

EFEITO DA REGULAGEM DO FREIO DOS VIBRADORES DE COLHEDORAS DE CAFÉ NA EFICIÊNCIA DE DERRIÇA

Ronan Souza Sales¹, Flávio Castro da Silva², Fábio Moreira da Silva³, Antônio C. da Silva⁴

¹ M. Sc. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras – MG, (35) 3829 1494, ronan_sales@hotmail.com

² D. Sc. Engenharia Agrícola, Universidade Federal Fluminense - UFF

³ D. Sc. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras – UFLA

⁴ D. Sc. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras – UFLA

Apresentado no
XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2014
27 a 31 de julho de 2014- Campo Grande- MS, Brasil

RESUMO: Com o crescente aumento da tecnologia direcionado à colheita mecanizada e seletiva do café, mudanças serão necessárias em relação às recomendações das possíveis regulagens a serem realizadas nas colhedoras. Uma destas regulagens trata-se do freio dos cilindros vibradores, que regula a força com a qual as varetas dos cilindros interagem com o cafeeiro. Este trabalho visa desenvolver um método objetivo para quantificar a regulagem do freio dos cilindros, para que correlacionada com a velocidade operacional e a vibração possa-se verificar sua influência na eficiência de derriça do café e na desfolha causada à lavoura. Os resultados mostram ser possível estabelecer um método para regular o freio por meio da medida do torque nos cilindros vibradores. A maior eficiência de derriça foi obtida com regulagens de 42,89 N m de torque nos cilindros, velocidade operacional de 1,6 km h⁻¹ e vibração de 15,8 Hz, resultando em 90,38 e 98,99% de derriça do café na primeira e na segunda época, respectivamente. Os maiores níveis de desfolha foram encontrados na velocidade de 1,0 km h⁻¹, com regulagem de torque dos cilindros vibradores de 53,61 e 64,33 N m nas duas épocas avaliadas.

PALAVRAS-CHAVE: mecanização, colheita dos frutos de cafeeiros, torque dos cilindros vibradores.

EFFECT OF THE ADJUSTMENT IN HARVESTER VIBRATORY COLUMN BREAKERS THE COFFEE HARVEST EFFICIENCY

ABSTRACT: With the increasing demand for technology usage related to the coffee fruit mechanized harvesting, some changes will be need mainly when related to the possible adjustments that can be done in the harvesters. One of these adjustments is the harvester vibrator column that control the force that the column interacts with the coffee plant. This work aimed to develop an objective method to quantify the adjustment of the column breaker, evaluating how this adjustment influences the coffee stripping efficiency and coffee tree defoliation. The results have shown that is possible to establish an method for the breakers adjustment according to vibrating columns torque. The most efficient stripping rates were obtained with column torque adjustments of 42,89 N m, 1,6 km h⁻¹ of operational speed, and a vibration frequency of 15,8 Hz. These parameters resulted in a coffee fruit stripping rates of 90,38 and 98,99% in the first and in the second harvested seasons respectively. The highest defoliation levels were met at 1,0 km h⁻¹ speed rate, with a 53,61 and 64,33 N m torque adjustment of the columns, respectively in the two harvested periods in study.

KEYWORDS: mechanization, coffee stripping, torque of the vibrating columns.

INTRODUÇÃO

De acordo com BARROS, MOREIRA e RUDORFFF (2007), o aumento da produção agrícola mundial provoca uma crescente preocupação com a conservação dos recursos naturais do planeta sendo o café no âmbito do agronegócio brasileiro um produto gerador de grandes receitas cambiais para o país e ainda pode ser considerado, de acordo com TRABAQUINI et al. (2010), a base econômica de vários municípios e regiões, porém de acordo com FERRAZ et al. (2011), apresenta um elevado custo de produção. Sendo esta cultura tão importante para o Brasil. OLIVEIRA et al., (2007 b) e RIBEIRO et al., (2009), afirmam que a mecanização de seu processo produtivo pode ser considerada como uma prática para ajudar a reduzir os custos de produção, dentro deste processo a colheita é de fundamental importância, uma vez que é o momento de colher o fruto dos investimentos realizados. Assim, a mecanização do processo de colheita torna-se ponto de vital importância (SILVA, 2004).

