

PERDAS VISÍVEIS DE CANA-DE-AÇÚCAR EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO DA COLHEDORA

VISIBLE LOSSES OF SUGAR CANE AS AFFECTED BY SHIFTING SPEED OF HARVESTER

¹CREPALDI, L.D.; ²SILVA, L.A.P.; ³SILVEIRA, L.M; ⁴STEINER, F.

¹⁻⁴ Departamento de Agronomia – Faculdades Integradas de Ourinhos-FIO/FEMM

RESUMO

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar vem se expandindo cada vez mais, com a proibição de queimas houve uma grande preocupação com a colheita, assim tornando parcialmente mecanizada. No entanto, as perdas visíveis na colheita mecanizada são elevadas, se aproximando de 15% do total da cana-de-açúcar colhida, sistema surge como uma alternativa necessária para o processo de produção da cultura, viabilizando as perdas decorrentes desse processo. Considerando-se a importância do problema, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as perdas visíveis de cana-de-açúcar em função da velocidade de deslocamento da colhedora de cana picada de duas linhas. Os tratamentos foram representados pelas velocidades de deslocamento da colhedora de 2,0; 3,0 e 4,0 km h⁻¹. A velocidade de deslocamento da colhedora não influenciou nas perdas visíveis totais e de pedaços de cana-de-açúcar. O aumento da velocidade de avanço da colhedora de 2,0 km h⁻¹ para 4,0 km h⁻¹ proporcionou uma redução das perdas de cana inteira, cana ponta, toletes e de lascas de cana-de-açúcar. A colhedora de duas linhas apresentou perdas médias de cana-de-açúcar de 4.311 kg ha⁻¹ (2,97%) na operação de colheita. As colhedoras de cana-de-açúcar de duas linhas podem trabalhar a uma velocidade média de 4,0 km h⁻¹, aumentando sua capacidade operacional na colheita, em área sem declividade e com produtividade média de 145 t ha⁻¹, sem influenciar nas perdas visíveis de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Colheita Mecanizada. Velocidade de Deslocamento. Colhedora. Capacidade Operacional.

ABSTRACT

The mechanized harvest of sugar cane has been expanding more and more, especially with the burn ban was a major concern with the harvest, thus becoming partially mechanized. However, visible losses in mechanized harvest are high; approaching 15% of the total sugar cane harvested system emerges as a necessary alternative to the process of crop production, enabling the losses resulting from this process. Considering the importance of the problem, the present study aimed to evaluate the visible losses of cane sugar depending on the displacement speeds of sugar cane harvester. The treatments consisted speeds harvester displacement of 2.0, 3.0 and 4.0 km h⁻¹. The speed of the harvester did not affect the apparent total loss and pieces of sugar cane. The increase in harvester displacement speed of 2.0 km h⁻¹ to 4.0 km h⁻¹ led to a reduction in losses of whole cane tip cuttings and slivers of cane sugar. The harvester two lines showed average losses of sugar cane 4.311 kg ha⁻¹ (2.97%) in the harvest operation. Sugar cane harvester's two lines can work at an average speed of 4.0 km h⁻¹, increasing its operational capacity at harvest in an area with no slope and average productivity of 145 t ha⁻¹, without influencing in the visible losses of cane sugar.

Keywords: Mechanized Harvest. Displacement Speed. Harvester. Operational Capability.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) está entre as culturas mais importantes do agronegócio brasileiro. No século passado, o setor sucroalcooleiro dependia exclusivamente da mão-de-obra humana para realizar o corte da cana-de-açúcar.

Nos últimos anos, o avanço da mecanização na colheita da cana-de-açúcar ocorre principalmente em áreas com topografia adequada, ou seja, com

declividades menores que 12%. Contudo, ainda são necessárias algumas alterações técnicas, como: sistematização dos solos e dimensionamento de talhões para evitar excesso de manobras; determinação do espaçamento mais adequado associado a um paralelismo na sulcação, para que evite o pisoteio da soqueira, além da adoção de variedades adequadas à colheita mecanizada, havendo ainda as mudanças que tratam do rendimento operacional das máquinas, melhoria na qualidade de matéria-prima colhida e na redução das perdas, o que proporciona ganhos em rendimento operacional e produtividade agrícola para a cultura. (BENEDINI; DONZELLI, 2007).

