



RONAN SOUZA SALES

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

LAVRAS – MG

2011

RONAN SOUZA SALES

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

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Fábio Moreira da Silva

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Sales, Ronan Souza.

Avaliação da regulagem do freio dos vibradores de colhedoras na eficiência de derricha do café / Ronan Souza Sales. – Lavras : UFLA, 2011.

52 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Fábio Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Café. 2. Mecanização. 3. Torque dos cilindros. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.55

RONAN SOUZA SALES

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

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 21 fevereiro de 2011.

Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato	UFLA
Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho	EPAMIG

Dr. Fábio Moreira da Silva
Orientador

LAVRAS - MG
2011

Aos meus pais, Raimundo e Elizabeth, pelo amor, incentivo, compreensão e apoio nos momentos mais difíceis da minha vida.

Ao meu irmão, Alan, que mesmo distante sempre me deu força, e incentivo para a realização deste trabalho.

As minha irmã, Milena, pela força e incentivo para esta realização.

A minha namorada, Maryelle, pela força e incentivo nos momentos difíceis.

E a todos que tem o café como sua principal forma de sustento.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por me conceder mais uma vitória conquistada.

À Universidade Federal de Lavras, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Fábio Moreira da Silva, por todos os ensinamentos, além de todo companheirismo e confiança oferecida a mim para realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia da UFLA, pelos ensinamentos e pela ajuda, em especial à secretária Greice, pela amizade e serviços prestados.

Aos proprietários da Fazenda São Pedro de Alcântara, Srs. João e Angelo, por disponibilizar a área experimental, a colhedora e todos seus equipamentos, bem como a equipe de trabalho braçal.

Ao amigos Antonio Carlos e Flávio, pela grande contribuição na condução e elaboração deste trabalho.

Aos amigos que sempre torceram por mim e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para essa grande vitória.

A todos, o meu muito obrigado!

*"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."*

Bertolt Brecht.

RESUMO

Nos dias atuais, a cafeicultura brasileira vivencia um importante momento de transição em que o processo de colheita vem migrando do sistema manual para o sistema semi-mecanizado ou, em alguns casos, supermecanizado. Porém, com o crescente aumento da tecnologia direcionado para a colheita mecanizada do café, mudanças serão necessárias com relação à recomendação das regulagens possíveis nas colhedoras tais como: velocidade operacional, vibração, quantidade e distribuição de varetas. Outra regulagem possível de ser realizada nas colhedoras de café é a regulagem do torque dos cilindros vibradores, que regula a força com a qual as varetas do cilindro interagem com o cafeeiro. A regulagem deste torque sempre foi e ainda vem sendo feita de maneira subjetiva, variando-se a força para que o cilindro não gire livremente quando se liga a vibração. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência desta regulagem na eficiência de derriça do café e nos danos causados à lavoura, em função do torque, da velocidade operacional e da vibração. O experimento foi conduzido na Fazenda São Pedro de Alcântara, localizada no município de Ibiá, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Os ensaios foram realizados durante a safra de 2010, em lavouras da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144. Nos ensaios, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, em parcelas aleatórias contendo nove plantas cada uma. Os resultados indicam que é possível estabelecer um método objetivo para regulagem do torque nos cilindros vibradores, bem como estabelecer parâmetros para a regulagem visando à colheita mecanizada mais eficiente e com pouca desfolha. 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-chaves: Mecanização. Café. Derriça do café. Torque dos cilindros Vibradores.

ABSTRACT

Currently, the Brazilian coffee sector experiences a transitional moment, in which its harvesting process starts changing to a mechanised one, ranging from quasi to overly mechanisation in some cases. However, this change also implies an increasing demand for technology usage related to the mechanical harvesting such as the operational speed, vibration frequency, and the amount and distribution of the shaker fingers. Specifically, an adjustment of the torque of the columns might be needed for it regulates the power with which the shaker fingers pick the coffee off the tree. So far, this torque adjustment has been made intuitively by varying the force vector so that the columns do not rotate freely when the vibration is turned on. Therefore, this work aimed at assessing how this adjustment influences the coffee stripping efficiency and what eventual damages does it cause on a coffee plantation as function of the torque, operational speed, and vibration frequency. The experiment was conducted at the São Pedro de Alcântara coffee farm, located in Ibiá town, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. The trials took place during the 2010 harvest of crops of the coffee cultivar Catuaí Vermelho IAC 144. In trials, it was employed the completely randomized design, with three repetitions in random parcels, each containing nine trees. The results suggest that it is possible to establish an objective method for the torque adjustment of the vibrating columns. Seemly, it was also possible to establish parameters for a more efficient (with lower defoliation rates) and cost effective adjustment of a mechanised harvest. The most efficient stripping rates were obtained with torque adjustments of 42,89 N.m in the columns, 1,6 km.h⁻¹ of operational speed, and a vibration frequency of 15,8 Hz. These parameters resulted in strip rates of 90,38 and 98,99 % of coffee berries 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: Mechanisation. Coffee. Coffee Stripping. Torque of the Vibrating Columns.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Colhedora automotriz modelo K3 Millennium, Jacto.....	26
Figura 2	Sistema de varetas da colhedora K3 Millennium.....	27
Figura 3	Regulagem da força na cinta de freio.....	29
Figura 4	Local onde foi realizada a medida da força.....	30
Figura 5	Dinamômetro portátil utilizado para quantificar as forças.....	31
Figura 6	Parcela demarcada sobre panos.....	32
Figura 7	Medida graduada utilizada para a obtenção do volume derrizado.....	33
Figura 8	Volume graduado utilizado para medição das perdas e do repasse.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Eficiência de derrça (%) para primeira época com 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	37
Gráfico 2	Eficiência de derrça com 15,8 Hz para primeira época com diferentes velocidades e diferentes torques.....	39
Gráfico 3	Eficiência de derrça (%) para segunda época com 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	43
Gráfico 4	Eficiência de derrça com 15,8 Hz para segunda época com diferentes velocidades e diferentes torques.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Especificações técnicas da colhedora K-3 Millennium.....	28
Tabela 2	Valores da eficiência de derrça (%) na primeira época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	37
Tabela 3	Valores de desfolha (kg.planta ⁻¹) na primeira época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	38
Tabela 4	Valores da eficiência de derrça (%) na primeira época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	39
Tabela 5	Valores de desfolha (kg.planta ⁻¹) na primeira época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	40
Tabela 6	Valores médios de eficiência de derrça para um mesmo torque com vibrações de 12,5 e 15,8 Hz.....	41
Tabela 7	Valores da eficiência de derrça (%) na segunda época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	42
Tabela 8	Valores de desfolha (kg.planta ⁻¹) segunda época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	44
Tabela 9	Valores da eficiência de derrça (%) na segunda época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	44
Tabela 10	Valores de desfolha (kg.planta ⁻¹) na segunda época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques.....	46
Tabela 11	Valores médios de eficiência de derrça para um mesmo torque com vibrações de 12,5 e 15,8 Hz.....	46

