



**COLHEITA MECANIZADA DO
CAFÉ EM MAIORES VELOCIDADES
OPERACIONAIS**

EZEQUIEL DE OLIVEIRA

2006

EZEQUIEL DE OLIVEIRA

**COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ EM MAIORES VELOCIDADES
OPERACIONAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador
Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

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

Oliveira, Ezequiel

Colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais / Ezequiel
Oliveira. – Lavras : UFLA, 2006.
92 p. : il.

Orientador: Fábio Moreira da Silva
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Café. 2. Colheita mecanizada. 3. Desempenho operacional. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD-633.735

EZEQUIEL DE OLIVEIRA

**COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ EM MAIORES VELOCIDADES
OPERACIONAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Máquinas e Automação Agrícola, a para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2006

Prof. Dr. Elberis Pereira Botrel UFLA

Prof. Dr. Paulo César de Melo UFU

Prof. Dr Fábio Moreira da Silva

UFLA

(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Ofereço aos meus pais, Augusto
e Marilha, e a todos que
tem no café seu
sustento.

Dedico a Deus.
Ao meu irmão Tiago.
Aos meus familiares e amigos.
E às professoras Cida, Valmira e
Lurdes, pela grandiosa contribuição para
a minha formação moral e acadêmica

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade e toda a ajuda.

À Fazenda Capetinga, por disponibilizar a área experimental, maquinários e equipamentos.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A DEUS, por todas as oportunidades que me ofereceu durante minha vida.

Aos meus pais, Augusto e Marilha, pelo amor, dedicação, incentivo e principalmente apoio nas horas e momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, Professor Fábio Moreira da Silva, que não mediu esforços para que buscássemos conhecimentos além dos limites da UFLA, além de toda paciência, compreensão, confiança, conhecimentos transmitidos e amizade.

Ao meu co-orientador, Professor Nilson Salvador, pela compreensão, ajuda, sugestões, indicações, conhecimentos transmitidos e, principalmente, apoio e amizade.

À Professora Cristina, pela ajuda, ensinamentos, questionamentos e paciência.

Aos professores Volpato, Wellington, Gilmar e Tomás, pelo apoio, atenção e, principalmente amizade.

Aos professores do Departamento de Ciências Exatas, em especial aos da área de estatística.

À Pesquisadora Sara Chalfoun da Epamig, pela contribuição e também aos funcionários do Laboratório de Qualidade do Café Alcides de Carvalho.

Ao pessoal do Departamento de Engenharia da UFLA pelo apoio e ajuda, em especial ao Isidoro e às secretárias Daniela, Sandra e Juliana.

Ao Professor Dr. Manoel Alves de Faria, coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela amizade, incentivo e ajuda.

Aos funcionários da biblioteca, pela ajuda e colaboração.

Aos amigos de turma, Adilson Machado, Adilson Donizete, João Marcelo, José Alves e Vanieli, pelo incentivo e amizade.

Aos amigos do curso, Alexon, Ronald, Ariston e Rodrigo pelas discussões e ajuda.

À galera da república de Varginha, pela amizade e colaboração.

Ao Guto, “Gutinho”, pela grandiosa contribuição nas viagens durante a realização do trabalho experimental.

Ao Zigomar e Emerson, pelas correções, sugestões e ajuda.

Aos proprietários da Fazenda Capetinga e, em especial, ao senhor Eduardo Nogueira e aos filhos Guto e Eduardinho, pela atenção, paciência e ajuda.

Aos funcionários da Fazenda Capetinga, em especial ao gerente Paulo Vitor e aos operadores de máquinas Paulo e Sérgio, os ajudantes Gilson e Sérgio e demais, pela colaboração, paciência e dedicação.

À minha namorada, Elisamara, pela paciência e incentivo.

A todos, o meu muito obrigado.

“Quem não serve para servir não
serve para viver”.

(Um sertanejo)

“Trabalhar por trabalhar é
relaxar a competência”.

(Tião Carreiro e Edward Marchi)

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	iii
CAPÍTULO 1.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo geral	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO	5
3.1 A expansão do café no Brasil	5
3.2 O agronegócio do café.....	6
3.3 Tipos de cafeicultura no Brasil.....	8
3.4 Colheita do café.....	9
3.5 A colhedora de café.....	11
3.6 Colheita de café mecanizada	13
3.7 Análise do desempenho operacional	16
3.8 Colheita seletiva e qualidade de bebida do café.....	18
3.9 Danos causados a planta na operação de colheita	20
3.10 Custos da colheita mecanizada.....	21
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO 2 Desempenho operacional da colheita mecanizada do café com duas passadas da colhedora.....	29
RESUMO.....	30
ABSTRACT	31
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1 Localização e caracterização do experimento	36
2.2 Passos para a realização da colheita	37
2.2.1 Colhedora	37
2.2.2 Ensaios	38
2.2.3 Aferição da vibração nos roletes da colhedora e da rotação na TDP do trator.....	41
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1 Avaliação do desempenho operacional	44
3.2 Influência da vibração e da velocidade na colheita mecanizada	49
4 CONCLUSÕES	59
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

CAPÍTULO 3 Custos operacionais da colheita seletiva com duas passadas da colhedora.....	63
RESUMO.....	64
ABSTRACT	66
1 INTRODUÇÃO	67
2 MATERIAL E MÉTODOS	70
2.1 Localização e caracterização do experimento	70
2.2 Análises da qualidade do café por prova de xícara.....	71
2.3 Análise de custos operacionais.....	71
2.3.1 Custo fixo (CF)	71
2.3.2 Custos variáveis (CV)	72
2.3.3 O custo total (CT).....	73
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
3.1 Avaliação do desempenho operacional na colheita seletiva.....	74
3.2 Avaliação dos custos operacionais da colheita mecanizada.....	81
4 CONCLUSÕES	89
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

RESUMO GERAL

OLIVEIRA, Ezequiel. **Colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais**. 2006. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

A colheita mecanizada do café com o emprego de maiores velocidades operacionais é uma tendência que vem sendo seguida pelos produtores, com o objetivo de aumentar o desempenho operacional, com conseqüente redução de custo, sobretudo quando se adota o processo de colheita seletiva. Com o objetivo de avaliar a colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais, o presente trabalho foi dividido em duas etapas. Na primeira, buscou-se avaliar o desempenho operacional da colheita mecanizada do café com duas passadas da colhedora, analisando-se ainda, a influência da vibração e ou velocidade no processo de derriça dos grãos. Na segunda etapa, buscou-se avaliar os custos operacionais da colheita seletiva com duas passadas da colhedora. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Capetinga, município de Boa Esperança, MG. Os ensaios foram realizados com delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em parcelas aleatórias contendo, em média, 40 plantas em linha. Os ensaios foram realizados com duas passadas da colhedora, sempre no mesmo sentido de deslocamento, dentro do processo de colheita seletiva. As passadas foram feitas em função do índice de grãos verdes na planta. Na primeira passada, com média de 30% de verde, a velocidade foi fixada em torno de $1,64 \text{ km.h}^{-1}$, variando as vibrações de 10,83, 12,50, 14,17 a 15 Hz. Na segunda passada, o índice de verde observado foi, em média, de 10%, com vibração fixada em 16,67 Hz, variando as velocidades de 1,0, 1,6, 2,1 a $2,6 \text{ km.h}^{-1}$. Na primeira etapa de estudos, concluiu-se que é possível aumentar a velocidade operacional da colhedora até $1,64 \text{ km.h}^{-1}$, tanto na 1ª quanto na 2ª passada, dispensando, inclusive, a operação de repasse manual. Já com relação à influência da vibração e ou velocidade no processo de derriça, concluiu-se que o volume de café colhido, a eficiência de colheita e a eficiência de derriça sofreram ação direta da vibração das varetas da colhedora durante a operação de derriça; o volume de café colhido e a eficiência de colheita sofreram influência inversa da variação de velocidade e a velocidade influenciou diretamente no volume de café caído no chão. Na segunda etapa de estudos, concluiu-se que as porcentagens de café cereja, verde e seco colhido não foram afetadas pelas variações de vibrações e ou velocidades, não existindo tendência definida no padrão de bebida, em função dos cafés colhidos em diferentes vibrações (1ª

* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador); Dr. Nilson Salvador.

passada) e ou velocidades (2ª passada), sendo todas as amostras classificadas como “dura” ou “apenas mole”, e que a redução do custo total da colheita mecanizada foi de 62,36% em relação à colheita manual, colhendo-se com velocidade operacional de 1,64 km.h⁻¹ nas duas passadas.

GENERAL ABSTRACT

OLIVEIRA, Ezequiel. **Mechanized harvest of the coffee in raised operational speeds more.** 2006. 92p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG*.

The mechanized coffee harvest using faster speed is a tendency that has been followed by the producers in order to increase the operational performance, with the harvest cost reduction mainly when the selective harvest process has been adopted. With the purpose of evaluating the mechanized coffee harvest using faster operational speeds, this work was divided in two stages. In the first stage, it was searched the operational performance of the mechanized coffee harvest using two passes of the harvester and, also, analyzing the influence of the vibration and of the speed in the untwining grain process. In the second stage, was searched the operational costs of the selective harvest having two passes of the harvester. The work was realized in the Capetinga Farm, Boa Esperança city, state of Minas Gerais. The experiments were done using randomized design with four repetitions in aleatory portions, having 40 plants, on average, in each line and having two passes of the harvester always in the same direction using the selective harvest process. The passes were done according to the green grain index of 30%, the speed was fixed around 1.64 km.h⁻¹ varying the vibrations to 10.83, 12.50, 14.17 and 15 Hz. In second pass, the green grain index was, on average, 10%, with the vibration fixed in 16.67 Hz, varying the speeds to 1.0, 1.6, 2.1 and 2.6 km.h⁻¹. In the first stage of this work, it was concluded that it is possible to increase the operational speed of the harvester, up to 1.64 km.h⁻¹ in the first or in the second passes, excluding the manual pass. In relation to the vibration or speed influence in the untwining process, it was concluded that the harvested coffee grain volume, the harvest efficiency and the untwining efficiency suffered the direct action from the rods vibration during the untwining. The harvested coffee grain volume and the harvested efficiency suffered the inverse influence of the speed variation. The speed influenced directly in the coffee grain volume that has fallen on the ground. In the second of this work, it was concluded that the percentages of cherry coffee, green coffee and dry coffee were affected by vibration or speed changes. Not existing any defined tendency to standard drink according to the harvested coffee in different vibrations (1st pass) or speed (2nd pass), being all the

* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser); Dr. Nilson Salvador.

samples classified as 'hard' or 'just soft'. The total cost reduction with mechanized harvest was about 62.36% shorter in relation to the manual harvest when working with operational speed of 1.64 km.h⁻¹ in the two passes.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A mecanização do processo produtivo agrícola, principalmente da colheita, é de fundamental importância, sobretudo nas grandes áreas cultivadas e em regiões com dificuldade para a contratação de mão-de-obra, tendo em vista o grande êxodo rural ocorrido nos últimos anos. Com a mecanização, aumentou-se a capacidade produtiva da mão-de-obra à medida que o trabalho manual foi sendo substituído por mecanismos que dispunham de fontes de potência superiores à humana, inicialmente por meio da tração animal e, atualmente, com o uso de máquinas e equipamentos motomecanizados.

Atualmente, a mecanização, é sem dúvida, a grande ferramenta do agricultor contemporâneo e tem a função de contribuir para o aumento da produção de alimentos e fibras para uma população urbana crescente.

Existem, em determinadas regiões do Brasil, culturas totalmente mecanizadas, como soja, milho, arroz e outros cereais de ciclo anual. Porém, alguns desafios ainda residem na mecanização das culturas perenes, como o café, dentre outras, sobretudo com relação às operações de plantio e colheita.

A colheita é a última operação de campo e visa à retirada das partes interessantes das plantas, geralmente grãos ou frutos, separando-as de outras partes vegetativas. Ela pode ser realizada de diferentes formas, sendo os três tipos principais, a colheita manual, a manual-mecânica ou semimecanizada e a mecânica. Onde os critérios para a escolha do método são baseados na viabilidade econômica da operação, nas características das plantas e de seus frutos e na topografia da área.

Portanto, no que se refere à colheita mecanizada, alguns fatores devem ser considerados para que se alcance maior êxito no momento da operação. Os principais são a umidade dos grãos, a uniformidade das plantas e o fator humano. Sendo assim, para se garantir o sucesso no processo de colheita mecanizada, há a necessidade de planejamento prévio, acompanhamento e monitoramento constante durante sua execução, pessoas capacitadas e principalmente, máquinas adequadas.

No que se refere às operações de colheita do café, a mecanização vem se tornando fundamental, pois, a colheita, de suma importância no processo produtivo, e bastante complexa, com várias etapas, e responsável por 30% do custo de produção e 40% da mão-de-obra empregada (Cruz Neto & Matiello, 1981).

A colheita do café pode ser realizada tanto de forma manual quanto mecanizada e o processo intermediário, semimecanizado, é uma tendência que se tem verificado. Isso porque nele trabalha-se com o emprego equilibrado de mão-de-obra e máquinas, principalmente em regiões onde a topografia, o tamanho ou o espaçamento das lavouras são limitantes para a mecanização total da colheita (Silva & Salvador, 1998).

Ressalta-se, no entanto, que a colheita realizada pelo processo manual não dispensa totalmente a mecanização, pois, geralmente o transporte é feito de maneira que não utilize o homem. Nem a colheita mecânica dispensa totalmente a mão-de-obra humana, já que as colhedoras não colhem todo o café da planta, ficando o restante para ser colhido numa operação denominada repasse, no caso, manual.

A colheita mecanizada do café é realizada por máquinas que utilizam a vibração como princípio de derriça, tendo em vista a umidade dos frutos ser bastante variável, visto que a planta apresenta frutos em diversos estágios de maturação, como verde, cereja, passa e seco, o ponto ideal para início de

colheita torna-se bastante amplo. Assim, há a possibilidade de se fazer a colheita em varias etapas ou de modo seletivo, com o uso de colhedoras tracionadas ou automotrizes.

O emprego de maiores velocidades operacionais vem sendo discutido, tendo em vista a possibilidade da melhoria do desempenho operacional de colhedoras tracionadas ou automotrizes na colheita mecanizada do café.

Uma tentativa de resposta a estes questionamentos visa propor maiores velocidades operacionais para a colheita mecanizada do café, dentro do principio de colheita seletiva que tem por objetivo colher o maior volume possível de frutos no estágio cereja, garantindo melhores características de bebida ao produto final. Este aumento de velocidade visa também bons desempenhos operacionais, evitando as operações de repasse manual e buscando redução de custos.

O aumento de velocidade na realização de uma operação agrícola tem como meta a diminuição do tempo para a prática da mesma. Para a colheita mecanizada do café, o aumento de velocidade tem como finalidade justamente a diminuição deste tempo e, conseqüentemente, a redução dos custos de produção.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o aumento da velocidade operacional da colhedora e sua influência no processo de colheita, analisando ainda os custos dessa operação, com base na relação velocidade/vibração.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho teve por objetivo geral avaliar a operação de colheita mecanizada e seletiva do café com a colhedora tracionada em velocidades operacionais mais elevadas, buscando aumentar a capacidade operacional, dentro do conceito de colheita seletiva, com duas passadas da colhedora.

2.2 Objetivos específicos

Especificamente, buscou-se:

- avaliar o desempenho operacional da colhedora em velocidades operacionais mais elevadas que as convencionalmente utilizadas;
- avaliar, dentro das condições operacionais pretendidas, a melhor vibração e velocidade em função do estágio de maturação;
- avaliar a viabilidade econômica da colheita de café em velocidades mais elevadas da colhedora;
- avaliar a qualidade da bebida, em função da vibração/velocidade.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A expansão do café no Brasil

O Brasil, por apresentar grande diversidade climática e de solos, proporciona condições favoráveis ao desenvolvimento do café em várias regiões. Essa diversidade tornou possível a expansão da cafeicultura por vastas áreas. Fazendo um breve relato histórico sobre a expansão da cafeicultura no Brasil, Pedroso (2005) afirma que, quando chegou ao país, no ano de 1727, pelas mãos do Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta, até os dias de hoje, o café espalhou riquezas por onde passou, deu origem a cidades, determinou a ocupação de terras e até decidiu os rumos do poder.

Segundo relatos de Mendes & Guimarães (2000), o café entrou no Brasil por Belém, onde a cultura não foi muito bem difundida, passou pelo Maranhão e Bahia e, em 1770, chegou ao Rio de Janeiro. Em seguida, espalhou-se por São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Espírito Santo.

Pedroso (2005) cita que, recentemente, o café está 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 as regiões de Rondônia e Mato Grosso.

De acordo com Mendes & Guimarães (2000), o maior estado produtor de café é Minas Gerais, com 50% da produção brasileira, cujos os maiores pólos de produção estão localizados no sul do estado e no cerrado, fronteira aberta graças à tecnologia, que tornou o solo pobre da região apto à cultura do café.

A região do cerrado baiano é uma das novas fronteiras que o café vem abrindo, junto com a cultura da soja, possibilitado pelas modernas técnicas de manejo e irrigação. E, mesmo regiões tradicionais, como o Paraná e o interior de São Paulo, têm aumentado o cultivo de café, porém, em novas bases. Onde antes imperava o cultivo sem cuidados, hoje prevalecem técnicas como o

adensamento, café enxertado, tratos culturais intensos e cuidados com a colheita (Pedroso, 2005).

Nestas novas fronteiras agrícolas, o uso da mecanização vem se tornando cada vez mais importante e com mais intensidade, 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).

3.2 O agronegócio do café

No atual contexto mundial, em que os efeitos da globalização são cada vez mais visíveis e presentes na cafeicultura, a produção não pode ser tratada como uma atividade isolada do restante da cadeia do café. O setor produtivo tem tomado consciência de que é parte de todo o processo que envolve a cafeicultura, integrando numa área que inclui os setores industriais, comerciais, de transportes, de maquinário, de mão-de-obra e de produtos agroquímicos. Todos estes setores somados fazem parte do agronegócio do café (Souza, 2003).

A cadeia agroindustrial brasileira de café, segundo relatos de Teixeira (2002), é um dos setores mais importantes da economia brasileira, pela sua expressiva participação na pauta de exportações e na geração de emprego e renda, representando, no médio e longo prazo, um dos principais produtos estratégicos para o país.

