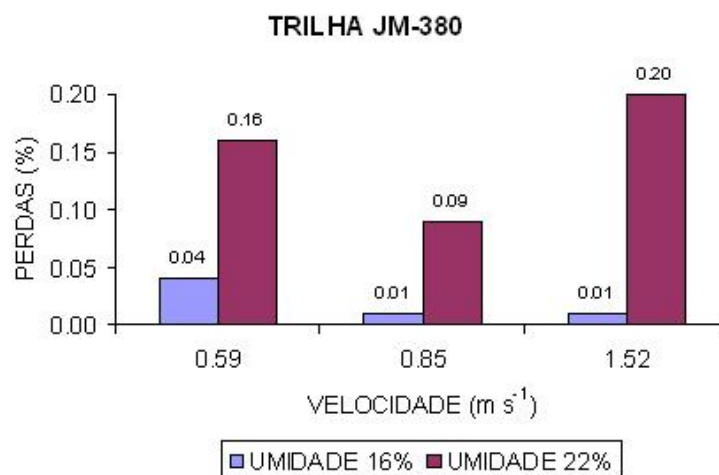


Figura 25 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas de trilha

Separação e limpeza mais trilha da colhedora de duas fileiras						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,59	16	2,53	3,60	1,57	0,7459	29,49
0,85	16	2,20	3,33	1,79	0,6030	27,45
1,52	16	1,42	2,47	0,40	0,8887	62,41
0,59	22	7,13	8,65	5,73	1,0108	14,17
0,85	22	4,59	7,55	1,55	2,0476	44,61
1,52	22	3,74	6,98	0,90	2,1105	56,40

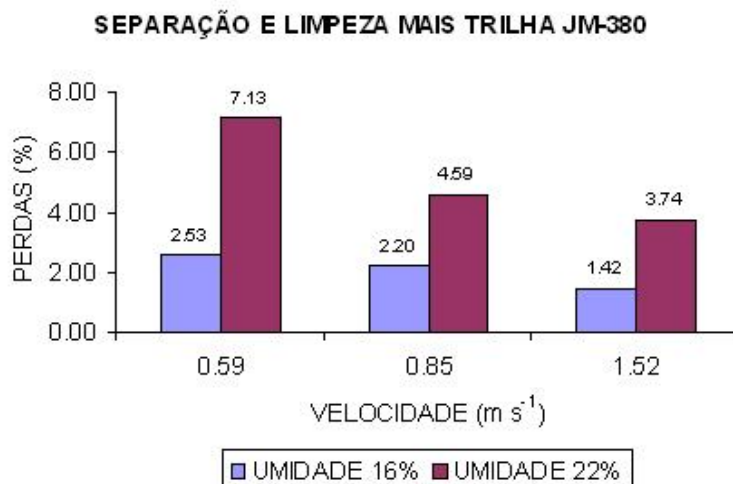


Figura 26 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas de separação e limpeza mais trilha

Perdas totais da colhedora de duas fileiras						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,59	16	2,55	3,61	1,59	0,7536	29,54
0,85	16	2,20	3,34	1,79	0,6057	27,48
1,52	16	1,43	2,47	0,40	0,8927	62,40
0,59	22	7,14	8,65	5,74	1,0106	14,16
0,85	22	4,62	7,58	1,69	2,0135	43,55
1,52	22	3,80	7,16	0,94	2,1671	57,06

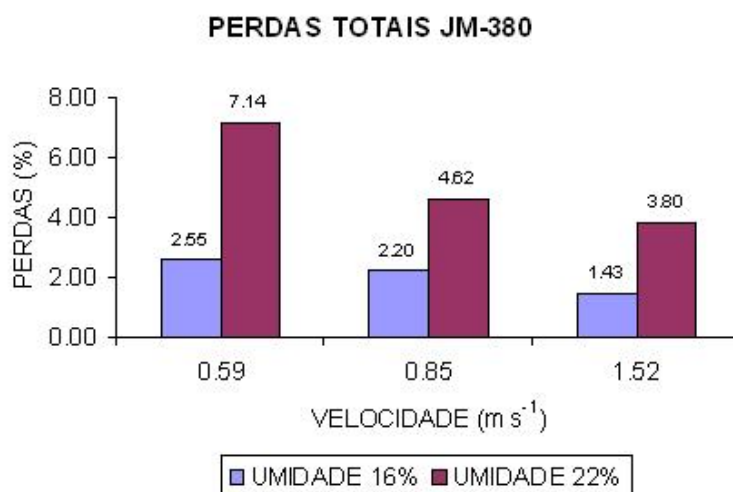


Figura 27 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita nas perdas totais

## RESULTADOS PARA A COLHEDORA DE UMA FILEIRA - INDICADORES DE QUALIDADE

Impureza nos grãos da colhedora de uma fileira						
Velocidade $m s^{-1}$	Umidade %	Média %	Máxima %	Mínima %	D.P.	C.V.
0,53	16	0,49	1,95	0,03	0,7217	147,30
0,77	16	0,38	0,53	0,16	0,1612	42,23
1,42	16	0,65	0,88	0,35	0,1940	29,99
0,53	22	0,19	0,35	0,00	0,1164	61,29
0,77	22	0,28	0,72	0,16	0,2178	77,34
1,42	22	1,13	4,28	0,04	1,5702	139,37

