

## CONTROLE ESTATÍSTICO APLICADO AO PROCESSO DE COLHEITA MECANIZADA DE CANA-DE-AÇÚCAR

JÉSSICA FERNANDES TAVARES<sup>1</sup>, ELSON DE JESUS ANTUNES JÚNIOR<sup>2</sup>, TÚLIO ALMEIDA MACHADO<sup>3</sup>, ELTON FIALHO DOS REIS<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduanda do curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, (62) 92404989, [jessicalfernandez.2@gmail.com](mailto:jessicalfernandez.2@gmail.com)

<sup>2</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, [elson.a@hotmail.com](mailto:elson.a@hotmail.com)

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Doutorando na Universidade Federal de Viçosa, [machado.tulio@gmail.com](mailto:machado.tulio@gmail.com)

<sup>4</sup> Professor Doutor, Curso de Eng. Agrícola – Caâmpus CET/UEG, Anápolis, GO, [fialhoreis@ueg.br](mailto:fialhoreis@ueg.br)

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

**RESUMO:** A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) ocupa um papel importante na economia brasileira, o Brasil é o maior produtor mundial de açúcar e de álcool de cana-de-açúcar e destaca-se também como o maior exportador. O uso de novas tecnologias com a mecanização na colheita da cana-de-açúcar proporcionou ganho em produtividade para a cultura. Com o objetivo de avaliar a qualidade da operação da colheita mecanizada de cana-de-açúcar, avaliando as perdas e utilizando-as como indicadores de qualidade o controle estatístico de processo conduziu-se este trabalho. As perdas foram determinadas em uma área total de 1,5 ha, onde foram demarcados 25 pontos, com malhas retangulares de 12 x 50m, onde a amostragem foi realizada em cada ponto da malha determinando as perdas visíveis na armação de 14 m<sup>2</sup> (2,00 x 7,00 m). Foi utilizado para avaliar a qualidade da operação a estatística descritiva e as cartas de controle. A média das perdas de tocos e pedaços soltos foram maior do que as médias de perdas de cana inteira, cana-ponta e estilhaço. As perdas de pedaço foi a variável de perdas visíveis com maior percentagem de ocorrência. As cartas de controle de perdas mostraram que a colheita mecanizada da cana apresenta um numero grandes de pontos fora do controle estatístico de processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de qualidade, colhedora de cana-de-açúcar, perdas na colheita.

## STATISTICAL CONTROL APPLIED IN THE PROCESS OF MECHANICAL SUGAR CANE HARVEST

**ABSTRACT:** The culture of sugarcane (*Saccharum spp.*) has an important role in the Brazilian economy, Brazil is the largest producer of sugar and cane sugar alcohol and also stands out as the largest exporter. The use of new technologies with mechanical harvesting of cane sugar provided gains in productivity for culture. In order to assess the quality of the operation of mechanical harvesting of cane sugar, evaluating losses and using them as quality indicators the statistical process control led to this work. The losses were determined in a total area of 1.5 ha, where they were 25 points, with rectangular mesh 12 x 50m, where sampling was performed at each point of mesh determining losses visible in the 14 m<sup>2</sup> frame (2,00x7,00m). It was used to assess the quality of the operation descriptive statistics and control charts. The average losses of stumps and loose pieces were bigger than the average full reed losses, end- cane and shrapnel. Piece of losses was the variable of visible losses with the highest percentage of occurrence. Losses have shown that mechanical harvesting of sugarcane has a large number of points outside the statistical process control.

**KEYWORDS:** Quality control, harvester cane sugar, crop losses.

**INTRODUÇÃO:** As operações de colheita de cana-de-açúcar são classificadas em três subsistemas distintos: manual, semimecanizado e mecanizado. O subsistema mecanizado diferencia-se por as operações de corte, carregamento e transporte ocorrerem exclusivamente por meio de máquinas (RIPOLI, 1996). Foi observado que na colheita mecanizada de cana-de-açúcar existem algumas peculiaridades relacionadas às interações solo-planta-máquina, que resultam em perdas no campo, redução na qualidade da matéria-prima e da longevidade do canavial (SALVI et al., 2007). Para Benedini et al. (2009) a quantificação destas perdas facilita as correções de falhas operacionais. O uso do Controle Estatístico de Processo (CEP), a princípio, foi desenvolvido e utilizado por empresas buscando melhoria de qualidade e de produtividade. Bons resultados e a possibilidade de utilizar-se dessas ferramentas na agropecuária abriram caminhos para que estudos fossem realizados, principalmente em operações mecanizadas (MILAN & FERNANDES, 2002). Objetivou-se com este trabalho avaliar o Controle Estatístico Aplicado ao processo de colheita mecanizada de cana-de-açúcar, verificando a qualidade da operação.