Desta forma CUSTÓDIO et al., (2007), afirma que possuir o domínio e o conhecimento de técnicas de produção e de manejo envolvidas na atividade cafeeira, bem como saber o efeito por elas causado na produção e no desenvolvimento da planta, é de suma importância para sua sustentabilidade e viabilidade econômica.

Atualmente, o princípio de derriça utilizando-se de colhedoras automotrizes ou tracionadas, baseiam-se na ação da vibração através de varetas, sustentadas por dois cilindros laterais que envolvem as plantas. Segundo SILVA et al. (2010), frutos verdes se desprendem com níveis mais elevados de vibração ou mediante o impacto direto da vareta, enquanto os frutos cereja, passa e seco se desprendem com vibrações mais baixas.

Segundo FERRAZ et al. (2012), a lavoura cafeeira possui algumas características tais como: altura, diâmetro de copa e saia, que dificultam a colheita de seus frutos e também o projeto de colhedoras, pois estas necessitam envolver a planta para realizar a retirada dos frutos.

SANTOS et al. (2010), montaram uma máquina vibradora eletromagnética capaz de realizar ensaios de vibração nos sentidos longitudinal e transversal em relação a um ramo plagiotrópico de café, os autores concluíram que com o aumento da frequência de vibração, aumenta-se a eficiência de derriça dos frutos em todos os estádios de maturação.

OLIVEIRA et al. (2007 a), avaliaram uma colhedora afim de verificar a influência da vibração no processo de derriça dos frutos de café, segundo os autores, houve um aumento na eficiência de colheita de 29,25%, assim como um aumento na desfolha de 31,12%, comparando-se a menor e a maior vibração que, no ensaio realizado, foi de 10,83 a 15,00 Hz, respectivamente.

Avaliando o desempenho operacional da colheita mecanizada com várias passadas da colhedora de café, SILVA et al. (2000 b) concluíram que foi possível evitar a operação de repasse com duas ou três passadas da colhedora, com eficiência operacional de 90% a 97%. Considerando apenas duas passadas, colhendo a planta toda, a maior eficiência de colheita deu-se iniciando a colheita com 40% a 30% de verde, com vibração de 12,50 Hz e velocidade de 1,0 km h⁻¹ e segunda passada com 30% a 20% de verde, com vibração de 14,17 Hz e velocidade de 0,8 km h⁻¹.

Um dos principais danos causados ao cafeeiro pela ação de colhedoras, segundo BÁRTHOLO & GUIMARÃES (1997), é a desfolha, pois pode levar a planta a produzir menos no ano seguinte. Porém SILVA et al. (2000 a) afirmam que desfolha causada pela colheita mecanizada com apenas uma passada da colhedora, é menor que na colheita manual, que de acordo com os autores foi de 0,64 Kg planta⁻¹.

Nota-se que os trabalhos apresentados na bibliografia levam em consideração para a regulagem de colhedoras de café a velocidade operacional e vibração das varetas, contudo também se deve atentar para a regulagem do freio dos cilindros vibradores, pois está regula a força com a qual as varetas do cilindro interagem com a planta. Está regulagem do freio ainda vem sendo feita de maneira subjetiva, variando-se a regulagem para que o cilindro não gire livremente quando se liga o sistema de vibração da colhedora com 800 rpm no motor.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda São Pedro de Alcântara, localizada no município de Ibiá, no Alto Paranaíba, nas coordenadas geográficas médias de 19° 28' 40" de latitude Sul e 46° 32' 20" de longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 895 m.

