

DESEMPENHO QUALITATIVO DE COLHEDORAS DE CANA-DE-AÇÚCAR

JOSÉ V. SALVI¹, MARCOS MILAN², MARCOS A. MATOS¹ ADRIANO B. M. SOUZA³

¹ Eng^{os} Agrônomos, Mestrandos em Máquinas Agrícolas, Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP, telefone (19) 3429 4165, R 230, e-mail: jvsalvi@esalq.usp.br.

² Eng^o. Agrônomo, Professor, Depto. de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP.

³ Eng^o Agrícola, Msc, Piracicaba, SP

**Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB**

RESUMO: Na colheita mecânica de cana-de-açúcar, as perdas relacionadas ao sistema de corte basal é uma das que mais preocupam, devido à matéria-prima deixada no campo e à redução da longevidade do canavial ocasionados pela deficiência do controle de altura de corte. Em vista disto, analisou-se em cana queimada, por meio de estatística descritiva, a altura e a qualidade do corte, as impurezas minerais na matéria-prima, a frequência de tocos arrancados e abalados e as perdas na colheita para cinco colhedoras de cana picada de uma frente de colheita mecânica de uma usina do estado de São Paulo. Os resultados mostraram que nesta frente o corte basal não está sob controle estatístico e fora dos padrões desejados pela usina, existindo causas especiais agindo no processo que podem estar ligadas ao sistema de produção da cana adotado pela usina, condições da cultura, operação da colhedora e seu estado de manutenção.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização, colheita, controle de qualidade.

QUALITY PERFORMANCE IN SUGAR CANE HARVESTERS

ABSTRACT: In mechanized harvesting in sugar cane, the losses related to the base cutting system is among the ones that worries the most, due to the raw material left on the field and the reduction in sugar cane crop longevity cause by deficiency in cut height control. With this in mind, cut height, quality, mineral impurities in the raw material, frequency of laid and removed stalk stumps and losses during harvesting were analyzed by means of descriptive statistics for five chopper sugar-cane harvester from a mechanical harvesting front in a sugar mill in São Paulo state. The results showed that in this front the base cutting is not under statistical control and out of the standards desired by the sugar mill. There are special causes acting upon the process that may be related to the sugar cane production system adopted by the sugar mill, crop conditions, harvester operation and its maintenance condition.

KEYWORDS: mechanization, harvest, quality control.

INTRODUÇÃO: Na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, existem algumas peculiaridades relacionadas às interações solo-máquina-planta, que tem causado preocupações, devido às perdas de produção. As colhedoras apresentam quatro pontos principais onde ocorrem perdas de cana: cortador de base, rolos alimentadores, picador e extratores (BRAUNBECK & MAGALHÃES, 1997). A deficiência no controle da altura de corte das colhedoras de cana-de-açúcar provoca um corte elevado com a conseqüente perda de matéria-prima na forma de tocos, pedaços, estilhaços, lascas e caldo, além de danos na base da soqueira, que geram uma possível redução de produção na safra seguinte, por aumentar a exposição ao ataque de pragas e doenças ou por destruir ou remover as novas gemas responsáveis pela brotação e formação do novo canavial (KROES & HARRIS 1996). De acordo com LOCKERETZ (1987), algumas metas de pesquisa como a avaliação produtiva de um sistema de

manejo sobre as reais condições da fazenda são melhores processadas em experimentos “on-farm”, sendo utilizados diversos tipos de delineamentos, entre eles, a estatística descritiva. Os gráficos de acompanhamento, denominados de cartas de controle, refletem a variabilidade existente em um sistema e foram utilizados por SALVI et al. (2005) para analisar a altura de corte realizada por dois dispositivos de corte basal de colhedoras de cana. Tendo em vista a importância do corte basal na colheita mecanizada para a qualidade da matéria-prima e para a longevidade da soqueira, o objetivo deste trabalho é de analisar o desempenho qualitativo de colhedoras de cana-de-açúcar em regime normal de trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS: O ensaio foi realizado em uma usina localizada no estado de São Paulo onde se escolheu, ao acaso, uma frente de corte, constituída de cinco máquinas, denominadas de “CA” a “CE”. As colhedoras “CA” e “CE” possuem rodado de esteiras, motor de 246 kW e as colhedoras “CB”, “CC” e “CD” apresentam rodado de pneus e motor de 243 kW. Das cinco máquinas, somente a “CE” possui um sistema de corte de base flutuante enquanto que nas outras o controle da altura de corte basal é manual. Destinou-se um dia de avaliação em condições reais de trabalho para cada colhedora, operando em turno de oito horas. A colheita foi efetuada a uma velocidade média de 7,0 km.h⁻¹ e as regulagens e manutenções necessárias durante a operação foram realizadas de acordo com as especificações das colhedoras e da usina. A caracterização das áreas está descrita na Tabela 1. Nas cinco áreas analisadas, a cana foi colhida queimada, porte ereto, espaçamento de 1,4 m em latossolo velho amarelo de textura média, considerado como seco.