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Aspectos da cafeicultura Brasileira	15
3.2	Importância da cafeicultura para o País	16
3.3	Colheita do café	18
3.4	Sistemas de colheita do café	19
3.5	Regulagens e desempenho operacional das colhedoras de café	21
3.6	Ação da colhedora na lavoura cafeeira	23
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	Localização e caracterização do experimento	25
4.2	Colhedora	26
4.3	Desenvolvimento de uma metodologia para quantificar o torque nos cilindros vibradores	28
4.4	Ensaio	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1	Eficiências de derrça e desfolha para a primeira época	36
5.2	Eficiências de derrça e desfolha para a segunda época	41
6	CONCLUSÕES	48
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Com o processo de globalização da economia e a competitividade dos produtos agrícolas, passa a ser fundamental a adoção de novos métodos e técnicas de produção para o sucesso de qualquer atividade agrícola. Hoje, a cafeicultura brasileira vivencia um importante momento de transição em que o processo de colheita vem migrando do sistema manual para o sistema semi-mecanizado ou, em alguns casos, mecanizado. Esta transição vem ocorrendo, sobretudo, pela baixa disponibilidade de mão de obra nas maiores regiões produtoras de café do Brasil, a exemplo do Sul e do Cerrado Mineiro.

Mediante este cenário, a colheita mecanizada do café passa a ser uma prática em expansão entre os produtores e cujos benefícios técnicos e econômicos se comprovam a cada safra. Atualmente, a colheita mecanizada tem sido realizada por colhedoras tracionadas ou automotrizes que utilizam a vibração de varetas como princípio de desprendimento dos frutos (derriça).

Com o crescente aumento da tecnologia voltada para a colheita mecanizada do café, mudanças serão necessárias relativamente à recomendação de possíveis regulagens na colhedora como: velocidade operacional, vibração, quantidade e distribuição de varetas.

A regulagem do torque dos cilindros vibradores é um dos ajustamentos necessários, pois estes regulam a força com a qual as varetas do cilindro interagem com a planta. A regulagem deste torque sempre foi e ainda vem sendo feita de maneira subjetiva, variando-se o torque para que o cilindro não gire livremente quando se liga a vibração. Sendo assim, é necessário desenvolver estudos para avaliar a influência desta regulagem na eficiência de derriça do café e nos danos causados à lavoura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar a influência da regulagem do torque dos cilindros vibradores na eficiência de derricha do café e na desfolha das plantas.

2.2 Objetivos específicos

- a) Desenvolver um método objetivo para quantificar a regulagem do torque dos cilindros;
- b) Determinar o volume colhido para diferentes torques, variando a velocidade operacional em 1,0; 1,6 e 2,0 km.h⁻¹ e ainda variando a vibração em 12,5 e 15,8 Hz;
- c) Determinar a regulagem do torque visando à maior eficiência de derricha para as diferentes velocidades e vibrações operacionais;
- d) Avaliar a desfolha causada a planta em função da colheita mecanizada com diferentes torques, para diferentes velocidades e vibrações.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos da cafeicultura Brasileira

No Brasil, segundo Oliveira (2006), o desenvolvimento da cultura cafeeira em diferentes regiões é viável devido à sua diversidade climática e de solos. Pedrosa (2010) afirma que o cultivo do café no Brasil iniciou-se ao norte, mais precisamente em Belém, em 1727, trazido da Guiana Francesa para o Brasil pelo sargento-mor Francisco de Mello Palheta. O seu cultivo estabeleceu-se no Maranhão e na Bahia e, posteriormente, em 1770, no Rio de Janeiro, em São Paulo, em Minas Gerais, no Paraná e no Espírito Santo.

Ainda segundo Pedrosa (2010), recentemente, o café vem invertendo sua rota de expansão. Antes, seguiu a rota sul; atualmente, segue rumo à região centro-norte, ocupando o cerrado mineiro, o sertão baiano e regiões de Rondônia e de Mato Grosso. Nestas novas fronteiras agrícolas, o uso da mecanização vem se tornando cada vez mais importante e mais intenso, principalmente em áreas de topografia favorável, onde até mesmo a colheita já vem sendo realizada de forma mecanizada, utilizando-se colhedoras automotrizes e tracionadas (SILVA, 2004).

O Brasil sempre é associado à cultura do café, cuja atividade constitui uma expressiva força econômica ao longo de toda a história da nação. Segundo Anuário... (2008), o Brasil é o maior produtor mundial, representando mais de 50% da produção mundial, sendo seguido do Vietnã e da Colômbia, e também é o segundo maior consumidor.

Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2011), Minas Gerais é líder na produção cafeeira do Brasil, sendo responsável por mais de 50% da safra total do país apresentando cerca de 3,1 bilhões de pés de café em produção. Os maiores pólos de produção estão localizados no sul do

estado e no cerrado, fronteira aberta graças à tecnologia, que transformou o solo pobre da região, porém de topografia favorável, apta para a cafeicultura.

Considerando as diferentes regiões cafeeiras do Brasil, pode-se perceber que há grande possibilidade de expansão da colheita mecanizada, sobretudo nas regiões classificadas por Matiello (2001) como de cafeicultura de cerrado e do nordeste, pois apresentam topografia favorável e grandes áreas empresariais onde a mecanização se justifica.

3.2 Importância da cafeicultura para o País

Pela sua expressiva participação na pauta de exportações e na geração de emprego e renda, a cadeia agroindustrial brasileira do café é um dos setores mais importantes da economia brasileira, representando, no médio e no longo prazo, um dos principais produtos estratégicos para o país (TEIXEIRA, 2002). O setor produtivo tem tomado consciência de que é parte de todo o processo que envolve a cafeicultura, integrando uma área que inclui os setores industrial, comercial, de transportes, de maquinário, de mão de obra e de produtos agroquímicos. Todos estes setores somados fazem parte do agronegócio do café (SOUZA, 2003).