Estudos mostram que na colheita manual as perdas visíveis raramente ultrapassam 5%. No entanto, com as máquinas, esse percentual pode atingir 15%, fato que se reflete diretamente na produtividade. Desta forma, as usinas de açúcar e álcool vêm buscando cada vez mais inovar a mecanização nos canaviais, mas com a preocupação de controlar custos, não perder a qualidade e diminuir cada vez mais as perdas visíveis de cana-de-açúcar no campo. Por estes motivos as avaliações de perdas pelas colhedoras de cana-de-açúcar picada de duas linhas vêm sendo de fundamental importância para o gerenciamento da operação pelas usinas, para que se possa atuar no processo e efetuar as correções necessárias para reduzir sua incidência, quando os valores determinados forem muito elevados.

Os principais fatores de perdas no processo de colheita mecanizada que estão associados ao canavial são: (i) produtividade; (ii) características varietais associados ao hábito de crescimento das touceiras, tombamento, uniformidade em altura e diâmetro dos colmos, teor de fibra, quantidade de palha aderida e folhas verdes, comprimento do palmito e outros; (iii) existência de sulco fundo no plantio, depressões entrelinhas e torrões junto à base das touceiras; (iv) dificuldade para visualizar a base das touceiras (principalmente à noite); (v) padronização do espaçamento entre linhas da cana; (vi) topografia e uniformidade do terreno; e, (vii) sistematização do plantio (BENEDEDINI et al., 2009).

Dos fatores operacionais os principais são aqueles que envolvem: (i) perícia e capacitação dos operadores de colhedora e operadores de transbordo; (ii) o sincronismo entre a velocidade e distância colhedora/transbordo; (iii) o estado e regulação dos órgãos ativos das colhedoras, principalmente facas de corte de base e dos selecionados de toletes, correntes do elevador e hélice dos exautores; (iv) a velocidade de deslocamento da colhedora compatível com o estado do

canavial; (v) a rotação do exaustor primário da colhedora; e (vi) a altura de carga transportada. (BENEDEDINI et al., 2009).

A quantificação destas perdas facilita as correções de falhas operacionais. As referentes às características do canavial poderão ser apenas minimizadas, principalmente com a redução da velocidade da colheita.

A velocidade de deslocamento das colhedoras de cana-de-açúcar é influenciada diretamente pelas condições da cultura e do terreno, assim a máquina com uma velocidade elevada, sua capacidade operacional será maior. Segundo as especificações do fabricante, as colhedoras podem trabalhar com velocidades de até $9,0 \text{ km h}^{-1}$, mas atualmente na empresa não têm ultrapassado os $6,0 \text{ km h}^{-1}$, possivelmente devido à falta de sistematização dos talhões, as maiores velocidades levam um aumento de perdas, por conter maior massa a ser processada pela colhedora, assim a velocidade deve ser ajustada em função das características do talhão, porte do canavial e produtividade do canavial. (RIPOLI; RIPOLI, 2004).

As usinas de açúcar e etanol vêm buscando cada vez mais mecanizar os canaviais, mas com a preocupação de controlar custos, não perder a qualidade e diminuir cada vez mais as perdas de cana-de-açúcar no campo. Por estes motivos as avaliações de perdas pelas colhedoras de cana picada vêm sendo de fundamental importância para o gerenciamento da operação pelas usinas. (MELLO, 2007).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo obter informações sobre as perdas visíveis de cana-de-açúcar em função da velocidade de deslocamento da colhedora de cana picada de duas linhas (John Deere 3522).

MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos e determinações de campo foram realizados na Usina de Açúcar e Etanol Jacarezinho, localizada no município de Jacarezinho, na região norte do Estado do Paraná. A usina possui capacidade de moagem de 12.500 toneladas de cana-de-açúcar por dia e com uma meta de 2.200.000 de toneladas no ano de 2013/14.

Os tratamentos foram sequenciais nas mesmas linhas de cana-de-açúcar, ou seja, a cada 150 m de cana-de-açúcar colhidas, tinha se um novo tratamento. Os tratamentos foram representados pelas velocidades de deslocamento da colhedora de 2,0; 3,0 e 4,0 km h^{-1} .