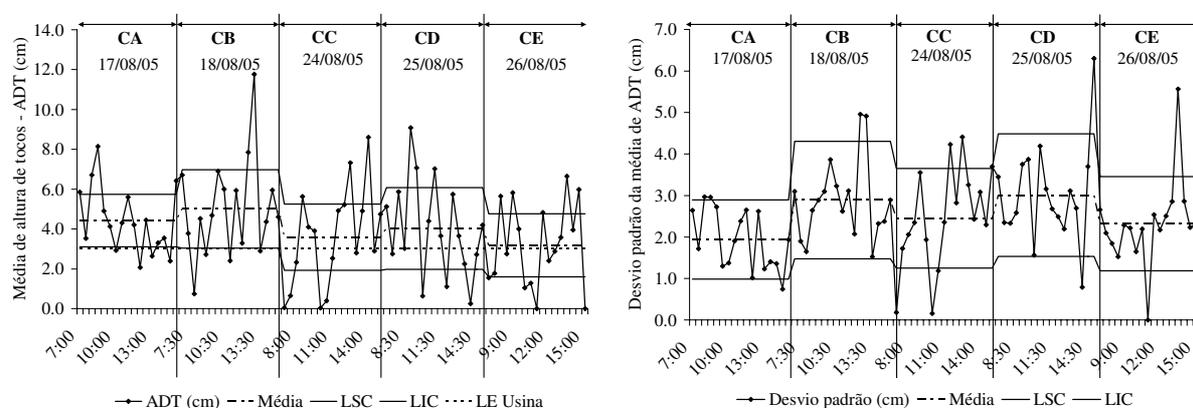
Tabela 1. Caracterização das áreas avaliadas

	Colhedoras				
	CA	CB	CC	CD	CE
Área (ha)	3,5	3,0	3,3	2,6	3,1
Corte	7°	9°	5°	5°	5°
Variedade	SP 80-3480	SP 80-1816	RB 86-5230	RB 85-5536	SP 80-1816
Produtividade média (t.ha ⁻¹)	55,0	72,0	70,0	66,0	69,0
Densidade (colmos/m)	14,8	17,4	10,6	12,2	9,1

Os pontos de coleta de altura de tocos, ADT, eram determinados aleatoriamente durante o processo de colheita, em intervalos de 30 minutos, no sentido da linha de cana cortada pela colhedora, realizando 17 repetições. Em cada ponto media-se 20 alturas de tocos com uma trena graduada de divisão de 0,001 m, do nível do solo até o ponto de corte, totalizando ao final 340 alturas, sendo posteriormente medido o comprimento da linha do local de medição. Durante a medição da ADT, realizou-se a contagem de tocos abalados e arrancados deixados no campo. Para esta análise, foi verificado se eles estavam com o sistema radicular totalmente, parcialmente ou sem aderência ao solo. Quando as raízes encontravam-se parcialmente expostas, o toco foi considerado como abalado; com as raízes sem aderência considerou-se arrancado. Os tocos, de acordo com a exposição das raízes, foram quantificados para a análise de sua frequência em cada situação. Nos pontos de coleta da ADT, realizou-se, em cada repetição, a avaliação visual da qualidade do corte basal da colhedora. Elaborou-se um padrão visual, adaptado de KROES (1997), com notas que variam de 1 (ruim) até 5 (ótimo). Após as medições e avaliações, os tocos eram cortados no nível do solo e armazenados em sacos para posterior determinação de perdas. Nos períodos entre as coletas de dados da ADT, realizava-se a quantificação das perdas na colheita, utilizando o mesmo procedimento de determinação dos pontos de coleta e de repetições. Em cada ponto era colocado, no centro da linha de cana, um gabarito articulável de madeira, com dimensões internas de 1,4 x 1,4 m totalizando uma área de 1,96 m². Nesta área retiravam-se as lascas, cana inteira, pedaços, ponteiros e rebolos, armazenando esse material em sacos devidamente identificados. Ao final do turno, as perdas eram pesadas em balanças eletrônicas com escala de 0,01 kg. Para o cálculo das perdas totais consideraram-se os pesos de material coletado no gabarito, acrescido do peso dos tocos coletados na medição de ADT. A matéria-prima colhida era carregada e transportada em caminhões que foram amostrados por sonda do pátio para determinação do teor de impureza mineral pelo laboratório da usina. Os parâmetros foram analisados por estatística

