

ANÁLISE QUALI-QUANTITATIVA DA OPERAÇÃO DE COLHEITA MECANIZADA DE CAFÉ EM DUAS SAFRAS

Felipe Santinato¹, Rouverson Pereira da Silva², Marcelo Tufaile Cassia³, Roberto Santinato⁴

(Recebido: 11 de janeiro de 2014; aceito: 26 de março de 2014)

RESUMO: A colheita mecanizada de café é empregada em muitas lavouras a fim de aumentar a eficiência, diminuir o tempo gasto e reduzir os custos da operação. Para garantir que a colheita seja eficiente é necessária a adequação da vibração das hastes da máquina em função da variedade, produtividade, estágio de maturação dos frutos e das condições da lavoura. Objetivou-se, no presente trabalho, avaliar a colheita mecanizada de café (*Coffea arabica* L.), analisando o comportamento dos dois lados da máquina sob duas frequências de vibração das hastes, em safras de alta e baixa produtividade da cultura. As avaliações foram realizadas no município de Patos de Minas, MG, em área com a cultivar Catucaí Vermelho dispostos em plantio circular, sendo amostradas 40 parcelas no esquema fatorial (2 x 2). Foi utilizada uma colhedora Jacto KTR, operando nas frequências de vibração de 750 e 950 rpm. Concluiu-se que, para o ano de baixa produção, o lado direito da máquina colheu 35% a mais que o lado esquerdo. A utilização da maior vibração não aumentou a eficiência de colheita e ocasionou desfolha superior em 14% em relação à operação com vibração de menor intensidade. Para o ano de safra alta, o lado esquerdo da máquina teve 48% a mais de café caído no chão que o lado direito, enquanto que para as frequências de vibração, a maior vibração apresentou maior eficiência de colheita sem elevar os danos.

Termos para indexação: *Coffea arabica* L, perdas na colheita, vibração das hastes.

QUALITY OF OPERATION OF HARVESTING OF COFFEE AT TWO CROPS

ABSTRACT: The mechanized harvest of coffee is a technology used in many coffee plantations in order to increase the efficiency, reduce the time spent and reduce the cost of operation. To ensure that the harvest has good results are necessary the adequate regulation of the rods vibration of the machine as a function of variety, productivity, stage of maturity of the fruits and the conditions under which farming of coffee. This study aimed to evaluate the mechanized harvest of coffee (*Coffea arabica* L.), analyzing the behavior of two sides of the machine under two frequencies of vibration of rods in high and low production crops. The evaluations were performed in Patos de Minas (Minas Gerais State, Brazil), in farm with coffee's cultivars Red Catucaí arranged in circular planting, being sampled 40 plots in a factorial (2 x 2). Were used a Jacto KTR harvester working with 750 and 950 rpm frequency. It follows that for the year with negative biannuality the right side of the machine harvested 35% more than the left side. The use of the greatest vibration didn't increase the collection efficiency and led to a higher defoliation by 14% the vibrating operation with less intensity. For high crop year the left side of the machine let more than 48% coffee on the ground than the right side and the different frequencies of vibration, the higher promoted more efficiency in harvest efficiency without increase damage in the plants.

Index terms: *Coffea arabica* L, harvesting losses, rod vibration.

1 INTRODUÇÃO

A região do Cerrado brasileiro apresenta o menor custo por saca de café produzida no País devido às maiores produtividades e por abranger áreas mecanizáveis, possibilitando a substituição da mão de obra manual pela mecanização nas operações da lavoura, dentre elas a colheita (FERNANDES et al., 2012b).

A mecanização na colheita do café vem sendo utilizada no Brasil desde a década de 70 como alternativa para o barateamento dos custos operacionais (MATIELLO et al., 2010).

Relatos apontam reduções de custo em torno de 60% (LANNA; REIS, 2012; OLIVEIRA et al., 2007a; SANTINATO et al., 2013a). Sua execução com o máximo de eficiência reduz os custos operacionais, pois minimiza a necessidade de repasse manual e, para tanto, deve-se proceder à correta regulagem da vibração das hastes e da velocidade de trabalho da máquina de acordo com a variedade da planta, porte, enfolhamento, produtividade, estágio de maturação dos frutos, clima, face de exposição e declividade.

Vários autores têm estudado a mecanização da colheita de café (CASSIA et al., 2013; SILVA et al., 2013), uma vez que a experiência da utilização das

¹Universidade Federal de Viçosa/UFV - Campus Rio Paranaíba - Rodovia MG 230 - Km 7 - Cx. P. 22 - 38.810.000 Rio Paranaíba - MG - fpsantinato@hotmail.com

^{2,3}Univ. Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP - Campus de Jaboticabal - Departamento de Máquinas e Mecanização Agrícola - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane - s/n - 14884-900 Jaboticabal - SP - rouverson@gmail.com, marcelo_cassia@hotmail.com

⁴Santinato & Santinato Cafés Ltda - Rua Violeta 133 - apt.4 - Bairro Universitário - 38.810.000 - Rio Paranaíba - MG rsantinatocafeicultura@hotmail.com

colhedoras ao longo dos anos, bem como pesquisas e aperfeiçoamentos no projeto das máquinas têm melhorado cada vez mais a eficiência do processo.

