

## QUALIDADE DA COLHEITA MECANIZADA DE CAFÉ EM DUAS FREQUÊNCIAS DE VIBRAÇÃO DAS HASTES

Felipe Santinato<sup>1</sup>, Marcelo Tufaile Cassia<sup>2</sup>, Rouverson Pereira da Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Agronomia, UNESP/Jaboticabal – SP, [fpsantinato@hotmail.com](mailto:fpsantinato@hotmail.com)

<sup>2</sup> Eng. Agrônomo, Mestrando em Agronomia (Produção Vegetal), UNESP/Jaboticabal - SP, [marcelocassia@gmail.com](mailto:marcelocassia@gmail.com)

<sup>3</sup> Engenheiro Agrícola, Prof. Adjunto, UNESP/Jaboticabal – SP, [rouverson@fcav.unesp.br](mailto:rouverson@fcav.unesp.br)

**RESUMO:** A qualidade em qualquer operação é desejável pela otimização na utilização de recursos e tempo disponíveis, havendo dentro da operação de colheita mecanizada a necessidade de se reduzir os índices de perdas e ao mesmo tempo manter baixos os danos causados às plantas. Assim o presente trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade da operação de colheita mecanizada de café, em função dos dois lados da colhedora e de duas frequências de vibração das hastes, sob o controle estatístico de processo (CEP). Foram avaliados o volume de café colhido, os índices de perdas por café caído e remanescente na planta, e à desfolha causada às plantas. Os resultados apontaram que os índices de colheita não houve diferença entre os dois lados da máquina, contudo sob a ótica do controle estatístico, o comportamento das mesmas se altera em função das frequências de vibração. O aumento na frequência de vibração das hastes reduziu o volume de café remanescente, porém não elevou o volume colhido e aumentou os danos causados às plantas, não justificando sua aplicação. E para o controle estatístico de processo, o aumento na frequência de vibração tornou os índices de perdas mais estáveis pela redução da variabilidade, contudo o oposto ocorreu com o café colhido e os índices de danos às plantas.

**Palavras-Chave:** Colhedora de café, perdas na colheita, controle estatístico de processo.

## QUALITY OF MECHANIZED COFFEE HARVESTING WITH TWO ROD VIBRATION FREQUENCIES

**ABSTRACT:** The quality in any operation is desirable for optimizing the utilization of resources and time available, and there within the operation of mechanical harvesting the need to reduce rates of losses while keeping down the damage to plants. Therefore this study aims to evaluate the quality of the operation of mechanical harvesting of coffee, according to the two sides of the harvester and two frequencies of vibration of rods, under the statistical control process (SCP). We evaluated the volume of harvested coffee, the rates of losses and dropped the remaining coffee in the plant, and caused defoliation of plants. The results showed that the rates of harvest there was no difference between the two sides of the machine, but from the viewpoint of statistical control, the conduct of those changes as a function of vibration frequencies. The increase in the frequency of vibration of the rods reduced the remaining volume of coffee, but did not increase the volume collected and increased damage to plants and do not justify its application. And for the statistical control process, the increase in the frequency of vibration made the loss rates more stable by reducing variability, but the opposite happened with the coffee harvested and the indices of plant damage.

**Key words:** Coffee harvester, harvesting loses, statistical control process.

## INTRODUÇÃO

Sabendo que a operação de colheita de Café representa grandes custos para ser realizada e que a tendência é de cada vez mais substituir a colheita manual por mecanizada, muitos pesquisadores se dedicam para aprimorar a operação de colheita mecanizada afim de aumentar sua eficiência, minimizar os danos e diminuir a necessidade de repasse.

Pesquisadores como Santinato et al. (1998 a, b), Silva et al. (2001), Silva et al. (2003), Silva et al. (2006), Silva et al. (2010), Oliveira et al. (2007 a, b), se dedicam à estudar o desempenho operacional em diferentes sistemas de colheita, localidades e condições de lavoura afim de aprimorar essa operação.