Pedroso (2010) afirma que existem, no Brasil, mais de trezentos mil cafeicultores em atividade. Além do setor produtivo, as comercializações movimentam um considerável número de pessoas e de dinheiro, sendo inúmeros os profissionais que atuam nesta área.

Segundo a CONAB (2011), o país teve uma produção 48,09 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado no ano de 2010. O resultado dessa pesquisa mostra um ganho sobre a safra anterior de 21,6%, comparada à produção de 39,47 milhões de sacas obtidas na safra anterior. A produção do café arábica representa 76,4%, sendo produzidas 36,72 milhões de sacas. Ainda

segundo a CONAB (2011), o estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional, produzindo 25,2 milhões de sacas, o que representa 52,4% da safra nacional. A produção do café robusta (conilon) tem participação de 23,6% da produção total de café no país, com 11,37 milhões de sacas de produção estimada. O estado do Espírito Santo, com produção estimada em 7,35 milhões de sacas, é o maior estado produtor de café robusta, com uma participação de 65,2% da produção nacional.

Em 2010, a área cultivada com café, era de 2,29 milhões de hectares, sendo 1,3% inferior aos 2.32 milhões de hectares cultivados na safra de 2009.

Por ser uma commodity e por ter seu preço atrelado ao dólar, o café sofre com as variações de cotações do mercado, ficando o produtor muito susceptível às flutuações de preço do produto, que são afetadas constantemente pela produção, consumo e estoques mundiais (CASTRO JÚNIOR, 2002). Apesar da importância do café no cenário produtivo nacional, as constantes variações de preço afetam, principalmente, os produtores, que são à base da cadeia produtiva.

Porém, segundo Silva (2004), estes podem se beneficiar com o constante aumento da tecnologia disponível para a cafeicultura, que possibilita, em condições favoráveis, a realização de todas as operações relacionadas à produção de café, reduzindo os custos de produção e aumentando, conseqüentemente, sua lucratividade, mesmo em períodos de baixos preços do produto. Dessa forma, a mecanização pode garantir retorno ao cafeicultor e a participação do Brasil no cenário internacional como o maior produtor e exportador de café.

3.3 Colheita do café

Dentro do processo produtivo do café, a colheita se destaca como a atividade mais onerosa e que envolve uma série de operações, tais como arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação e transporte. A arruação é a operação que consiste na limpeza do chão abaixo da saia do café, preparando-o para a colheita, que é feita para que o café, quando cair, não se misture com terra solta e restos vegetais. Esse processo de limpeza também facilita a varrição e o recolhimento do café de chão. A arruação pode ser feita manualmente, por meio da utilização de rastelos ou enxadas, ou dos arruadores mecânicos.

Segundo Silva et al. (2006), com o surgimento das máquinas que realizam o enleiramento e recolhimento dos frutos de café caídos no chão, intensificou-se a utilização dos trituradores, que são máquinas que trituram todo o cisco, inclusive ramos e galhos caídos entre ruas dos cafeeiros, prática que controla a invasão de plantas daninhas, mantendo a camada triturada de detritos que protegem o solo, tornando as operações de enleiramento e recolhimento mecanizadas mais eficientes.

A colheita do café é variável de região para região, em função da altitude, da latitude e das condições climáticas locais. Quanto maior a altitude, mais tardia será a maturação e maior o tempo disponível para a colheita (INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ - IBC, 1974).

A quantidade de café existente na planta, a quantidade de café caído no chão e o tempo de duração da safra são os fatores a serem considerados para o início da colheita. É importante que todos os fatores de produção sejam adequados conforme a exigência da cultura, pois se trata de um produto em que seu preço se baseia em parâmetros qualitativos e, por isso, de nada adiantará realizar uma colheita eficiente, se os demais fatores não estiverem adequados.

Segundo Pereira, Vasconcelos e Sales (1999), a colheita deve ser programada conforme o período de maturação da lavoura. A arruação e a colheita devem ter início quando as plantas apresentarem a maioria dos frutos no estágio cereja (80% a 90%) e sempre pelo talhão com o maior percentual de frutos maduros, em função da perda de peso e qualidade dos frutos.

Por se processar em um curto período de tempo, Silva e Salvador (1998) citam que a colheita inicia-se, de modo geral, entre os meses de abril e maio, em regiões de baixa altitude, como Alto Paranaíba, Triângulo, Sul e Oeste de Minas; na Mogiana, em São Paulo, no oeste da Bahia, áreas menores de Goiás e Mato Grosso, estendendo-se até agosto e setembro em regiões de maior altitude, como a Zona da Mata de Minas, o estado do Espírito Santo, parte do Sul de Minas Gerais e áreas vizinhas de São Paulo e Rio de Janeiro. Na maioria das regiões, a colheita compreende um período médio de 100 dias e diversos fatores devem ser analisados para o início da safra.

3.4 Sistemas de colheita do café

A colheita de café é de difícil execução em razão do formato da planta, da desuniformidade de maturação e do elevado teor de umidade dos frutos, o que prejudica a mecanização das operações (FILGUEIRAS, 2001). Nas pequenas propriedades, nos plantios adensados e, principalmente, nas áreas montanhosas, a possibilidade da mecanização da colheita é bastante reduzida, restringindo o cafeicultor aos sistemas de colheita manual ou semimecanizada. Silva et al. (1997) afirmam que, nos últimos anos, equipamentos derriçadores tem sido introduzidos e, nas regiões onde se tem observado falta de mão de obra para a colheita do café, está ocorrendo a substituição do trabalho manual por mecanismos com potência superior à humana, fazendo com que os sistemas semimecanizados com derriçadora portátil sejam uma alternativa.

A colheita do café é uma operação complexa, apresentando várias etapas, o que corresponde a 30% do custo de produção e 40% da mão de obra empregada. Atualmente há uma grande expansão da mecanização das operações de colheita, tratando-se de um processo fundamental e irreversível, que visa, sobretudo, à valorização do homem e à maximização dos resultados das safras.