descritiva e os valores de ADT também foram analisados por meio de cartas de controle de médias e de desvio padrão, elaboradas em planilhas eletrônicas, seguindo as metodologias de MONTGOMERY (1997). Considerou-se como limite superior de especificação de ADT o padrão adotado pela usina de 3,0 cm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: As cartas de controle para médias e desvios padrão da ADT para as colhedoras da frente de corte em estudo apresentam vários pontos fora dos limites de controle estatístico (LSC e LIC), o que em termos gerais significa que existem causas especiais atuando no sistema e as variações que ocorrem não podem ser atribuídas somente ao processo, Figura 1. As causas especiais podem estar ligadas às condições da cultura, ao sistema de produção (preparo do solo, plantio e condução da cultura), ao estado de manutenção da colhedora e sua operação. Com isso pode-se afirmar que não é possível obter os padrões desejados na operação enquanto as causas especiais não forem detectadas e eliminadas. A Tabela 2 mostra o desempenho qualitativo de cada colhedora e da frente de colheita mecânica.



ADT: altura de tocos; LSC: limite superior de controle; LIC: limite inferior de controle; LE: limite de especificação
 Figura 1. Cartas de controle para média de ADT (esquerda) e de desvio padrão de ADT para as cinco colhedoras analisadas da frente de corte.

Tabela 2. Desempenho qualitativo das colhedoras da frente de colheita analisada

	Colhedoras					Média frente	CV (%)	LE usina
	CA	CB	CC	CD	CE			
Média ADT (cm)	4,4	5,0	3,6	4,0	3,2	4,0	17,6	3,0
ADT dentro LE (%)	43,2	34,7	55,0	50,9	57,4	48,2	19,3	80,0
Nota qualidade corte	4,4	4,2	3,8	2,7	4,3	3,9	18,0	4,5
Tocos arrancados (%)	10,6	13,2	7,1	0,0	6,2	7,4	67,6	5,0
Tocos abalados (%)	5,3	7,6	5,6	8,5	5,0	6,4	21,9	5,0
Perda tocos (t.ha ⁻¹)	2,3	4,2	1,3	2,3	0,8	2,2	59,8	n.d.
Outras perdas (t.ha ⁻¹)	3,8	8,4	4,0	4,7	3,5	4,8	41,7	n.d.
Perda total (t.ha ⁻¹)	6,1	12,5	5,2	6,9	4,3	7,0	46,3	2,5
Impureza mineral (%)	0,9	1,4	0,8	0,7	0,6	0,9	33,9	0,9

CV: Coeficiente de variação; LE: Limite de especificação; n.d.: informação não disponível

A colhedora “CA”, guiada pelo operador mais experiente da usina, apresentou uma redução da ADT ao longo do turno e o menor desvio padrão, Figura 1, obtendo a melhor nota da qualidade de corte (4,4-muito bom), Tabela 2. Destaca-se que, durante o dia de avaliação, o operador estava atento ao desgaste das facas do sistema de corte basal, trocando algumas durante o turno. A colhedora “CB” estava sendo operada por um operador “folguista” que possuía o menor número de horas trabalhadas em colhedoras de cana em relação aos outros, e apresentou a maior média de ADT, 5,0 cm, e a menor porcentagem de ADT dentro do limite especificado pela usina, 34,7%, Tabela 2. Nota-se na Figura 1 que a colhedora “CB” obteve o segundo maior desvio padrão (2,9 cm) e metade dos pontos médios de