Há exemplo de Oliveira et al. (2007 b) que ao avaliarem a influência da vibração das hastes e a velocidade de deslocamento da colhedora no Sul de Minas Gerais, observaram que, na primeira passada, o volume de café colhido e a

eficiência de colheita foram, na maior vibração (15 Hz), 29,25% superiores em relação à menor vibração (10,83 Hz). Ainda na primeira passada, a desfolha e a eficiência de derrça foram 31,12% e 31,85% superiores na maior vibração.

Portanto há a necessidade de um maior número de estudos afim de encontrar o nível de vibração das hastes e a velocidade de deslocamento adequados para que se obtenha melhor eficiência de colheita sem que haja muitos danos à planta. Baseado nesta hipótese o trabalho teve o objetivo de avaliar a qualidade da colheita mecanizada do café, realizado por cada um dos lados da colhedora com duas freqüências de vibração das hastes, sob o controle estatístico de processo (CEP) com o emprego de cartas de controle.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda São João Grande, localizada no município de Patos de Minas, MG, nas coordenadas geodésicas 18°33' latitude Sul e 46°20' longitude Oeste, com altitude média de 1100 m, clima Cwa de acordo com classificação de Köppen. As avaliações foram realizadas durante a colheita na safra 2009/2010 em cafeeiro irrigado por pivô central, cujo plantio circular foi realizado em dezembro de 2004 com a cultivar Catucaí Vermelho, no espaçamento de 4,00 m entre fileiras e 0,50 m entre plantas.

A colheita dos cafeeiros foi realizada pela colhedora Jacto modelo KTR, fabricada em 2003 com 4000 horas de trabalho (Figura 1), que opera a cavaleiro nas fileiras das plantas, tracionada por um trator cafeeiro modelo MF 265 de 47,8 kW (65 cv), com velocidade média durante a execução do estudo de 0,48 m s<sup>-1</sup> (1,74 km h<sup>-1</sup>).



FIGURA 1. Conjunto trator-colhedora utilizados.

Realizou-se a colheita no dia 04/06/2010 com porcentual médio de maturação dos frutos nos estádios verde (14%), cereja (21%) e passa (65%), com carga pendente média obtida por amostragens de 2,65 L planta<sup>-1</sup>. Na colheita foram mantidas as velocidades médias de operação e variou-se a freqüência de vibração das hastes de 750 rpm (12,49 Hz) e 950 rpm (15,83 Hz), em função da vibração utilizada pela fazenda no momento da colheita (F1), e a segunda (F2) escolhida mediante resultados de pesquisa obtidos por Oliveira et al. (2007 b).

O delineamento experimental foi constituído pela combinação dos 2 fatores sendo as freqüências de vibração (F) utilizadas em fileiras alternadas e os dois lados da máquina, totalizando 40 células amostrais (Figura 2), que foram avaliadas em dois lados separados, sendo cada célula composta por cinco plantas avaliadas, devidamente materializada com marcos indicativos e georreferenciada por meio de GPS da marca Garmin, modelo GPSII (de precisão posicional absoluta inferior a 15 m (95 %)) com as coordenadas registradas no sistema plano-cartesiano UTM.

Inicialmente foi estimada a carga de café por planta, pela derrça manual de três plantas ao lado de cada célula amostral avaliada, sendo a produção de cada célula avaliado volume por um recipiente graduado, para determinação da produtividade média por planta (L planta<sup>-1</sup>).

Em cada célula amostral a colhedora operou sobre panos de derrça recobrimdo o chão sob a área de 5 plantas do espaçamento de plantio, para determinação da perda do café caído no chão após a passagem da mesma. Os frutos caídos sobre o pano nesta área foram recolhidos, quantificados e calculados as médias de perdas por planta. Também

foram recolhidas as massas de folhas e galhos arrancadas, encontrados sobre o pano, para cálculo dos danos provocados às plantas pela ação das hastes vibratórias da colhedora.