No Brasil, Pedroso (2005) afirma existirem 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 nessa área. Existem, aproximadamente, 150 empresas com registro de exportação e 1.700 indústrias de torrefação e moagem, 11 indústrias de café solúvel, além de cooperativas e corretores que atuam no mercado diariamente, efetuando negócios com café.

No início do século XX, o Brasil era responsável por 77% do mercado mundial de café. No fim do mesmo século, esta participação caiu para 25%, tendo diversos fatores contribuído para essa perda de mercado, merecendo especial atenção a qualidade e a produtividade (Caixeta, 1998).

O Brasil produziu, segundo dados do IBGE (2004), na safra de 2003, aproximadamente 33 milhões de sacas, gerando receita cambial com exportações de 1,54 bilhão de dólares. Na safra de 2004, a produção foi de 41 milhões de sacas, com produtividade média de 17,38 sacas.ha⁻¹, tendo Minas Gerais participado com 50% da produção, obtendo produtividade média de 18,98 sacas.ha⁻¹.

Dados da Organização Internacional do Café (OIC, 2005) mostram que, em 2004, o consumo mundial de café aumentou 4% em relação ao ano de 2003, sendo a produção total de 118,3 milhões de sacas. O principal consumidor mundial em 2004 foram os Estados Unidos, com 20,78 milhões de sacas; o Brasil vem em segundo lugar e a Alemanha em terceiro. O consumo brasileiro, no ano de 2004, foi próximo de 15 milhões de sacas, 8,7% a mais que em 2003 (Coffee Business, 2005).

O café, sendo uma commodity e tendo seu preço atrelado ao dólar, sofre com as variações de cotações do mercado, ficando o produtor muito susceptível as 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 a base da cadeia produtiva.

Estes, porém, podem beneficiar-se da tecnologia disponível, tendo como exemplo a mecanização da colheita e do processo produtivo, a fim de obterem-se menores custos de produção e, conseqüentemente, maior lucro para a atividade, 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 maior país produtor e exportador de café (Silva, 2004).

3.3 Tipos de cafeicultura no Brasil

O Brasil, por possuir vastas áreas com café, com variações de ambiente e forma de manejo das lavouras, pode classificar a cafeicultura em seis padrões mais típicos, segundo Matiello (2001). Cada uma delas tem características próprias e problemas específicos com bases tecnológicas diferenciadas para a sua solução.

Desses padrões, Matiello (2001) descreve a cafeicultura do cerrado, região em crescimento, com lavouras empresariais e prioridade para a mecanização. Atualmente, tem cerca de 2,4 bilhões de cafeeiros, concentrando-se em Minas Gerais, no Alto Paranaíba, Triângulo, Sul e Oeste de Minas, na região da Mogiana, em São Paulo, no Oeste da Bahia e áreas menores de Goiás e Mato Grosso.

A cafeicultura das montanhas, nas regiões serranas da Zona da Mata de Minas, Espírito Santo, parte do Sul de Minas e áreas vizinhas de São Paulo e estado do Rio de Janeiro compreende, na sua maioria, pequenas propriedades, exigindo maior necessidade de mão-de-obra. A cafeicultura robusta ou do conillon, concentra-se, na sua maioria, nas zonas baixas e quentes do Espírito Santo, em Rondônia, em menor escala no sul da Bahia, Vale do Rio Doce, em Minas, Mato Grosso, Acre e Pará, sendo cultivado em sua maioria, por pequenos produtores e, em muitas áreas por meeiros ou parceiros (Matiello, 2001).

Completando, há a cafeicultura do Amazonas, em Rondônia, a das zonas de arenito em São Paulo e Paraná e a cafeicultura do Nordeste, que abrange áreas de planalto nos estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, com predomínio de médios produtores e algumas empresas cafeeiras, com área de boa topografia, e facilidade para a mecanização (Matiello, 2001).

Recentemente, surgiu uma nova área cafeeira no estado de Minas Gerais, localizada no Alto Médio São Francisco. Descrita por Matiello (2004) como uma área de características climáticas para a implantação de cafés da espécie canéfora. Nela vem sendo cultivada, porém, a espécie arábica, que necessita de cuidados especiais de manejo para adaptação. Esta área apresenta topografia favorável, com facilidade para a mecanização.

Das áreas cafeeiras em Minas Gerais, muitas já são mecanizadas, inclusive a colheita, podendo-se citar como exemplo as regiões do Cerrado Mineiro, onde as lavouras são novas e planejadas, atendendo à prática da mecanização da colheita (Santinato et al., 1998a). No Sul de Minas Gerais, onde as lavouras cafeeiras que assemelham-se à cafeicultura de cerrado e em parte à cafeicultura das Montanhas, a colheita mecanizada teve importante crescimento a partir de 1996 e o uso de colhedoras automotrizes apresenta boas condições de expansão em regiões onde a topografia permite (Silva et al., 1998).

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.

3.4 Colheita do café

A colheita do café é constituída de uma série de operações, tais como arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação e transporte, devendo ser iniciada quando a maior parte dos frutos estiver madura e antes que se inicie a queda dos frutos secos. É variável de região para região, em função da altitude, latitude e condições climáticas locais. Quanto maior a altitude, mais tardia será a maturação e maior o tempo disponível para a colheita (IBC, 1974).

Por se processar em um curto período de tempo, Silva & Salvador (1998) citam que a colheita inicia-se, de modo geral, em 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 e 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 e áreas vizinhas de São Paulo e Rio de Janeiro. Na maioria das regiões, a colheita compreende um período médio de 100 dias, quando diversos fatores devem ser analisados para início de safra.

A colheita de café, comparativamente a outras culturas, é mais difícil de ser executada, 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 (Filgueras, 2001).

Nas pequenas propriedades, nos plantios adensados e, principalmente nas áreas montanhosas, Matiello & Pinto (1998) afirmam que a possibilidade da mecanização da colheita é bastante reduzida, restando ao cafeicultor somente a colheita de forma manual. Porém, nos últimos anos, vêm sendo introduzidos equipamentos derriçadores, e nas regiões onde se tem observado falta de mão-de-obra para a colheita do café, está ocorrendo à substituição do trabalho manual por mecanismos com potência superior à humana, sendo uma alternativa os sistemas semimecanizados com derriçadora portátil (Silva et al., 1997).

A colheita do café, segundo Silva (2004), destaca-se por ser a operação mais complexa e a mais importante, do ponto de vista do cafeicultor, pois é por meio dela que ele tira sua produção do campo e obtém o retorno dos pesados investimentos. Os mecanismos utilizados para a realização das operações e a ordem das mesmas definem os sistemas de colheita, podendo ser manual, semimecanizado, mecanizado e supermecanizado.

Tendo em vista que a colheita do café processa-se em um curto período de tempo, apresentando dificuldades em função da desuniformidade de maturação, umidade dos frutos, formato das plantas e, ainda, enfrentando problemas com a falta de mão-de-obra em algumas áreas cafeeiras, a colheita mecanizada com o uso de colhedoras torna-se uma opção interessante, pois em determinadas condições, elas podem realizar o trabalho de até 250 homens (Silva, 2004).

3.5 A colhedora de café

O ponto de partida do projeto para a construção das colhedoras de café, que culminou com os modelos atuais, aconteceu na Divisão de Solos, Mecânica Agrícola e Tecnologia, do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Seção de Colheita e Processamento de Produtos Agrícolas, nos anos de 1963 e 1964, segundo relatos de Fava (1990). Segundo este autor, antes de 1963, a bibliografia não tinha acrescentado nada significativo ao início dos estudos sobre a colheita mecanizada do café, pois os relatos encontrados, em sua maioria, eram sobre as características físicas e mecânicas da derriça dos frutos, sobre vibração e transmissão da vibração nas plantas de café.

Fava (1990) também cita que foram encontrados relatos sobre tentativas de mecanizar o trabalho manual de derriça com vibradores de planta, porém, estes apenas discutiam os estudos de rendimentos de campo das diversas fases de colheita.

Em 1972, ocorreu um fato que desencadearia uma série de efeitos sobre o projeto de colhedoras de café e Fava (1990) descreveu este fato como sendo o interesse de uma empresa americana, a Havery Harverdters Co., fabricante de uma colhedora de cerejas (cerejas arbustivas do tipo “Blue-Berry”, “Black-Berry”, etc.) em testar sua máquina em café. Então, os representantes desta empresa estabeleceram contato com o IAC para a troca de informações a

respeito da colheita mecânica e para testar sua viabilidade nos cafezais brasileiros.

A colhedora, segundo Fava (1990), chegou ao Brasil em 1973, iniciando um período de testes que começou em maio e só terminaria em agosto. Dessa avaliação, concluiu-se que o café poderia ser colhido mecanicamente se uma máquina adequada fosse desenvolvida e que muitos trabalhos e alterações deveriam ser feitos, a fim de torná-la apta para essa operação.

Então, em 1974, surgiu o projeto “Jacto”, com o objetivo de conhecer melhor a derriça do café, dedicando-se estudos ao órgão ativo da colhedora, o conjunto derriçador ou rotor. Desse estudo, acertou-se a construção de um derriçador montado no sistema de levante hidráulico de um trator cafeeiro. Com os dados obtidos, foi projetado um conjunto autopropelido em forma de pórtico, tendo como fonte motriz um trator agrícola. O objetivo principal deste conjunto foi o de levantar parâmetros de derriça, frequência e amplitude de vibração, características da haste vibratória e transmissão de energia à planta. Este pórtico foi testado nas safras de 1975 e 1976 (Fava, 1990).

Em 1977, foi construída a primeira colhedora automotriz, denominada de K-2, com acionamentos totalmente hidráulicos. Foi testada em estradas e lavouras de café, simulando seu deslocamento para o trabalho, onde muitos problemas foram relatados. Em 1978, esses problemas foram corrigidos e, então, novas avaliações pós-safra permitiram concluir que já se tinha em mãos uma colhedora de café. Em 1979, foram construídas cinco réplicas, que receberam a denominação de K-3, com as quais foram ampliadas as condições de testes. Neste ano também foi feito o lançamento oficial da colhedora ao público. Na safra de 1980, o projeto foi aprovado para a comercialização, tornando-se uma opção real para o produtor de café (Fava, 1990).

Silva (2004) descreveu a colhedora K-3, da Jacto, como sendo uma máquina que opera a cavaleiro nas linhas das plantas, apoiada sobre quatro

rodas, possuindo varetas, ou hastes, vibratórias, sustentadas por dois cilindros laterais que envolvem as plantas. Devido à vibração das varetas, os grãos se soltam e são coletados por um conjunto de lâminas retráteis, os recolhedores, que fecham o espaço sob a saia do cafeeiro. Os frutos colhidos são levados pelos transportadores, horizontais e verticais, até o sistema de limpeza, onde as impurezas são separadas por processo de ventilação. Limpos, os grãos são ensacados e retirados por operadores auxiliares ou descarregados a granel em carretas que acompanham a colhedora durante a colheita. Esta colhedora pode trabalhar em terrenos com declividade de até 15%.

No mercado, ainda existem outros modelos de colhedoras com princípio de funcionamento muito semelhante ao da K-3, diferindo em alguns detalhes, como o depósito de descarga lateral presente na colhedora Korvan, e o número de rodas que, tanto na Korvan quanto nas colhedoras Case e Eletron TDI, são em número de três (Silva, 2004).

Também existem as colhedoras tracionadas que, segundo Silva (2004), apresentam sistema de colheita igual ao das colhedoras automotrizes, diferindo dessas por necessitarem de um trator para tracioná-las. Estas são acopladas ao sistema de três pontos do trator, sendo acionadas pela tomada de potência, (TDP), podendo trabalhar em terrenos com até 10% de declividade. Um exemplo é o modelo KTR, da Jacto, existindo no mercado outros fabricantes.

3.6 Colheita de café mecanizada

As técnicas para a condução de um cafezal têm sofrido constante evolução em função de novas recomendações de plantio, tratamentos culturais, desenvolvimento tecnológico de novos produtos, máquinas e equipamentos, entre outras bases de sustentação que, aliadas à racionalização do trabalho, visam o aumento da produtividade da mão-de-obra. Todos estes fatores tendem a contribuir para uma cafeicultura estável, capaz de apresentar produtividade

sustentável em situações de baixos investimentos e de adversidades climáticas, de forma a torná-la competitiva, além de proporcionar melhoria do nível de vida ao contingente humano envolvido na produção (Silva & Salvador, 1998).

Esse desenvolvimento tecnológico foi favorável, sobretudo, para o processo de colheita mecanizada, prática que visa à retirada dos frutos da planta com o uso de colhedoras, que utilizam a vibração como princípio de derriça, método que tem sofrido grandes avanços nessas últimas duas décadas (Silva & Salvador, 1998).

Este processo de modernização teve início, segundo relatos de Fava et al. (1979) e Cruz Neto & Matiello (1981), na década de 1970. Estes autores citam datas importantes para o desenvolvimento da mecanização da colheita do café no Brasil: o programa de desenvolvimento de uma colhedora mecânica, no Instituto Agrônomo de Campinas, que resultou no protótipo da colhedora K-1, em 1975, construída pela Jacto S/A, projeto que evoluiu em 1979 para as colhedoras K-3, sendo essas as primeiras colhedoras de café construídas no país.

A colheita mecânica do café, segundo Fava (1990), é o resultado de um longo período de trabalho que se iniciou com idéias e planos e se concretizou com trabalho intenso de experimentação e pesquisas no campo. Hoje, essa prática está se tornando possível em grande número de lavouras no Brasil.

Kashima (1990) afirma que a colheita mecânica do café seria uma grande realidade e que poderia contribuir de forma decisiva, preenchendo o “vazio” deixado pela dificuldade de mão-de-obra, além de ser uma ferramenta para o produtor programar a colheita no tempo certo. Este autor ainda afirma que a mecanização da colheita do café seria a grande saída para o país continuar com a liderança mundial de café, Por meio da competitividade nos custos e na qualidade do produto.

Silva & Salvador (1998) relatam que a introdução da derriça mecânica do café, pelo princípio de vibração, em substituição a manual, poderá ser feita

gradualmente e com sucesso, desde que se observem as recomendações técnicas operacionais, em função dos tipos e condições das lavouras. Porém, observaram que muitas lavouras não foram implantadas e manejadas para o emprego da mecanização da colheita, principalmente na região Sul de Minas Gerais.

Mesmo não apresentando boas características para o emprego da colheita mecanizada, esta se difundiu no Sul de Minas, maior região produtora de café do Brasil, a partir de 1996. Atualmente, um número crescente de produtores adotaram esta prática, fazendo uso de colhedoras tracionadas ou automotrizes (Silva, F. M. et al., 2001).

Um dos pontos limitantes do uso das colhedoras reside no fato de não colherem 100% dos frutos dos cafeeiros, necessitando, assim, da operação de repasse que, normalmente, é feita manualmente no final da colheita, juntamente com a operação de varrição. O repasse é uma operação cara e, em alguns casos, economicamente inviável, visto que, normalmente, o café recolhido é de peso, tipo e qualidade inferior (Viana & Souza, 2002). Contudo, é necessário ser feito, por questões fitossanitárias, evitando assim o surgimento da brocas (Stevanato et al., 2002).

Em substituição à operação manual de repasse, muitos produtores passaram a fazer a colheita em duas etapas; a primeira, colhendo o máximo possível de café maduro e a segunda 20 a 30 dias depois, colhendo o restante dos frutos, em substituição à operação manual de repasse (Silva et al., 2002).

A colheita mecanizada é extremamente dinâmica, pois, a todo o momento, novas decisões devem ser tomadas e alterações de procedimento devem ser realizadas, ações essas que devem basear-se no conhecimento técnico e também econômico do empreendimento (Souza Filho, 2002). Sendo assim, a colheita de café com o uso de colhedoras deve ser baseado em critérios técnicos e científicos, em que a intensidade de vibração e a velocidade da colheita devem ser os principais fatores analisados, pois estes interferem diretamente nos

resultados de desempenho de colheita, além de determinar os danos causados à planta.

Dessa forma, o uso da colheita mecanizada do café vem se tornando um processo crescente e irreversível, devido à necessidade dos produtores de realizarem uma colheita rápida com benefícios diretos na redução de custos e qualidade de bebida (Silva et al., 1998).

3.7 Análise do desempenho operacional

Nos primeiros trabalhos sobre desempenho operacional de colhedoras de café, Kashima (1990) relatou que a produção em número de plantas e volume colhido varia em função do espaçamento entre plantas e velocidade de trabalho e esta, por sua vez, depende do estágio de maturação dos frutos. A velocidade da colheita no início da safra, quando os grãos se encontram no estágio cereja é da ordem de $0,5 \text{ km.h}^{-1}$, chegando, no final da safra, a $2,0 \text{ km.h}^{-1}$, com os grãos secos.

Em um trabalho com colhedoras de café, Fava et al. (1979) conseguiram uma eficiência de derriça média de 83,5% no início da safra, 89,7% no meio da safra e no fim da safra, 97%. O início de safra acima descrito refere-se ao café com 10% de grãos verdes, e a introdução da colhedora neste momento não irá diminuir o período de colheita, sendo perfeitamente viável o uso da máquina até o estágio final da safra.

Silva et al. (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. Concluíram que, com duas passadas da colhedora, colheram-se 72% da produção, não tendo repasse manual e restando

28% de café caído no chão. Santinato et al. (1998a) avaliaram o número e o modo de passadas da colhedora e seus efeitos na produção cafeeira e observaram que, com duas passadas, o repasse foi de 0% a 1,7% da carga pendente, com 25,3% a 28% de café caído no chão.

Estudando a colheita mecânica de café com várias passadas da colhedora Santinato et al. (1998b) observaram que, com duas passadas, trabalhando com velocidade de 1,2 km.h⁻¹ e vibração de 10, 13,33 e 16,67 Hz, colheram-se, respectivamente, para cada vibração, 57,3%, 78,6% e 76,9% da carga pendente na primeira passada, e 19,3%, 11,8% e 7,6% na segunda passada, com 14,9%, 6,4%, e 13,4% de café caído no chão e repasse de 8,5%, 3,2%, e 2,1%.

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 et al. (2003), avaliando a colheita do café totalmente mecanizada, verificaram que, com duas passadas da colhedora, foi possível colher, em média, 91,4% da carga pendente, restando 5,1% de frutos na planta tendo 3,5% dos frutos caído antes da colheita.