Sendo assim, o uso de colhedoras torna-se uma opção interessante, pois, em determinadas condições, essas máquinas podem realizar o trabalho de até 250 homens (SILVA, 2004).

Segundo Silva (2010), os mecanismos utilizados para a realização das operações e a ordem das mesmas definem os sistemas de colheita, podendo ser manual, semimecanizado, ou mecanizado.

Manual: Por ser o mais utilizado, é um sistema que pode ser considerado convencional. Nele, a exceção do transporte, as diversas operações da colheita são realizadas a partir de serviços manuais, demandando uso intensivo de mão de obra.

Semimecanizado: Consiste na utilização intercalada do serviço manual e mecanizado para a execução das operações de colheita. Este sistema varia muito, de apenas uma ou até quase todas as operações realizadas mecanicamente. É um sistema que tende a crescer muito, podendo atender a pequenos e grandes cafeicultores.

Mecanizado: Neste sistema, considera-se o uso das colhedoras que realizam simultaneamente as operações de derriça, recolhimento, abanação e ensaque, ou armazenamento a granel do café colhido, sendo um sistema que se limita às propriedades com topografia favorável. Apesar de esse sistema ser chamado de mecanizado, não dispensa totalmente o uso de serviço manual, pois as máquinas não conseguem colher todos os frutos da planta. Os frutos que permanecem após a derriça mecânica são, posteriormente, retirados por meio de uma operação manual denominada “repassé”.

Supermecanizado: Sistema que surgiu a partir do ano de 2000 e consta de todas as operações da colheita feita mecanicamente, iniciando com a arruação mecanizada, seguida de duas passadas da colhedora na lavoura, fazendo colheita seletiva e dispensando a operação de repasse, finalizando com a varrição e recolhimento mecânico do café caído no chão. Este sistema também possui aplicação limitada, dependendo de boa topografia e elevado investimento inicial com máquinas.

3.5 Regulagens e desempenho operacional das colhedoras de café

A colheita mecânica do café se pauta pelo princípio da vibração, em que varetas vibratórias entremeiam a copa dos cafeeiros e fazem a derriça dos frutos. 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 (SILVA et al., 2007).

Silva et al. (2010) afirmam que a diferença da força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas difere entre cultivares e ao longo do período de maturação. Ainda segundo esses autores, essa diferença na força entre os estádios de maturação verde e cereja pode ser um parâmetro para o gerenciamento da colheita.

Mediante este comportamento, normalmente três regulagens são feitas nas colhedoras, com a finalidade de se obter maior eficiência na colheita seletiva, que são: a vibração, a velocidade operacional e a distribuição de varetas vibratórias. No entanto, é necessário estudar a interação entre esses fatores de modo a possibilitar uma regulagem da colhedora e aumentar a eficiência da colheita de acordo com a maturação dos frutos na lavoura.

Silva et al. (2002, 2008) relataram ser possível realizar a colheita seletiva do café por meio do ajuste da vibração das varetas da colhedora entre

10,83 a 14,16 Hz, para que ocorra maior desprendimento dos frutos cereja, deixando os verdes na planta. Segundo Oliveira et al. (2007), a eficiência de colheita sofre influência direta da vibração das varetas da colhedora KTR®. Segundo este autor, houve um aumento na eficiência de colheita de 29,25%, assim como de 31,12% de desfolha, comparando-se a menor e a maior vibração que, no ensaio realizado, foi de 10,83 a 15,00 Hz, respectivamente. No entanto, nesse caso, não foi considerada a interação entre as variáveis relacionadas à eficiência de colheita, nem com o índice de maturação dos frutos.

Ao estudarem a eficiência de derriça na colheita mecanizada do café e utilizando uma regulagem de torque dos cilindros vibradores considerada convencional e vibração de 15,8 Hz, Sales e Silva (2009) encontraram eficiências médias de 89,9% para a velocidade operacional de 1,0 Km.h⁻¹, de 90,6 % para a velocidade operacional de 1,6 Km.h⁻¹ e de 84,2% para a velocidade operacional de 2,0 Km.h⁻¹, concluindo, em seu trabalho, que as velocidades de 1,0 e 1,6 Km.h⁻¹ apresentam maior eficiência de derriça do que a velocidade operacional de 1,0 Km.h⁻¹.

Avaliando o desempenho operacional da colheita mecanizada com várias passadas da colhedora de café, Silva et al. (2000b) 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.

Silva, Rodrigues e Salvador (1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora em lavouras típicas da região Sul de Minas Gerais, buscando levantar dados que justificassem essa prática

operacional e subsidiassem o desenvolvimento de novas pesquisas, em virtude da expansão da colheita mecanizada na região. Os autores concluíram que, com duas passadas da colhedora, colheram-se 72% da produção, não tendo repasse manual e restando 28% de café caído no chão.

A possibilidade de fazer a colheita com mais de uma passada da colhedora é uma opção interessante que pode dispensar a operação de repasse. Silva et al. (2000b) apresentam resultados de desempenho operacional com eficiência média de colheita com uma passada da colhedora de 55 medidas de 60 L h⁻¹, colhendo 85% da carga pendente, restando 15% entre os frutos que não foram derriçados e os que caem no chão. O repasse é uma operação importante sob o ponto de vista fitossanitário, impedindo que frutos fiquem na planta, intensificando o ataque de pragas. Contudo, o repasse é uma operação de elevado custo.

3.6 Ação da colhedora na lavoura cafeeira

Um dos principais danos causados ao cafeeiro pela ação de colhedoras segundo Bartholo e Guimarães (1997), é a desfolha. O mesmo autor afirma que com a desfolha, a planta produzirá menos no ano seguinte, uma vez que utilizará suas reservas para a recomposição da vegetação e, por conseguinte, terá uma menor frutificação. A ocorrência freqüente de tal fato proporcionará estressamento da planta e redução de sua longevidade.

Com a evolução das colhedoras e do conhecimento de regulagens de vibração e velocidade atualmente segundo Silva et al. (2000a) a desfolha causada pela colheita mecanizada é menor que na colheita manual. Os mesmos autores concluíram que, com apenas uma passada da colhedora, a desfolha foi menor que na colheita manual e que, com duas passadas, a desfolha média foi de

0,657 kg.planta⁻¹, equiparando-se à desfolha na colheita manual, com média de 0,640 kg.planta⁻¹, considerando o ano safra de 2000.