Para determinação do café remanescente na planta após a passagem da máquina, procedeu-se à derricha manual das mesmas cinco plantas avaliadas, e após a derricha os frutos também foram recolhidos e pesados separadamente. Para o cálculo do volume de café colhido efetuou-se a diferença entre a carga pendente em cada célula e a soma do volume de café do repasse manual e o volume caído sobre o pano.

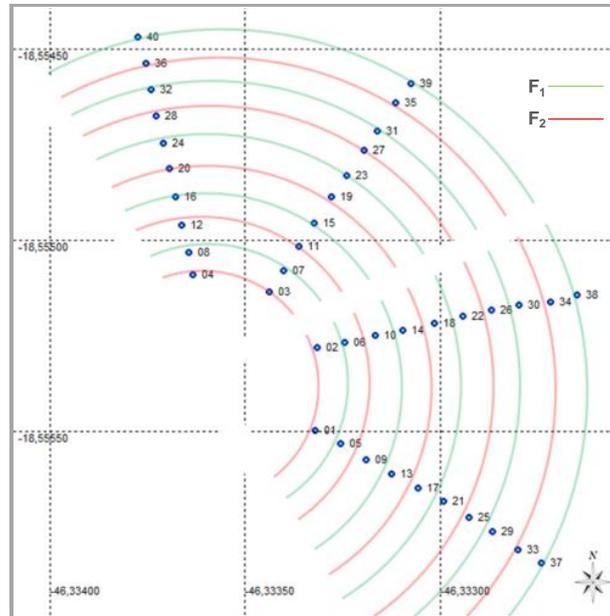


FIGURA 2. Malha com células amostrais georreferenciadas com GPS.

Os resultados passaram por uma análise exploratória (estatística descritiva) para verificar a normalidade dos dados e a ocorrência de dados discrepantes (“outliers”) ou a necessidade da transformação para sua normalização. Posteriormente a análise de variância dos dados e o teste de Tukey foram obtidos pelo programa computacional Minitab® 15, depois de atendidas as premissas básicas para análise estatística. Pelo mesmo programa foi realizada a avaliação da qualidade de operação na colheita, conforme metodologia descrita por Toledo et al. (2008), que avalia o controle de qualidade estatística utilizando como ferramenta cartas de controle para valores individuais e amplitudes entre pontos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros de medida de tendência central (média, mediana e amplitude) e de dispersão (desvio padrão e coeficiente de variação) de estatística descritiva para a carga inicial de café nas plantas, para o volume de café colhido, para os índices de perdas (volume de café caído e remanescente) e para a desfolha causada às plantas. Para os valores de produção observa-se que a média e mediana encontraram-se próximas, e apesar do coeficiente de variação (CV) ser muito alto, com índice de curtose (Ck) distante de zero indicando alta variabilidade entre os pontos avaliados, os valores apresentaram distribuição normal pelo teste de Anderson-Darling.

Para os indicadores avaliados do processo de colheita mecanizada, observou-se para o volume de café colhido, volume caído, volume remanescente, bem como a desfolha causada às plantas, distribuição assimétrica dos dados pelo teste de Anderson-Darling necessitando de transformação dos dados para sua normalização. Os dados apresentaram valores de médias e medianas distantes entre si, além do desvio padrão e o coeficiente de variação ser muito alto em todas estas variáveis conforme classificação de Pimentel-Gomes & Garcia (2002), indicando também elevada variabilidade dos dados coletados, fato comum em avaliações de operações mecanizadas (TOLEDO et al., 2008).

**Tabela 1** - Estatística descritiva para a carga inicial de café, dos frutos de café colhido, das perdas em café caído e remanescente, e para a desfolha causada às plantas.