O aumento da produtividade e a redução de custos é um dos principais objetivos de qualquer processo produtivo. Desde o princípio das cadeias produtivas é essencial a realização de ensaios com a finalidade de avaliar o produto final para atender aos padrões especificados e, conseqüentemente, garantir o êxito do processo.

O controle estatístico de processo (CEP) é uma técnica estatística para o controle da qualidade em operações agrícolas mecanizadas, empregadas em culturas distintas, e obtém resultados promissores, pois o controle das operações agrícolas permite a diminuição na variabilidade, obtendo-se resultados mais próximos aos limites especificados (MILAN; FERNANDES, 2002; TOLEDO; SILVA; FURLANI, 2013).

Desta forma, considerando que, na adoção da colheita mecanizada de café, há a exigência de se reduzir os índices de perdas e manter em níveis aceitáveis os danos às plantas, objetivou-se, com este trabalho, avaliar a qualidade da operação de colheita mecanizada de café, verificando o comportamento nos dois lados da colhedora, sob duas frequências de vibrações das hastes, em safras de baixa e alta produção da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda São João Grande, no município de Patos de Minas, MG, nas proximidades das coordenadas geodésicas 18°33'18" latitude Sul e 46°20'01" longitude Oeste, na região do cerrado mineiro, com altitude média de 1.100 m, e clima Cwa de acordo com classificação de Köppen (1948). A área experimental utilizada pertence a um plantio comercial de cafeeiros irrigados sob pivô central, sendo constituída por um talhão em plantio circular, para possibilitar a irrigação localizada apenas sobre a copa das plantas. A área utilizada possui aproximadamente 45 ha e declividade média de 4%. A lavoura foi plantada em dezembro de 2004, com a cultivar Catucaí Vermelho 785-15, no espaçamento de 4,00 m entrelinhas e 0,50 m entre plantas, correspondendo à densidade populacional de 5.000 plantas ha⁻¹.

As avaliações foram efetuadas durante as safras 2009/2010 e 2010/2011, sendo que a colheita mecanizada dos cafeeiros foi desempenhada por uma colhedora da marca Jacto, modelo KTR,

fabricada em 2003 com, aproximadamente, 4.000 horas de uso no início do trabalho. A mesma opera a cavaleiro nas linhas e possui hastes vibratórias atuando em torno de cada planta, desprendendo os frutos, sendo esses coletados por um conjunto de lâminas retráteis fechando o espaço sob a saia do cafeeiro.

A colhedora foi tracionada por um trator da marca Massey Ferguson, modelo MF 265, 4 x 2 TDA, com potência nominal de 47,8 kW (65 cv) e velocidade média durante a execução do estudo de 1,74 km h⁻¹, com a marcha L1 a 2.000 rpm no motor, operando sempre no mesmo sentido de deslocamento pelas linhas de plantio. Durante a operação de colheita foi mantida a velocidade média de trabalho, e variaram-se os ciclos de vibração das hastes de 750 rpm (12,49 Hz) e 950 rpm (15,83 Hz), propostas 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. (2007b).

Além deste fator, para todas as variáveis estudadas, foram separados os lados de operação da colhedora avaliada, sendo obtidos dados desde a produção da cultura, até os índices de perdas e danos causados às plantas por cada um dos lados da máquina (direito e esquerdo).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (2 x 2), sendo os tratamentos constituídos pela combinação das duas frequências de vibração (F) utilizadas em fileiras alternadas e os dois lados da máquina em avaliação (M), com 10 repetições, totalizando 40 células amostrais.

Cada avaliação foi realizada sobre panos de derriça que recobriram o chão sob a área de cinco plantas. Cada pano, de cada lado da linha do café possuía 2,5 m por 2,0 m, totalizando 5,0 m². A área foi 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%), sendo as coordenadas registradas no sistema UTM.

A determinação da produtividade da cultura foi estimada pela carga de café por planta, por meio da derriça manual de três plantas em cada célula amostral, sendo o volume de café produzido de cada lado das plantas quantificado individualmente (L planta⁻¹). O café derriçado em cada célula amostral foi convertido para o equivalente em café beneficiado (kg ha⁻¹), conforme descrito por Reis, Soares e Guimarães (2008).

Durante a operação de colheita, foram determinados índices relativos à qualidade da operação, sendo mensurados os volumes de café caído no chão durante a passagem da colhedora (café caído), de café remanescente na planta após a passagem da máquina, e de café colhido, obtido pela diferença da produção inicial das parcelas e os volumes perdidos. Todas essas determinações foram realizadas separadamente dos dois lados da linha do café, sempre com a colhedora se deslocando no mesmo sentido da trajetória.

Na determinação da perda do café caído, foram utilizados panos de derriça, descritos anteriormente, estendidos em cada célula amostral, embaixo da saia de cinco plantas consecutivas, sobre as quais a máquina operou. Os frutos caídos sobre o pano após a passagem da colhedora foram recolhidos, quantificados e separados em verde, cereja e passa, para conversão em equivalente em café beneficiado (kg ha^{-1}).

Para a determinação do café remanescente na planta, após a passagem da máquina, procedeu-se à derriça manual das mesmas cinco plantas, coletando-se o café caído, e separando-se os frutos não colhidos quanto à maturação e quantificando-os separadamente, para a conversão em equivalente em café beneficiado (kg ha^{-1}).