Os ensaios referentes à regulagem do freio dos cilindros vibradores foram realizados na safra de 2009/2010 em duas épocas diferentes: meio de safra (dias 30 de junho e 01 de julho) e final de safra (dias 03 e 04 de agosto).

Utilizou-se para a avaliação uma área de 5,0 ha, sendo analisada a cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, plantada em linha, no espaçamento de 5 m entre linhas e 0,6 m entre plantas, com população de 3333 plantas ha⁻¹.

Para o presente trabalho, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, dentro de uma mesma gleba, em parcelas aleatórias, contendo nove plantas cada. Os tratamentos utilizados foram quatro regulagens do freio com base no torque do cilindro de varetas vibratórias 32,17; 42,89; 53,61 e 64,33 N m (estes valores foram propostos tomando como base para o menor valor o momento em que o cilindro vibrador para de girar livremente ao ser ligado o sistema de vibração da colhedora, depois sendo aumentado gradativamente o torque), três velocidades operacionais 1,0; 1,6 e 2,0 Km h⁻¹ e com duas vibrações 12,5 e 15,8 Hz, (750 e 950 ciclos min⁻¹), respectivamente.

Anteriormente ao início dos ensaios, realizou-se a caracterização da lavoura, levantando-se a carga pendente média, sendo esta o volume total de frutos presentes na planta e o índice de maturação, medido por meio de uma amostra de 0,5 L de frutos de café obtida da carga pendente e realizando-se a contagem do número de frutos verdes, cerejas e secos.

Os dados levantados em campo foram tabulados utilizando-se planilhas eletrônicas e para avaliação estatística foi utilizado o programa Sisvar® (FERREIRA, 1999). Para a análise comparativa das médias, utilizou-se o teste de Scott-Knott, com 5% de probabilidade.

Para todas as avaliações, foi utilizada a colhedora modelo K-3 Millennium®, fabricada pela empresa Jacto Máquinas Agrícola S.A, cujo diâmetro dos cilindros vibradores é de 0,193 m. Segundo o manual do fabricante da colhedora, a regulagem do freio dos cilindros vibradores é realizada por meio da pressão exercida por molas que se prendem a cinta de freio que envolve a parte superior do cilindro vibratório, sendo está regulagem realizada de maneira independente para cada cilindro.

Para variar esta regulagem, foi adotada a seguinte metodologia: acrescentar ou retirar pressão nas molas que tencionam a cinta de freio. Enquanto se realiza esta operação, deve-se, submeter às varetas do cilindro a uma força tal que cilindro comece a girar. A operação deve ser realizada nos dois cilindros da máquina, de modo que ambos os lados apresentem a mesma regulagem. Esta operação deve ser realizada com a colhedora parada e com o sistema de vibração dos cilindros desligado.

Para se determinar a regulagem do freio do cilindro vibratório, foi proposta uma metodologia que quantifica o torque de giro dos cilindros, uma vez que não existem métodos objetivos relacionados a esta regulagem em trabalhos científicos e nem há uma recomendação dos fabricantes de colhedoras. Dessa forma criou-se a seguinte metodologia:

- a) A medida da força sempre foi efetuada no terceiro jogo de varetas, contados a partir da parte inferior do cilindro e a 0,45 m da parte externa do cilindro, Figura 1a.
- b) Para quantificar está força de giro foi utilizado um dinamômetro digital portátil modelo DD-500®, fabricado pela Instrutherm Instrumentos de Medição Ltda., Figura 1b.



Figura 1. Medição da força que ocasiona o torque (a) Local de medição da força (b) Dinamômetro portátil utilizado para quantificar a força. **Measuring the force that causes the torque (a) Place of force measurement (b) Portable Dynamometer used to quantify the strength.**

Como não há parâmetros da magnitude deste torque, foram estabelecidos os valores de 6, 8, 10 e 12 kgf de força que correspondem respectivamente a 58,9; 78,5; 98,1 e 117,7 N para a força de giro, as quais ocasionam torques de 32,17; 42,89; 53,61 e 64,33 N m, respectivamente a partir do centro do cilindro (0,5465 m). Estes valores foram adotados partindo-se do princípio de que a menor força utilizada seria a força máxima que permitisse ao cilindro vibrador girar livremente ao se ligar o sistema de vibração da colhedora, princípio este utilizado para a regulação das colhedoras até o momento, sendo a força posteriormente aumentada gradativamente.