No caso da lavoura cafeeira, principalmente na operação de colheita, a velocidade com que a mesma deve ser efetuada implicará na qualidade do produto e na redução de perdas, aumentando, dessa forma, os lucros do cafeicultor (Silva et al., 2003). Sendo assim, o aumento de velocidade de colheita torna-se uma opção interessante para análise, pois pode trazer

benefícios aos produtores, como redução de custos e melhor programação para a colheita, já que o período de realização desta é bastante reduzido.

3.8 Colheita seletiva e qualidade de bebida do café

Vários fatores devem ser analisados durante a colheita do café, pois este é um dos poucos produtos agrícolas brasileiros que têm seu preço baseado em parâmetros qualitativos e cujo valor cresce significativamente com a melhoria da qualidade (Carvalho & Chalfoun, 1985).

Um destes fatores, citados por Bartholo & Guimarães (1997), reflete na quantidade ideal de frutos verdes na planta para início de colheita, em que são aceitos, no máximo, 5%, porém, até 20% são toleráveis. No entanto podem trazer prejuízos à qualidade do café.

Silva et al. (1998), estudando a colheita mecanizada do café, observaram que, além de ser uma técnica economicamente viável, apresenta um comportamento seletivo, justamente antepondo-se a uma das maiores limitações da colheita seja mecanizada ou manual, observada na desuniformidade de maturação dos frutos, que prejudica o desempenho operacional e a qualidade final do produto.

A partir deste comportamento, muitos produtores passaram a adiantar o início da safra, tendo como objetivo a colheita seletiva, fazendo-a em duas etapas. A primeira, quando a planta estivesse com 50% a 40% de verdes, colhendo-se o máximo possível de café maduro e a segunda, em média, 30 dias após, colhendo-se o restante dos frutos (Silva et al., 2000a).

Estudos também passaram a analisar a influência da colheita mecanizada com distintas passadas da colhedora na qualidade do café. A partir de então, Silva et al. (2001a) verificaram padrões de bebida “apenas mole” com duas passadas da colhedora, na primeira passada, com média de 40% de café verde e,

na segunda passada, observaram um padrão de bebida superior, com café verde variando de 24% a 17% na planta.

Com a queda dos preços de comercialização do café, houve maior tendência dos produtores em produzir cafés especiais, com melhor valor de mercado, como o “cereja descascado”. Desse modo a colheita mecanizada passou a ter novo foco, no sentido de possibilitar a colheita seletiva (Silva et al., 2002).

Silva et al. (2002), avaliando a operação de colheita mecanizada e seletiva do café, concluíram que, com duas passadas da colhedora, o volume médio de cereja colhido foi de 50% da carga pendente, em que a velocidade e vibração na primeira passada foram 1,0 km.h⁻¹ e 10,83 Hz, respectivamente e 0,8 km.h⁻¹ e 14,17 Hz, na segunda passada. Observaram, ainda, uma relação direta entre o nível de vibração e o volume de cereja colhido, e inversa entre a porcentagem de cereja colhido, predominando, como padrão de bebida, as classificações “mole” e “apenas mole”.

Carvalho Junior (2002) avaliou a influência do tipo de café na qualidade do produto obtido por seis sistemas de colheita e concluiu que não foi possível distinguir, a partir da prova de xícara, diferenças na qualidade do café em função do sistema de colheita, ocorrendo em todas as amostras analisadas padrão superior de bebida.

Mesmo não tendo uma relação direta com melhorias na qualidade de bebida, a colheita seletiva com o uso de colhedoras visa à possibilidade de melhoria nos padrões de classificação de bebida tentando, atender a um novo nicho de mercado, a dos cafés especiais, no qual a qualidade é altamente valorizada. Neste contexto, a colheita mecanizada e seletiva torna-se uma opção interessante, já que ajuda na seleção dos cafés durante a fase de colheita (Silva, 2004).

3.9 Danos causados a planta na operação de colheita

Um dos principais danos causados ao cafeeiro pela ação de colhedoras é a desfolha que, na maioria das vezes, é superior à desfolha causada pela colheita manual. 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 (Bártholo & Guimarães, 1997).

Santinato et al. (1998a), avaliando o número e o modo de passadas de uma colhedora de café e seus efeitos na produção, concluíram que, com duas passadas da colhedora no sentido ida e volta, a produtividade do cafeeiro não foi afetada. Garcia & Fioravante (2002), também avaliando os possíveis reflexos da colheita mecanizada na cultura do café em diferentes safras, observaram que não houve prejuízos na produção da lavoura.

Com o aperfeiçoamento das colhedoras e, principalmente, com a adequada regulagem da vibração e velocidade operacional, Silva et al. (2000a) observaram que a desfolha do cafeeiro causada pela colheita mecanizada, com apenas uma passada da colhedora, foi menor que na colheita manual e que, com duas passadas, a desfolha média foi de $0,657 \text{ kg.planta}^{-1}$, equiparando-se à desfolha na colheita manual, com média de $0,640 \text{ kg.planta}^{-1}$, considerando o ano safra de 2000.

Silva, R. P. et al. (2001) observaram que a colheita manual apresentou um desfolhamento 40% menor que o encontrado para a colheita mecanizada, em um trabalho que analisou os danos mecânicos na colheita manual e mecanizada de café, na região de Carmo do Paranaíba, MG.

Em um estudo sobre a influência da colheita mecanizada na produtividade do cafeeiro, Silva et al. (2004) concluíram que, com uma ou duas passadas da colhedora, não houve influência na produtividade da lavoura, mas

apenas diferenças no número de brotos ortotrópicos (ladrões) que, com duas passadas da colhedora é maior, refletindo o maior tempo de aplicação da vibração sobre a planta.

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

3.10 Custos da colheita mecanizada

A história recente da evolução da cafeicultura tem mostrado, claramente, a busca dos produtores em alcançar maiores produtividades de suas lavouras, com o objetivo de reduzir custos dentro do processo de economia de escala. Neste contexto, o uso da mecanização agrícola nas diversas operações de campo é uma das grandes ferramentas que impulsionaram o aumento da produção mundial de grãos e trouxeram aos produtores rurais diversos benefícios, entre estes, a redução de custos e a rapidez na realização das operações de campo (Silva & Salvador, 1998).

A colheita e a pós-colheita do café são operações que determinam a qualidade final do produto, porém, demandam um elevado custo que, segundo Cruz Neto & Matiello (1981) e Matiello (1991), corresponde, em média, a 30% do custo de produção e 40% da mão-de-obra empregada..

Dessa forma, fazendo-se uma colheita mais rápida, tem-se redução de perdas e, colhendo-se o máximo de grãos maduros, tem-se um ganho de qualidade, aumentando a receita do cafeeiro. Estes dois fatores citados podem ser maximizados com o emprego da colheita mecanizada (Silva et al., 2002).

Baseado no desempenho médio de colheita, Kashima (1985) comparou os custos de colheita mecânica com colheita manual e observou uma redução de 48% no custo de colheita mecânica com repasse, em relação à colheita manual.

Comparando-se o sistema de colheita mecanizada com colhedoras próprias ou alugadas e o sistema manual, Grossi (1996) observou, na região de Patrocínio, MG, uma redução de custos na operação de colheita de 39% e 26% respectivamente, em relação ao custo de colheita manual.

Silva et al. (1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora. Observaram uma redução nos custos de 62% em relação à colheita manual. Já em um trabalho com colheita seletiva com duas passadas da colhedora, Silva (2004) observou uma redução de custos de 42% a 46% em relação à colheita manual.

Num levantamento de custo para colheita mecanizada, semimecanizada e manual feito por Pádua et al. (2000) em 25 propriedades da região Sul de Minas Gerais, concluiu-se que sistema mecanizado foi o que apresentou o menor custo de produção, representando uma redução de 23,8% em relação ao sistema manual e de 6,9% em relação ao sistema semimecanizado.

Em um estudo comparativo entre o custo da colheita no sistema manual e mecanizado, Silva et al. (2000a) e Silva (2004) observaram uma redução de custos no sistema mecanizado em relação ao manual da ordem de 41% a 50% pelo cálculo levando em conta a depreciação, para lavouras com produção de 30 a 35 sacos.ha⁻¹. Barbosa et al. (2005), analisando o desempenho operacional de derrigadores mecânicos portáteis em diferentes condições de lavouras cafeeiras, concluíram que o sistema de colheita semimecanizado apresentou menor custo operacional, comparativamente ao sistema de colheita manual.

Com base em pesquisas de colheita mecanizada de café, pode-se dizer que o aumento da velocidade de colheita implicará diretamente na redução de

custos, sem prejuízos ou perdas ao sistema produtivo ou, ainda, danos às plantas e, ainda, poderá ser usado para o processo de colheita seletiva, em que a velocidade e a vibração da colhedora serão devidamente adequadas para as condições da lavoura (Silva, 2004).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M. Desempenho operacional de derrigadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 129-132, jan./abr. 2005.

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.

CAIXETA, G. Z. T. Mercado de café, novo perfil e novas oportunidades. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 14-15, 1998.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, jun. 1985.

CARVALHO JUNIOR, C. **Efeito do sistema de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CASTRO JUNIOR, L. G. **Mercados de derivativos agropecuários: futuros, opções e cpr**. Lavras: UFLA/DAE, 2002. p. 1-163.

COFFEE BUSINESS. Consumo mundial do café atinge 118 milhões de sacas. **Anuário Estatístico do Café**. Disponível em: <<http://www.coffeebusiness.com.br/index050703.htm>>. Acesso em: 25 de agosto de 2005.

CRUZ NETO, F.; MATIELLO, J. B. Estudo comparativo de colheita entre cultivares Mundo Novo e Catuaí em lavouras com diferentes níveis de produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 9., 1981, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFE, 1981. p. 329-333.

FAVA, J. F. M.; HONDA, A. I.; SATORI, S.; BASTOS, M. V. Eficiência de colheita mecânica nas variedades Mundo Novo e Catuaí em diferentes condições de lavoura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 5., 1979, Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1979. p. 267-272.

FAVA, J. F. M. O desenvolvimento da colhedora de café. In: CICLOS DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação CARGILL, 1990. p. 234-246.

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.

GARCIA, A. W. R.; FIORAVANTE, N. Efeito do uso de derrçadoras de café portáteis na produtividade do cafeeiro no ano seguinte. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 51-52.

GROSSI, J. C. Avaliação do custo da colheita mecanizada em relação à manual, na região de Patrocínio, MG. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 22., 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1996. p. 115-116.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Podas. In: _____. **Cultura do café no Brasil; Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p. 207-226.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal, culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro, RJ: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2004. v. 30, p. 91.

KASHIMA, T. Colheita mecanizada do café: equipamentos, desempenho e custos ao nível de propriedade. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12., 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: SERPRO/DEPET/DIPRO/IBC, 1985. p. 58-61.

KASHIMA, T. A colheita mecanizada do café: Produtos, desempenho e custos. In. CICLOS DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação CARGILL, 1990. p. 224-233.

MATIELLO, J. B. **Processamento, classificação, industrialização e consumo de café: café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. Cap. 6, p. 237-317.

MATIELLO, J. B.; PINTO, J. F. Comparativo de rendimento em diversos processos de colheita manual de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAA/PROCAFÉ, 1998. p. 13-14.

MATIELLO, J. B. Tipos de cafeicultura no Brasil. **Anuário Estatístico do café: Coffee Business**. 6. ed. Rio de Janeiro, 2001. p. 38-42.

MATIELLO, J. B. Com tecnologia, o café é viável na região de Pirapora, MG. **Cafeicultura**, Patrocínio, MG, v. 3, n. 9, p. 14, jun. 2004.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J. **Economia cafeeira: o agronegócio**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. p. 1-42.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Retrospectiva de 2004/2005**. Disponível em: <<http://www.deu.ico.org/elesctdocs/archives/cy2003-04/portuguese/no%20reference/reviewsp.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2006.

PÁDUA, T. S.; QUEIROZ, D. P.; SILVA, F. M. **Custos para colheita mecanizada, semimanual e manual**. Coffee Break, 2000. Disponível em: <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=127.html>>. Acesso em 03 dez. 2005.

PEDROSO, S. A. **A lavoura, história e agronegócios no Brasil**. Disponível em: <<http://www.nucleoestudo.ufla.br/necaf/homepagenecaf.html>>. Acesso em: 25 ago. 2005.

SANTINATO, R.; CORREIA, J. P.; JUNIOR, L. Z. Número e modo de passada da colhedora K3-Jacto e seu efeitos na produção do cafeeiro. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998a. p. 60-61.

SANTINATO, R.; SILVA, A. D.; KASHIMA, A. E.; SILVA, V. A., CARVALHO, R. Estudos de colheita mecânica k3-Jacto com 1, 2, e 3 passadas intercaladas e pulverizações (K3-Bayer) cicatrizantes e pré florada em condições de cerrado. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998b. p. 314-316.

SILVA, F. M. **Colheita mecanizada e seletiva do café**. Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. p. 75.

SILVA, F. M.; CARVALHO JR., C.; SALVADOR, N.; KASHIMA, A. E.; BORÉM, F. M. Influência da colheita mecanizada com distintas passadas da colhedora na qualidade do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS. 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 2001. p. 213-215.

SILVA, F. M.; KASHIMA, T.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; OLIVEIRA, E. Avaliação da influencia da colheita na produtividade da lavoura cafeeira. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p. 258-259.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 150-152.

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

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, v. 8, n. 1, p. 54-60, jan./mar. 2000a.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira: colheita.** Lavras: UFLA/DEG, 1998. p. 55. (Boletim técnico).

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; BARBOSA, R. R.; ABREU, E. M. Desempenho da operação mecanizada de derriça do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 23., 1997, Manhuaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1997. p. 174-176.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; ABREU, E. M. Desempenho operacional da colhedora automotriz de café na região do sul de Minas. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998. p. 232-234.

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 CAFEIRAS, 26., 2000, Marília. **Anais...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFÉ, 2000b. p. 345-347.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 309-315, maio/ago. 2003.

SILVA, R. P.; FERNANDES, A. L. T.; DRUMOND, L. C.; FONTANA, G.; SILVA, F. H. Danos mecânicos na colheita manual e mecanizada de café na região de Carmo do Paranaíba, MG (Cd). In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2001.

SOUZA FILHO, E. G. Colheita de grãos. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, RS, v. 2., n. 12, p. 3-10, jun. 2002.

SOUZA, M. V. Editorial, cafeicultura, a revista do agronegócio café. **Cafeicultura**, Patrocínio, MG, v. 2, n. 6, p. 1, maio 2003.

STEVANATO, S. G.; STEVANATO, R. G.; ARAÚJO, C. H. C. Controle da broca do cafeeiro com diversos inseticidas e seus efeitos na qualidade do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 74-75.

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

VIANA, A. S.; SOUZA, T. Efeito do tempo de permanência do café derriçado na lavoura, com e sem previa varrição, na qualidade final do produto. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 65-67.

CAPÍTULO 2

Desempenho operacional da colheita mecanizada do café com duas passadas da colhedora

RESUMO

OLIVEIRA, Ezequiel. Avaliação da colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais. In:_____. **Desempenho operacional da colheita mecanizada do café com duas passadas da colhedora**. 2006. Cap 2, p.29-62. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

No início do processo de mecanização com colhedoras automotrizes ou tracionadas, a colheita consistia em apenas uma passada da colhedora, mas, com o aperfeiçoamento das máquinas, evoluiu para duas ou mais passadas. Hoje, o grande desafio consiste no aumento da velocidade operacional de colheita. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a colheita mecanizada em maiores velocidades operacionais, analisando seu desempenho operacional e também avaliar a influência da vibração e ou velocidade no processo de derriça dos grãos. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Capetinga, município de Boa Esperança, MG, tendo os ensaios sido realizados utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em parcelas aleatórias contendo, em média, 40 plantas em linha. Os ensaios foram realizados com duas passadas da colhedora, definidos em função do índice de frutos verde na planta. Na primeira passada, com média de 30% de verde, a velocidade foi fixada em torno de 1,64 km.h⁻¹, variando-se as vibrações de 10,83, 12,50, 14,17 a 15 Hz. Na segunda passada, realizada sobre as mesmas parcelas da primeira, com média de 10% de verde, a vibração foi fixada em 16,67 Hz, variando-se as velocidades de 1,0, 1,6, 2,10 a 2,6 km.h⁻¹. Assim, considerando-se as duas passadas, a maior eficiência de derriça total, 97,64%, ocorreu com velocidade média de 1,64 km.h⁻¹ e vibração de 15 Hz na primeira passada e 16,67 Hz na segunda passada. Nesta condição, a proporção efetivamente colhida pela colhedora foi de 78,64% da carga pendente, com 19% de café caído no chão e 2,36% nas plantas. Concluiu-se que é possível aumentar a velocidade operacional da colhedora até 1,64 km.h⁻¹, tanto na primeira quanto na segunda passada, dispensando, inclusive, a operação de repasse manual. Já com relação à influência da vibração e ou velocidade no processo de derriça, concluiu-se que o volume de café colhido, a eficiência de colheita e a eficiência de derriça sofreram ação direta da vibração das varetas da colhedora durante a operação de derriça, o volume de café colhido e a eficiência de colheita sofreram influência inversa da variação de velocidade e a velocidade influenciou diretamente no volume de café caído no chão.

* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador); Dr. Nilson Salvador.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Ezequiel. Evaluation of the mechanized harvest of the coffee in raised operational speeds more. In:_____. **Operational performance of passed the mechanized harvest of the coffee with two of the harvester.** 2006. Chap 2, p.29-62. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG*

In the beginning of the mechanization process with automotive or dragged harvester, the harvest consisted of just one pass of the harvester but with the development of the machines, it came to two or more passes. Today, the challenge consists on the increasing of the operational harvest speed. So, this work had as purpose to evaluate the mechanized harvest in higher operational speeds analyzing its operational performance and, also, to evaluate the influence of the vibration or speed in the untwining grain process. The work was done in the Capetinga Farm, Boa Esperança city, state of Minas Gerais, where the experiments were done using randomized design with four repetitions in aleatory portions having 40 plants, on average, in each line. The experiments were done with two passes of the harvester, defined according to the green grain index. In the first pass, with 30% of green grains, the speed was fixed around 1.64 km.h^{-1} , changing the vibration to 10.83, 12.50, 14.17 and 15 Hz. In the second pass, it was done in the same portions of the first one, with 10% of green grain. The vibration was fixed in 16,67 Hz varying the speed to 1.0, 1.6, 2.1 and 2.6 km. h^{-1} . So, considering the two passes, the biggest untwining efficiency, 97.64%, occurred with the speed of 1.643 Km.h^{-1} and the vibration of 15 Hz in the first pass and 16.67 Hz in the second one. In this condition, the proportion of grain effectively harvested by the harvester was 78.64% of the hanging load, with 19% of coffee grain fallen on the ground and 2.36% on the plants. It was concluded that it is possible to increase the operational speed of the harvester until 1.64 km.h^{-1} in the first and in the second passes, excluding the manual passing operation. In relation to the vibration or speed influence in the untwining process, it concluded that the harvested coffee volume, the harvest efficiency and the untwining efficiency have direct action form the vibration of the rods during the untwining operation, the harvested coffee volume and the harvest efficiency had inverse influence of the speed and the speed influences directly the coffee volume fallen on the ground.

* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser); Dr. Nilson Salvador.

1 INTRODUÇÃO

A colheita do café é uma operação complexa, pois, constitui-se de uma série de operações, tais como arruação, derriça, varrição, recolhimento, abanação, e transporte, devendo ser iniciada quando a maior parte dos frutos estiver maduro e antes que se inicie a queda dos frutos secos. É de fundamental importância no processo produtivo, uma vez que é o momento de colher o fruto dos investimentos realizados. Sendo assim, a mecanização do processo de colheita torna-se ponto de vital importância, tendo em vista a possibilidade de otimização das operações de campo e redução de custos.

Hoje, a colheita pode ser classificada por tipos e características que variam de acordo com a topografia, mão-de-obra disponível e nível tecnológico adotado, podendo ser realizada por diferentes formas, destacando-se três tipos principais, colheita manual, manual-mecânica ou semimecanizada e a mecânica. Os critérios para a escolha do método serão baseados na viabilidade econômica da operação, características das plantas e de seus frutos.

Para garantir sucesso no processo de colheita, principalmente no sistema mecanizado, bastante difundido em virtude de grandes áreas de lavouras tidas como empresariais e também por falta de mão-de-obra ou de seu elevado custo exige-se a necessidade de planejamento prévio, acompanhamento e monitoramento constante durante sua execução, pessoas capacitadas e máquinas adequadas.

Todas essas características, quando bem observadas e manejadas, contribuirão decisivamente para que a colheita realize-se no menor tempo possível, para que o desempenho operacional seja maximizado e os danos minimizados, garantindo assim rentabilidade ao produtor e uma lavoura produtiva nos anos seguintes.

Dos sistemas de colheita, o mecanizado apresenta-se como alternativa para a falta de mão-de-obra e os elevados custos de colheita manual, apesar de ainda gerar discussões, pois, o modelo de colheita tido como referência é o manual. No entanto, o sistema mecanizado, com o uso de colhedoras automotrizes ou tracionadas, ganha cada vez mais importância devido ao bom desempenho operacional obtido e por apresentar-se como alternativa, para a substituição do trabalho manual, além de reduzir os gastos com as novas leis trabalhistas, diminuindo os custos com os encargos sociais gerados pela contratação de pessoal.

Fava (1990) afirma que os desempenhos operacionais das colhedoras de café já vêm sendo estudados desde 1977, com o desenvolvimento das primeiras colhedoras. Nos primeiros trabalhos descritos, a eficiência de derriza obtida chegou, em média, a 83,5% no início da safra, 89,7% no meio da safra e no fim da safra a 97% (Fava et al., 1979). O início de safra descrito refere-se ao café com 10% de grãos verdes; a introdução da colhedora neste momento não irá restringir o período de colheita e é perfeitamente viável o uso da máquina até o estágio final da safra.

Em um trabalho sobre desempenho operacional de colhedoras de café, Kashima (1990) relatou que a produção, em número de plantas e volume colhido, varia em função do espaçamento entre plantas, velocidade de trabalho e esta, por sua vez, depende do estágio de maturação dos frutos.

Silva et al. (1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora, na região Sul de Minas Gerais. Os autores buscaram levantar dados que justificassem essa prática operacional e subsidiassem o desenvolvimento de novas pesquisas em virtude da expansão da colheita mecanizada na região e concluíram que, com duas passadas da colhedora,

colheram-se 72% da produção, não tendo repasse manual e restando 28% de café no chão.

Santinato et al. (1998a) observaram que, com duas passadas, o repasse foi de 0% a 1,2% da carga pendente, com 25,3% a 28% de café caído no chão.

Avaliando o número e o modo de passadas de uma colhedora de café, Santinato et al. (1998b) observaram que, com duas passadas da colhedora, com velocidade de 1,2 km.h⁻¹ e vibração de 13,33 Hz, colheram-se 90,4% da carga pendente, com 6,4% de café caído no chão e repasse de 3,2%.

Fazendo-se a colheita com o emprego de duas passadas da colhedora, a velocidade operacional usada na primeira passada foi de 1,0 km.h⁻¹, em que a vibração variou de 9,17 a 14,17 Hz, garantindo, assim, colheita com índice de verde bastante reduzido. Na segunda passada, com velocidade de 0,8 km.h⁻¹ e vibração de 14,17 Hz, colheu-se o restante da carga pendente com a eficiência de colheita de 97% (Silva et al., 2002).

Silva et al. (2003), avaliando a colheita do café totalmente mecanizada, verificaram que com duas passadas da colhedora, foi possível colher, em média, 91,4% da carga pendente, restando 5,1% de frutos na planta e com 3,5% caídos no chão antes da colheita.

No caso da lavoura cafeeira, principalmente na operação de colheita, a velocidade operacional implicará na qualidade do produto e na redução de perdas, aumentando, dessa forma, os lucros do cafeicultor (Silva et al., 2003).

Dessa forma, o aumento de velocidade de colheita torna-se uma opção interessante para análise, pois pode trazer benefícios, como redução de custos e melhoria na programação da colheita, já que seu período é bastante reduzido. Assim, o emprego de maiores velocidades operacionais vem sendo discutido, visando melhoria do desempenho operacional durante a operação de colheita.

Este trabalho teve por objetivo, em resposta a estes questionamentos, avaliar maiores velocidades operacionais para a colheita mecanizada do café em

duas passadas, visando evitar as operações de repasse manual e, também, analisar a influência da vibração e ou velocidade no processo de derriça dos grãos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Capetinga, localizada no município de Boa Esperança, Sul de Minas Gerais, na safra de 2004/2005, em uma área de 3,0 ha de lavoura da cultivar Acaiá, com 6 anos de idade, plantada no espaçamento de 4,0 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, totalizando 2.777 plantas.ha⁻¹. As coordenadas geográficas são de 21°13'20" de latitude Sul e 45°34'52" longitude Oeste, com altitude média de 930 m e declividade média de 8%. O clima da região foi classificado, pelo método de Köppen, como subtropical com inverno seco (Cwb).

Os ensaios foram realizados utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em parcelas aleatórias contendo, em média, 40 plantas em linha. As parcelas foram previamente caracterizadas, determinando-se: a carga pendente média (L.planta⁻¹), o volume médio de café caído no chão antes da colheita (L.planta⁻¹) e a porcentagem de café verde, cereja e seco na planta.

Estas determinações foram feitas para cada um dos tratamentos em cada uma das parcelas. As determinações constaram da interação dos parâmetros velocidade e vibração em dois estágios de maturação, definidos em função do índice de frutos verdes na planta.

Os resultados foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Após análise de variância, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste F, a 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação.

2.2 Passos para a realização da colheita

2.2.1 Colhedora

Para a colheita mecanizada do café foi utilizada a colhedora modelo “KTR”, o mais encontrado no Sul de Minas, fabricado pela empresa “Jacto Máquinas Agrícolas S.A.”. Esta é uma colhedora tracionada que opera acoplada ao sistema hidráulico de três pontos de um trator tipo cafeeiro, cujo funcionamento se faz por meio da TDP, a 540 rpm.

O trator utilizado tem potência nominal de 53 kW, dotado de redutor de velocidade e tração dianteira auxiliar, obtendo-se as velocidades de trabalho conforme relação de transmissão da caixa de marchas.

Foram utilizadas em todos os tratamentos, todas as varetas da colhedora. A colhedora empregada na operação de campo está ilustrada na Figura 1.



FIGURA 1 Colhedora utilizada na colheita mecanizada (modelo KTR, Jacto).

A colhedora trabalha a cavaleiro e na linha das plantas, possuindo dois cilindros derriçadores dotados de varetas vibratórias que envolvem os cafeeiros lateralmente, derriçando os frutos pelo efeito da vibração, os quais caem no sistema de recolhimento que, depois de ventilados, são ensacados. Conforme informações do fabricante, essa colhedora pode operar em terrenos com declividade de até 10%.

2.2.2 Ensaios

Os ensaios foram realizados com duas passadas da colhedora, sempre no mesmo sentido de deslocamento, definidos em função do índice de verdes na planta, atendendo ao objetivo da colheita seletiva.

Na primeira passada, com média de 30% de verdes, a velocidade foi fixada em torno de $1,64 \text{ km.h}^{-1}$, variando-se as vibrações de 10,83 a 15 Hz. Na

segunda passada, realizada sobre as mesmas parcelas da primeira passada, com média de 10% de verdes, a vibração foi fixada em 16,67 Hz, variando-se as velocidades de 1,0 a 2,6 km.h⁻¹. Os dados da Tabela 1 demonstram o esquema do ensaio realizado na safra de 2005.

TABELA 1 Ensaio realizado durante a colheita com duas passadas da colhedora na safra de 2005. UFLA, Lavras, MG, 2005/2006.

Tratamentos	Velocidade. km.h ⁻¹	Vibração. (Hz)	Marcha c/ redutor*	Motor (rpm)
Primeira passada (30% de frutos verdes)				
T1	1,64	10,83	H1	2200
T2	1,64	12,50	H1	2200
T3	1,64	14,17	H1	2200
T4	1,64	15,00	H1	2200
Segunda passada (10% de frutos verdes)				
T1	2,10	16,67	L2	2200
T2	2,60	16,67	L3	2200
T3	1,00	16,67	L1	2200
T4	1,60	16,67	H1	2200

H1- 1^a reduzida (sem redutor); L1- 1^a reduzida (com redutor); L2 - 2^a reduzida (com redutor); L3 - 3^a reduzida (com redutor).

A justificativa da fixação da velocidade e variação das vibrações na primeira passada e vice-versa na segunda passada baseia-se no delineamento estatístico utilizado, em custos operacionais e relatos literários, a exemplo de Nogueira et al. (1975) que demonstraram que os níveis de danos provocados à estrutura arbórea do cafeeiro são proporcionais ao tempo de aplicação da vibração pela máquina. Esse autor relatou que tempos médios de 10, 20 e acima de 40 segundos podem ocasionar danos em vários níveis ao cafeeiro, podendo ser leves, médios e graves, respectivamente.

*redutor, caixa de marchas auxiliar que tem a função de reduzir a velocidade de deslocamento do trator para a realização de trabalhos que exigem baixa velocidade operacional

No presente ensaio, o tempo de aplicação da vibração às plantas foram menores que 10 segundos, servindo também de parâmetro para o aumento de velocidade de colheita, pois estes tempos certamente não ocasionariam danos ao cafeeiro.

Outro ponto a se destacar, em relação à fixação da velocidade de colheita na primeira passada e variação na segunda passada, baseia-se em relatos literários de velocidades de colheita, quando o objetivo era a colheita seletiva, a exemplo de Silva et al. (2002) que também fixaram velocidade de colheita na primeira passada.

Sendo assim, as velocidades médias operacionais variaram de 1,64 a 2,60 km.h⁻¹, e as vibrações de 10,83 a 16,67 Hz. O desempenho operacional foi determinado, considerando-se a velocidade operacional e o volume de café colhido na unidade de tempo. A velocidade operacional compreende a relação entre o comprimento da parcela e o tempo cronometrado na operação de colheita, determinada em função da marcha de trabalho (Tabela 1).

A quantidade de café colhido em cada parcela foi medida em volume (L.planta⁻¹). Para a determinação das perdas de colheita e desfolha, o chão sob a copa de cinco plantas de cada parcela foi forrado e a colhedora passou a operar sobre panos. A desfolha foi quantificada em peso de folhas e ramos, (kg.planta⁻¹) e a quantidade de café caído no chão foi medida em volume (L.planta⁻¹) sendo consideradas perdas de colheita. A Figura 2 demonstra a determinação das perdas de colheita e desfolha, feita com a colhedora operando sobre panos.

Também foi feita a colheita manual a fim de determinar o desfolhamento. Para tanto, foram coletadas amostras em três parcelas de cinco plantas cada em que a desfolha foi quantificada em peso de ramos e folhas (kg.planta⁻¹).



FIGURA 2 Colhedora operando sobre panos

2.2.3 Aferição da vibração nos roletes da colhedora e da rotação na TDP do trator

Antes de se iniciar cada etapa de colheita, foi feita a aferição da vibração nos roletes da colhedora e da rotação da tomada de potência, TDP, do trator. Para tanto, utilizou se um tacômetro modelo To-505, com sensor de extensão digital eletrônica da marca “Ophtho Tako”. A Figura 3 mostra a aferição da vibração no rolete da colhedora e a Figura 4 a aferição da rotação na TDP do trator.



FIGURA 3 Aferição da vibração no rolete da colhedora

Está aferição foi feita, pois o rolete, parte constituinte do sistema de vibração da colhedora, no qual estão as varetas, são mantidos por motores hidráulicos acionados por bombas hidráulicas que variam a rotação e vibração, através da pressão de serviço.

Para a rotação de 540 rpm na TDP, com o motor do trator a 2.200 rpm, a TDP sofre variação de rotação menor que 1%, tanto para mais quanto para menos, caindo para 537 rpm ou subindo para 544 rpm. Essa variação foi medida durante o tempo de 2 minutos, com aceleração constante do motor do trator.



FIGURA 4 Aferição da rotação na TDP do trator

A vibração nos roletes foi aferida em todas as condições empregadas durante a colheita, sempre com aceleração constante do motor do trator a 2.200 rpm, durante o tempo de 2 minutos. Sendo assim, para a vibração de 10,83 Hz, a variação de vibração foi de 1,69% para menos, tendo a vibração caído para 10,65 Hz. Para a vibração de 12,50 Hz, a variação foi de 1,86%, também para baixo, chegando a 12,27 Hz de vibração. Na vibração de 14,17 Hz, a variação de vibração foi de 0,47%, caindo para 14,10 Hz. Quando foi empregada a vibração de 15 e 16,67 Hz, a vibração variou de 0,11% e 0,1%, respectivamente, tanto para baixo quanto para cima.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do desempenho operacional

A carga pendente média da lavoura foi determinada por amostragem, no dia 03/06/2005, resultando 11 L.planta⁻¹, o que significa um alto rendimento médio da lavoura no ano, como consequência da característica fisiológica do cafeeiro que, na prática, se convencionou chamar de bienalidade, ou seja, a planta alterna anos de altas e baixas produtividades.

Na época em que foi realizado o experimento, ocorreram dois períodos chuvosos que, segundo relatos de Cortez (1993), Krug (1945) e Teixeira et al. (1971), interferem no ponto de maturação do café, devido ao ataque de fungos como consequência da alta umidade. Estes fungos causam a rápida deterioração dos frutos, fazendo com que os grãos passem rapidamente da fase de cereja para passa e, por conseguinte, para a fase seca.

O primeiro período chuvoso ocorreu nos dias 23, 24, 25 e 26 de maio, tendo a precipitação total sido de 84,6 mm, medidos na própria fazenda. A umidade relativa do ar, nos 15 dias que antecederam a primeira fase da colheita, foi, em média, de 78,7%. No segundo período chuvoso, a precipitação total foi de 19,7 mm, ocorridos nos dias 19, 21, 22, 24, e 25 de junho, também medidos na própria fazenda. A umidade relativa do ar nos 15 dias que antecederam a segunda fase da colheita foi, em média, de 78%.

A primeira passada foi realizada no dia 04/06/2005, uma semana após o primeiro período chuvoso, com média de 30% de verde, 30% de cereja e 40% de secos na planta e a segunda passada, 28 dias depois, no dia 02/07/2005, também uma semana após o período chuvoso, tendo, em média, 10% de verdes, 40% de cerejas e 50% de secos.

O desempenho operacional da colhedora foi determinado em relação à carga pendente de 11 L.planta⁻¹, podendo os resultados ser evidenciados na Tabela 2, tanto para a primeira quanto para a segunda passada.

Na primeira passada, quando a vibração variou de 10,83 a 15,0 Hz, a velocidade média de colheita foi mantida em torno de 1,64 km.h⁻¹, o que representou um aumento de 64,4% se comparado com trabalhos de Silva et al. (2000a), que trabalharam com velocidade de 1,0 km.h⁻¹, ou 37,0% se comparados com trabalhos de Santinato et al. (1998a), que adotaram velocidade de 1,2 km.h⁻¹.

Para a primeira passada, com uma variação de vibração de 10,83, 12,50, 14,17 e 15,0 Hz, o volume de café colhido variou de 4,17 a 5,39 L.planta⁻¹ da menor para a maior vibração (Tabela 2). A eficiência média de colheita variou de 37,91%, 39,45%, 46,36%, a 49%, respectivamente, para as vibrações empregadas. A maior eficiência de colheita ocorreu com a maior vibração, comportamento já esperado, demonstrando, claramente, o efeito da vibração sobre o processo de derriça mecânica dos frutos.

Na primeira passada da colhedora, o volume de café caído no chão foi da ordem de 27% do café colhido, ficando em torno de 1,29 L.planta⁻¹, o que representa 11,72% da carga pendente (Tabela 2).

Com relação à desfolha pode-se observar que ela variou de 0,533 kg.planta⁻¹ para a vibração de 10,83 Hz a 0,699 kg.planta⁻¹ para a vibração de 15 Hz, com aumento também relacionado à maior incidência da vibração (Tabela 2).

TABELA 2 Desempenho operacional da colheita com duas passadas da colhedora na safra de 2005. UFLA, Lavras, MG, 2005/2006.