O volume de café colhido foi determinado pela diferença entre a carga inicial presente nas plantas e as perdas de café caído no chão e remanescente na planta (Equação 1).

$$CC = C_{\text{Ini}} - C_{\text{Caído}} - C_{\text{Rem}} \quad (1)$$

Em que,

CC: Café colhido ($\text{kg café beneficiado ha}^{-1}$).

C_{Ini} : Carga inicial de café (kg ha^{-1}).

$C_{\text{Caído}}$: Volume de café caído (kg ha^{-1}).

C_{Rem} : Volume de café remanescente (kg ha^{-1}).

Para a avaliação dos danos provocados pela ação das hastes vibratórias da colhedora nas plantas de café foi determinado o índice de desfolha, calculado a partir da massa de folhas e galhos arrancados, durante a operação de colheita. A massa de folhas arrancadas foi determinada recolhendo-se e pesando-se todas as folhas, galhos e fragmentos de material vegetal encontrados sobre os panos após a passagem da colhedora, calculando-se posteriormente a média por planta.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa Minitab® 16, sendo realizada a análise de variância (ANOVA),

fator único pelo teste F de Snedecor, com 5% de significância, para verificar a existência de diferenças significativas entre as médias das variáveis analisadas. Quando procedente, aplicou-se o teste de Tukey, também a 5% de significância, para a comparação das médias.

Para avaliar-se a qualidade do processo foram utilizadas cartas de controle pela média (TOLEDO; SILVA; FURLANI, 2013). Os limites de controle, inferior (LIC) e superior (LSC), resultaram da análise estatística e foram determinados de acordo com a variabilidade do processo. Os limites de controle permitem inferir se há variação dos resultados devido a causas não controladas no processo (causas especiais, ou seja causas não aleatórias, proporcionadas por fatores externos ao processo), e são calculados com base no desvio padrão das variáveis, como demonstrado nas equações 2 e 3.

$$LSC = \bar{x} + 3\sigma \quad (2)$$

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

Em que,

LSC = Limite superior de controle.

\bar{x} = Média geral da variável.

σ = Desvio padrão.

LIC = Limite inferior de controle (quando o valor calculado do LIC foi negativo, considerou-se o mesmo como nulo, LIC = 0).

Quando uma observação apresenta falha em um dos testes para causas especiais, o ponto é destacado na carta de controle, com o número do respectivo erro. Um ponto falho indica que há variação não aleatória nos resultados, decorrente da ação de causas especiais e que, portanto, deve ser investigada. Quando nenhum ponto é destacado na carta de controle, não há observação falha no processo, ou seja, não existem causas especiais de variação e, conseqüentemente, o processo está sob controle estatístico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância com os testes de médias para as variáveis da 1ª safra em estudo (Tabela 1) demonstrou que a produtividade na área não se diferenciou entre os fatores analisados (em torno de 2.150 kg ha^{-1} de café beneficiado). Esse fato mostra que a ação da máquina ocorreu em condições iguais de carga de café nas plantas, em ambos os lados da mesma e para as duas frequências de vibração, o que elimina qualquer interferência das condições da cultura nos resultados de colheita da máquina.

A quantidade de café colhido pela máquina apresentou diferença entre os dois lados da mesma, sendo que pelo lado direito da colhedora foi colhido cerca de 35% a mais de café que pelo lado esquerdo o que reflete uma deficiência na capacidade de recolhimento do lado esquerdo. Além disso, essa diferença não foi influenciada pela mudança na frequência de vibração das hastes, fator esse que não alterou a capacidade de colheita da máquina para a 1ª safra (1.600 kg ha⁻¹ de café beneficiado, em média). A eficiência de colheita dessa operação foi de 74,6%, valor considerado adequado para a colheita do tipo “plena”, onde objetiva-se colher maior quantidade de frutos utilizando uma única passada (SILVA et al., 2013).

Para as perdas de café caído e remanescente, observou-se que apenas o aumento na frequência de vibração das hastes reduziu a perda de café remanescente em torno de 40%, que elevou a capacidade da mesma em retirar os frutos aderidos à planta, corroborando com resultados obtidos por Oliveira et al. (2007b).

Isso ocorreu pois os frutos no estágio de maturação verde demandam maior energia da colhedora (vibração) para que se soltem (SILVA, et al., 2010). Somadas, as perdas representaram em média, cerca de 600 kg ha⁻¹ de café beneficiado, sendo a distribuição entre as mesmas de 45% para café caído e 55% para café remanescente.

Nos valores de desfolha promovidos às plantas, assim como no caso da derriça dos frutos, o incremento na frequência de vibração das hastes elevou os danos causados às plantas, pois são diretamente ligados a essa variável (OLIVEIRA et al., 2007b; SILVA, et al., 2010).

Esse resultado mostrou, para esta safra, não ser viável o aumento da vibração na operação de colheita, uma vez que não se elevou a eficiência de colheita e aumentaram os danos causados às plantas.

A máquina derriçou o café da planta, porém não o recolheu, de forma que os frutos caíram no solo ficando sujeitos a fermentações e depreciações de qualidade.

TABELA 1- Síntese da análise de variância e teste de médias para produção de café beneficiado, café colhido, perda de café caído e remanescente, e desfolha por planta, na 1ª safra avaliada (2009/10).