### MATERIAL E MÉTODOS:

A colheita de cana-de-açúcar foi conduzida na Fazenda São Pedro com área 25,32 hectares, com variedade SP8600 Orgânica, cultivada no sétimo corte, município de Goianésia-Go. Foi amostrada uma área de 1,5 hectares de dimensões 60 x 250 m. A colheita da cana-de-açúcar crua foi realizada com uma colhedora John Deere, modelo 11819, fabricada em 2010 com rodados de esteiras e bitola de 1,50m e velocidade média de 4,5 km h<sup>-1</sup>. Foram estaqueados 25 pontos, e a amostragem seguiu a mesma sequência de coleta de dados, ou seja, sempre à direita e à frente dos respectivos pontos. Em cada um dos 25 pontos, foi realizada a amostragem para a determinação das perdas visíveis, utilizando-se de armação de 2,00 x 7,00 m, logo, as perdas coletadas em seguida, foram separadas, pesadas e quantificadas, de acordo com os tipos (cana inteira, cana-ponta, toco, estilhaço, pedaço e total). Os dados serão analisados por meio da estatística descritiva calculando a média aritmética, desvio-padrão e os coeficientes de variação, e as cartas de controle foram elaboradas a partir dos limites inferior e superior de controle, no programa Excel. Os limites serão calculados por meio da média (X) e o desvio padrão (S). Para estimar as linhas médias e os limites dos gráficos de controle, serão utilizadas as seguintes equações (TRINDADE et al., 2007):

$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \quad (1)$$

$$LIC = \bar{x} - 3\sigma \quad (2)$$

Em que,

$\bar{x}$ : média geral da variável;

$\sigma$ : desvio-padrão;

LSC: limite superior de controle;

LIC: limite inferior de controle;

LM: limite médio.

Quando o cálculo do LIC resultar em valores negativos, considerou-se o mesmo com valor nulo (LIC=0).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Os valores médios, desvio-padrão e os coeficientes de variação (CV(%)) para as perdas visíveis de cana-de-açúcar em kg ha<sup>-1</sup>, estão apresentados na Tabela 1.

TABELA 1. Análise estatística descritiva das variáveis das perdas de cana-de-açúcar: rebolo(R), cana inteira (CI), cana-ponta (CP), estilhaço (E), toco (TO), pedaço (P) e perdas totais (PT).

FATOR	Média	Desvio-padrão	CV
Cana inteira (CI)	670	844,29	12,6
Cana-ponta (CP)	98,57	170	17,3
Toco (T)	1019,3	705,7	6,9
Estilhaço (E)	593,6	448,6	7,7
Pedaço (P)	1239,3	803,6	15,4
Perdas Totais (PT)	3620,9	2147,6	5,9

A carta de controle para as perdas de cana inteira estão representadas na Figura 1, na qual se observa que existe controle do processo, embora exista incidência de perdas. A perda em cana inteira pode estar possivelmente relacionada ao não acamamento da cana e nem presença de plantas deitadas, já que o canavial apresentava porte ereto, outro fator determinante, estaria relacionado com o bom estado das facas do corte de base, onde as mesmas não apresentavam grandes danos ou desgastes no momento desta colheita, permitindo o corte de todas as soqueiras, não deixando cana inteira no campo.

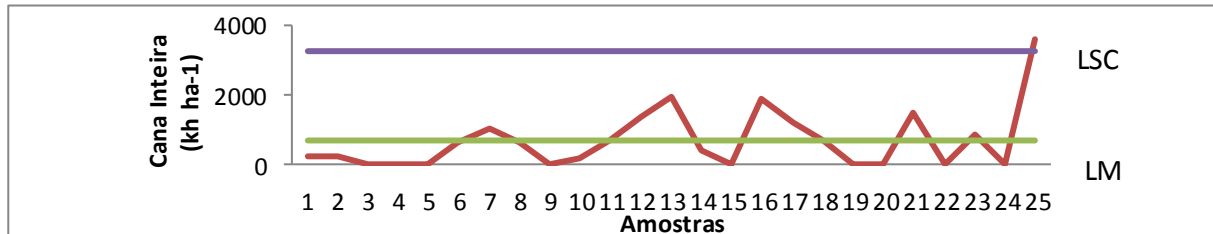


FIGURA 1. Carta de controle para as perdas de cana inteira.