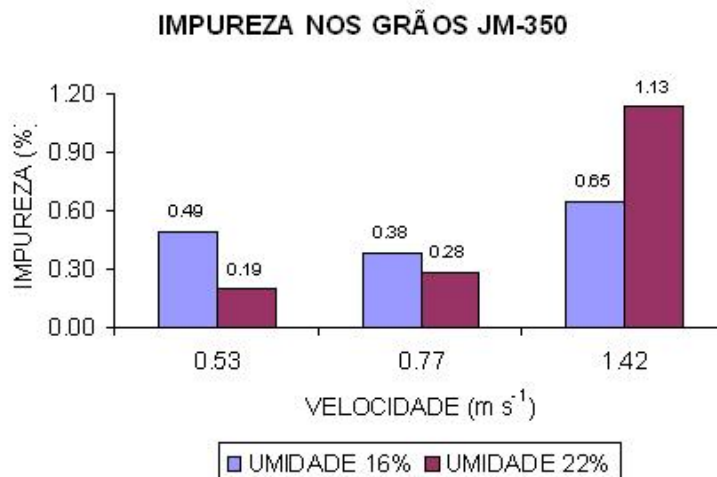


Figura 28 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita na % de impureza nos grãos

Danos mecânicos nos grãos da colhedora de uma fileira						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,53	16	22,33	29,00	15,00	5,1640	23,12
0,77	16	20,17	24,00	14,00	3,8687	19,18
1,42	16	23,67	27,00	18,00	3,5590	15,04
0,53	22	25,83	30,00	23,00	2,6394	10,22
0,77	22	23,17	28,00	20,00	3,0605	13,21
1,42	22	24,83	35,00	17,00	6,2102	25,01

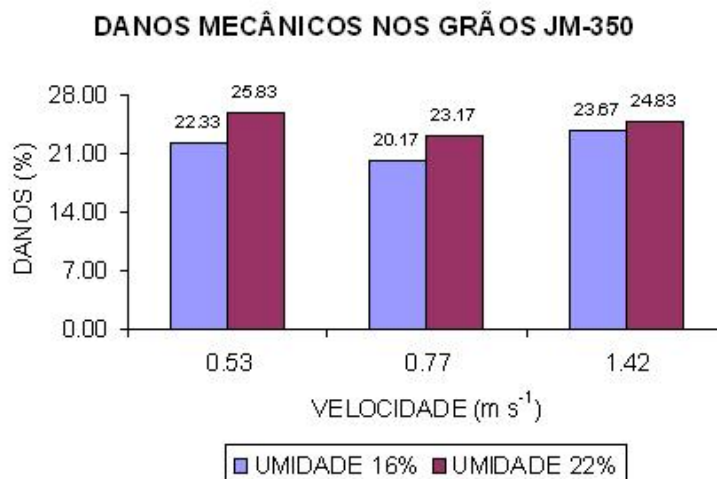


Figura 29 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita na % de danos mecânicos nos grãos

Falhas na germinação da colhedora de uma fileira						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,53	16	7,00	10,00	4,00	2,0976	29,97
0,77	16	8,67	16,00	4,00	4,5019	51,94
1,42	16	15,00	18,00	12,00	2,4495	16,33
0,53	22	17,33	28,00	10,00	7,0048	40,41
0,77	22	14,67	18,00	8,00	3,9328	26,81
1,42	22	10,33	16,00	8,00	2,9439	28,49

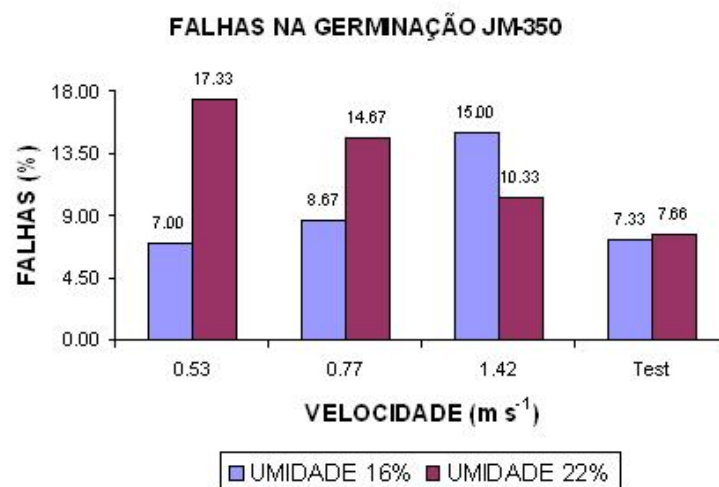


Figura 30 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita na % de falhas na germinação