Para verificar o volume de café caído no chão e a desfolha ocasionada na derriça mecânica dos frutos, os ensaios foram realizados com uma passada da colhedora, sempre no mesmo sentido de deslocamento, sendo coletado o volume derriçado mecanicamente e tendo o chão recoberto por panos colocados em cada lado da linha do cafeeiro, em todas as parcelas.

Para a coleta dos volumes derriçados pela colhedora, foi utilizada uma medida graduada de 60 L, sendo este volume coletado diretamente na bica da colhedora.

Para a estabilização da velocidade operacional e do fluxo de frutos no interior da colhedora, foi adotada uma distância de 15 m entre o início do deslocamento da colhedora e o início da coleta de dados da parcela.

Para quantificar o volume de café presente no chão, após a derriça da colhedora, foi utilizado um recipiente graduado com volume de 1,0 litro. Posteriormente a esta passagem, foi realizado o repasse manual em três plantas, escolhidas aleatoriamente dentro da parcela, objetivando a retirada dos frutos que restaram após a passagem da colhedora.

O volume total de frutos por planta em cada parcela foi calculado por meio da equação 1.

$$VTF = \frac{Vdr + Vdc}{9} + \frac{Rp}{3} \quad (1)$$

Em que:

VTF – volume total frutos, L planta⁻¹;

Vdr – volume derriçado e recolhido pela colhedora, L planta⁻¹;

Vdc – volume derriçado pela colhedora caído no chão, L planta⁻¹.

Rp – volume derriçado manualmente após a passagem da colhedora, L planta⁻¹.

Obs.: Onde 9 é o número de plantas por parcela e 3 é o número de plantas repassadas manualmente por parcela.

A eficiência de derriça foi calculada pela da equação 2.

$$E(\%) = \frac{VTD}{CPM} * 100 \quad (2)$$

Em que:

E – eficiência de derriça, %;

VTD – volume total derriçado em cada parcela, L planta⁻¹;

CPM – carga pendente média obtida em cada data dos ensaios, L planta⁻¹.

O volume total derriçado em cada parcela foi calculado pela equação 3:

$$VTD = \frac{Vdr + Vdc}{9} \quad (3)$$

A carga pendente média em cada data foi calculada como a média de todas as parcelas do ensaio, sendo calculada separadamente em cada época do experimento.

Para a quantificação da desfolha ocasionada pela derriça mecanizada, foi realizada a pesagem das folhas e ramos caídos sobre o pano em cada parcela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios referentes à primeira época foram realizados nos dias 30 de junho e 01 de julho de 2010, quando a lavoura apresentava um índice de maturação de 20,2% de frutos no estádio verde, 17,3% de frutos no estádio cereja e 62,5% de frutos, no estádio seco. A carga pendente média encontrada na primeira época foi de 5,7 L planta⁻¹.

Observando-se as eficiências de derriça para a vibração de 12,50 Hz (750 ciclos min⁻¹), na Tabela 1, nota-se que não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade em relação às médias das velocidades de 1,0 e 1,6 km h⁻¹, no entanto, mesmo não havendo diferença significativa, verifica-se uma tendência que indica a velocidade de 1,6 km h⁻¹ como a mais eficiente, ainda em relação às velocidades de 1,0 e 1,6 km h⁻¹, pode-se afirmar que apresentam melhor eficiência de derriça do que a velocidade de 2,0 km h⁻¹. Dentre os torques, o de 42,89 e o de 53,61 N m não diferiram significativamente e foram superiores aos de 32,17 e de 64,33 N m.