O talhão correspondeu uma área total de 12.000 m² (1000 m x 12 m), constituía um comprimento médio de 1000 metros linear por 12 linhas de cana-de-açúcar, cada tratamento foi demarcado à distância equivalente a 100 m linear por 12 m (equivalente a 12 linhas de cana-de-açúcar), que corresponde a uma área útil de 1.200 m², dentro desta área posicionou o gabarito de 2,4 x 3,0 m, totalizando uma área de 7,20 m². Onde as perdas de cana-de-açúcar no campo foram determinadas pela quantidade de matéria-prima industrializável que permaneceu no campo após a passagem da colhedora. O talhão não apresentava nenhuma declividade. Buscou-se estabelecer um padrão na área amostrada, para que não houvesse interferência em razão na desigualdade.

A colheita ocorreu com a queima prévia do canavial e o espaçamento utilizado era de 0,9 x 1,50 m. O talhão em que foi realizada a colheita era implantado com a variedade RB 96-6928 (1º corte de cana de ano e meio, ou seja, cana de 18 meses) com uma produtividade média de 145 TCH.

A máquina utilizada foi uma colhedora de cana-de-açúcar de duas linhas da marca John Deere série 3522, ano de fabricação 2013, com potencia de 380 CV, rodado de esteira. A colhedora possuía faquinhas novas e facão médio, com angulação de corte da base de 13º. O motor do extrator primário operou em na rotação de 800 rpm e a rotação do motor foi de 2100 rpm. A colhedora operou no canavial acompanhado de um trator Valtra 4x2 TDA de 165 CV, acoplado ao transbordo com capacidade de 20 toneladas, na mesma velocidade de deslocamento.

O cálculo das perdas visíveis foi obtido por meio da porcentagem de cada perda classificada do material coletado no gabarito, conforme fórmula abaixo.

$$\text{Perdas (\%)} = \frac{\text{Perdas no campo (t ha}^{-1}\text{)}}{\text{Produtividade do canavial (t ha}^{-1}\text{)} + \text{Perdas no campo (t ha}^{-1}\text{)}} \times 100$$

Na área demarcada, as sobras de cana foram coletadas e os componentes separados e pesados na seguinte forma: cana inteira, pedaços de cana, lascas, toletes, toco e cana ponta (cana agregada ao ponteiro). Estes componentes são caracterizados a seguir: **(i) Cana Inteira:** é a cana que fica solta ou presa na superfície do solo. O seu comprimento atinge valor maior que 2/3 do comprimento médio estimado de colmos do canavial em estudo; **(ii) Pedaços de cana:** é o pedaço da cana de forma visível que não apresenta características que o definem