Em um estudo sobre a influência da colheita mecanizada na produtividade do cafeeiro, Silva (2004) concluiu que, com uma ou duas passadas da colhedora, não houve influência na produtividade da lavoura, contudo ainda é preciso considerar a agressão causada nos ramos aumenta o número de brotos ortotrópicos (brotos ladrões não produtivos) que, com duas passadas da colhedora é maior, refletindo o maior tempo de aplicação da vibração sobre a planta.

Souza, Silva e Alves (2008), estudando a produtividade e a desfolha ocasionada pela colheita manual, nos anos de 2005 e 2006 em uma lavoura cafeeira de 6,2 ha. Para a coleta dos dados de desfolha, foi realizada a colheita dos frutos de 4 plantas em torno de um ponto gerefenciado. Sendo depois separados os frutos e as folhas. A desfolha foi quantificada com base no peso de folhas e ramos (kg. planta⁻¹), por meio do uso de um saco de juta e uma balança. Por meio de regressão linear, o autor observou uma relação linear significativa entre a produtividade e a desfolha de 0,75 e 0,83 para o ano de 2005 e 2006 respectivamente.

Mesmo apresentando desfolha superior em alguns trabalhos, a colheita mecanizada traz mais benefícios do que prejuízos. Entre estes benefícios, podem-se citar a redução do custo de produção, a melhoria do desempenho operacional de colheita e a possibilidade de se fazer colheita seletiva. Justificando-se desta forma o emprego de colhedoras no processo produtivo de uma propriedade cafeeira (SILVA, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização do experimento

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

Os ensaios referentes à regulagem do torque nos cilindros vibradores foram realizados na safra de 2009/2010 em duas épocas diferentes, nos dias 30 de junho e 01 de julho de 2010, podendo este período ser considerado meio de safra e nos dias 03 e 04 de agosto de 2010, considerado final de safra.

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, este espaçamento fora do convencional deveu-se ao fato de que a lavoura, inicialmente, havia sido plantada no espaçamento de 2,5 m entre linhas e 0,6 m entre plantas (modo adensado), depois ocorreu a eliminação de uma linha, restando uma população média de 3333 plantas.ha⁻¹ no espaçamento acima citado.

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 da cinta do cilindro de varetas vibratórias, resultando em torques de 32,17; 42,89; 53,61 e 64,33 N.m, em três diferentes 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, o índice de maturação, medido

através da retirada de uma amostra de 0,5L de frutos de café em cada amostra de carga pendente e realizando-se a contagem do número de frutos verdes, cerejas e secos divididos pela somatória dos frutos.

A colhedora utilizada nos ensaios foi disponibilizada pela fazenda São Pedro de Alcântara bem como a equipe de trabalho braçal que auxiliou nos trabalhos.

Os dados levantados em campo foram tabulados utilizando-se planilhas eletrônicas e para avaliação estatística e foi utilizado o programa Sisvar® (FERREIRA, 2000). Para a análise comparativa das médias, utilizou-se o teste de Scott-Knott, com 5% de probabilidade.

4.2 Colhedora

Para todas as avaliações, foi utilizada a colhedora modelo K-3 Millennium (Figura 1), fabricado pela empresa “Jacto Máquinas Agrícolas S.A”.



Figura 1 Colhedora automotriz modelo K3 Millennium, Jacto

A colheita mecanizada do café se pauta pelo princípio da vibração, em que varetas vibratórias entremeiam as plantas do cafeeiro e fazem a derriça dos frutos por impacto direto das varetas ou por vibração. Este mesmo princípio é utilizado por todas as colhedoras de café disponíveis no mercado atualmente. A Figura 2 mostra o sistema de varetas da colhedora.



Figura 2 Sistema de varetas da colhedora K3 Millennium

Na Tabela 1 encontram-se as especificações técnicas referentes à colhedora utilizada nos ensaios.

Tabela 1 Especificações técnicas da colhedora K-3 Millennium

Altura máxima (Cabine)	5,00 m
Altura mínima	4,70 m
Altura máxima de colheita	3,50 m
Largura com descarga	3,75 m
Largura sem descarga	3,20 m
Raio de giro	5,72 m
Comprimento máximo (com cabine e graneleiro)	6,00 m
Bitola	2,70 m
Motor	MWM Internacional
Velocidade de trabalho	0,7 a 2,5 km.h ⁻¹
Velocidade de transporte	Até 15 km.h ⁻¹
Declividade máxima do terreno	10 %
GPS	Opcional
Pneus (dianteiros e traseiros)	Modelo 500/45-22,5 – 12PR, 26 lbf.pol ⁻²

Fonte Jacto S/A

4.3 Desenvolvimento de uma metodologia para quantificar o torque nos cilindros vibradores

Segundo o manual do fabricante da colhedora, a regulagem do torque dos cilindros é realizada através da pressão exercida por molas que se prendem a uma cinta que envolve a parte superior do cilindro como mostra a Figura 3. Esta regulagem é feita de maneira independente para cada cilindro, pois cada cilindro possui a sua respectiva cinta de freio. A regulagem deste torque sempre foi e ainda vem sendo feita de maneira subjetiva, variando-se o torque para que o cilindro não gire livremente quando se liga o sistema de vibração da colhedora a 800 rpm.



Figura 3 Regulagem da força na cinta de freio

Para variar este torque, deve-se apertar ou desapertar os parafusos apresentados na Figura 3, (acrescentando ou retirando pressão nas molas presas à cinta de freio), ao mesmo tempo outra pessoa fica próxima aos cilindros, exercendo uma força sobre as varetas até que o cilindro gire. A mesma operação é realizada para o outro cilindro, buscando-se deixar ambos os lados com a mesma regulagem. Esta operação é feita com a máquina parada e com o sistema de vibração da colhedora desligado.

Foi necessário então desenvolver uma metodologia para quantificar este torque uma vez que não se encontra nenhum método objetivo relacionado a esta regulagem na literatura ou mesmo por recomendação dos fabricantes de colhedoras. Decidiu-se então, pela seguinte metodologia:

- a) A medida do torque sempre foi feita no terceiro jogo de varetas, contados a partir da parte inferior do cilindro e a 0,45 m da parte

externa do cilindro como se pode observar na Figura 4. O diâmetro do cilindro é de 0,193m.