Parâmetros	Produção	Colhido	Caído	Reman.	Desfolha
	(kg de café beneficiado ha ⁻¹)				(g planta ⁻¹)
Máquina (M)					
Lado Esquerdo	1.941,3	1.362,3 b	250,8	328,2	181,7
Lado Direito	2.361,0	1.843,9 a	263,9	253,2	193,0
Freq. Vibração (F)					
750 rpm	2.296,6	1.669,4	257,9	369,3 b	174,7 a
950 rpm	2.005,2	1.536,3	256,8	212,1 a	200,0 b
Probabilidade P<0,05					
M	2,559 ^{ns}	4,123 *	0,093 ^{ns}	2,748 ^{ns}	0,825 ^{ns}
F	2,609 ^{ns}	1,495 ^{ns}	0,059 ^{ns}	10,852 *	4,156 *
M x F	0,088 ^{ns}	0,122 ^{ns}	0,300 ^{ns}	0,022 ^{ns}	0,075 ^{ns}
CV(%)	28,31	41,34	34,18	37,87	29,61

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ^{ns} Não significativo; * Significativo a 5% probabilidade, pelo teste de F.

Em relação à 2ª safra avaliada pode-se observar na Tabela 2 que a maior produtividade de café alcançada foi decorrente do ano de safra alta (3.900 kg ha⁻¹ de café beneficiado), sendo que, assim como na 1ª safra, essa produtividade não variou nas áreas de estudo em cada um dos fatores analisados, novamente não influenciando no desempenho apresentado pela colhedora avaliada.

A diferença entre os lados da colhedora na quantidade de café colhido verificada na 1ª safra avaliada foi eliminada para a safra em questão, provavelmente por apresentar, em média, 44,8% a mais de café pendente em relação à safra anterior.

A quantidade de café colhido foi maior quando se utilizou a maior frequência de vibração das hastes, de forma que maiores cargas pendentes exigem maiores vibrações, corroborando com Oliveira et al. (2007b). A eficiência de colheita para a menor vibração foi de 70,7% contra 80,0% atribuída à colheita com a maior vibração.

Para os índices de perda de café caído e remanescente, apenas o café caído diferiu entre os dois lados da colhedora, sendo nesse caso um novo problema com a capacidade de recolhimento da mesma, que fez com que o café derricado pela máquina fosse perdido em torno de 33% a mais no lado esquerdo da máquina. A perda de café remanescente foi mais acentuada que na primeira safra avaliada devido à maior produção de frutos por planta, perda essa que foi reduzida em torno de 28% através do incremento na frequência de vibração das hastes.

A desfolha causada pela ação da colhedora sobre as plantas de café não foi influenciada por nenhuma das variáveis em estudo, sendo mais acentuada que na 1ª safra devido à maior carga de café nas plantas, o que favorece a queda de ramos e folhas. Da mesma forma, Santinato et al. (2013b) observaram desfolha operacional 16% maior em uma lavoura de carga elevada em relação à carga intermediária, submetidas à mesma colhedora, regulada da mesma forma.

TABELA 2 - Síntese da análise de variância e teste de médias para produção de café beneficiado, café colhido, perda de café caído e remanescente, e desfolha por planta, na 2ª safra avaliada (2010/11).

Parâmetros	Produção	Colhido	Caído	Reman.	Desfolha
	(kg de café beneficiado ha ⁻¹)				(g planta ⁻¹)
Máquina (M)					
Lado Esquerdo	4.190,3	3.156,7	313,3 b	720,3	255,6
Lado Direito	3.428,7	2.599,8	210,8 a	618,1	249,8
Freq. Vibração (F)					
750 rpm	3.549,0	2.510,9 b	285,8	779,3 a	241,8
950 rpm	4.043,0	3.245,6 a	238,3	559,1 b	263,6
Probabilidade P<0,05					
M	3,661 ^{ns}	1,532 ^{ns}	7,930 *	0,362 ^{ns}	0,088 ^{ns}
F	0,866 ^{ns}	3,280*	0,750 ^{ns}	3,947*	2,342 ^{ns}
M x F	1,247 ^{ns}	0,761 ^{ns}	0,263 ^{ns}	0,194 ^{ns}	0,014 ^{ns}
CV(%)	26,61	34,59	35,62	37,70	29,61

Em cada coluna, para cada fator, médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Não significativo; * Significativo a 5% probabilidade, pelo teste de F.

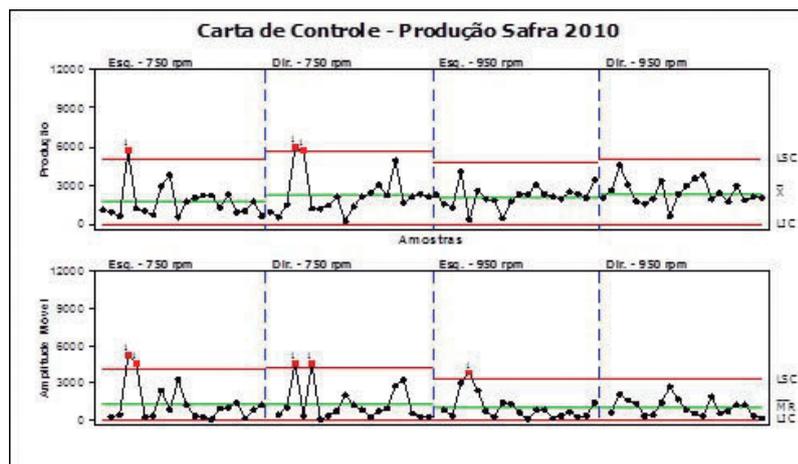
Nas cartas de controle para a produção correspondente de café beneficiado nas duas safras em estudo (Figura 1), observa-se instabilidade da produção entre os pontos avaliados, apresentando grande variabilidade em torno da média, com pontos de pico de produção que extrapolaram os limites estabelecidos. Na 1ª safra, observa-se que a média e a variabilidade foram reduzidas, em decorrência de um ano de baixa produção da cultura, mostrando que a produção nos pontos avaliados variou de maneira mais próxima da média, resultando em maior uniformidade da cultura.