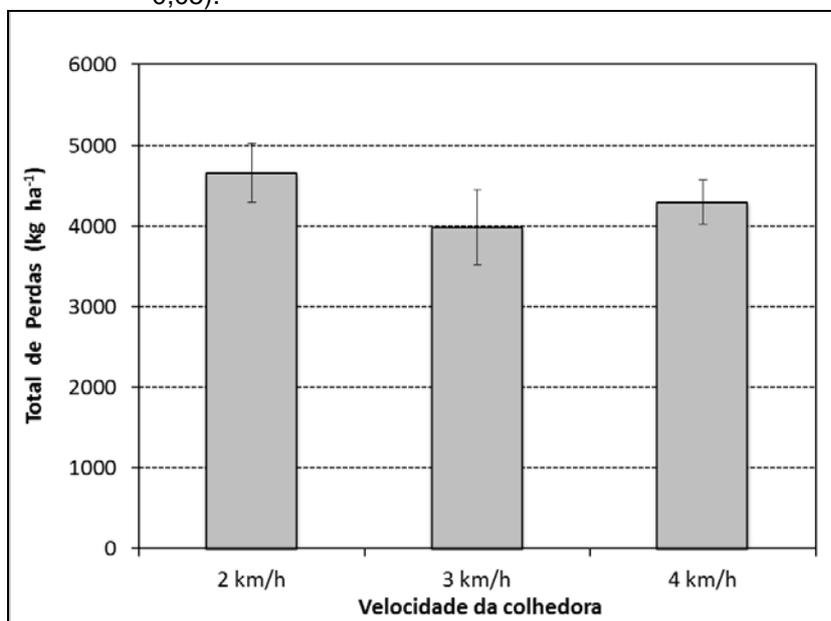
como toco, ponteira, cana inteira, fixa ou solta, pedaço fixo, tolete, rizoma e soqueira; isto é, não se enquadra em nenhuma das definições dos itens que são denominados a seguir; **(iii) Tolete:** é o pedaço de cana esmagado ou não, cujas as extremidades se apresentam com as seguintes características de cortes pela colhedora; cortes lisos pelo facão picador nas duas extremidades ou corte grosseiro pelo cortador de base em uma das extremidades e liso na outra; **(iv) Lascas:** são pequenos pedaços de forma não definida, resultantes do impacto de toletes com as hélices dos exaustores, normalmente com partes esfiapadas. Sua presença fornece evidências de ventilação exagerada ou toletes leves ou isoporados, que são arrastados pelo fluxo de ar ascendentes das hélices dos exaustores; **(v) Toco:** parte da cana acima da superfície do solo, presa ao rizoma não arrancado, com o comprimento menor ou igual a 0,20 m; e, **(vi) Cana Ponta:** é a parte da cana que, destacável do colmo, contém internódios, terminais imaturos, folhas verdes, bainhas e ocasionalmente inflorescência. Para a classificação de perdas da cana-de-açúcar consideramos até terminais imaturos.

Para comparar os efeitos da velocidade de deslocamento da colhedora nas perdas de cana-de-açúcar na forma de pedaços, toletes, cana ponta, tocos, lascas e cana inteira, o critério estatístico empregado foi à comparação de médias, utilizando o intervalo de confiança da média 95% ($\alpha = 0,05$) (PAYTON et al., 2000). Nessa técnica, dois tratamentos são considerados significativamente diferentes quando não há sobreposição entre os limites superior e inferior.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são mostrados os valores médios das perdas totais de cana-de-açúcar para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora estudadas. Pode-se observar que não houve diferenças estatísticas significativas a 5% de probabilidade pelo método do intervalo de confiança da média para perdas totais de cana-de-açúcar (Figura 1). Estes resultados diferem dos obtidos por Neves (2003), o qual verificou diferenças significativas para perdas totais e lascas de cana-de-açúcar colhidas. Porém, estes resultados confirmaram os obtidos por Ripolli et al. (1999), os quais verificaram que as perdas totais de matéria-prima no campo não aumentaram com a elevação da velocidade de avanço da colhedora.

Figura 1. Perdas visíveis totais de cana-de-açúcar (kg ha^{-1}) em relação à velocidade de deslocamento da colhedora. Barra vertical representa o intervalo de confiança da média; a ausência de sobreposição dos intervalos de confiança indica diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).



A colhedora de duas linhas apresentou perdas médias de cana-de-açúcar de 4.658 kg ha^{-1} (3,21%); 3.980 kg ha^{-1} (2,74%) e 4.296 kg ha^{-1} (2,96%) na operação de colheita com as velocidades de 2,0; 3,0 e 4,0 km h^{-1} , respectivamente (Figura 1). Com base nestes percentuais de perdas verifica-se que as perdas de cana-de-açúcar neste estudo são classificadas em médias. De acordo com Benedini et al. (2009), os índices de perdas de cana-de-açúcar podem ser classificados em baixa (percentual de perdas menor que 2,5%), média (percentual de perdas de 2,5 a 4,5%) e alta (percentual de perdas maior que 4,5%).

Nas Figuras 2 e 3 são mostrados os valores médios das perdas de cana inteira e de cana ponta, respectivamente, para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora estudadas. De modo geral, verifica-se que com o aumento da velocidade de avanço da colhedora houve uma redução das perdas de cana inteira (Figura 2) e de cana ponta (Figura 3).

Figura 2. Perdas de cana inteira (kg ha^{-1}) em relação à velocidade de deslocamento da colhedora. Barra vertical representa o intervalo de confiança da média; a ausência de sobreposição dos intervalos de confiança indica diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).