Figura 4 Local onde foi realizada a medida da força

- b) Para quantificar esta força foi utilizado um dinamômetro digital portátil modelo DD-500, fabricado pela Instrutherme Instrumentos de Medição Ltda. (Figura 5) que oferece medidas em Kgf.



Figura 5 Dinamômetro portátil utilizado para quantificar as forças

Como não há parâmetros da magnitude deste torque, foram estabelecidos os valores de 6, 8, 10 e 12 Kgf para a força, os quais, utilizando a equação (1), ocasionam torques de 32,17; 42,89; 53,61 e 64,33 N.m respectivamente a partir do centro do cilindro. Estes valores foram adotados partindo-se do princípio de que a menor força utilizada seria exercida quando os cilindros estivessem soltos, girando livremente ao se ligar o sistema de vibração, sendo a força aumentada gradativamente.

$$T = F * d \quad (1)$$

Em que:

T = Torque no cilindro vibrador, N.m;

F = Força aplicada sobre a vareta do cilindro vibrador, N;

d = distância de aplicação da Força até o centro do cilindro vibrador,
0,5465m.

Sendo a Força em Newtons calculada pela equação:

$$F(N) = F(Kgf) = 9,81 \quad (2)$$

4.4 Ensaios

Para verificar a perda e a desfolha ocasionadas 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 (Figura 6) em cada lado da linha do cafeeiro, em todas as parcelas.



Figura 6 Parcela demarcada sobre panos

Para a coleta dos volumes derriçados pela colhedora, foi utilizada uma medida graduada de 60 litros, sendo este volume coletado diretamente na bica da colhedora com mostra a Figura 7.



Figura 7 Medida graduada utilizada para a obtenção do volume derriçado

Para quantificar o volume de café derriçado pela colhedora presente no chão (perdas), foi utilizado um recipiente graduado com volume de 1 litro (Figura 8).



Figura 8 Volume graduado utilizado para medição das perdas e do repasse

Posteriormente à passagem da colhedora em cada parcela, foi realizado o repasse em três plantas, escolhidas aleatoriamente dentro da parcela para a retirada dos frutos que restaram após a passagem da colhedora, utilizando novamente o mesmo volume graduado de 1 litro, (Figura 8).

O volume total de frutos por planta em cada parcela foi calculado através da equação 3.

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

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.: 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 4.

$$E(\%) = \frac{VTD}{CPM} * 100 \quad (4)$$

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 derricho em cada parcela foi calculado pela equação 5:

$$VTD(\%) = \frac{Vdr + Vdc}{9} \quad (5)$$

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

Para a quantificação da desfolha ocasionada pela colheita mecanizada, utilizou-se o mesmo dinamômetro portátil utilizado para a determinação da força nos cilindros, sendo este valor obtido em peso de folhas e ramos por planta.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Eficiências de derriça e desfolha para a primeira época

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

Os dados de eficiência de derriça e desfolha foram analisados detalhadamente nas Tabelas a seguir com o objetivo de avaliar as diferenças entre os torques em cada velocidade operacional utilizada, bem como a diferença para cada torque e vibração.

A Tabela 2 apresenta as eficiências de derriça para a vibração de 12,50 Hz (750 ciclos.min⁻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. É possível verificar que apresentam melhor eficiência de derriça do que a velocidade de 2,0 km.h⁻¹. No entanto, verifica-se uma tendência que indica a velocidade de 1,6 km.h⁻¹ como a mais eficiente. Para esta velocidade, os diferentes torques não apresentaram diferença estatística significativa. Dentre os torques, em média, os de 42,89 e de 53,61 N.m não diferiram significativamente e foram superiores aos de 32,17 e de 64,33 N.m.

Tabela 2 Valores da eficiência de derriça (%) na primeira época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h ⁻¹)*			Média
	1,0	1,6	2,0	
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

CV(%) = 1,22

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott.

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna.

*Significativo, pelo teste f (p<0,05).

Com base no Gráfico 1, observa-se uma maior uniformidade da eficiência de derriça na velocidade de 1,6 km.h⁻¹ quando comparada às demais velocidades, indicando ser esta uma velocidade que tende a ser mais eficiente do que as demais.

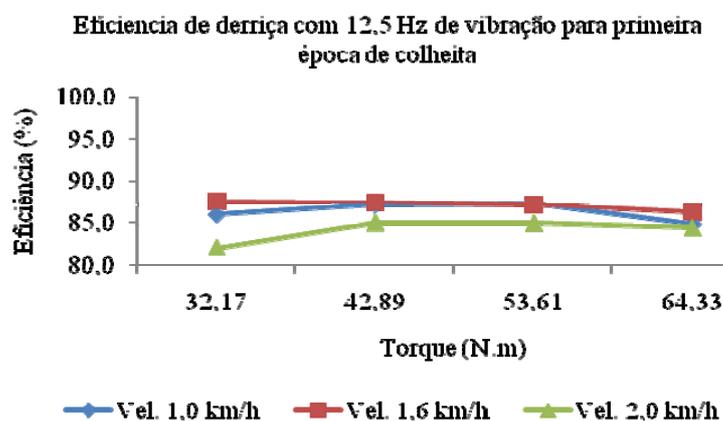


Gráfico 1 Eficiência de derriça (%) para primeira época com 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Na Tabela 3, encontram-se os dados referentes à desfolha para a vibração de 12,5 Hz. Observa-se que a velocidade de 1,0 km.h⁻¹ apresenta uma desfolha diferente estatisticamente, sendo maior do que as demais velocidades. Para esta velocidade, entre as regulagens de freios utilizadas, não houve diferença significativa. Para a média dos torques utilizada, a desfolha difere significativamente, ocorrendo a maior desfolha com o torque de 53,61 N.m.

Tabela 3 Valores de desfolha (kg.planta⁻¹) na primeira época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h ⁻¹)*			Média
	1,0	1,6	2,0	
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

CV(%) = 5,99

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott.

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna.

*Significativo pelo teste f (p<0,05).

Na Tabela 4, são apresentados dados referentes à vibração de 15,8 Hz (950 ciclos.min⁻¹). 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 derricha. 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 4 Valores da eficiência de derriça (%) na primeira época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h ⁻¹)*			
	1,0	1,6	2,0	Média
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

CV(%) = 1,51

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott.

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna.