Comparada à safra anterior, nota-se que houve maior média de produção na 2ª safra avaliada, porém com variabilidade mais elevada entre os pontos amostrais, o que pode ser observado pela maior amplitude entre os limites.

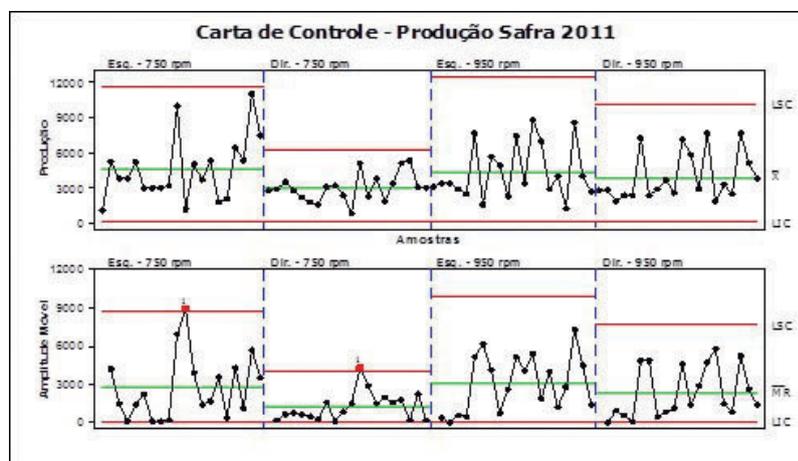
Esse fato permite constatar que, em ano de carga alta da cultura, há maior variabilidade da produção, existindo plantas ou locais da área produtiva que apresentem produções extremamente elevadas, enquanto que outros locais apresentam produção semelhante aos anos de baixa. Fato esse também encontrado por Carvalho et al. (2004) e Silva, et al. (2010).

Para a 2ª safra, a principal causa da instabilidade na produção foi observada na carta de amplitude móvel, ou seja, a grande variabilidade existente entre um ponto amostral, e seu anterior ou sucessor. Comparando-se a carga de café disponível para operação da máquina, nas duas safras (Figura 1), observa-se que, em todos os casos, houve grande variabilidade entre os pontos, o que pode refletir em aumento na variabilidade das variáveis subsequentes.

1ª SAFRA (2009/2010)



2ª SAFRA (2010/2011)



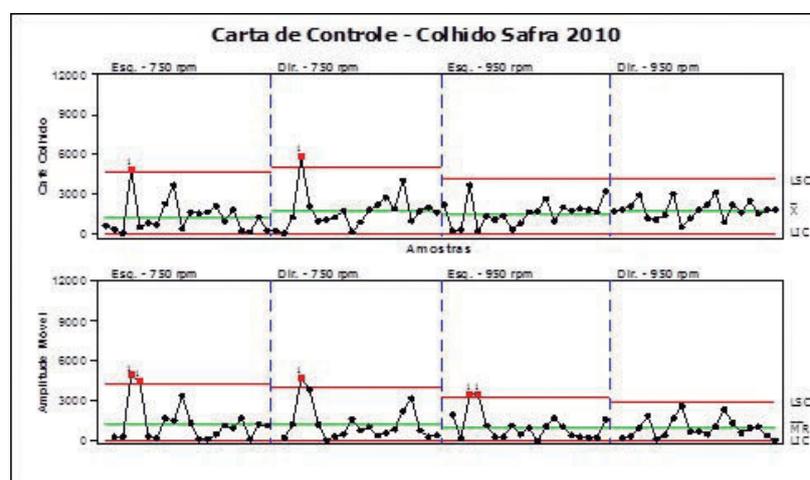
LCS: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; X: média; MR: Amplitude média

FIGURA 1 - Carta de controle para produção de café beneficiado (kg ha^{-1}).