Já as cartas de controle de perdas de cana ponta estão apresentadas na Figura 2. Estas perdas foram encontradas em pequenas quantidades, o que pode ser considerado devido à regulagem correta da altura do mecanismo de desponte, de modo não afetar a qualidade do processo, visto que, geralmente, quando a altura das plantas ultrapassa o dispositivo, não há a necessidade nem a conveniência de fazer o desponte.

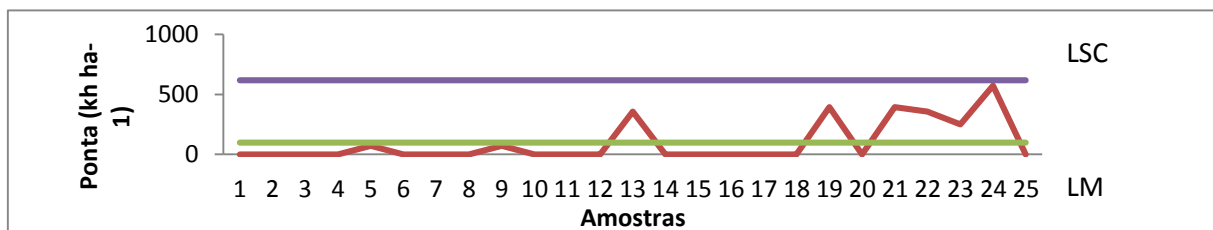


FIGURA 2. Carta de controle para as perdas de cana ponta.

As cartas de controle para perdas em toco de cana-de-açúcar são apresentadas na Figura 3, mostra que os índices estão próximos aos valores aceitáveis, porém encontrou-se que as perdas estão fora do controle, o índice baixo mas que está fora de controle, o que possivelmente está relacionado a ondulação do solo, treinamento do operador da colhedora, permitindo uma altura de corte heterogênea, próxima do ideal.

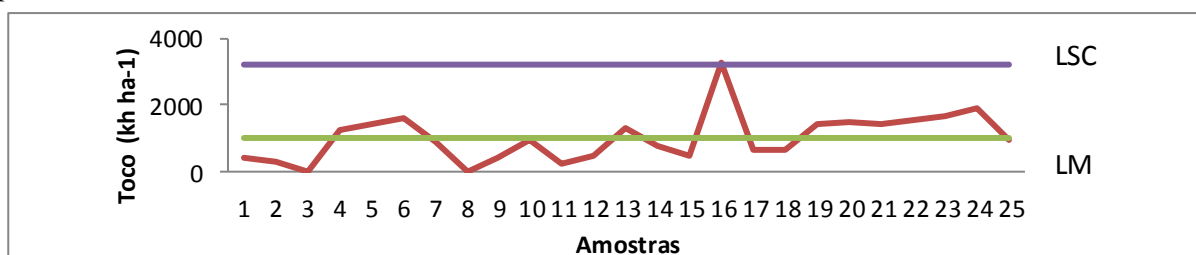


FIGURA 3. Carta de controle para as perdas de cana tocos.

Nas cartas de controle apresentadas na Figura 4, as perdas em estilhaço encontram fora dos valores aceitáveis, com uma grande quantidade de pontos fora dos limites de controle. Estas perdas estão relacionadas ao corte da planta nos picadores em frações menores que as desejadas, aliados à velocidade dos ventiladores de exaustão dilaceraram os fragmentos do colmo, que podem estar com velocidades e rotações excessivas.

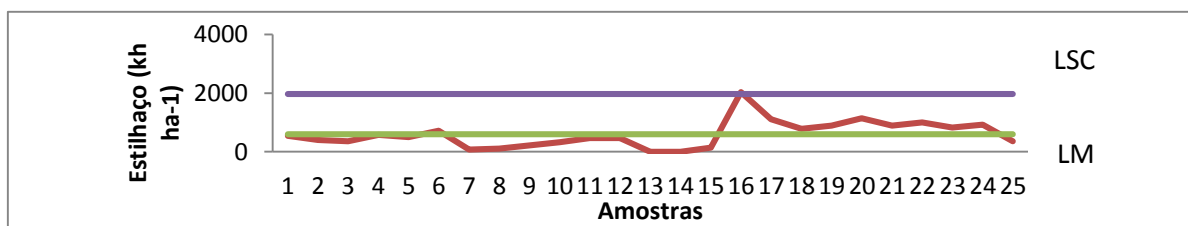


FIGURA 4. Carta de controle para as perdas de cana estilhaço.