ADT maiores que 6,0 cm. Esta máquina também apresentou os maiores valores de perdas por toco e de tocos arrancados da frente (4,2 t.ha⁻¹ e 13,2% respectivamente) e os maiores valores de perdas totais (12,5 t.ha⁻¹), influenciada principalmente por perdas por rebolo e cana inteira, e alto teor de impureza mineral (1,4%), Tabela 2. A colhedora “CC” obteve valores intermediários nos itens analisados. Observa-se nos gráficos de médias e de desvio padrão de ADT da Figura 1, que das 12.30 h às 14.00 h, ocorreu uma mudança de tendência na oscilação das médias devido à troca de operador, motivada por fatores internos da usina. A colhedora “CD” trabalhou em um talhão com muitas pedras, o que acelerava o desgaste e a quebra das facas do sistema de corte basal, resultando na menor qualidade do corte (2,7-regular, Tabela 2). Observa-se na Figura 1 que a colhedora “CD” obteve uma tendência de queda da ADT ao longo do turno, no entanto, as oscilações de médias de alturas devido as pedras no talhão geraram o maior valor de desvio padrão nesta frente, 3,0 cm. Esta colhedora apresentou a maior frequência de tocos abalados, 8,5%, Tabela 2, apesar de não ter-se registrado nenhum toco arrancado. A colhedora “CE” apresentou a menor média de ADT, a maior frequência de tocos dentro do limite de especificação da usina (3,2 cm e 57,4% respectivamente), a mais baixa perda por tocos (0,8 t.ha⁻¹), além de um dos menores desvios nas médias. Esta colhedora apresentava o menor número de horas trabalhadas da frente e dispunha de um dispositivo de corte de base flutuante. A colhedora “CE” também apresentou a menor perda total (4,3 t.ha⁻¹), a segunda menor frequência de tocos arrancados (6,2%) e o menor teor de impureza mineral (0,6%). A Tabela 2 mostra as médias da frente de corte de cada parâmetro analisado com os respectivos coeficientes de variação (CV). A comparação destes valores médios com os padrões pretendidos pela usina, mostra que o desempenho qualitativo das colhedoras está fora do desejado, com exceção do teor de impureza mineral, cujo valor está dentro do limite especificado, apesar deste parâmetro estar com um CV de 33,9%.

CONCLUSÕES: A análise qualitativa da colheita mostra que o corte basal não está sob controle estatístico com média de ADT acima do limite de corte desejado pela usina, significando que existem causas especiais agindo no processo e podem estar ligadas ao sistema de produção de cana adotado pela usina, condições da colhedora, operação da colhedora e seu estado de manutenção. As colhedoras que apresentaram as maiores ADT e desvio padrão próximo de 3,0 cm, mostraram menor porcentagem de ADT dentro dos padrões desejados pela usina, alta frequência de tocos abalados e/ou arrancados, maior perda por tocos e teor de impureza mineral superior. A colhedora “CE”, máquina mais nova da frente e com dispositivo de base flutuante, apresentou o melhor desempenho na área de menor densidade de colmos e a colhedora “CB”, conduzida pelo operador menos experiente na área mais produtiva e de maior densidade de colmos da frente, o pior. O único parâmetro analisado que está dentro do limite é o teor de impureza mineral, apesar do seu alto CV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAUNBECK, O. A., MAGALHÃES, P. S. G. Colheita de cana crua e inteira. *Jornal Cana*, ano IV, nº 41 maio 1997. p. 26-27.
- KROES, S. The cutting of sugarcane. Toowoomba: University of Southern Queensland, 1997. 356p Ph.D. Thesis
- KROES, S., HARRIS, H.D. Knockdown causes major damage to cane during harvesting. *Proceedings of Australian Society of Sugar Cane Technologists*. 1996. p.137-144.
- LOCKERETZ, W. Establishing the proper role for on farm research. *American Journal of Alternative Agriculture*, v.2, p. 132-136, 1987
- MONTGOMERY, D. C. *Introduction to statistical quality control*. 3.ed. New York: Wiley, 1997. 677p.
- SALVI, J. V., MILAN, M., SARRIES, G. A., et al. Avaliação dos sistemas de corte basal de uma colhedora de cana de açúcar. In: XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2005, Canoas - RS. *Anais Conbea*. Canoas - RS: XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2005. v.1.