Na Tabela 1, também são apresentados dados referentes à vibração de 15,8 Hz (950 ciclos min⁻¹), onde observa-se que, semelhante à vibração de 12,5 Hz, os torques de 42,89 e 53,61 N m apresentaram maiores níveis de eficiência e também não diferiram entre si, porém, observa-se que o torque de 42,89 N m proporciona maior derriça. Em relação às médias das velocidades, pode-se notar que a velocidade 1,6 km h⁻¹ se mostrou mais eficiente do que as demais.

Tabela 1. Valores da eficiência de derriça (%) na primeira época em função da vibração, velocidade operacional e torque dos cilindros vibradores. **Values of the efficiency of detachment (%) for the first time in vibration function, operating speed and torque of vibrators cylinders.**

Vibração (Hz)	Torque (N m)	Velocidades (km h ⁻¹)*			Média
		1,0	1,6	2,0	
12,5	32,17	85,97Ab	87,59Ab	82,07Aa	85,21A
	42,89	87,20Bb	87,46Ab	84,99Ba	86,55B
	53,61	87,26Bb	87,20Ab	84,93Ba	86,46B
	64,33	84,80Aa	86,29Aa	84,41Ba	85,16A
	Média	86,31b	87,13b	84,10a	85,85
15,8	32,17	87,46Ab	88,17Ab	84,34Aa	86,66A
	42,89	89,60Ab	90,38Bb	86,48Aa	88,82B
	53,61	88,24Ab	90,45Bb	85,51Aa	88,07B
	64,33	87,33Aa	87,72Aa	85,45Aa	86,83A
	Média	88,16b	89,19c	85,44a	87,26

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott.; Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.; *Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

Na Tabela 2 encontram-se os dados referentes à desfolha para a primeira época com vibração de 15,8 Hz. Verifica-se que não houve diferença significativa entre os torques quando comparadas as médias. Em relação à velocidade, pode-se observar que novamente a velocidade de 1,0 km h⁻¹ apresentou maior desfolha, sendo que para esta velocidade não houve diferença estatística significativa entre os torques utilizados. Nota-se que todos os valores encontrados para a desfolha, são menores que o encontrado para a desfolha manual encontrada por SILVA et al. (2000 a).

Observando-se os valores de desfolha para a vibração de 12,5 Hz, na Tabela 2, observa-se que para a velocidade de 1,0 km h⁻¹ apresenta desfolha diferente estatisticamente, sendo maior do que as demais velocidades. Para esta velocidade, dentre as regulagens de torque utilizadas, não houve diferença significativa. Em relação a os torques utilizados, a desfolha difere significativamente, ocorrendo a maior desfolha com 53,61 N m.

Tabela 2. Valores de desfolha (kg planta⁻¹) na primeira época em função da vibração, velocidade operacional e torque dos cilindros vibradores. **Defoliation values (kg plant⁻¹) in the first time due to the vibration, operating speed and torque of vibrators cylinders.**

Vibração (Hz)	Torque (N m)	Velocidades (km h ⁻¹)*			
		1,0	1,6	2,0	Média
12,5	32,17	0,44Ab	0,38Aa	0,38Aa	0,40A
	42,89	0,46Ab	0,44Bb	0,37Aa	0,42B
	53,61	0,46Aa	0,51Cb	0,47Ba	0,48C
	64,33	0,49Ab	0,43Ba	0,39Ab	0,44B
	Média	0,46c	0,44b	0,40a	0,43
15,8	32,17	0,53Aa	0,49Aa	0,51Aa	0,51A
	42,89	0,59Ab	0,54Ab	0,48Aa	0,54A
	53,61	0,58Ab	0,54Ab	0,47Aa	0,53A
	64,33	0,57Ab	0,51Aa	0,47Ba	0,52A
	Média	0,57c	0,52b	0,48a	0,55

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott.; Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.; *Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

Observa-se na Tabela 3, cujos dados referem-se às médias das eficiências de derriça para um mesmo torque, que a vibração de 15,8 Hz sempre foi estatisticamente superior à vibração de 12,5 Hz quando comparadas as médias para um mesmo torque, o que evidência uma tendência de aumento da eficiência de derriça à medida que aumenta a vibração. Resultado este que já havia sido encontrado por OLIVEIRA et al. (2007a).