Tratamento	Vibração	Velocidade	Café colhido	Eficiência de colheita	Café caído no chão	Eficiência de derriça	Desfolha	Sobra na planta	Eficiência de derriça total
	Hz	km.h ⁻¹	L.planta ⁻¹	%	L.planta ⁻¹	%	kg.planta ⁻¹	L.planta ⁻¹	%
Primeira passada									
T1	10,83	1,640	4,17	37,91	0,98	46,82	0,533	-	-
T2	12,50	1,649	4,34	39,45	1,51	53,18	0,583	-	-
T3	14,17	1,645	5,10	46,36	1,28	58,00	0,665	-	-
T4	15,00	1,643	5,39	49,00	1,39	61,64	0,699	-	-
Segunda passada									
T1	16,67	2,184	3,01	27,36	1,00	36,45	0,547	1,00	83,27
T2	16,67	2,614	2,81	25,55	1,08	35,36	0,568	0,55	88,54
T3	16,67	1,064	3,44	31,27	0,67	37,36	0,672	0,48	95,36
T4	16,67	1,643	3,26	29,64	0,70	36,00	0,656	0,26	97,64

Com relação à segunda passada, chegou-se à velocidade de 2,614 km.h⁻¹, sendo 3,27 vezes maior que a usada por Silva et al. (2000a), que usaram 0,8 km.h⁻¹ e 2,18 vezes maior que a velocidade usada por Santinato et al. (1998a), que trabalharam com 1,2 km.h⁻¹. A vibração, apesar de fixa, 16,67 Hz, encontra-se dentro dos valores citados pela literatura, a exemplo de Santinato et al., (1998a) que também usaram 16,67 Hz, e pode ser justificada, pois o tempo de exposição dos cafeeiros à ação das varetas vibratórias em nenhum tratamento passou de 10 segundos, tempo acima do qual provocaria danos ao cafeeiro segundo Nogueira et al. (1975). O tempo de aplicação da vibração pela ação das varetas da colhedora ficou entre 1,38 e 3,13 segundos, da menor para a maior velocidade.

Foi possível observar que o volume de café colhido caiu de 3,44 para 2,81 L.planta⁻¹ da menor para a maior velocidade e que a eficiência da colhedora também diminuiu gradativamente de 31,27% para 25,55% com o aumento da velocidade operacional de 1,064 para 2,614 km.h⁻¹ (Tabela 2). Tanto a redução do volume de café colhido quanto a da eficiência de colheita podem estar relacionadas ao menor volume de café presente no cafeeiro, pois, na primeira passada, chegou-se a colher até 61,64% da carga pendente. Esta redução também pode ser devido ao tempo de exposição da planta à ação da vibração causada pelas varetas da colhedora, que foi diminuindo com o aumento de velocidade operacional.

O volume de café caído no chão na segunda passada (Tabela 2) foi, em média, de 0,86 L.planta⁻¹, correspondendo a 27% do volume colhido e a 7,82% da carga pendente. Esses valores para a primeira e segunda passada totalizaram um volume de 19,54% da carga pendente, valor este de acordo com os já citados pela literatura, a exemplo de Santinato et al. (1998b) e Silva et al. (1999) que encontraram valores de até 28% para café caído no chão. Este volume de café

caído no chão pode ser reflexo da elevação da velocidade de colheita e uma possível falta de regulagem da colhedora para as condições empregadas.

A desfolha na segunda passada foi, em média, de $0,611 \text{ kg.planta}^{-1}$, variando de $0,547$ a $0,672 \text{ kg.planta}^{-1}$, mas não seguiu a mesma tendência da vibração que, com o aumento, causou maior desfolhamento.

Considerou-se como eficiência de derriça, tanto para a primeira como segunda passada, o volume de café colhido mais o volume de café caído no chão, uma vez que o café caído também foi derriçado pelo efeito da interação entre a velocidade e a vibração. Assim, considerando as duas passadas (primeira e segunda), a maior eficiência de derriça total, $97,64\%$, ocorreu no tratamento T4 com velocidade média de $1,643 \text{ km.h}^{-1}$ e vibração de 15 Hz na primeira passada e $16,67 \text{ Hz}$ na segunda passada. Nesta condição, a proporção efetivamente colhida pela colhedora foi de $78,64\%$ da carga pendente, tendo $19,54\%$ dos grãos derriçados caído no chão e apenas $2,36\%$ restaram nas plantas. Isso demonstra ser possível colher com elevada eficiência operacional em velocidades mais elevadas, dispensando, inclusive, a operação de repasse. Santinato et al. (1998a) e Silva et al. (2000a) encontraram resultados semelhantes, em que a eficiência de derriça total também chegou a 97% , porém, usando menores velocidades operacionais.

A questão a ser ponderada é o aumento na desfolha que sofreu acréscimo de $87,3\%$, se comparada com trabalhos de Silva et al. (2000b). Porém, se comparado com a desfolha causada pela colheita manual, $0,969 \text{ kg.planta}^{-1}$, o acréscimo foi de 27% , estando dentro da faixa de 40% citada por Silva et al. (2001b), que compararam a desfolha na colheita manual com a mecanizada. Este aumento no desfolhamento pode estar relacionado à condição vegetativa do cafeeiro na época de colheita, que apresentava um excelente enfolhamento.

3.2 Influência da vibração e da velocidade na colheita mecanizada

Como o objetivo principal deste trabalho foi a elevação da velocidade de colheita que, associada à vibração, atua no processo de derriça dos frutos, esta parte do trabalho avaliou a influência destes fatores no processo de colheita dos frutos. Para tanto, os dados foram avaliados separadamente, ou seja, a vibração na primeira passada e a velocidade na segunda passada. Isso ocorreu devido ao delineamento estatístico utilizado, pois não tinha como avaliar a interação entre velocidade e vibração na mesma passada.

A avaliação da influência da vibração ou da velocidade foi estudada após a análise de variância, tendo os modelos sido escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste F a 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação. Os dados foram analisados dentro das condições de realização do experimento, ou seja, para as velocidades e vibrações empregadas.

Pode-se observar, na Figura 5 que, na primeira passada, quanto mais se aumentou a vibração, maior foi o volume de café colhido, isso devido ao efeito da maior ação ou intensidade da vibração nos cafeeiros. O coeficiente de determinação indicou que 93,6% dos dados estão ajustados conforme o modelo matemático, no caso linear, em que para cada variação na vibração, o volume de café colhido variou conforme a equação descrita (1). O acréscimo no volume colhido na maior vibração foi de 29,25% em relação à menor.

$$\hat{y} = 0,3087x + 0,6972 \quad R^2 = 0,936 \quad (1)$$

em que,

x – variação de vibração, Hz;

\hat{y} – café colhido, L planta⁻¹.

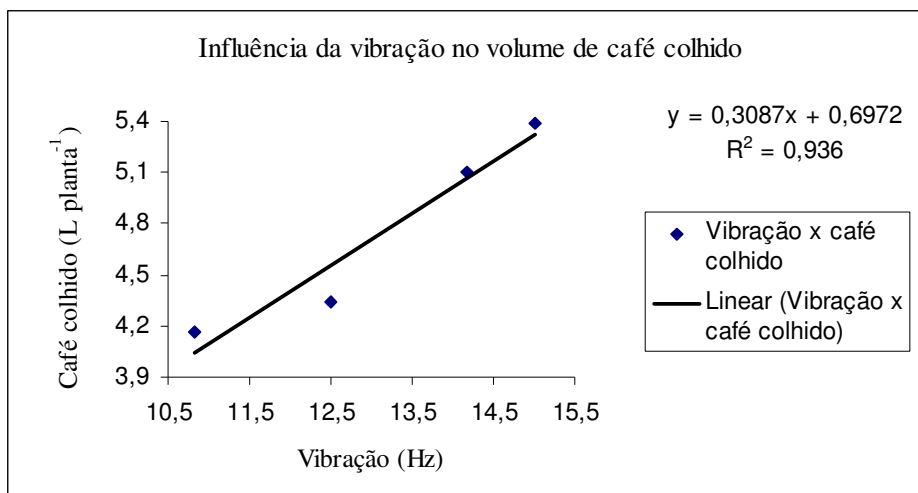


FIGURA 5 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da vibração, em função do volume de café colhido (1ª passada)

O gráfico da Figura 6 demonstra, na primeira passada, a influência da vibração na eficiência de colheita, sendo a quantidade de café colhido dividida pela carga pendente, ou seja, uma constante. Portanto, apresenta o mesmo comportamento do café colhido, podendo também ser explicado pelo modelo matemático linear, em que, para cada variação, na vibração a eficiência de colheita variou conforme a equação descrita (2). O aumento na eficiência de colheita também pode ser explicado pela maior intensidade de aplicação da vibração aos cafeeiros. O incremento na eficiência de colheita foi de 29,25%, da menor para a maior vibração.

$$\hat{y} = 2,8076x + 6,3194 \quad R^2 = 0,9359 \quad (2)$$

em que,

x – variação de vibração, Hz;

\hat{y} – eficiência de colheita, (%).

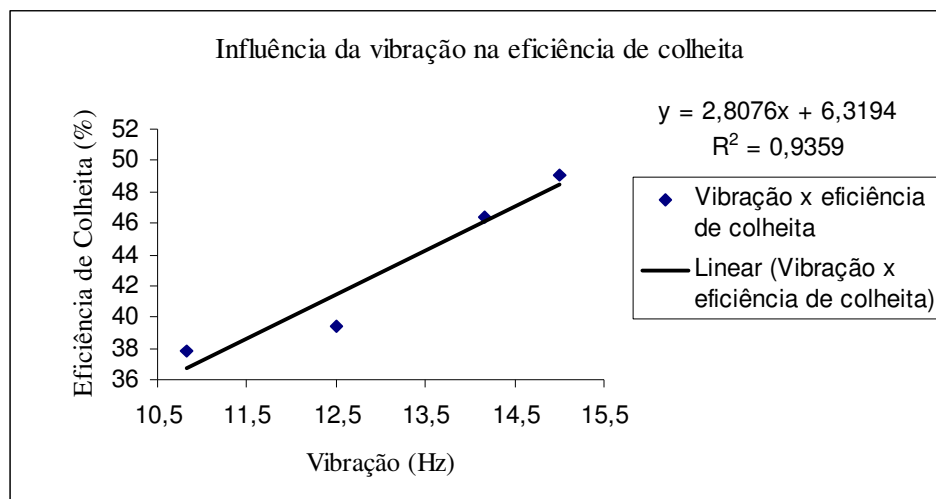


FIGURA 6 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da vibração, em função da eficiência de colheita (1ª passada)

Analisando-se os resultados da segunda passada, observou-se que a influência da velocidade no volume de café colhido caiu à medida em que se aumentou a velocidade de colheita (Figura 7). O coeficiente de determinação tem ajuste de 97,39% para os dados, indicando um bom ajuste para a equação (3), de modelo linear. A queda no volume colhido da menor para a maior velocidade foi de 14,28%. O mesmo comportamento pôde ser observado com relação à influência da velocidade na eficiência de colheita (Figura 8) e equação (4). Tanto a queda no volume colhido quanto na eficiência de colheita pode ser explicada pelo menor tempo de exposição do cafeeiro à ação vibratória das varetas e também pela menor quantidade de café presente na planta, já que se trata da segunda passada.

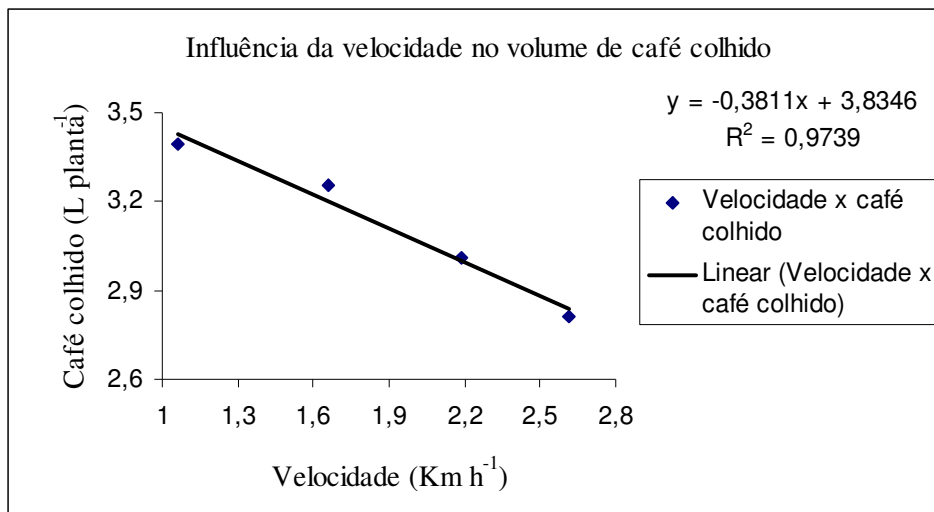


FIGURA 7 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da velocidade, em função do volume de café colhido (2^a passada)

$$\hat{y} = -0,3811x + 3,8346 \quad R^2 = 0,9739 \quad (3)$$

em que,

x – variação da velocidade, km h⁻¹;

\hat{y} – café colhido, L planta⁻¹.

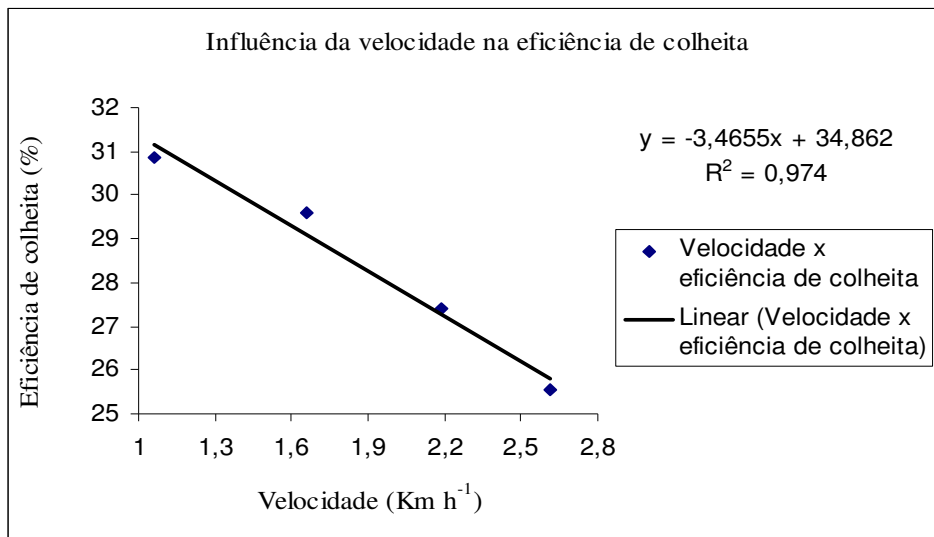


FIGURA 8 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da velocidade, em função da eficiência de colheita (2^a passada)

$$\hat{y} = -3,4655x + 34,862 \quad R^2 = 0,974 \quad (4)$$

em que,

x – variação de velocidade, km h⁻¹;

\hat{y} – eficiência de colheita, (%).

Com relação ao volume de café caído no chão observou-se (Figura 9), que, na primeira passada, não houve influência direta da vibração, pois apresentou diferentes valores em função das diversas vibrações empregadas. Mesmo para o modelo de equação (5) descrito de 2º grau, os dados não estão bem ajustados à curva, pois proporcionaram um coeficiente de determinação de 73,08%, indicando que somente parte dos dados está ajustada ao modelo.

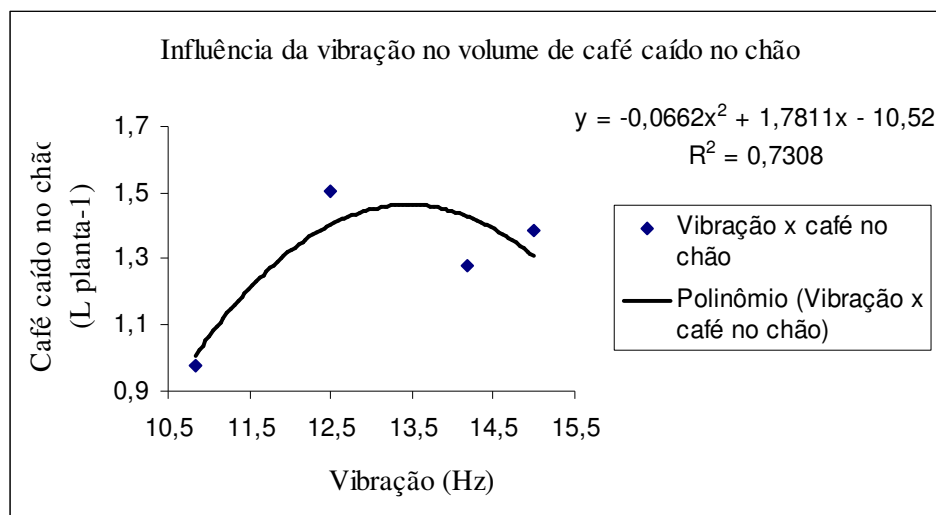


FIGURA 9 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da vibração, em função do volume de café caído no chão (1ª passada)

$$\hat{y} = -0,0662x^2 + 1,7811x - 10,52 \quad R^2 = 0,7308 \quad (5)$$

em que,

x – variação da vibração, Hz;

\hat{y} – café caído no chão, L planta⁻¹.

Já para a segunda passada (Figura 10), o volume de café caído no chão sofreu influência direta da variação de velocidade, pois, o aumento de velocidade ocasionou maiores volumes de café caído no chão. O modelo de

equação (6) obtida por regressão linear apresentou coeficiente de determinação de 92,02%, explicando o bom ajuste dos dados. A quantidade de café caído no chão sofreu um incremento de 61,2% no volume para a maior velocidade.