## RESULTADOS PARA A COLHEIRA DE UMA FILEIRA - INDICADORES DE QUALIDADE

Impureza nos grãos da colhedora de duas fileiras						
Velocidade $m s^{-1}$	Umidade %	Média %	Máxima %	Mínima %	D.P.	C.V.
0,59	16	0,16	0,21	0,05	0,0566	35,36
0,85	16	0,22	0,44	0,06	0,1480	67,77
1,52	16	0,27	0,66	0,13	0,1952	72,31
0,59	22	0,45	1,00	0,00	0,3801	85,41
0,85	22	0,25	0,58	0,00	0,2055	81,64
1,52	22	0,41	0,82	0,00	0,3619	88,26

### IMPUREZA NOS GRÃOS JM-380

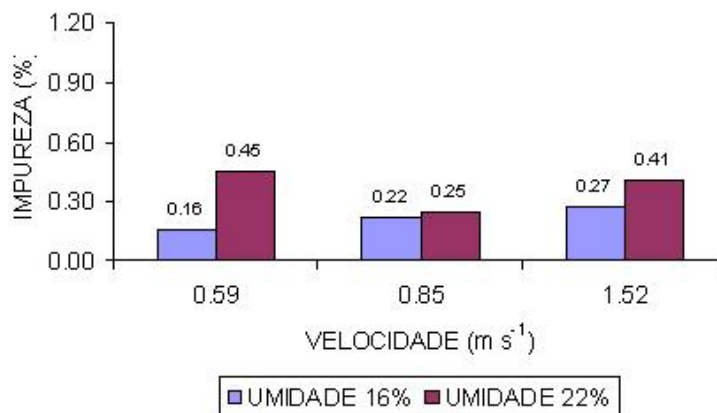


Figura 31 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita na % de impureza nos grãos

Danos mecânicos nos grãos da colhedora de duas fileiras						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,59	16	11,83	18,00	9,00	3,4303	28,99
0,85	16	14,67	19,00	12,00	2,5820	17,60
1,52	16	14,17	19,00	10,00	3,4303	24,21
0,59	22	18,17	22,00	11,00	4,0702	22,40
0,85	22	13,50	17,00	9,00	2,7386	20,29
1,52	22	13,50	17,00	9,00	2,7386	20,29

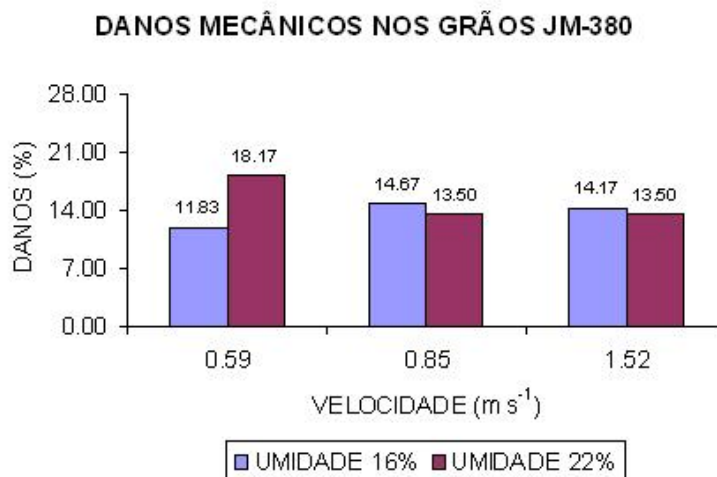


Figura 32 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita na % de danos mecânicos nos grãos

Falhas na germinação da colhedora de duas fileiras						
Velocidade	Umidade	Média	Máxima	Mínima	D.P.	C.V.
$m s^{-1}$	%	%	%	%		
0,59	16	10,00	18,00	4,00	5,2154	52,15
0,85	16	6,00	12,00	2,00	3,3466	55,78
1,52	16	9,67	14,00	4,00	4,4572	46,11
0,59	22	9,33	14,00	6,00	3,0111	32,26
0,85	22	12,67	18,00	8,00	4,1312	32,61
1,52	22	13,00	20,00	6,00	5,7619	44,32

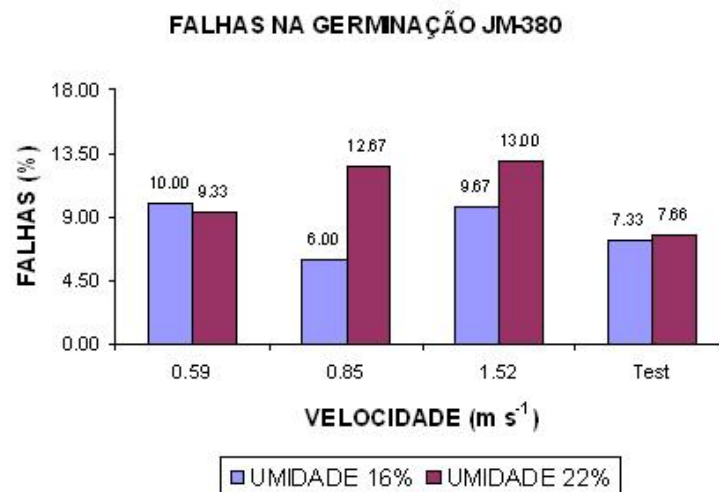


Figura 33 - Efeito da velocidade de deslocamento da colhedora e umidade de colheita na % de falhas na germinação

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)