Pode ser observado que, na primeira época, que em média os torques de 42,89 e de 53,61 N m se destacaram, por apresentarem maiores eficiências de derriça, tanto para a vibração de 12,5 quanto para a vibração de 15,8 Hz. É possível verificar, também, que, na primeira época, para um mesmo torque, as velocidades de 1,0 e 1,6 km h⁻¹ sempre se mostraram melhores que a de 2,0 km h⁻¹ nas duas vibrações analisadas. Nota-se ainda que a vibração de 15,8 Hz sempre apresentou maior eficiência em relação à vibração de 12,5 Hz. Em relação à desfolha pode-se observar uma tendência de aumento da desfolha com a redução da velocidade e também à medida que se aumenta a vibração também há um aumento significativo da desfolha.

Os ensaios referentes à segunda época foram realizados nos dias 03 e 04 de agosto de 2010, quando a lavoura apresentava um índice de maturação de 10,4% de frutos no estádio verdes, 13,5% de frutos no estádio cereja e 76,1% de frutos no estádio seco. A carga pendente para está época foi de 4,4 L planta⁻¹.

Tabela 3. Valores médios de eficiência de derricha para um mesmo torque com vibrações de 12,5 e 15,8 Hz. **Average values of effectiveness of detachment for the same torque vibration 12.5 and 15.8 Hz**

Torque (N m)	Vibração (Hz)	
	12,5	15,8
32,17	85,21Aa	86,66Ab
42,89	86,55Ba	88,82Bb
53,61	86,46Ba	88,07Bb
64,33	85,16Aa	86,83Ab

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott; Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha; *Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

Observando-se as eficiências de derricha para a vibração de 12,50 Hz, na Tabela 4 verifica-se que o comportamento para as médias das velocidades foi semelhante ao ocorrido na primeira época, sendo que as velocidades de 1,0 e 1,6 km h^{-1} não diferiram estatisticamente, sendo mais eficientes do que a velocidade de 2,0 km h^{-1} , podendo-se observar uma tendência de que a velocidade de 1,6 km h^{-1} é mais eficiente do que as demais. Considerando-se esta velocidade, observa-se uma tendência de o torque de 42,89 N m ser mais eficiente em relação a os demais. Dentre as médias dos torques, observa-se que o torque de 42,89 N m diferiu estatisticamente dos demais, mostrando ser o melhor torque entre os avaliados em relação à eficiência de derricha para a vibração de 12,5 Hz.

Na Tabela 4, também são apresentados dados referentes à vibração de 15,8 Hz, onde observa-se que, as velocidades de 1,0 e de 1,6 km h^{-1} não diferiram estatisticamente, sendo mais eficientes que a velocidade de 2,0 km h^{-1} . Em relação aos torques médios, nota-se que não houve diferença estatística entre eles.

Tabela 4. Valores da eficiência de derricha (%) na segunda época em função da vibração, velocidade operacional e torque dos cilindros vibradores. **Values of the efficiency of detachment (%) in the second season due to the vibration, operating speed and torque of vibrators cylinders.**