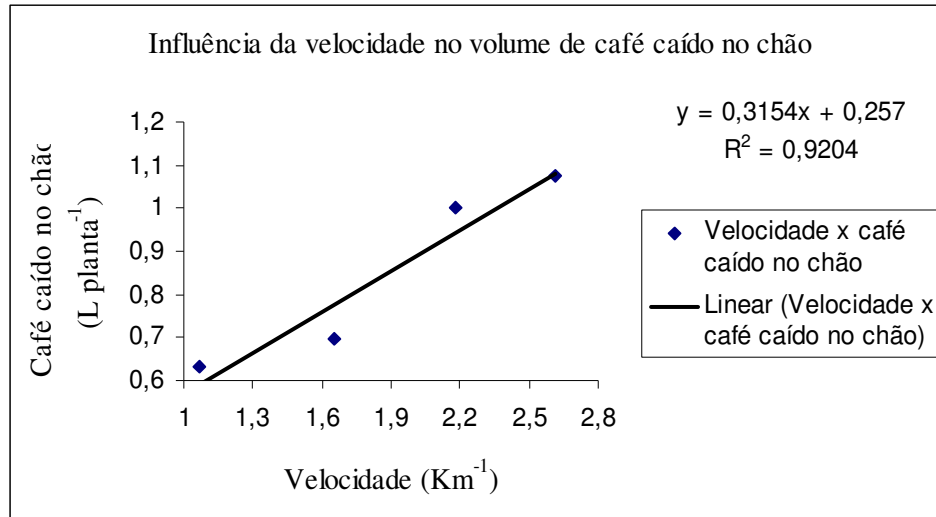


FIGURA 10 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da velocidade, em função do volume de café caído no chão (2ª passada)

$$\hat{y} = 0,3154x + 0,257 \quad R^2 = 0,9204 \quad (6)$$

em que,

x – variação de velocidade, km h⁻¹;

\hat{y} – café caído no chão, L planta⁻¹.

Analisando-se a primeira passada da colhedora e sua influência no processo de desfolha (Figura 11), observou-se que o aumento da desfolha está diretamente ligado ao aumento da intensidade da vibração. Este maior desfolhamento pode ser reflexo do maior impacto causado pela ação das varetas durante o processo de derriça dos grãos. Sendo assim, os dados se ajustaram ao modelo linear com coeficiente de determinação de 95,34%, indicando que a

equação descrita (7) representa, com bom ajuste, o comportamento da vibração durante a colheita. Na maior vibração, a desfolha foi 31,12% superior em relação à menor.

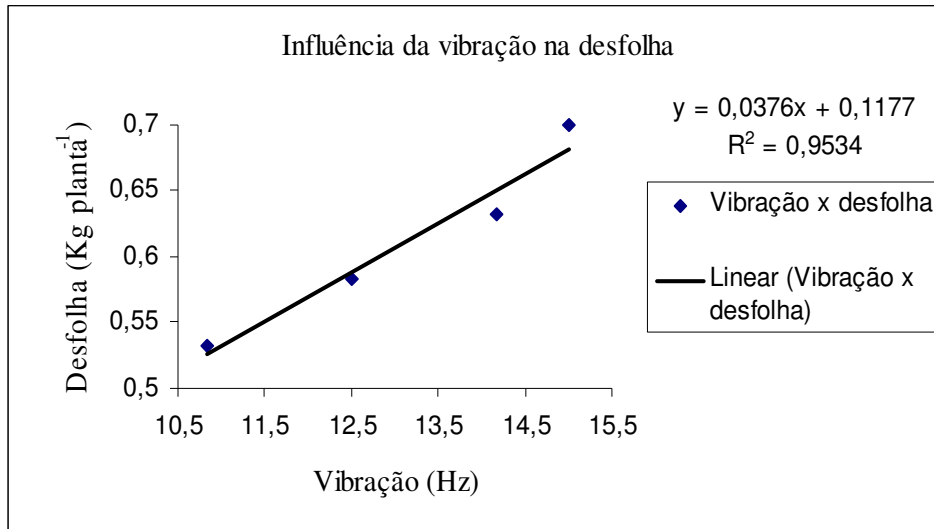


FIGURA 11 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da vibração, em função do processo de desfolha (1ª passada)

$$\hat{y} = 0,0376x + 0,1177 \quad R^2 = 0,9534 \quad (7)$$

em que,

x – variação de vibração, Hz;

\hat{y} – desfolha, kg planta⁻¹.

Porém, pode-se dizer que a desfolha não está diretamente ligada ao aumento de velocidade de colheita na segunda passada, porque a análise de variância dos dados indicou que o modelo não foi significativo, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Levando-se em consideração que a eficiência de derriça é a soma do café colhido mais o café caído no chão, dividido pela carga pendente, verificou-se que o aumento da eficiência de derriça está diretamente ligado ao aumento da vibração, pois, analisando-se a Figura 12, nota-se que a eficiência de derriça aumentou com o aumento da intensidade de vibração. O modelo de equação descrito (8) por regressão linear explica bem este comportamento, uma vez que os dados se ajustam com coeficiente de determinação de 99,54%. O incremento na eficiência de derriça na maior vibração foi de 31,85% em relação à menor.

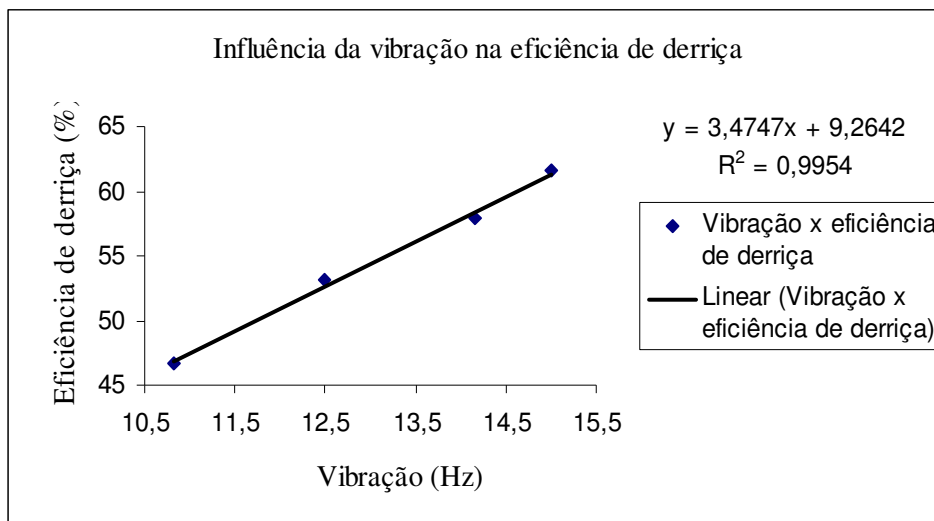


FIGURA 12 Representação gráfica e equação de regressão para a variação da vibração, em função da eficiência de derriça (1ª passada)

$$\hat{y} = 3,4747x + 9,2642 \quad R^2 = 0,9954 \quad (8)$$

em que,

x – variação de vibração, Hz;

\hat{y} – eficiência de derriça, %.

Analisando-se os dados de velocidade na segunda passada e sua influência no processo de derrça, pode-se dizer que a velocidade não afetou a eficiência de derrça, pois, pela análise de variância, a 5% de probabilidade pelo teste F, os dados não foram significativos. Isso indica que não existem diferenças entre as várias velocidades utilizadas durante a colheita e a variação no processo de derrça dos frutos. A queda na velocidade indicou apenas uma tendência de aumento na eficiência de derrça.

4 CONCLUSÕES

- É possível aumentar a velocidade operacional da colhedora até $1,64 \text{ km.h}^{-1}$, tanto na primeira quanto na segunda passada.
- É possível evitar a operação de repasse, com duas passadas da colhedora em maiores velocidades operacionais, colhendo com eficiência de colheita de 78,64% e eficiência de derriça de 97,64%.
- O volume de café colhido, a eficiência de colheita e a eficiência de derriça sofrem ação direta da vibração das varetas da colhedora durante a operação de derriça dos grãos.
- O volume de café colhido e a eficiência de colheita sofrem influência inversa da variação de velocidade.
- O volume de café caído no chão sofre influência direta do aumento da velocidade de colheita.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORTEZ, J. G. Controle das fermentações do café e a qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 19., 1993, Três Pontas. **Anais...** Rio de Janeiro: MARA, 1993. p. 86.

FAVA, J. F. M.; HONDA, A. I.; SATORI, S.; BASTOS, M. V. Eficiência de colheita mecânica nas variedades Mundo Novo e Catuaí em diferentes condições de lavoura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 5., 1979, Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1979. p. 267-272.

FAVA, J. F. M. O desenvolvimento da colhedora de café. In: CICLOS DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação CARGILL, 1990. p. 234-246.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de Variância) para Windows® versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Resumos...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

KASHIMA, T. A colheita mecanizada do café: Produtos, desempenho e custos. In: CICLOS DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação CARGILL, 1990. p. 224-233.

KRUG, H. P. Concepção moderna sobre a origem dos cafés duros. **Revista de agricultura**, Piracicaba, v. 12, n. 20, p. 417-26, jan./fev. 1945.

NOGUEIRA, V. S.; HASHIZUME, H.; SILVA, J. B. S.; CARNEIRO FILHO, F.; MATIELLO, J. B. Estudos de colheita de café com derriçadeiras vibratórias portáteis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 3., 1975, Curitiba. **Anais...** Rio de Janeiro: IBC, 1975. p. 239-242.

SANTINATO, R.; CORREIA, J. P.; JUNIOR, L. Z. Número e modo de passada da colhedora K3-Jacto e seu efeitos na produção do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998a. p. 60-61.

SANTINATO, R.; SILVA, A. D.; KASHIMA, A. E.; SILVA, V. A.; CARVALHO, R. Estudos de colheita mecânica k3-Jacto com 1, 2, e 3 passadas intercaladas e pulverizações (K3-Bayer) cicatrizantes e pré florada em condições de cerrado. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998b. p. 314-316.

SILVA, F. M.; CARVALHO JR., C.; SALVADOR, N.; KASHIMA, A. E., BORÉM, F. M. Influência da colheita mecanizada com distintas passadas da colhedora na qualidade do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27., 2001, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 2001. p. 213-215a.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 150-152.

SILVA, F. M.; 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.; 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, 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: MA/PROCAFÉ, 2000. p. 345-347b.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita do café totalmente mecanizada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 309-315, maio/ago. 2003.

SILVA, R. P.; FERNANDES, A. L. T.; DRUMOND, L. C.; FONTANA, G.; SILVA, F. H. Danos mecânicos na colheita manual e mecanizada de café na região de Carmo do Paranaíba, MG (Cd). In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2001b.

TEIXEIRA, A. A.; CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Grãos defeituosos de café colhido verde. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 8, p. 77-90, abr. 1971.

CAPÍTULO 3

Custos operacionais da colheita seletiva com duas passadas da colhedora

RESUMO

OLIVEIRA, Ezequiel. Avaliação da colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais. In:_____. **Custos operacionais da colheita seletiva com duas passadas da colhedora.** 2006. Cap 3, p.63-92. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*.

A colheita mecanizada do café tinha como objetivo a melhoria do desempenho de colheita, visando redução de custos e substituição da mão-de-obra manual. Hoje, tende a evoluir para atender à produção de cafés especiais, por meio do comportamento seletivo. Desse modo, este trabalho teve por objetivo avaliar os custos operacionais da colheita seletiva com duas passadas da colhedora. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Capetinga, município de Boa Esperança, MG, tendo os ensaios sido realizados utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em parcelas aleatórias contendo, em média, 40 plantas em linha. Os ensaios foram realizados com duas passadas da colhedora, definidos em função do índice de verde, na planta para atender à prática da colheita seletiva. Na primeira passada, com média de 30% de verde, a velocidade foi fixada em torno de 1,64 km.h⁻¹, variando-se as vibrações de 10,83, 12,50, 14,17 a 15 Hz. Na segunda passada, realizada sobre as mesmas parcelas da primeira, com média de 10% de verde, a vibração foi fixada em 16,67 Hz, variando-se as velocidades de 1,0, 1,6, 2,1 a 2,6 km.h⁻¹. Para a análise dos custos de colheita, comparou-se a colheita mecanizada com a manual. Observou-se que, com o aumento da vibração, existe tendência de queda na porcentagem de cereja colhida, não sendo possível estabelecer uma relação entre a qualidade do café e as variações de vibrações ou velocidades. Analisando-se os custos operacionais de colheita, observou-se que a melhor relação entre volume colhido e custo operacional de colheita ocorreu colhendo-se o volume de 400,35 medidas.ha⁻¹, ao custo R\$473,88 ha⁻¹, obtendo-se, então, a maior eficiência operacional de colheita. Somado aos custos com o levantamento do café caído no chão, chegou ao custo total de R\$957,95 ha⁻¹, com velocidade de 1,64 km.h⁻¹, nas duas passadas. Concluindo-se que as porcentagens de café cereja, verde e seco colhido não foram afetadas pelas variações de vibrações e ou velocidades, não existindo tendência definida no padrão de bebida, em função dos cafés colhidos em diferentes vibrações (1ª passada) e ou velocidades (2ª passada), sendo todas as amostras classificadas como “dura” ou “apenas mole”. E que a redução do custo total da colheita

* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador); Dr. Nilson Salvador.

mecanizada foi de 62,36%, em relação à colheita manual, colhendo-se com velocidade operacional de 1,64 km.h⁻¹ nas duas passadas.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Ezequiel. Evaluation of the mechanized harvest of the coffee in to higher operational speeds. In: _____. Selective harvest and passed operational costs with two of the harvester of coffee. 2006. Chap 3, p.63-92. Dissertation (Master in Agricultural Engineering) – Federal University of Lavras, Lavras, MG*

The mechanized coffee harvest had as objective the improvement of the harvest performance in order to reduce the costs and to substitute the manual man power in the harvest. Today, it tends to develop to help the special coffee production by selective behavior. So, this work had as purpose to evaluate the operational selective harvest costs with two passes of the harvester. The work was done in the Capetinga Farm, Boa Esperança city, state of Minas Gerais, being the experiments done using the randomized design with four repetitions, in aleatory portions having 40 plants, on average, in each line. The experiments were done with two passes of the harvester, defined according to the green grain index to follow the practice of selective harvest. In the first pass with 30 of green grain, the speed was fixed around 1.64 km.h⁻¹ varying the vibration to 10.83, 12.50, 14.17 and 15 Hz. In the second pass, done in the same portions of the first pass, with 10% of green grains, the vibration was fixed in 16.67 Hz varying the speed to 1.0, 1.6, 2.1 and 2.6 km.h⁻¹. For the analysis of the harvest costs, it was compared the mechanized harvest with the manual harvest. It was observed that with the increasing of the vibration, there was a tendency of falling the percentage of the harvested cherry grains. It was not possible to establish a relation among the coffee quality and the variations of the vibrations or speeds. Analyzing the operational harvest costs, it was observed that the best relation between the harvested volume and the operational harvest cost occurred when harvesting the volume of 400.35 measures.ha⁻¹ with the cost of R\$473.88.ha⁻¹, getting, then, the biggest operational harvest efficiency. Summed up the costs of the coffee grains fallen on the ground, it reached a total cost of R\$957.95.ha⁻¹ with the speed of 1.64 km.h⁻¹ in two passes. Concluding that the percentage of the harvested cherry coffee, green coffee and dry coffee are not affected by the variation in vibrations or speeds. Not existing any defined tendency to standard drink according to the harvested coffee in different vibrations (1st pass) or speeds (2nd pass), being all the samples classified as ‘hard’ or ‘just soft’. The total cost reduction of the mechanized harvest was 62.36% in relation to the manual harvest when harvesting with the operational speed of the 1.64 km.h⁻¹ in the two passes.

* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser); Dr. Nilson Salvador.

1 INTRODUÇÃO

A historia recente da evolução da cafeicultura tem mostrado claramente a busca dos produtores por maiores produtividades de suas lavouras, com o objetivo de reduzir os custos dentro do processo de economia de escala. Neste contexto, o uso da mecanização agrícola nas diversas operações de campo é uma das grandes ferramentas que impulsionaram o aumento da produção mundial de grãos e trouxeram aos produtores diversos benefícios, entre estes, a redução de custos e rapidez na realização das operações.

A cultura do café apresenta um elevado custo de produção, sendo a colheita e a pós-colheita operações que determinam a qualidade final do produto. Segundo Cruz Neto & Matiello (1981) e Matiello (1991), a colheita corresponde, em média, a 30% do custo de produção e 40% da mão-de-obra empregada. Dessa forma, fazendo-se uma colheita mais rápida, tem-se redução de perdas e, colhendo-se o máximo de grãos maduros, tem-se um ganho de qualidade, aumentando-se a receita do cafeicultor. Estes dois fatores podem ser maximizados com o emprego da colheita mecanizada.

Vários fatores devem ser analisados durante a colheita do café, pois este é um dos poucos produtos agrícolas brasileiros que têm seu preço baseado em parâmetros qualitativos e cujo valor aumenta significativamente com a melhoria da qualidade (Carvalho & Chalfoun, 1985). Um destes fatores, citados por Bártholo & Guimarães (1997), reflete na quantidade ideal de frutos verdes na planta para início de colheita, em que são aceitos, no máximo, 5%, porém até 20% são toleráveis, no entanto, podem trazer prejuízos na qualidade do café.

Silva et al. (1998), estudando a colheita mecanizada do café, observaram que, além de ser uma técnica economicamente viável, apresentava um comportamento seletivo, justamente antepondo-se a uma das maiores limitações da colheita, seja mecanizada ou manual, observada na desuniformidade de

maturação dos frutos, que prejudica o desempenho operacional e a qualidade final do produto.

Assim, a partir deste comportamento, muitos produtores passaram a adiantar o início da colheita, fazendo-a em duas etapas. A primeira, quando a planta estivesse com 50% a 40% de verde, colhendo-se o máximo possível de café maduro e a segunda, em média, 30 dias após, quando o índice de verde encontra-se bastante reduzido, em virtude da maturação, variando de 20% a 5%, fazendo-se, então, o restante da colheita dos frutos (Silva et al, 2000b).

Estudos com colheita seletiva passaram a analisar a influência da colheita mecanizada, com distintas passadas da colhedora, na qualidade do café. A partir de então, Silva et al. (2001a) verificaram padrões de bebida “apenas mole”, com duas passadas da colhedora, na primeira passada, com média de 60% de café cereja e na segunda passada, observaram um padrão de bebida superior, com café cereja variando de 76% a 83%.

A queda dos preços de comercialização do café forçou os produtores a produzirem cafés especiais, com melhor valor de mercado, como o “cereja despulpado”. Desse modo, a colheita mecanizada passou a ter novo foco, no sentido de possibilitar a colheita seletiva (Silva et al., 2002).

Silva et al. (2002), avaliando a operação de colheita mecanizada do café, com o objetivo de aprimorar o processo de colheita seletiva com duas passadas da colhedora, concluíram que os níveis de velocidade e vibração mais adequada para se obter maior volume de grãos no estágio cereja seriam $1,0 \text{ km.h}^{-1}$ e $14,17 \text{ Hz}$, na primeira passada e $0,8 \text{ km.h}^{-1}$ e $14,17 \text{ Hz}$, na segunda passada.