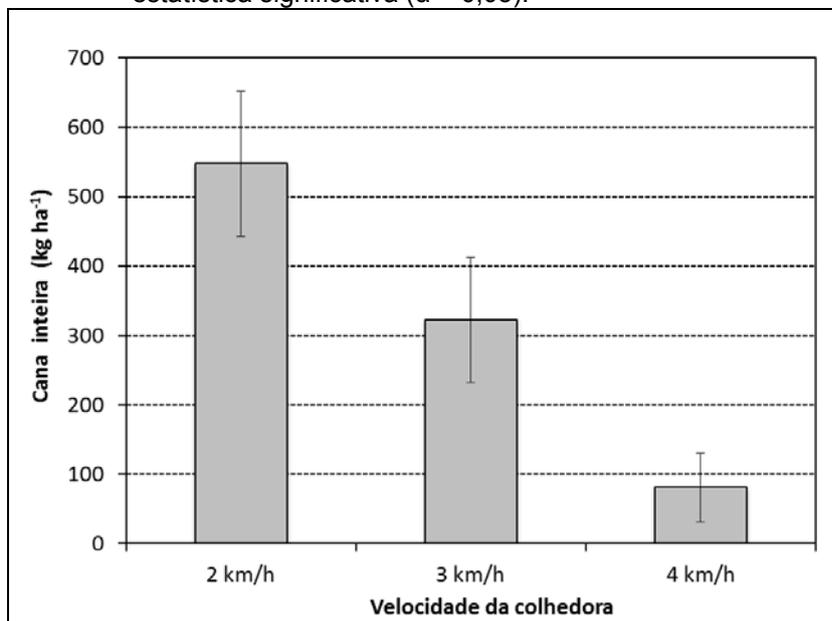
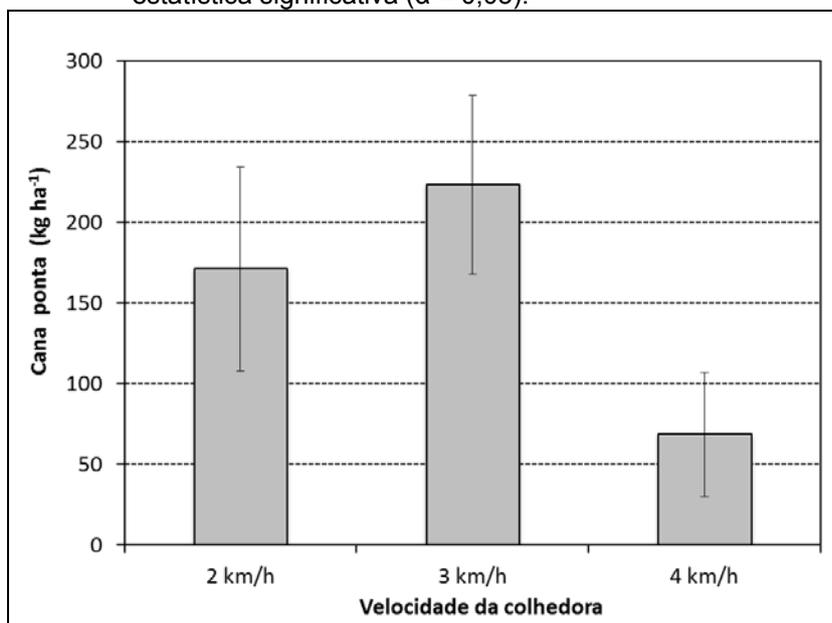