*Significativo, pelo teste f (p<0,05).

No Gráfico 2, observa-se que a velocidade de 1,6 km.h⁻¹ foi a que apresentou maior eficiência de derriça. Também se pode observar que a velocidade de 2,0 km.h⁻¹ sempre apresentou menor eficiência de derriça para todos os torques utilizados.

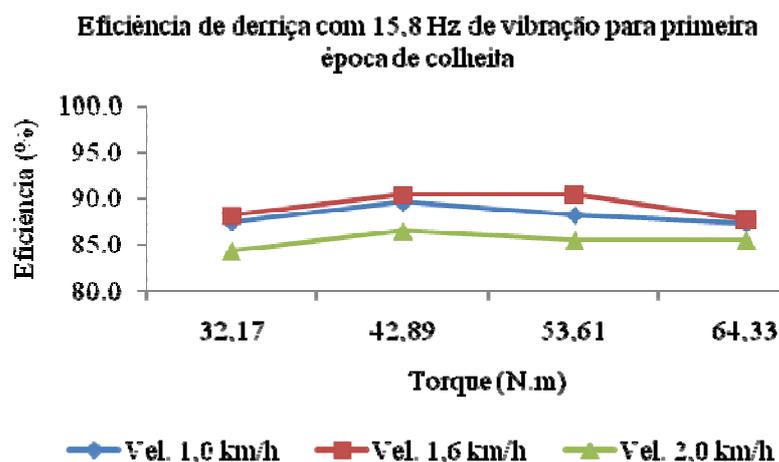


Gráfico 2 Eficiência de derriça com 15,8 Hz para primeira época com diferentes velocidades e diferentes torques

Na Tabela 5, 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.

Tabela 5 Valores de desfolha (kg.planta⁻¹) na primeira época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h ⁻¹)*			
	1,0	1,6	2,0	Média
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

CV(%) = 6,24

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna

*Significativo, pelo teste f (p<0,05)

A Tabela 6, cujos dados referem-se às médias das eficiências de derriça para um mesmo torque, mostra 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 mostra uma tendência de aumento da eficiência de derriça à medida que aumenta a vibração. Estes resultados já eram esperados e já haviam sido encontrados por Oliveira (2006).

Tabela 6 Valores médios de eficiência de derriça para um mesmo torque com vibrações de 12,5 e 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

CV(%) = 1,37

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott.

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna.

*Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$).

A análise dos dados indica que, em média, para a primeira época, os torques de 42,89 e de 53,61 N.m sempre se destacaram, como as maiores eficiências de derriça, ou não se diferenciando dos demais torques 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.

5.2 Eficiências de derriça e desfolha para a segunda época

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 estágio verdes, 13,5% de frutos no estágio cereja e 76,1% de frutos no estágio seco. A carga pendente na época foi de 4,4 L.planta⁻¹.

Na Tabela 7, são apresentadas as eficiências de derriza para a vibração de 12,5 Hz. 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 às 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 derriza para a vibração de 12,5 Hz.

Tabela 7 Valores da eficiência de derriza (%) na segunda época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h ⁻¹)*			
	1,0	1,6	2,0	Média
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

CV(%) = 0,56

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna

*Significativo, pelo teste f (p<0,05)

Com base no Gráfico 3, observa-se novamente o comportamento resultante das velocidades de 1,0 e 1,6 km.h⁻¹ serem mais eficientes na derriza

dos frutos em relação à velocidade de $2,0 \text{ km.h}^{-1}$, pode-se também observar a tendência de a velocidade de $1,6 \text{ km.h}^{-1}$ possuir maior eficiência de derriça quando comparada à velocidade de $1,0 \text{ km.h}^{-1}$.

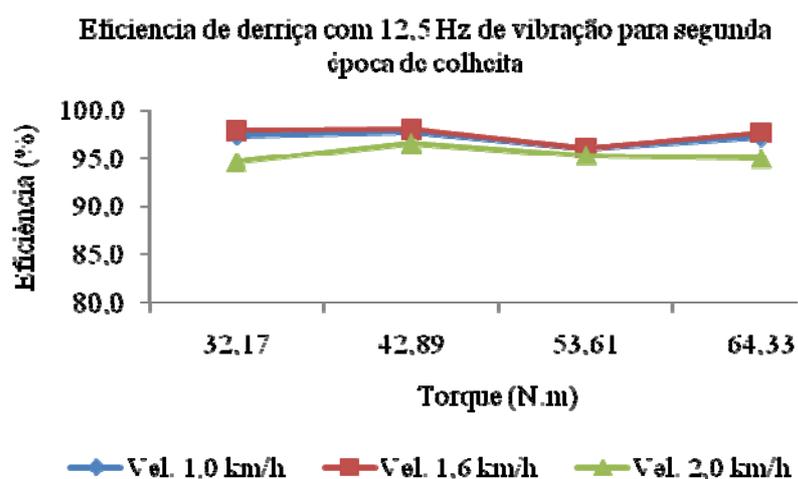


Gráfico 3 Eficiência de derriça (%) para segunda época com 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Na Tabela 8, encontram-se os dados referentes à desfolha para a vibração de 12,5 Hz. Pode-se notar que o comportamento é semelhante ao comportamento da desfolha na primeira época com a mesma vibração, evidenciando que a velocidade de $1,0 \text{ km.h}^{-1}$ 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.

Tabela 8 Valores de desfolha (kg.planta^{-1}) segunda época para a vibração de 12,5 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h^{-1})*			
	1,0	1,6	2,0	Média
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	0,35 ^a	0,35

CV(%) = 4,83

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna

*Significativo pelo teste f ($p < 0,05$)

Na Tabela 9, cujos dados se referem às eficiências de derrça para a vibração de 15,8 Hz, 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, observa-se que não houve diferença estatística entre eles.

Tabela 9 Valores da eficiência de derrça (%) na segunda época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h^{-1})*			
	1,0	1,6	2,0	Média
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	96,76 ^a	97,82

CV(%) = 0,53

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna

*Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$)

No Gráfico 4, observa-se que a velocidade de 1,0 e de 1,6 km.h⁻¹ sempre apresentaram eficiências de derriça próximas, sendo maiores que a velocidade de 2,0 km.h⁻¹, com exceção do torque de 32,17 N.m, em que as eficiências foram semelhantes para as três velocidades utilizadas.