Parâmetros	Carga Café (L planta <sup>-1</sup> )	C. Colhido (L planta <sup>-1</sup> )	Café Caído (L planta <sup>-1</sup> )	Café Rem. (L planta <sup>-1</sup> )	Desfolha (g planta <sup>-1</sup> )
Média	1,453	0,846	0,277	0,331	936,8
Mediana	1,442	0,743	0,227	0,260	879,0
Amplitude	4,057	3,852	1,097	1,236	139,0
Desvio Padrão	0,828	0,728	0,196	0,250	28,10
CV(%)	62,53	86,10	70,57	75,44	30,00
Cs(%)	0,84	1,56	1,88	1,50	1,14
Ck(%)	1,36	3,23	4,87	2,74	1,92
AD	N	A	A	A	A

CV: coeficiente de variação, Cs: coeficiente de assimetria, Ck: coeficiente de curtose;

AD: teste de normalidade de Anderson-Darling (N: distribuição normal; A: distribuição assimétrica)

Na Tabela 2 é apresentada a análise de variância com os testes de médias para as variáveis em estudo, podendo se observar que na maioria das variáveis analisadas não houve influência significativa pelos tratamentos. Quanto à qualidade da operação pela máquina observou-se que em nenhum dos fatores avaliados houve diferença entre os lados da mesma, mesmo com grande variabilidade devido à condição da cultura. A máquina manteve em igualdade para os dois lados os volumes de café colhido, bem como os índices de perdas e danos causados às plantas.

**Tabela 2** - Síntese da análise de variância e teste de médias para a carga inicial de café, dos frutos de café colhido, das perdas em café caído e remanescente, e para a desfolha causada às plantas.

Fatores	Carga Café (L planta <sup>-1</sup> )	C. Colhido (L planta <sup>-1</sup> )	Café Caído (L planta <sup>-1</sup> )	Café Rem. (L planta <sup>-1</sup> )	Desfolha (g planta <sup>-1</sup> )
Máquina (M)					
Lado esquerdo	1,462	0,806	0,278	0,378	900,0
Lado direito	1,444	0,885	0,276	0,283	960,0
Freq. Vibração (F)					
750 rpm	1,495	0,823	0,271	0,401 b	873,0 a
950 rpm	1,422	0,859	0,274	0,251 a	1000,0 b
Probabilidade P<0,05					
M	0,666 <sup>ns</sup>	0,586 <sup>ns</sup>	0,840 <sup>ns</sup>	0,069 <sup>ns</sup>	0,397 <sup>ns</sup>
F	0,292 <sup>ns</sup>	0,841 <sup>ns</sup>	0,516 <sup>ns</sup>	0,004 *	0,045 *
M x F	0,694 <sup>ns</sup>	0,873 <sup>ns</sup>	0,609 <sup>ns</sup>	0,641 <sup>ns</sup>	0,739 <sup>ns</sup>
CV(%)	63,14	47,82	33,97	36,89	14,37

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

<sup>ns</sup> Não significativo; \* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

As médias observadas para a carga de café por planta caracterizaram que a cultura se encontrava em ano de bienalidade negativa, ou seja, em uma safra de queda de produção na área, apresentando inclusive grande variabilidade entre os pontos amostrados, o que elevou os valores de coeficiente de variação.