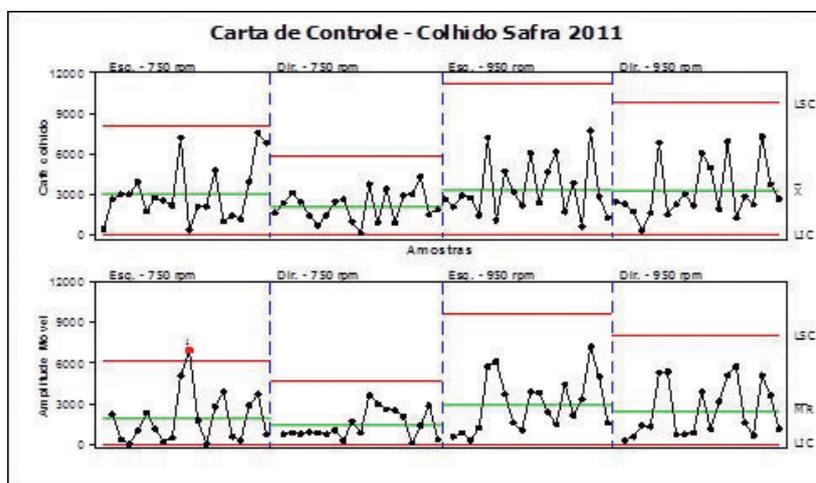
As cartas de controle para o café colhido nas duas safras em estudo (Figura 2) apresentam comportamento semelhante às cartas de produção, ou seja, apesar das variações entre os fatores e dos índices de perdas na colheita, o desempenho da colhedora varia acompanhando a variabilidade da cultura. Os fatores avaliados na 1ª safra pouco mudaram a média de café colhido pela máquina, havendo apenas um ponto de pico de colheita na vibração de 750 rpm, que excedeu o LSC, mas isso pode ser considerado como um “outlier” e atribuir estabilidade para a operação de colheita nessa safra.

Na 1ª safra avaliada, apenas um ponto extrapolou os limites de controle na carta de amplitude móvel devido à grande variabilidade presente na cultura, o que acarretou uma grande variação entre dois pontos amostrais, acusando uma falha na estabilidade do processo. Porém, pode-se observar que, apesar da menor incidência de pontos falhos no processo, a colheita realizada na 2ª safra apresentou maior variabilidade ao ser comparada à safra anterior, o que pode ser também atribuído ao comportamento observado na produção da cultura na safra em questão.

1ª SAFRA (2009/2010)



2ª SAFRA (2010/2011)



LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; X: média; MR: Amplitude média

FIGURA 2 - Carta de controle para café colhido (kg ha⁻¹).

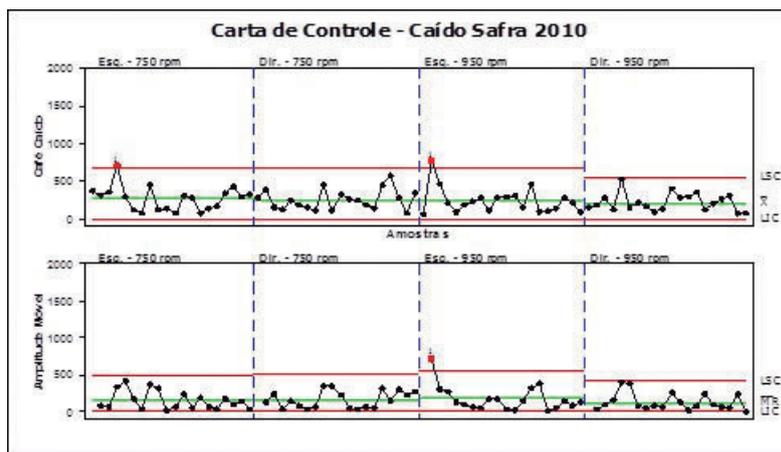
Quanto aos fatores analisados, observa-se que, na 2ª safra, o incremento na frequência de vibração das hastes elevou a capacidade média de colheita da máquina, e eliminou a incidência de pontos fora dos limites de controle. Porém, tal aumento na vibração, elevou ainda mais a variabilidade do processo, aumentando os limites de controle.

Nas cartas de controle para as perdas de café caído (Figura 3), observa-se reduzida variabilidade se comparada com as variáveis anteriores. Isso ocorre pela menor quantidade de café avaliado, 11,9 e 6,9% da carga total, respectivamente para a 1ª e 2ª safras. Para a 1ª safra, os valores variaram pouco em torno da média, e observou-

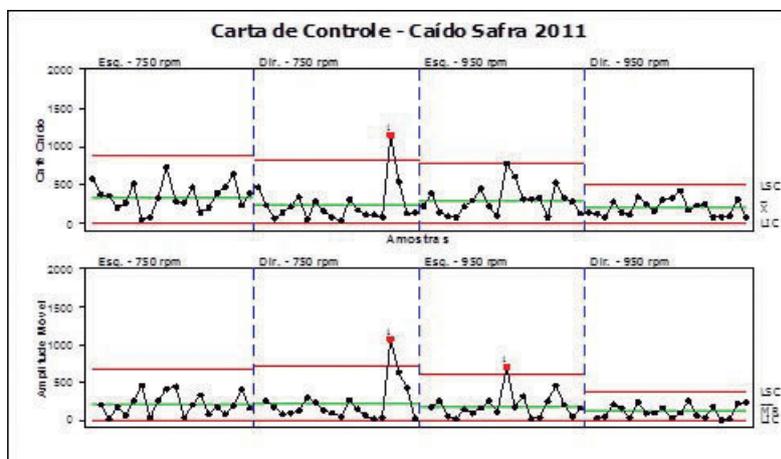
se a incidência de apenas um ponto falho do lado esquerdo da colhedora, fato que se repetiu com o incremento na frequência de vibração das hastes da mesma, o que pode justificar a necessidade de inspeção e/ou manutenção da mesma. A carta de controle reforça o observado pela análise estatística convencional, onde o aumento na vibração não elevou a quantidade de café caído (OLIVEIRA et al., 2007b).