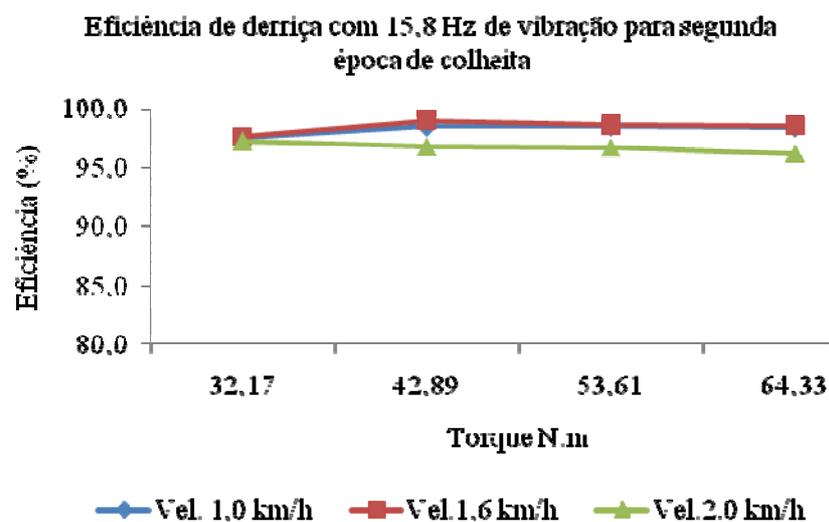


Gráfico 4 Eficiência de derriça com 15,8 Hz para segunda época com diferentes velocidades e diferentes torques

A Tabela 10 contém os dados referentes à desfolha para a vibração de 15,8 Hz. Percebe-se 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 10 Valores de desfolha (kg.planta^{-1}) na segunda época para a vibração de 15,8 Hz com diferentes velocidades e diferentes torques

Torque (N.m)	Velocidades (km.h^{-1})			
	1,0	1,6	2,0	Média
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

CV(%) = 5,24

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna

*Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$)

Semelhantemente ao que foi verificado na primeira época, observa-se, pela Tabela 11, 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.

Tabela 11 Valores médios de eficiência de derriça para um mesmo torque com vibrações de 12,5 e 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

CV(%) = 0,55

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott

Letras maiúsculas na linha e letras minúsculas na coluna

*Significativo, pelo teste f ($p < 0,05$)

Verificou-se que em relação à média para a segunda época, o torque de 42,89 N.m sempre mostrou maior eficiência de derriça ou não diferiu significativamente dos demais, tanto para a vibração de 12,5, quanto para a vibração de 15,8 Hz. Também pode-se 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, sendo estes resultados também encontrados por Sales e Silva (2009). 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.

6 CONCLUSÕES

Com base na metodologia utilizada e nos dados, encontrados foi possível chegar às seguintes conclusões:

- a) Foi possível estabelecer um método objetivo para regulagem da cinta nos cilindros vibradores, através da medida do torque.
- b) A maior eficiência de derrça 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.
- c) Os maiores níveis de desfolha foram encontrados na velocidade de 1,0 km.h⁻¹ e torque de 53,61 e 64,33 N.m nas duas épocas avaliadas.

REFERÊNCIAS

- ANUÁRIO da agricultura brasileira. São Paulo: FNP, 2008. 504 p.
- BARTHOLO, 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.
- CASTRO JÚNIOR, C. **Mercados de derivativos agropecuários: futuros, opções e CPR**. Lavras: UFLA, 2002. 163 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: primeira estimativa da safra de 2011**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2011. 25 p.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR: sistema de análise de variância para dados balanceados**. Versão 4.0. Lavras: UFLA, 1999. Software.
- FILGUEIRAS, W. H. **Modelagem da planta de café por elementos finitos para estudos de colheita por vibração**. 2001. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Podas. In: _____. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p. 207-226.
- MATIELLO, J. B. Tipos de cafeicultura no Brasil. In: _____. **Anuário estatístico do café**. 6. ed. Rio de Janeiro: Coffee Business, 2001. p. 38-42.
- OLIVEIRA, E. **Colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

OLIVEIRA, E. et al. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1466-1470, set./out. 2007.

PEDROSO, S. A. **A lavoura, história e agronegócios no Brasil**. Disponível em: <<http://www.nucleoestudo.ufla.br/necaf/homepagenecaf.html>>. Acesso em: 15 nov. 2010.

PEREIRA, R. C.; VASCONCELOS, S. S.; SALES, F. **Colheita e beneficiamento de café**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 24 p.

SALES, R. S.; SILVA, F. M. **Eficiência de derricha do café em diferentes velocidades operacionais**: relatório técnico. Lavras: UFLA, 2009. 19 p.

SILVA, F. C. et al. 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. da. **Colheita mecanizada e seletiva do café**: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 75 p.

_____. Mecanização da lavoura cafeeira. In: SIMPÓSIO SOBRE MECANIZAÇÃO DA LAVOURA CAFEIEIRA, 1., 2010, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2010. p. 50-65.

SILVA, F. M. da et al. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 150-152.

_____. Avaliação do desempenho das operações de trituração e arruação mecânica na lavoura cafeeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 32., 2006, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2006. p. 324-325.

SILVA, F. M. da et al. 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.

_____. Desempenho da operação mecanizada de derricha do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23., 1997, Manhuaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1997. p. 174-176.

_____. 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: MA/PROCAFÉ, 2000b. p. 345-347.

_____. Desempenho operacional da recolhedora de café Dragão Eco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 33., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2007. p. 1-3.

_____. Variabilidade espacial de atributos químicos e produtividade da cultura do café em duas safras agrícolas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 231-241, jan./fev. 2008.

SILVA, F. M. da; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N. Avaliação da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1999. p. 348-350.

SILVA, F. M. da; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira:** colheita. Lavras: UFLA, 1998. 55 p.

SOUZA, J. C. S.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C. Influence of manual harvest in the spatial variability of coffee yield and defoliation along two agricultural harvests. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, 37., 2008, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: UFPR, 2008. p. 1-4.

SOUZA, M. V. Cafeicultura. **Cafeicultura**, Patrocínio, v. 2, n. 6, p. 1-3, maio 2003.

TEIXEIRA, T. D. Política estratégica para a cafeicultura brasileira. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2002. p. 169-176.