Vibração (Hz)	Torque (N m)	Velocidades (km h^{-1})*			
		1,0	1,6	2,0	Média
12,5	32,17	97,47Bb	97,93Bb	94,70Aa	96,70B
	42,89	97,81Bb	98,06Bb	96,63Ba	97,50C
	53,61	96,13Aa	96,13Aa	95,37Aa	95,86A
	64,33	97,31Bb	97,73Bb	95,03Aa	96,69B
	Média	97,18b	97,46b	95,43a	96,69
15,8	32,17	97,56Aa	97,65Aa	97,31Aa	97,51A
	42,89	98,46Ab	98,99Bb	96,80Aa	98,09A
	53,61	98,49Ab	98,65Bb	97,72Aa	97,95A
	64,33	98,40Ab	98,57Bb	96,21Aa	97,73A
	Média	98,23b	98,47b	96,76a	97,82

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott.; Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.; *Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

Observando-se as desfolhas para a vibração de 12,50 Hz, na Tabela 5, pode-se notar que o comportamento é semelhante ao comportamento da desfolha na primeira época com a mesma vibração, evidenciando que a velocidade de 1,0 km h^{-1} apresenta maior índice de desfolha, sendo estatisticamente superior às demais velocidades. Em relação aos torques, pode-se notar que a desfolha difere significativamente ocorrendo a maior desfolha com o torque de 64,33 N m, mostrando uma tendência de aumento da desfolha à medida que o torque aumenta.

Também encontram-se na Tabela 5 os dados referentes à desfolha para a vibração de 15,8 Hz, podendo-se notar uma diferença estatística significativa em relação à média das velocidades, mostrando que a velocidade que apresenta maior desfolha é a velocidade de 1,0 km h^{-1} , resultado semelhante ao verificado para esta vibração na primeira época. Em relação aos torques médios,

pode-se observar que os torques de 53,61 e de 64,33 N m não apresentaram diferença estatística entre si, porém, foram superiores aos torques de 32,17 e de 42,89 N m, mostrando novamente uma tendência de aumento da desfolha com o aumento do torque.

Tabela 5. Valores de desfolha (kg planta^{-1}) na segunda época em função da vibração, velocidade operacional e torque dos cilindros vibradores. **Defoliation values (kg plant^{-1}) in the second season due to the vibration, operating speed and torque of vibrators cylinders.**

Vibração (Hz)	Torque (N m)	Velocidades (km h^{-1})*			Média
		1,0	1,6	2,0	
12,5	32,17	0,37Ab	0,28Aa	0,27Aa	0,31A
	42,89	0,39Aa	0,35Ba	0,32Ba	0,36B
	53,61	0,48Bb	0,43Ca	0,41Ca	0,44C
	64,33	0,51Cb	0,50Cb	0,41Ca	0,47D
	Média	0,44c	0,39b	0,35a	0,35
15,8	32,17	0,50Bb	0,39Aa	0,38Aa	0,42A
	42,89	0,44Ab	0,42Ab	0,39Ab	0,42A
	53,61	0,55Cc	0,50Bb	0,44Ba	0,49B
	64,33	0,54Cb	0,51Bb	0,42Ba	0,49B
	Média	0,51c	0,46b	0,40a	0,45

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott. Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.; *Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

Semelhantemente ao que foi verificado na primeira época, observa-se, pela Tabela 6, que para a vibração de 15,8 Hz, em média, as eficiências de derriça se mostraram superiores à vibração de 12,5 Hz, confirmando novamente a evidência de que, à medida que se aumenta a vibração, aumenta-se a eficiência de derriça.

Verificou-se que em relação à média para todas as velocidades na segunda época, o torque de 42,89 N m mostrou maior eficiência de derriça para a vibração de 12,5 Hz e não se deferiu dos demais para a vibração de 15,8 Hz. Também se pode verificar na segunda época que, em média, as velocidades de 1,0 e de 1,6 km h^{-1} sempre se mostraram diferentes estatisticamente em relação à velocidade de 2,0 km h^{-1} , sendo as eficiências de derriça sempre superiores nestas velocidades. Ainda pode se verificar que a vibração de 15,8 Hz sempre apresentou maior eficiência em relação à vibração de 12,5 Hz, o que pode ser observado, também, para a primeira época, sendo que este comportamento já era esperado e encontrado por OLIVEIRA et al. (2007 a).