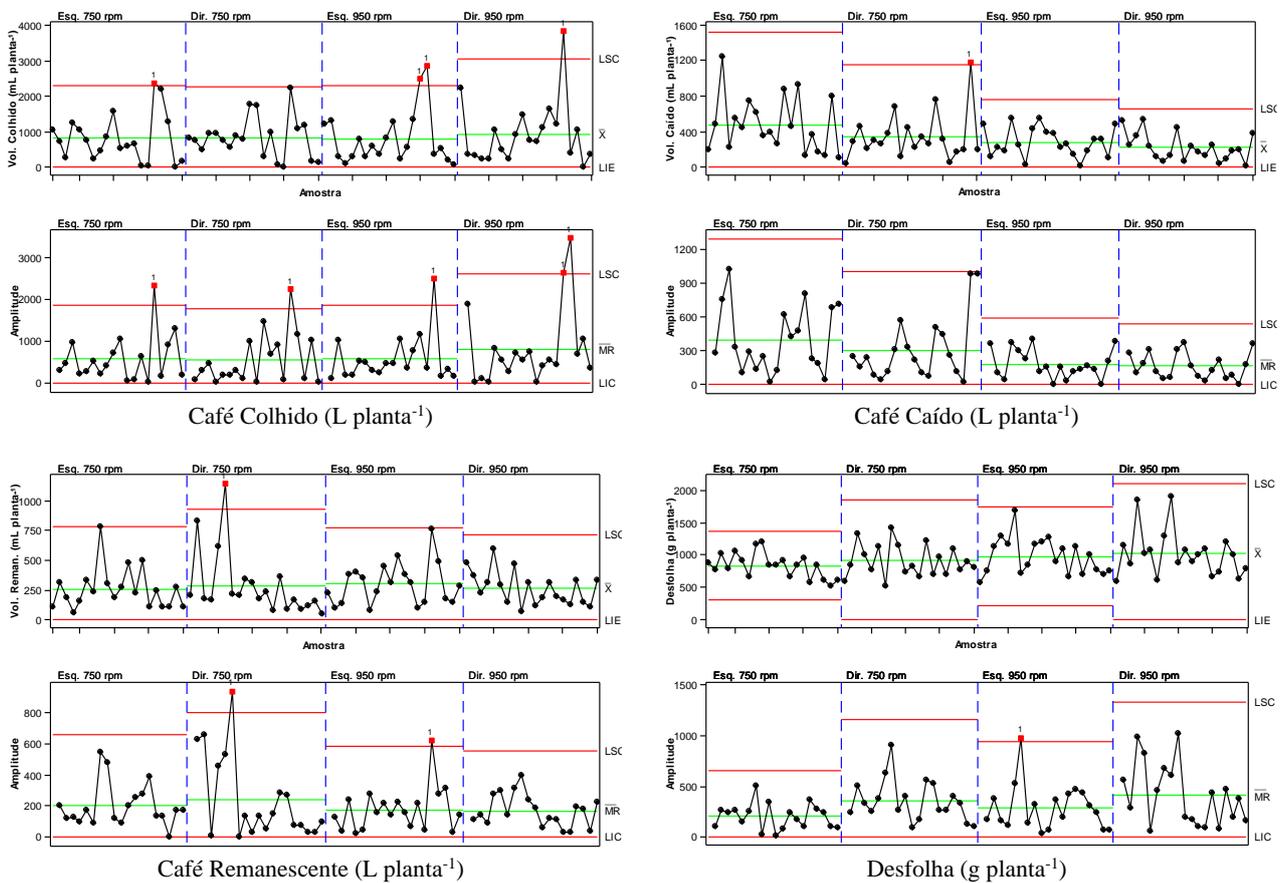
Para o volume de café remanescente na planta observou-se que o aumento na frequência de vibração reduziu significativamente estes valores, por estar diretamente relacionado com a eficiência de derriça da máquina, que elevou a capacidade da mesma em retirar os frutos presos à planta (OLIVEIRA et al., 2007b). O aumento na capacidade de derriça da máquina não alterou significativamente os volumes de café colhido pela mesma, sendo este fato explicado pela variabilidade da carga de café a ser colhida na planta e pela eficiência de recolhimento da máquina.

Nos valores de desfolha causados às plantas, o assim como no caso da derriça dos frutos, o incremento na frequência de vibração das hastes elevou os danos causados às plantas, sendo estes diretamente ligados á esta variável (SILVA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2007b). Este resultado mostra não ser viável o aumento da vibração na operação de colheita, uma vez que apensar da derriça pela máquina melhorar, a eficiência de colheita como um todo não se altera e os danos causados as plantas se elevam.

Na Figura 3 são apresentadas as cartas de controle dos indicadores volume de café colhido, para os índices de perdas (volume de café caído e remanescente) e para a desfolha causada às plantas, em cada um dos lados da colhedora e para as duas frequências de vibração avaliadas. Para o volume de café colhido observou-se que em todas as situações o processo se mostrou instável, com elevada variabilidade entre os pontos e presença de pontos fora dos limites de controle, inclusive com aumento na variabilidade das amostras no lado direito da máquina à 950 rpm.