Para a 2ª safra, novamente a variabilidade entre as amostras se elevou, porém o comportamento quanto à estabilidade do processo se manteve, com a incidência novamente de apenas dois pontos falhos no processo como um todo, o que não variou com os fatores analisados.

1ª SAFRA (2009/2010)



2ª SAFRA (2010/2011)



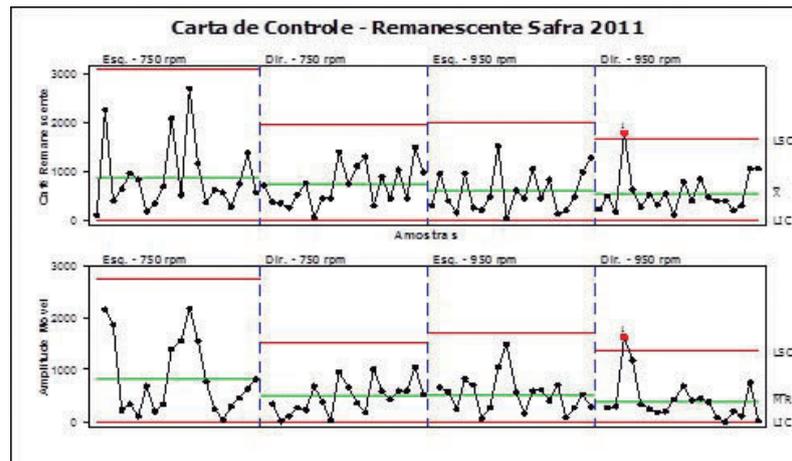
LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; X: média; MR: amplitude média

FIGURA 3 - Carta de controle para perda de café caído (kg ha^{-1}).

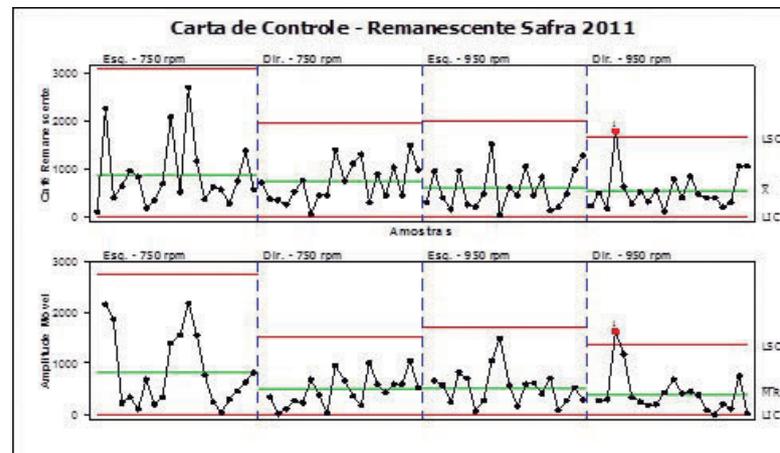
Nas cartas de controle para a perda de café remanescente nas plantas (Figura 4), pode-se observar grande diferença no comportamento entre as duas safras. Para a 1ª safra, com a passagem da máquina as perdas de café remanescente na planta foram baixas, apresentando melhor estabilidade para a menor frequência de vibração. Na 2ª safra, assim como a produção, as perdas apresentaram maior variabilidade, contudo se mantendo estáveis.

A maior variabilidade para essa variável está relacionada à elevada variabilidade da produtividade das plantas. Na safra de carga alta é comum observar plantas com elevada produtividade ao lado de plantas com baixa produtividade. Esse fato ocorre em maior proporção à medida que a planta vai ficando mais velha, notadamente após podas de recuperação (FERNANDES et al., 2012a).

1ª SAFRA (2009/2010)



2ª SAFRA (2010/2011)



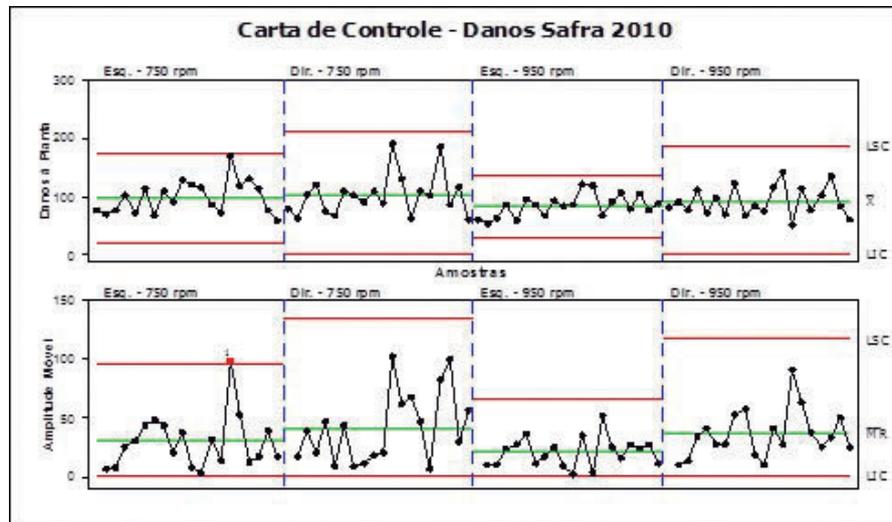
LSC: Limite superior de controle; LIC: Limite inferior de controle; X: média; MR: amplitude média

FIGURA 4 - Carta de controle para perda de café remanescente (kg ha⁻¹).