Um dos grandes problemas da cafeicultura é o custo de colheita, seja ela de forma mecanizada ou manual. Apesar de que, baseado no desempenho médio de colheita, Kashima (1985), comparando os custos de colheita mecânica com a colhedora K-3 e colheita manual, observou uma redução de 48% no custo de colheita mecânica com repasse, em relação à colheita manual. Em um trabalho

desenvolvido por Grossi (1996), comparando o sistema de colheita mecanizada com colhedoras próprias ou alugadas e o sistema manual, na região de Patrocínio, MG, observou-se uma redução de custos na operação de colheita de 39% e 26%, respectivamente, em relação ao custo de colheita manual.

Silva et al. (1999) desenvolveram um trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho operacional e econômico da colheita mecanizada com duas passadas da colhedora e observaram uma redução nos custos de 62% em relação à colheita manual. Para a colheita seletiva com duas passadas da colhedora, a redução de custos foi de 42% a 46% em relação à colheita manual (Silva, 2004).

Num levantamento de custo para a colheita mecanizada, semimecanizada e manual feito por Pádua et al. (2000), em 25 propriedades da região Sul de Minas Gerais, os autores concluíram que o sistema mecanizado foi o que apresentou o menor custo de produção, representando uma redução de 23,8% em relação ao sistema manual e de 6,9% em relação ao sistema semimecanizado.

Em um estudo comparativo entre o custo da colheita no sistema manual e mecanizado, Silva et al. (2000a) e Silva (2004) observaram uma redução de custos no sistema mecanizado em relação ao manual da ordem de 41% a 50%, pelo cálculo da depreciação, para lavouras com produção de 30 a 35 sacos.ha⁻¹.

Com base em pesquisas de colheita mecanizada do café, pode-se dizer que o aumento da velocidade de colheita implicará diretamente na redução de custos, sem prejuízos ou perdas ao sistema produtivo ou danos às plantas e, ainda, poderá ser usado no processo de colheita seletiva, em que a velocidade e a vibração da colhedora serão devidamente adequadas para as condições da lavoura.

Este trabalho teve por objetivo avaliar o aumento da velocidade operacional da colhedora e sua influência no processo de colheita seletiva e, ainda, avaliar a viabilidade econômica da colheita do café em velocidades mais elevadas da colhedora.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Capetinga, localizada no município de Boa Esperança, Sul de Minas Gerais, na safra de 2004/2005, em uma área de 3,0 ha de lavoura da cultivar Acaiá, com 6 anos de idade, plantada no espaçamento de 4,0 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, totalizando 2.777 plantas.ha⁻¹. As coordenadas geográficas são de 21°13'20" de latitude Sul e 45°34'52" longitude Oeste, com altitude média de 930 m e uma declividade média de 8%. O clima da região foi classificado, pelo método de Köppen, como subtropical com inverno seco (Cwb).

Os ensaios foram realizados utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em parcelas aleatórias contendo, em média, 40 plantas em linha. As parcelas foram previamente caracterizadas, determinando-se: a carga pendente média (L.planta⁻¹), o volume médio de café caído no chão antes da colheita (L.planta⁻¹) e a porcentagem de café verde, cereja e seco na planta.

Estas determinações foram feitas para cada um dos tratamentos em cada uma das parcelas, sendo a colheita feita sempre no mesmo sentido. As determinações constaram da interação dos parâmetros velocidade e vibração em dois estágios de maturação, definidos em função do índice de verde na planta.

Os resultados foram analisados estatisticamente com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000). Após análise de variância, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste F, a 5% de probabilidade e o coeficiente de determinação.

Os demais detalhes estão descritos no Capítulo 2.

2.2 Análises da qualidade do café por prova de xícara

A análise de prova de xícara foi realizada seguindo-se o método oficial brasileiro de classificação do café pela bebida, pelo provador oficial do **CTSM/EPAMIG** de Lavras, MG. Para a análise do café colhido, foram separadas amostras de cada tratamento, sendo depois secas em terreiro de alvenaria até atingirem 11% de b.u., beneficiadas e separado 300 gramas de cada amostra para posteriores análises.

2.3 Análise de custos operacionais

Para a análise dos custos operacionais de colheita do café foram avaliados os custos fixos e os variáveis da colhedora em comparação com o sistema de colheita manual.

Os custos fixos estão relacionados a aqueles que têm duração de longo prazo e não variam com a intensidade de uso da máquina, podendo citar a depreciação, o juro sobre o capital investido e custos associados ao abrigo e ao seguro. Os custos variáveis são os de curto prazo e influenciados pelo uso da máquina, envolvendo os custos associados a gastos com combustíveis, lubrificantes, manutenção e reparos e, ainda, a mão-de-obra para a operação da máquina (Balastreire, 1987).

A metodologia para análise dos custos de colheita seguiu os parâmetros para a composição dos custos operacionais das máquinas de colheita, citados por Silva (2004), Silva & Oliveira (2004) e Tourino (2000).

2.3.1 Custo fixo (CF)

a) Depreciação (D): para o cálculo, utilizou-se o método da depreciação linear dos equipamentos segundo Balastreire (1987), dentro dos parâmetros e preços vigentes para a safra de 2005.

$$D = (Vi-S)/T$$

Vi – valor inicial

S – valor de sucata = 10% Vi

T - vida útil total (em horas)

b) Amortização ou juros (J): segue o valor correspondente à taxa de juros usada no programa de financiamento de máquinas agrícolas (Moderfrota, 2005).

$$J = (V_m * I) / t \quad t - \text{horas de trabalho ano}^{-1}$$
$$V_m = (V_i + S) / 2 \quad V_m - \text{valor médio}$$

I – taxa de juro

c) Taxa de seguros (TS): pouco comum o seu uso no Brasil.

$$TS = V_i * (0,005 \text{ a } 0,01) / t \quad 0,5\% \text{ a } 1\% \text{ do valor inicial da máquina.}$$

d) Taxa de alojamento (TA): corresponde ao valor do alojamento durante a vida útil da máquina.

$$TA = V_i * (0,005 \text{ ou } 0,01) / t \quad 0,5\% \text{ a } 1\% \text{ do valor inicial da máquina.}$$

Sendo assim, o custo fixo compreende o somatório das despesas com a depreciação, amortização de juros, taxa de seguro e de alojamento.

$$CF = \Sigma(D, J, TS, TA).$$

2.3.2 Custos variáveis (CV)

a) Combustíveis (C):

$$C = R\$/L * 0,13 * Pot(cv) \quad \text{preço médio do combustível (R\$/L) na região Sul de Minas Gerais.}$$

b) Lubrificantes (L):

$$L = 10\% \text{ a } 20\% \text{ de } C \quad 10\% \text{ a } 20\% \text{ dos gastos com combustíveis (C)}$$

c) Manutenção (M):

$$M = V_i / T \quad (\text{máquinas})$$

$$M = 0,5 * Vi / T \quad (\text{implementos})$$

d) Mão-de-obra (M):

$$Mo = (12 * SM * ES) / t$$

SM - salário mínimo R\$300,00
ES – encargos sociais: 29,46%.

Para o cálculo do custo da mão-de-obra, considerou-se o valor do salário mínimo de R\$300,00, porém, para operação das máquinas, o salário pago na região Sul de Minas era em média, de R\$450,00 que foi acrescido de encargos sociais da categoria como FGTS, INSS, seguro acidente, férias (1/3 do salário) e 13º salário, perfazendo um valor total de 29,46%.

Também considerou-se como custo de mão-de-obra a diária corrente usada na colheita manual do café, pago de acordo com a produtividade, ao preço de R\$ 5,00 por medida de 60 L, acrescidos de encargos sociais. Este preço foi o vigente no ano de 2005, na região Sul de Minas Gerais, após análise de mercado, segundo dados da Cooperativa dos Cafeicultores de Campos Gerais e Campo do Meio, (COOPERCAM), Cooperativa dos Cafeicultores de Três Pontas, (COOCATREL) e relatos de produtores de algumas regiões cafeeiras do Sul de Minas Gerais.

Então, o custo variável compreende o somatório das despesas com combustíveis, lubrificantes, manutenção e mão-de-obra.

$$CV = \Sigma (C, L, M, Mo).$$

2.3.3 O custo total (CT)

Compreende o somatório dos custos fixos mais custos variáveis.

$$CT = \Sigma(CF, CV).$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação do desempenho operacional na colheita seletiva

A carga pendente média da lavoura foi determinada por amostragem no dia 03/06/2005, resultando em 11 L.planta⁻¹, o que significa um alto rendimento médio na lavoura no ano, como consequência da característica fisiológica do cafeeiro que, na prática, se convencionou chamar de bienalidade, ou seja, a planta alterna anos de altas e baixas produtividades.

Na época em que foi realizado o experimento ocorreram dois períodos chuvosos que, segundo relatos de Cortez (1993), Krug (1945) e Teixeira et al. (1971), interfere no ponto de maturação do café, devido ao ataque de fungos como consequência da alta umidade. Estes fungos causam a rápida deterioração dos frutos, fazendo com que os grãos passem rapidamente da fase de cereja para passa e, conseqüentemente, para a fase seca.

O primeiro período chuvoso ocorreu nos dias 23, 24, 25 e 26 de maio, tendo a precipitação total sido de 84,6 mm, medidos na própria fazenda. A umidade relativa do ar, nos 15 dias que antecederam a primeira fase da colheita, foi em média de 78,7%. No segundo período chuvoso, a precipitação total foi de 19,7 mm, ocorridos nos dias 19, 21, 22, 24, e 25 de junho, também medidos na própria fazenda. A umidade relativa do ar, nos 15 dias que antecederam a segunda fase da colheita, foi, em média, de 78%. Sendo assim, a primeira passada foi realizada no dia 04/06/2005, com média de 30% de verde, 30% de cereja e 40% de secos na planta e a segunda passada, 28 dias depois, no dia 02/07/2005, tendo, em média, 10% de verdes, 40% de cerejas e 50% de secos.

Bártholo & Guimarães (1997), fazendo referência ao início de colheita, citam que a quantidade ideal de frutos verdes na planta é de, no máximo, 5%, sendo até 20% toleráveis, no entanto, podem trazer prejuízos na qualidade do café. Porém, Silva et al. (1998) observaram um comportamento seletivo da

colheita mecanizada do café. Este fato foi usado como parâmetro para determinar o início de safra, em que a desuniformidade de maturação dos frutos não afetaria a qualidade de bebida, podendo-se, então, realizar-se a colheita em duas etapas, sendo a primeira passada realizada com maior porcentagem de frutos verdes.

O desempenho operacional da colhedora na colheita seletiva foi determinado em relação à carga pendente de 11 L.planta⁻¹. Os resultados estão evidenciados na Tabela 1, para a primeira e segunda passada.

Na primeira passada, quando as vibrações variaram de 10,83 a 15 Hz, a velocidade média de colheita foi mantida em torno de 1,643 km.h⁻¹ (Tabela 1). Tendo como objetivo colher o maior volume possível de café na condição cereja, os valores de vibrações empregadas se justificam, pois são valores citados na literatura, a exemplo de Silva et al. (2002), que usaram valores compreendidos entre 9,17 e 14,17 Hz.

TABELA 1 Desempenho operacional da colheita seletiva com duas passadas da colhedora na safra de 2005. UFLA, Lavras, MG, 2005/2006.

Tratamento	Vibração	Velocidade	Café colhido	Cereja colhido	Cereja	Verde	Seco	Qualidade de bebida
	Hz	km.h ⁻¹	L.planta ⁻¹	L.planta ⁻¹	%	%	%	Prova de xícara
Primeira passada								
T1	10,63	1,640	4,17	1,25	30,15	23,38	46,43	Ap. mole
T2	12,50	1,649	4,34	1,41	32,47	23,04	45,67	Dura
T3	14,17	1,645	5,10	1,31	25,70	27,70	46,60	Dura
T4	15,00	1,643	5,39	1,58	29,23	24,10	46,68	Ap. mole
Segunda passada								
T1	16,67	2,184	3,01	1,17	38,75	9,99	51,27	Ap. mole
T2	16,67	2,614	2,81	1,05	37,20	10,89	51,91	Dura
T3	16,67	1,064	3,44	1,41	41,17	8,73	50,10	Ap. mole
T4	16,67	1,643	3,26	1,36	41,77	7,64	50,59	Dura

A velocidade média de colheita na primeira passada (Tabela 1), apesar de mantida em torno de 1,643 km.h⁻¹, representa um aumento de 64,3%, se comparada com trabalhos de Silva et al. (2000b), que empregaram velocidade de 1,0 km.h⁻¹, ou 34,5%, se comparados com trabalhos de Santinato et al. (1998), que adotaram velocidade de 1,2 km.h⁻¹. Essa velocidade foi fixada em um valor acima do normalmente empregado, porém, não muito alta, 1,64 km.h⁻¹. Isso porque, em virtude da alta carga pendente e do baixo tempo de aplicação da vibração, à planta, se fosse muito elevada, não daria tempo de colher todo o café que se encontraria no estágio cereja ou seco.

Para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 da primeira passada (Tabela 1), a quantidade de café colhido foi de 4,17, 4,34, 5,10 e 5,39 L.planta⁻¹, respectivamente. O volume de cereja colhido variou de 1,25 a 1,58 L.planta⁻¹ nas vibrações empregadas, não diferindo estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste F, Tabela 2.

TABELA 2 Resumo da análise de variância (QM), para o volume de café cereja colhido (L.planta⁻¹), porcentagem de café cereja colhido, porcentagem de café verde colhido, porcentagem de café seco colhido, na primeira passada. UFLA, Lavras, MG, 2005/2006.

FV	GL	Volume de cereja	% cereja	% verde	% seco
Vibração	3	0,084717	31,44563	18,34063	0,861667
Erro	12	0,053363	18,55729	25,81979	33,08792
Total	15	-	-	-	-
CV (%)	-	16,65	14,66	20,69	12,41

A porcentagem de café cereja colhido (Tabela 1) variou de 25,70% no tratamento T3, com vibração de 14,17 Hz a 32,47% no tratamento T2, com vibração de 12,50 Hz, não diferindo estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 2). Porém, pode-se notar que, com o aumento da vibração, existe tendência de queda na porcentagem de cereja colhida, possivelmente em função do maior volume de café verde que caiu com o aumento de vibração.

As baixas porcentagens de cereja colhida, com média de 29,39%, podem ser explicadas pelo excesso de chuva e a alta umidade relativa do ar no período de antecedeu a primeira passada, pois Cortez (1993), Krug (1945) e Teixeira et al. (1971) citam que a alta umidade relativa do ar ocasiona ataques de fungos, provocando o rápido amadurecimento dos frutos de café. Para efeito de comparação, Silva et al. (2001), trabalhando com colheita seletiva em duas passadas, conseguiram 60% de café cereja com velocidade operacional de colheita de 1,0 km.h⁻¹ e vibração de 10,83 Hz na primeira passada.

A porcentagem de café verde colhido (Tabela 1) variou de 23,04%, no tratamento T2, com vibração de 12,50 Hz a 27,7%, no tratamento T3, com vibração de 14,17 Hz, não diferindo estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 2).

A porcentagem de café seco colhido (Tabela 1) variou de 45,67%, no tratamento T2, com vibração de 12,50 Hz, a 46,68%, no tratamento T4, com vibração de 15 Hz, não diferindo estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 2).

Na segunda passada, feita sobre as mesmas parcelas da primeira passada, fixou-se a vibração em 16,67 Hz e variaram-se as velocidades entre 1,064 e 2,614 km.h⁻¹ (Tabela 1). Contudo, a menor velocidade situou-se acima da normalmente citada pela literatura, a exemplo de Silva et al. (2002) que trabalharam com 0,8 km.h⁻¹. Este aumento de velocidade chegou a 3,27 vezes, empregando-se a velocidade de 2,614 km.h⁻¹ no processo de colheita seletiva.

O aumento da intensidade de vibração, apesar de fixo, se justifica em virtude do menor tempo de exposição da planta à ação das varetas vibratórias e a elevação na velocidade de colheita pode ser justificada pela redução da carga pendente na planta e também pelo amadurecimento dos grãos.

O volume de café colhido nos tratamentos T1, T2, T3 e T4 da segunda passada foram de 3,01, 2,81, 3,44 e 3,26 L.planta⁻¹, respectivamente, em que os

volumes de cereja colhidos variaram de 1,17, 1,05, 1,41, a 1,36 L planta⁻¹ para as variações de velocidades de 2,184, 2,614, 1,064 e 1,643 km.h⁻¹, respectivamente (Tabela 1). Estes volumes de cereja colhidos diferem estatisticamente, a 1% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 3), porém, esta variação é explicada em função do volume de café colhido, pois, o café cereja é resultante da porcentagem do volume de café total colhido.

TABELA 3 Resumo da análise de variância (QM) para o volume de café cereja colhido (L.planta⁻¹), porcentagem de café cereja colhido, porcentagem de café verde colhido, porcentagem de café seco colhido, na segunda passada. UFLA, Lavras, MG, 2005/2006.

FV	GL	Volume de cereja	% cereja	% verde	% seco
Velocidade	3	0,10815**	18,1196	8,0848	2,49635
Erro	12	0,01539	11,7239	6,5626	7,90077
Total	15	-	-	-	-
CV (%)	-	10,01	39,72	27,52	5,51

** significativo, a 1% de probabilidade, pelo teste de F.

A porcentagem de café cereja colhido (Tabela 1) variou de 37,20%, no tratamento T2, com velocidade de 2,614 km.h⁻¹ a 41,77%, no tratamento T4, com velocidade de 1,643km.h⁻¹, não diferindo estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste F, (Tabela 3). Porém, pode-se notar que, nas menores velocidades operacionais, existe tendência de aumento na porcentagem de cereja colhido, possivelmente em função do menor volume de café verde colhido, reflexo da menor porcentagem de café verde na planta, já que o cafeeiro apresentava-se num estágio mais avançado de amadurecimento.

Na segunda passada, como na primeira, as baixas porcentagens de cereja colhida, com média de 39,72%, também podem ser explicadas pelo excesso de chuva e pela alta umidade relativa do ar, no período que antecedeu a colheita. Sendo assim, a safra de 2005 foi atípica para a produção de café cereja despoldado.