Na Figura 5, estão apresentadas as cartas de controle para as perdas em pedaço solto, mostrando que uma grande quantidade de pontos está fora do controle. Esse tipo de perdas está provavelmente relacionado a fatores como ondulação do terreno, e ao treinamento do operador.

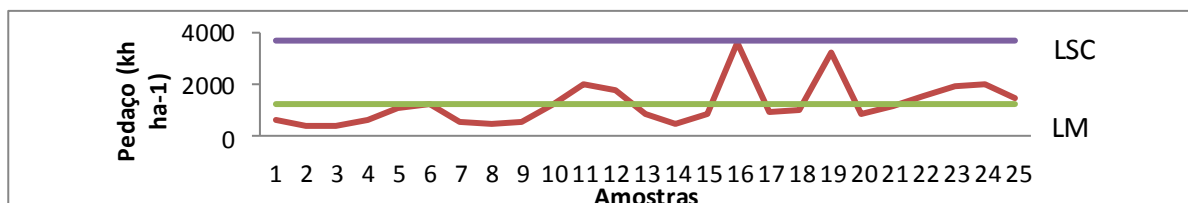


FIGURA 5. Carta de controle para as perdas de cana em pedaço.

As cartas de controle para perdas totais de cana-de-açúcar estão apresentadas na Figura 6, nota-se que, considerando-se as perdas como indicadores de qualidade, o processo da colheita mecanizada apresenta um número grande de pontos fora de controle.

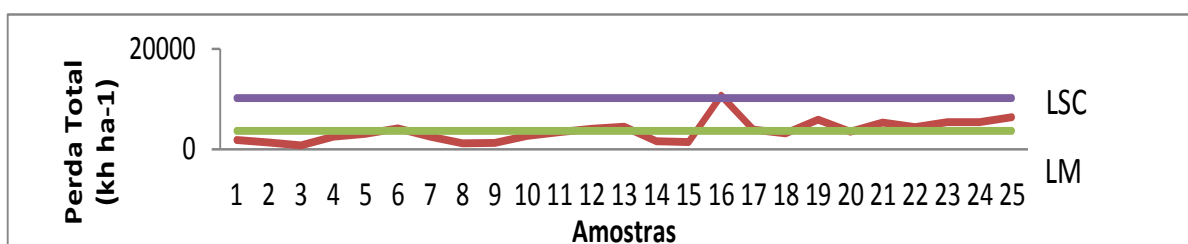


FIGURA 6. Carta de controle para as perdas total de cana.

## CONCLUSÕES

A média das perdas de pedaço solto foi maior do que as médias de perdas de cana inteira, cana-ponta, e estilhaço. As perdas de tocos e pedaço foram às perdas visíveis com maior percentagem de ocorrência. As cartas de controle das perdas mostraram que a colheita mecanizada da cana apresenta um numero grandes de pontos fora do controle estatístico de processo.

## REFERÊNCIAS

- BENEDINI, M. S.; BROD, F. P. R.; PERTICARRARI, J. G. **Perdas de cana e impurezas vegetais e minerais na colheita mecanizada**. Boletim. 2009. 7p.
- BENEDINI, M. S.; SILVA, A. L. **Perdas de cana na colheita mecanizada. Canavieiros: a força que movimenta o setor**. Sertãozinho, v.5, n.48, p.28-31. 2010.
- MILAN, M.; FERNANDES, R. A. T. Qualidade das operações de preparo do solo por controle estatístico de processo. **Scientia Agrícola**, cidade v.59, p.261-266, 2002.
- RIPOLI, T. C. C. Ensaio & certificação de máquinas para colheita de cana-de-açúcar. In: MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios & certificação**. Piracicaba: Fundação de Estudos “Luiz de Queiroz”, 1996. cap.13, p.635-73.
- SALVI, J. V.; MATOS, M. A.; MILAN, M. Avaliação do desempenho de dispositivo de corte de base de colhedora de cana-de-açúcar. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 201-209, 2007.
- TRINDADE, C.; REZENDE, J. L. P.; JACOVINE, L. A. G.; SARTORIO, M. L. **Ferramentas da qualidade: aplicação na atividade florestal**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 124 p.