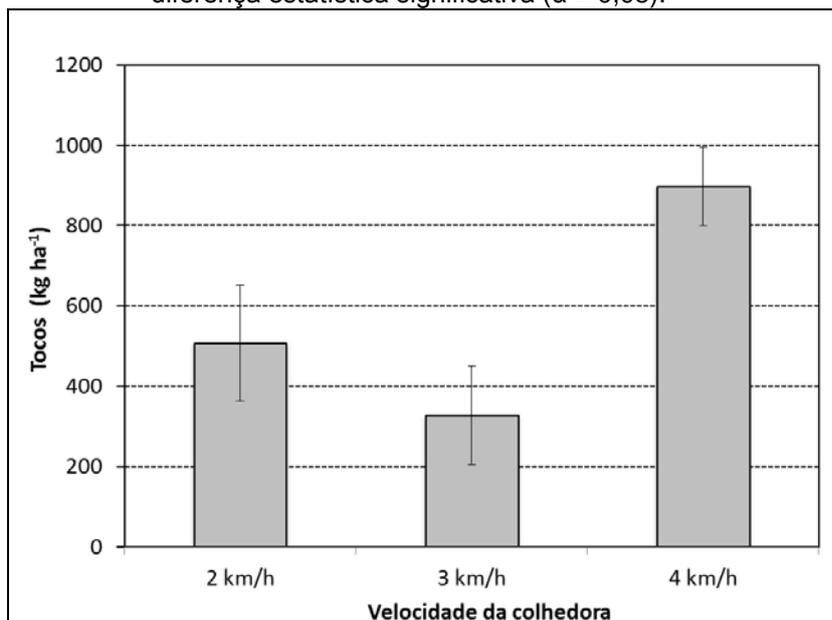
Figura 3. Perdas de cana ponta (kg ha^{-1}) em relação à velocidade de deslocamento da colhedora. Barra vertical representa o intervalo de confiança da média; a ausência de sobreposição dos intervalos de confiança indica diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).



Nas Figuras 4 são mostrados os valores médios das perdas de tocos de cana-de-açúcar para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora

estudadas. A velocidade de deslocamento de 4,0 km h⁻¹ proporcionou as maiores perdas de tocos de cana em comparação as velocidades de 2,0 e 3,0 km h⁻¹ (Figura 3).

Figura 4. Perdas de tocos de cana-de-açúcar (kg ha⁻¹) em relação à velocidade de deslocamento da colhedora. Barra vertical representa o intervalo de confiança da média; a ausência de sobreposição dos intervalos de confiança indica diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).



Nas Figuras 5 e 6 são mostrados os valores médios das perdas de toletes e lascas de cana-de-açúcar para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora estudadas. Verifica-se que com o aumento da velocidade de avanço da colhedora houve uma redução das perdas de toletes (Figura 5) e lascas (Figura 6) de cana-de-açúcar. Com base nestes resultados a velocidade de deslocamento de 4 km h⁻¹ das colhedoras de cana são recomendados para reduzir as perdas de material na forma de toletes e lascas.

Figura 5. Perdas de toletes de cana-de-açúcar (kg ha^{-1}) em relação à velocidade de deslocamento da colhedora. Barra vertical representa o intervalo de confiança da média; a ausência de sobreposição dos intervalos de confiança indica diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).