Para os índices de perdas inicialmente observou-se que o volume de café colhido apresentou grande variabilidade entre os lados direito e esquerdo à 750 rpm, ocorrendo inclusive a presença de um ponto fora dos limites de controle, caracterizando o processo como instável, contudo o acréscimo na frequência da vibração para 950 rpm reduziu a variabilidade este índice, atribuindo estabilidade ao processo. Quanto ao volume de café remanescente observou-se comportamento semelhante ao anterior, com redução da variabilidade em função do incremento na frequência de vibração, contudo com ocorrência de pontos fora de controle para ambas as frequências avaliadas.

Para os danos causados às plantas o aumento na frequência da vibração das hastes elevou a variabilidade dos valores observados, sendo predominantemente a ocorrência de maior variabilidade dos pontos no lado direito da máquina. A partir do observado nota-se a elevada variabilidade entre as amostras com a ocorrência de diversos pontos fora dos limites de controle, que caracterizou a instabilidade do processo de colheita mecanizada como um todo, devido à ocorrência de causas especiais não-inerentes ao processo.



**Figura 1** - Cartas de controle para os indicadores volume de café colhido, índices de perdas (volume de café caído e remanescente) e desfolha causada às plantas.

## CONCLUSÕES

Para os índices de colheita não houve diferença entre os dois lados da máquina, contudo sob a ótica do controle estatístico, o comportamento das mesmas se altera em função das frequências de vibração.

O aumento na frequência de vibração das hastes reduziu significativamente o volume de café remanescente, porém não elevou o volume colhido e aumentou os danos causados às plantas, não justificando sua aplicação.

Sob o controle estatístico de processo, o aumento na frequência de vibração tornou os índices de perdas mais estáveis pela redução da variabilidade, contudo o oposto ocorreu com o café colhido e os índices de danos às plantas.

## REFERÊNCIAS

- OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M. da; ZIGOMAR, M. de S. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n.5, p.1466-1470, set./out. 2007 a.
- OLIVEIRA, E. de; SILVA, F. M. da; SALVADOR, N.; FIGUEIREDO, C. A. P. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n.3, p.714-721, set./dez. 2007 b.
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309 p.
- SANTINATO, R.; CORREIA, J.P.; JUNIOR, L.Z. Número e modo de passadas da colheitadeira K3 – Jacto e seus efeitos na produção do cafeeiro. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 24. 1998. Poços de Caldas, MG. *Trabalhos apresentados...*, Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p. 60-61.
- SANTINATO, R.; SANTO, J.E.; FERNANDES, A.L.T. Teste de colheita mecânica em cafeeiros de 2ª safra, Catuai Vermelho IAC 144 sob condições de irrigação por pivô central em Barreiras – BA. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 24. 1998. Poços de Caldas, MG, *Trabalhos apresentados...*, Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p.100-101.
- SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; PÁDUA, T. S.; QUEIROZ, D. P. *Colheita do café mecanizada e semimecanizada*. Boletim de Extensão - UFLA, Lavras, 88 p, 2001.
- SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.23, n.2, p.309-315, maio/ago. 2003.
- SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; ARRÉ, T. J.; JUAN, R. S. OLIVEIRA E. Avaliação da colheita mecanizada do café com o uso do ethephon. *Coffee Science*, Lavras, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2006.
- SILVA, F.C; SILVA, F.M; ALVES, M.C; BARROS, M.M; SALES, R.S. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiros ao longo do período de colheita. *Ciência e agrotecnologia*, Lavras, v.34, n.2, p.468-74, 2010
- TOLEDO, A. de; TABELLE, R. A.; SILVA, R. P. da; FURLANI, C. E. A.; MAGALHÃES, S. C.; COSTA, B. O. Caracterização das perdas e distribuição de cobertura vegetal em colheita mecanizada de soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.4, p.710-719, out./dez.2008.