Na Figura 5, estão apresentadas as cartas de controle para os danos causados à cultura pela passagem da colhedora. Observou-se uma grande variabilidade das amostras para as duas safras avaliadas, porém com valores considerados reduzidos, e se mostrando estável com a ocorrência de apenas um “outlier” na 2ª safra.

Essa variabilidade pode ser atribuída pelo fato da mensuração pesar folhas e ramos que se desprendem das plantas após a passagem da colhedora. Quando uma maior quantidade de ramos cai, a diferença no valor é maior, elevando a variabilidade entre os pontos.

1ª SAFRA (2009/2010)



2ª SAFRA (2010/2011)

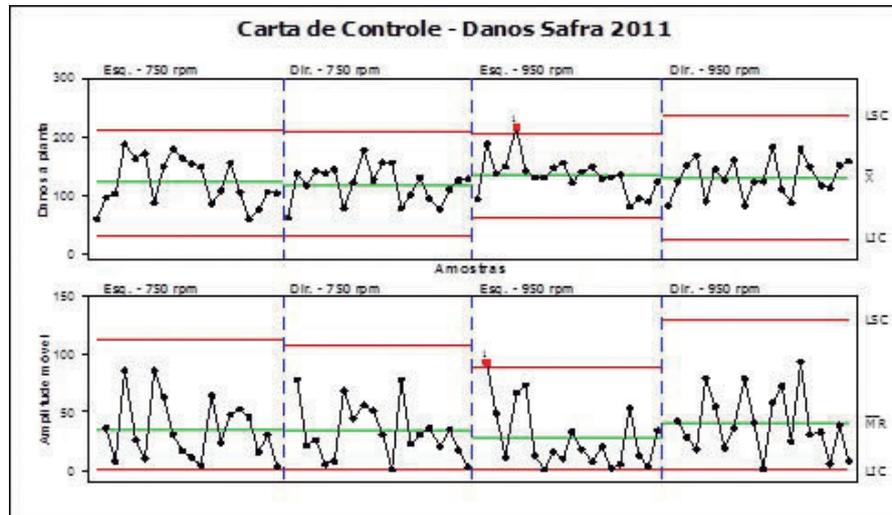


FIGURA 5- Carta de controle para os danos à cultura (g planta⁻¹).

4 CONCLUSÕES

1. A qualidade da operação de colheita mecanizada de café mostrou-se satisfatória sob a óptica do controle estatístico de processo.

2. Houve diferença entre os lados da colhedora, sendo que no lado direito, a quantidade de café colhido foi superior para o ano de bienalidade negativa (1ª safra), enquanto que no ano de alta produção (2ª safra) houve menor quantidade de café caído.

3. Para a safra baixa a vibração de 750 rpm teve a mesma eficiência que a maior vibração, no entanto ocasionou menores danos à planta, sendo a mais indicada.

4. Para a safra alta, a vibração de 950 rpm mostrou-se mais eficiente e não elevou os danos à planta.

5 REFERÊNCIAS

CARVALHO, L. G. et al. A regression model to predict coffee productivity in Southern Minas Gerais, Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 204-211, 2004.

CASSIA, M. T. et al. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 28-34, 2013.

FERNANDES, A. L. T. et al. Condução das podas do cafeeiro irrigado por gotejamento cultivado no Cerrado de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 110-119, 2012a.

FERNANDES, A. L. T. et al. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, 2012b.

KÖEPPEN, W. **Climatologia**: con um estúdio de los climas de la Tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LANNA, G. B. M.; REIS, P. R. Influência da mecanização da colheita na viabilidade econômico-financeira da cafeicultura no sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 2, p. 110-121, 2012.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil**: novo manual de recomendações. Rio de Janeiro: MAPA; Varginha: PROCAFÉ, 2010. 542 p.

MILAN, M.; FERNANDES, R. A. T. Qualidade das operações de preparo do solo por controle estatístico de processo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 261-266, 2002.

OLIVEIRA, E. et al. Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 827-831, jun. 2007a.

OLIVEIRA, E. et al. 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, 2007b.

REIS, T. H. P.; SOARES, T. L.; GUIMARÃES, G. P. T. Informações úteis no planejamento e no gerenciamento da atividade cafeeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 247, p. 112-127, 2008.

SANTINATO, F. et al. Comparação entre o custo da colheita manual e mecanizada de uma a seis passadas da colhedora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 39., 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 2013a. p. 195-198.

SANTINATO, F. et al. Efeitos fisiológicos na cultura do café decorrentes da utilização de uma a seis passadas da colhedora. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 39., 2013, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 2013b. p. 204-207.

SILVA, C. F. et al. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiros ao longo do período de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, mar./abr. 2010.

SILVA, F. C. et al. Desempenho operacional da colheita mecanizada e seletiva do café em função da força de desprendimento dos frutos. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 53-60, 2013.

SILVA, F. M. et al. Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, maio/jun. 2010.

TOLEDO, A.; SILVA, R. P.; FURLANI, C. E. A. Quality of cut and basecutter blade configuration for the mechanized harvest of green sugarcane. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 70, n. 6, p. 384-389, 2013.