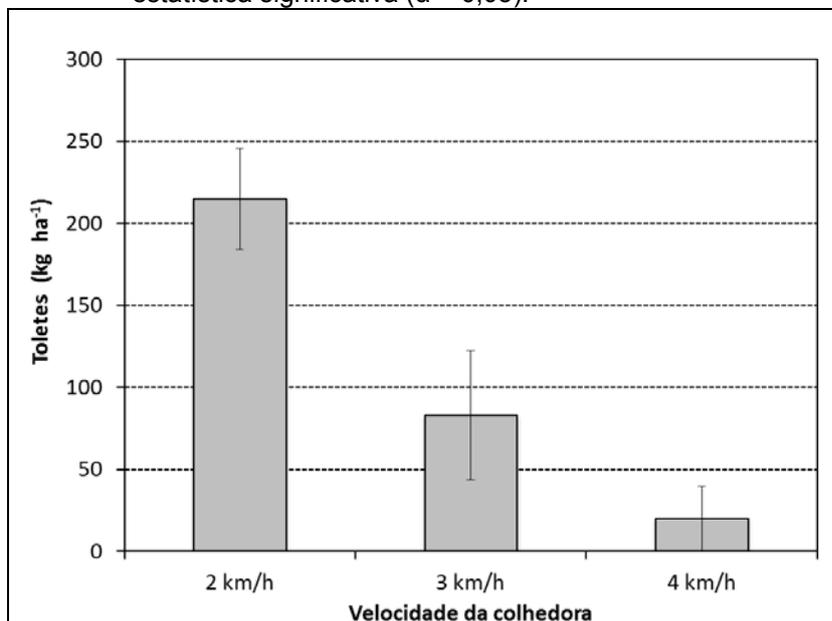
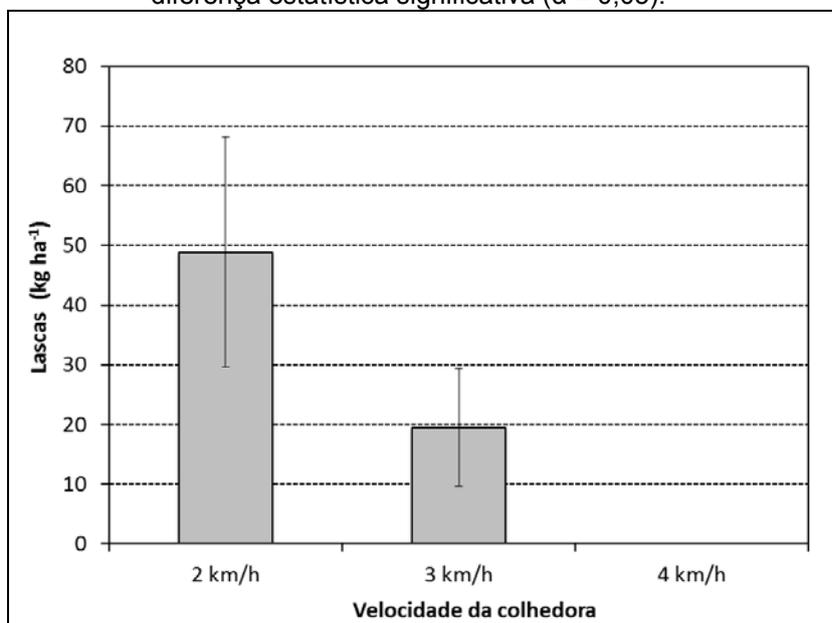


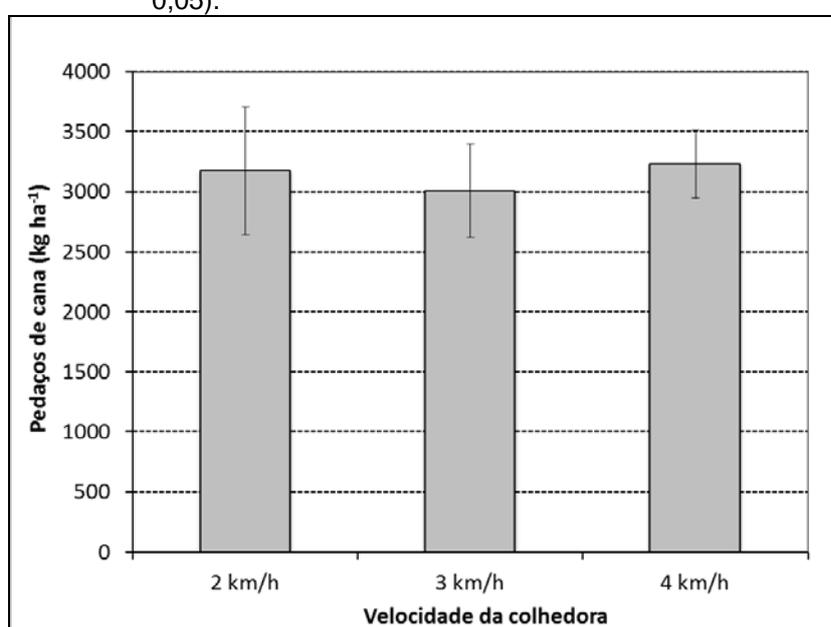
Figura 6. Perdas de lascas de cana-de-açúcar (kg ha^{-1}) em relação à velocidade de deslocamento da colhedora. Barra vertical representa o intervalo de confiança da média; a ausência de sobreposição dos intervalos de confiança indica diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).



As perdas na colheita mecanizada da cana-de-açúcar por lascas estão normalmente condicionadas às características do canavial (produtividade, massa foliar, tombamento e umidade) e a rotação que está trabalhando o extrator primário.