Tabela 6. Valores médios de eficiência de derriça para um mesmo torque com vibrações de 12,5 e 15,8 Hz. **Average values of effectiveness of detachment for the same torque vibration 12.5 and 15.8 Hz**

Torque (N m)	Vibração (Hz)*	
	12,5	15,8
32,17	96,70Ba	97,51Ab
42,89	97,50Ca	98,09Ab
53,61	95,88Aa	97,95Ab
64,33	96,69Ba	97,73Ab

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott; Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha; *Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

CONCLUSÕES

Foi possível estabelecer um método objetivo para regulagem do freio dos cilindros vibradores, por meio da medida do torque.

A maior eficiência de derriça foi obtida com regulagens de 42,89 N m de torque nos cilindros, com velocidade operacional de 1,6 km h^{-1} e vibração de 15,8 Hz.

Os níveis mais baixos de desfolha ocorreram na menor vibração (12,5 Hz) e na maior

velocidade operacional ($2,0 \text{ km h}^{-1}$). Porém, os maiores índices de desfolha foram observados na maior vibração ($15,58 \text{ Hz}$), menor velocidade operacional ($1,0 \text{ km h}^{-1}$) e torques de $53,61$ e $64,33 \text{ N m}$ nas duas épocas avaliadas.

REFERÊNCIAS

- BARROS, M. A.; MOREIRA, M. A.; RUDORFF, B. F. T. Processo analítico hierárquico na identificação de áreas favoráveis ao agroecossistema cafeeiro em escala municipal. *Pesquisa agropecuária brasileira*, v.42, n.12, p.1769-1777, 2007.
- BÁRTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. Cuidados na colheita e preparo do café. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.18, n. 187, p.33-42, 1997.
- CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, N. M.; LIMA, L. A. Efeito da irrigação sobre a classificação do café. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.27, n.3, p.691-701, 2007.
- FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; BUENO, R. L.; COSTA, P. A. N. Geostatistical analysis of fruit yield and detachment force in coffee. *Precision Agriculture*, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 76-89, Jan. 2012.
- FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. M.; CARVALHO, F. M.; COSTA, P. A. N.; CARVALHO, L. C. C. Viabilidade econômica do sistema de adubação diferenciado comparado ao sistema de adubação convencional em lavoura cafeeira: um estudo de caso. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.5, p.906-915, set./out. 2011.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: sistema de análise de variância para dados balanceados. Versão 4.0. Lavras: UFLA, 1999. Software.
- OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; 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. 2007a.
- OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIQUEIREDO, C. A. P. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1466-1470, set./out. 2007b.
- RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L. A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.4, p.569-577, out./dez. 2009.
- SANTOS, F. L.; QUEIROZ, D.; PINTO, F. A. C.; RESENDE R. C. Efeito da frequência e amplitude de vibração sobre a derriça de frutos de café. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 425-431, 2010.
- SILVA, F. C.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; BARROS, M. M.; SALES, R. S. Comportamento da força de desprendimento dos frutos de cafeeiro ao longo do período de colheita. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, mar./abr. 2010.
- SILVA, F. M. Colheita mecanizada e seletiva do café: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 75 p.
- SILVA, F. M.; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S.; SILVA, S. S. S. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v. 8, n. 1, p. 54-60, jan./mar. 2000a.
- SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; MARTIN, W. G. Desempenho operacional da colheita mecanizada com varias passadas da colhedora de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26, 2000, Marília. Anais... Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2000b. p. 345-347.
- TRABAQUINI, K., MIGLIORANZA, É., FRANÇA, V., PEREIRA NETO, O. Uso da geotecnologia para caracterizar os cafezais no município de londrina-pr, em relação à altimetria, declividade e tipo de solo. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 6, p. 1136-1147, nov./dez., 2010.