Na Figura 7 são mostrados os valores médios das perdas de pedaços de cana-de-açúcar para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora estudadas. Verifica-se que não houve diferenças estatísticas significativas a 5% de probabilidade pelo método do intervalo de confiança da média para perdas de pedaços de cana (Figura 7).

Figura 7. Perdas de pedaços de cana-de-açúcar (kg ha^{-1}) em relação à velocidade de deslocamento da colhedora. Barra vertical representa o intervalo de confiança da média; a ausência de sobreposição dos intervalos de confiança indica diferença estatística significativa ($\alpha = 0,05$).



O conhecimento dos tipos de perdas facilita a interpretação dos resultados e direcionam as correções. Percebe-se que o fator mais representativo nas perdas são os pedaços de cana, independentemente da velocidade de avanço da colhedora (Figura 7). As perdas de pedaços de cana representam em torno de 68, 76 e 75% das perdas totais de cana-de-açúcar com as velocidades de 2,0; 3,0 e 4,0 km h^{-1} . De acordo com Benedini et al. (2009), as perdas de pedaços de cana são diretamente influenciados pela rotação do extrator primário. A medida que se aumenta a rotação, os toletes são succionados junto com a palha e a terra. Ao passarem pelo exaustor são dilacerados em pedaços, lascas, serragem e caldo.

Em geral, os resultados obtidos demonstraram que o aumento da velocidade de deslocamento da colhedora não acarretou maiores perdas de cana-de-açúcar, portanto, sendo viável que a colhedora opere a velocidade maior ($4,0 \text{ km h}^{-1}$),

assim aumentará a capacidade de produção operacional, viabilizando a operação da colheita.

Para a redução das perdas os operadores das colhedoras devem ser treinados e deve haver um acompanhamento da operação durante a safra por técnico da área de treinamento e capacitação tecnológica analisando as condições do talhão, tombamento da cana, comprimento de trabalho, sistema de caminhamento e aceiro, altura de trabalho do corte de base/corte de ponta, velocidade da colhedora, sincronização colhedora/caminhão, distribuição dos equipamentos na área, cultivo e quebra do meio (lombo).

CONCLUSÕES

A velocidade de deslocamento da colhedora não influenciou nas perdas visíveis totais e de pedaços de cana-de-açúcar.

O aumento da velocidade de avanço da colhedora de 2,0 km h⁻¹ para 4,0 km h⁻¹ proporcionou uma redução das perdas de cana inteira, cana ponta, toletes e de lascas de cana-de-açúcar.

A colhedora de duas linhas apresentou perdas médias de cana-de-açúcar de 4.311 kg ha⁻¹ (2,97%) na operação de colheita.

As colhedoras de cana-de-açúcar de duas linhas podem trabalhar a uma velocidade média de 4,0 km h⁻¹, aumentando sua capacidade operacional na colheita, em área sem declividade e com produtividade média de 145 t ha⁻¹, sem influenciar nas perdas visíveis de cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

BENEDINI, M. S.; BROD, F. P. R.; PERTICARRARI, J. G. **Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, 2009. 7p.

BENEDINI, M. S.; DONZELLI, J. L. Colheita mecanizada de cana crua: caminho sem volta. **Revista Coplana**, Guariba, n. 40, p. 22-25, 2007.

MELLO, R. C. **Cana: colheita mecanizada** (2000). Disponível em: <http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev92_cana.htm>. Acesso em 25 de agosto de 2013.

NEVES, J. L. M. **Avaliação de perdas invisíveis em colhedoras de cana-de-açúcar picada e alternativas para sua redução**. 213p. Tese (Doutorado) -

Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
Campinas, 2003.

PAYTON, M. E.; MILLER, A. E.; RAUN, W. R. Testing statistical hypotheses using standard error bars and confidence intervals. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 31, n. 5-6, 547-551, 2000.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Barros & Marques Editoração Eletrônica. 302p, 2004.

RIPOLI, T.C.C.; NERY, M.S.; de LEÓN, M.J.; PIEDADE, S.M.S. Desempenho operacional de uma colhedora em cana crua em função da velocidade de avanço. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 19, n.2, p.199-207, 1999.