Em média, foram encontrados 34,55% de café cereja, resultado abaixo do valor encontrado por Silva et al. (2002), que citam que a porcentagem de cereja colhido com duas passadas da colhedora foi de 50% da carga pendente trabalhando com colheita seletiva. Este resultado, prejudicado pelas condições meteorológicas, reduziu a produção de cafés especiais, pois, estes dependem do volume de café cereja colhido.

A porcentagem de café verde colhido (Tabela 1) variou de 7,64%, no tratamento T4, com velocidade de 1,643 km.h⁻¹ a 10,89% no tratamento T2 com velocidade de 2,614 km.h⁻¹, não diferindo estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 3).

A porcentagem de café seco colhido (Tabela 1) variou de 50,1%, no tratamento T3 com velocidade de 1,064 km.h⁻¹ a 51,91%, no tratamento T2 com velocidade de 2,614 km.h⁻¹, não diferindo estatisticamente, a 5% de probabilidade, pelo teste F (Tabela 3).

Observa-se, na Tabela 1, por meio de análises da qualidade do café por prova de xícara, que, na primeira e segunda passadas, há diferenças na classificação da bebida dos cafés colhidos, em função das diferentes vibrações e ou velocidades empregadas. Porém, não foi possível estabelecer uma relação entre a qualidade do café e as variações de vibrações ou velocidades.

No entanto, pode-se dizer que todos os cafés apresentaram boa classificação de bebida, pois foi encontrado café de bebida “dura” e “apenas mole”, que são padrões superiores de bebida, apesar das condições climáticas desfavoráveis. Resultado semelhante foi encontrado por Carvalho Junior (2002), avaliando a influência na qualidade do café obtido por seis sistemas de colheita, concluindo que não foi possível distinguir, a partir da prova de xícara, diferenças na qualidade do café, em função do sistema de colheita, ocorrendo, em todas as amostras analisadas, padrão superior de bebida.

Pode-se dizer que as condições climáticas interferiram no processo de colheita seletiva, pois a ocorrência de chuvas e, conseqüentemente, as elevações da umidade relativa do ar prejudicaram a produção de cafés especiais, como o cereja despulpado.

3.2 Avaliação dos custos operacionais da colheita mecanizada

Para a análise dos custos operacionais de colheita do café, foram avaliados os custos fixos e variáveis do conjunto trator/colhedora em comparação ao sistema manual. A metodologia para análise dos custos seguiu os parâmetros para a composição dos custos operacionais das máquinas de colheita, citados por Balastreire (1987), Silva (2004), Silva & Oliveira (2004) e Tourino (2000).

Os dados da Tabela 4 representam a relação de custos para a colheita mecanizada na safra de 2005. Os preços utilizados, em reais, eram os que vigoravam naquele ano. O valor inicial da colhedora, modelo KTR, usado para cálculo foi de R\$270.000,00 e do trator, modelo cafeeiro 4x4 auxiliar, R\$70.000,00. Para efeito de cálculo, considerou-se uma vida útil total das máquinas de 10.000 horas, trabalhando, em média, 1.000 horas.ano⁻¹, o que corresponde a um período de 10 anos de depreciação. A taxa de juros segue o valor usado no programa de financiamento de máquinas agrícolas (Moderfrota, 2005) de 12,75% a.a.

O custo do combustível seguiu o preço médio praticado na rede de postos da região Sul de Minas, no período correspondente à colheita do café, sendo o custo médio do litro de diesel de R\$1,67.

TABELA 4 Relação dos custos operacionais da colheita mecanizada, safra de 2005. UFLA, Lavras, MG, 2005/2006.

Composição dos custos	Colhedora (KTR)	Trator (53kW)	Conjunto (Trator/Colhedora)
Depreciação (D); (R\$.h ⁻¹)	24,30	6,30	30,60
Juros (J); (R\$.h ⁻¹)	18,93	4,91	23,84
Taxa de seguros (TS); (R\$.h ⁻¹)	1,35	0,35	1,70
Taxa de alojamento (TA); (R\$.h ⁻¹)	1,35	0,35	1,70
Custo fixo total (CF); (R\$.h⁻¹)	45,93	11,91	57,84
	Colhedora	Trator	Conjunto
Custos variáveis (CV)	(KTR)	(53kW)	(Trator/Colhedora)
Combustíveis (C); (R\$.h ⁻¹)	0,00	15,85	15,85
Lubrificantes (L); (R\$.h ⁻¹)	3,04	1,58	4,62
Manutenção (M); (R\$.h ⁻¹)	27,00	7,00	34,00
Mão-de-obra (Mo); (R\$.h ⁻¹)	6,99	6,99	13,98
Custo variável total (CV); (R\$.h⁻¹)	37,03	31,42	68,45
	Colhedora	Trator	Conjunto
Custo total (CT)	(KTR)	(53kW)	(Trator/Colhedora)
Custo fixo total (CF); (R\$.h ⁻¹)	45,93	11,91	57,84
Custo variável total (CV); (R\$.h ⁻¹)	37,03	31,42	68,45
Custo total (CT); (R\$.h⁻¹)	82,96	43,33	126,29

Observa-se, pela Tabela 4, que o custo total para a colheita mecanizada de café, na safra de 2005, foi de R\$126,29 h⁻¹. Os fatores que mais pesaram foram os gastos com depreciação, amortização de juros, gastos com combustíveis, no caso do trator e também os custos com mão-de-obra. No caso da colheita manual, o custo foi de R\$5,00 por medida de 60 litros, sendo o custo final de acordo com a produtividade do trabalhador.

Os dados da Tabela 5 apresentam o desempenho e os custos de colheita na safra de 2005 tanto para a forma mecanizada quanto a manual. Na referida safra, o cafeeiro apresentou carga pendente média de 11 L.planta⁻¹. Os cálculos de café colhido (medidas.ha⁻¹), tempo de colheita (h.ha⁻¹), custo de colheita

TABELA 5 Desempenho e custos de colheita na safra de 2005. UFLA, Lavras, MG, 2005/2006.

Tratam.	Vibraç.	Velocid	Café colhido	Café colhido	Tempo de colheita	Tempo total	Custo de colheita	Café caído no chão	Custo de varrição	Custo total de colheita
	Hz	km.h ⁻¹	L.planta ⁻¹	medidas*.ha ⁻¹	s.planta ⁻¹	h.ha ⁻¹	R\$.ha ⁻¹	medidas.ha ⁻¹	R\$.ha ⁻¹	R\$.ha ⁻¹
Primeira passada										
T1	10,63	1,64	4,17	193	2,03	1,88	237,43	-	-	-
T2	12,50	1,65	4,34	200,87	2,02	1,87	236,16	-	-	-
T3	14,17	1,65	5,10	236,05	2,02	1,87	236,16	-	-	-
T4	15,00	1,64	5,39	249,47	2,03	1,88	237,43	-	-	-
Segunda passada										
T1	16,67	2,18	3,01	139,31	1,52	1,41	178,07	176,69	883,45	1298,94
T2	16,67	2,61	2,81	130,06	1,27	1,18	149,02	178,07	890,35	1275,53
T3	16,67	1,06	3,44	159,21	3,13	2,90	366,24	113,74	568,70	1171,10
T4	16,67	1,64	3,26	150,88	2,03	1,88	237,43	96,62	483,10	957,95
Colheita manual										
T5	-	-	9,75	451	480	375,50	2255,00	58	290,00	2545,00

*medida = volume de 60 litros

(R\$.ha⁻¹), volume de café caído no chão (medidas.ha⁻¹), custo de varrição (R\$.ha⁻¹) e custo total de colheita (R\$.ha⁻¹) referem-se à área de um hectare de café plantado no espaçamento 4,0 x 0,9 m, com população média de 2.777 plantas.ha⁻¹.

O volume de café colhido, café da roça, foi medido usando um latão com volume total de 60 L, usado para determinar a produtividade do trabalhador em um determinado período de tempo. Serviu também para determinar a produtividade de uma determinada área, no caso um hectare. Obteve-se este dado medindo-se o volume de café colhido na área. Nesta área, com carga pendente de 11 L.planta⁻¹, o volume total de café colhido foi de 509 medidas.ha⁻¹.

O tempo total na colheita mecanizada foi acrescido em 20%, devido às operações de manobras nos carregadores e outras paradas, contudo, pode variar de acordo com as características de cada lavoura, como, por exemplo, o tamanho dos carregadores e inclinação do terreno. O tempo médio de colheita manual do cafeeiro em questão foi de 480 segundos.planta⁻¹, e se refere ao tempo gasto com colocação de panos, derriça e abanação do café colhido.

Para a determinação dos custos da colheita mecanizada na safra de 2005, considerou-se o valor horário do conjunto trator/colhedora, multiplicado pelo tempo total de colheita, sendo este de R\$126,29.h⁻¹ (Tabela 4). Já o custo da colheita manual foi obtido multiplicando-se o volume de café colhido (medidas.ha⁻¹) pelo custo unitário de cada medida, R\$5,00.

Para a determinação do custo total de colheita foram acrescidos os gasto com a operação de varrição do café caído no chão, devido tanto à operação de colheita mecanizada quanto manual. Ao volume de café caído no chão foi acrescentado o volume do café referente à operação de repasse, ou seja, o volume de café que ficou na planta após a passagem da colhedora.

Na determinação do custo de varrição, o preço pago pela medida de 60 L de café recolhido foi de R\$5,00, já somados os gastos com a operação de repasse.

No repasse, o café foi derriçado no chão, facilitando, assim, a colheita. O volume colhido nesta operação foi de 46,28, 25,46 e 22,22 medidas.ha⁻¹, para os tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente, porém, para o tratamento T4, o repasse foi dispensado, pois, os custos envolvidos nesta operação não cobrem a receita, devido ao pouco volume de café que permaneceu na planta, 2,36% da carga pendente.

Pela análise dos dados da Tabela 5, pode-se verificar que, para a colheita mecanizada, o custo médio na primeira passada foi de R\$236,79.ha⁻¹, tendo o tempo médio de colheita sido de 1,875 h.ha⁻¹. Nesta passada, devido à velocidade média de colheita ser fixada em torno de 1,64 km.h⁻¹, a variação no volume de café colhido se explica devido à variação de vibração, chegando-se a colher 249,47 medidas.ha⁻¹ na vibração de 15 Hz. Na primeira passada, não houve variação no custo total, já que este é calculado em relação ao tempo total de colheita pelo custo horário da maquinaria utilizada.

Na segunda passada, o custo de colheita variou de R\$149,02.ha⁻¹ a R\$366,24.ha⁻¹ da maior para a menor velocidade empregada, mantendo-se a mesma vibração (Tabela 5). Esta variação no custo se explica devido pela variação total no tempo de colheita, pois, na maior velocidade operacional, o tempo de colheita foi menor. O volume de café colhido variou de 130,06 a 159,21 medidas.ha⁻¹, da maior para a menor velocidade operacional de colheita.

Considerando-se as duas passadas da colhedora, o menor custo na operação de colheita ocorreu no tratamento T2 (R\$385,36.ha⁻¹), no qual a velocidade operacional foi de 1,65 km.h⁻¹, na primeira passada e 2,61 km.h⁻¹, na segunda passada. Porém, o volume de café colhido foi o menor, 330,93 medidas.ha⁻¹. A melhor relação entre volume colhido e o custo operacional de

colheita ocorreu no tratamento T4, em que o volume colhido foi de 400,35 medidas.ha⁻¹, ao custo R\$473,88.ha⁻¹. No tratamento T4, a vibração foi de 15 Hz, na primeira passada e 16,67 Hz, na segunda passada, mantendo-se, em ambas as passadas, a mesma velocidade operacional (1,64 km.h⁻¹), o que corresponde a um aumento de 36,67% se comparado a trabalhos de Santinato et al. (1998) e 82,22% Silva et al. (2000b).

Para a composição do custo total de colheita deve-se, ainda, considerar os gastos com a operação de varrição, que corresponde ao café caído no chão mais o volume do repasse (Tabela 5). Estes custos variaram de R\$483,10.ha⁻¹, no tratamento T4 a R\$890,35.ha⁻¹, no tratamento T2. Essa variação no custo de varrição reflete o desempenho da eficiência de colheita, ou seja, quanto maior essa eficiência, menores são os custos com a operação de varrição.

Analisando-se os custos de colheita manual, observa-se que foi colhido o volume de 9,75 L planta⁻¹, que resulta em um volume de café colhido de 451 medidas ha⁻¹ ao custo de R\$2255,00.ha⁻¹ (Tabela 5). Da carga pendente total, colheram-se 88,64%, sendo o restante considerado como café de chão, contabilizado na operação de varrição. Nesta operação, recolheram-se 58 medidas.ha⁻¹ ao custo de R\$290,00.ha⁻¹, gerando um custo total na colheita manual de R\$2.545,00.ha⁻¹.

O custo total na colheita mecanizada foi mais elevado nas maiores velocidades operacionais, variando de R\$1.298,94 a R\$1.275,53.ha⁻¹, para as velocidades de 2,18 e 2,61 km.ha⁻¹, respectivamente, refletindo uma menor eficiência de colheita. Nas menores velocidades operacionais de colheita, o custo reduziu, refletindo uma maior eficiência de colheita, e, conseqüentemente um menor volume de café caído no chão. No tratamento T4, com maior eficiência operacional, o custo total de colheita foi de R\$957,95.ha⁻¹ com velocidade de 1,64 km.h⁻¹, na primeira e segunda passada.

A redução no custo total da colheita mecanizada com o aumento da velocidade operacional usando o conjunto trator/colhedora em relação à colheita manual variou de 48,96%, 49,88%, 53,98% a 62,36%, para as velocidades operacionais de 1,64 km.h⁻¹, na primeira passada e de 2,18, 2,61, 1,06 e 1,64 km.h⁻¹, respectivamente na segunda passada. No tratamento com maior desempenho operacional de colheita (T4), a redução de custo foi de 62,36% em relação à colheita manual, colhendo com velocidade de 1,64 km.h⁻¹, em ambas as passadas.

Essa redução no custo total de colheita mecanizada em relação à colheita manual foi mais significativa se comparada a trabalhos de Kashima (1985), em que a redução foi de 48% e de Silva et al. (2000a) e Silva (2004), com redução de 41% a 50%, mas, semelhante ao citado no trabalho de Silva et al. (1999), com redução de 62%. Basicamente, a redução de custos está mais correlacionada com a eficiência operacional do que ao aumento de velocidade, pois quanto maior o volume recolhido pela colhedora, menores são os custos com a operação de repasse e varrição.

Quando se compara o custo unitário da medida de 60 L, colhida mecanicamente, com o custo da colhida manualmente, verifica-se que mantendo-se a velocidade de 1,64 km.h⁻¹ na primeira passada e variando-se na segunda de 2,18, 2,61, 1,06 a 1,64 km.h⁻¹, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente, o custo unitário foi reduzindo conforme foi aumentando a eficiência de colheita, variando de 2,55, 2,50, 2,30 e 1,88 R\$.medida⁻¹.

Este comportamento indica que, mesmo colhendo com maiores velocidades operacionais da colhedora, a redução de custo por medida torna-se bastante vantajoso, pois, na maior velocidade operacional, a redução dos custos foi de 49% em relação à colheita manual, reduzindo ainda mais conforme aumenta a eficiência de colheita.

Outro fator a ser ponderado é a redução do tempo de colheita, pois, quando se colhe manualmente, gastam-se aproximadamente 47 dias para colher um hectare, com o emprego de um trabalhador. Já colhendo-se mecanicamente, este tempo de colheita foi reduzido para 3,29, 3,14, 4,77 e 3,76 h.ha⁻¹, para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

4 CONCLUSÕES

- As porcentagens de café cereja, verde e seco colhido não são afetadas pelas variações de vibrações e ou velocidades.
- Não há tendência definida no padrão de bebida, em função dos cafés colhidos em diferentes vibrações (primeira passada) e ou velocidades (segunda passada), sendo todas as amostras classificadas como “dura” ou “apenas mole”.
- Quanto maior a eficiência de colheita, menores são os custos com a operação de varrição.
- A redução do custo total da colheita mecanizada foi de 62,36% em relação à colheita manual, colhendo-se com velocidade operacional de 1,64 km.h⁻¹ nas duas passadas.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALASTREIRE, L. A. Gerenciamento de operações agrícolas mecanizadas. In: _____. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. p. 30- 61.

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.

CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S. M. Aspectos qualitativos do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 11, n. 126, p. 79-92, jun. 1985.

CARVALHO JUNIOR, C. **Efeito do sistema de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CORTEZ, J. G. Controle das fermentações do café e a qualidade da bebida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 19. , 1993, Três Pontas. **Anais...** Rio de Janeiro: MARA, 1993. p. 86.

CRUZ NETO, F.; MATIELLO, J. B. Estudo comparativo de colheita entre cultivares Mundo Novo e Catuaí em lavouras com diferentes níveis de produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 9., 1981, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MA/PROCAFE, 1981. p. 329-333.

GROSSI, J. C. Avaliação do custo da colheita mecanizada em relação à manual, na região de Patrocínio, MG. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 22. , 1996, Águas de Lindóia. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1996. p. 115-116.

KASHIMA, T. Colheita mecanizada do café: equipamentos, desempenho e custos ao nível de propriedade. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12. , 1985, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: SERPRO/DEPET/DIPRO/IBC, 1985. p. 58-61.

KRUG, H. P. Concepção moderna sobre a origem dos cafés duros. **Revista de agricultura**, Piracicaba, n. 20, v. 12, p. 417-26, jan./fev. 1945.

MATIELLO, J. B. **Processamento, classificação, industrialização e consumo de café: café do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. Cap. 6, p. 237-317.

MODERFROTA. Programa de modernização da frota de tratores agrícolas e implementos associados e colhedoras. **BNDS, programas agropecuários**. Disponível em:
<<http://www.bnds.gov.br/programas/agropecuarios/frotaag.asp.html>>. Acesso em: 20 de nov. de 2005.

PÁDUA, T. S.; QUEIROZ, D. P.; SILVA, F. M. **Custos para colheita mecanizada, semimanual e manual**. 2000. Disponível em:
<<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=127.html>>. Acesso em: 03 dez. 2005.

SANTINATO, R.; SILVA, A. D.; KASHIMA, A. E.; SILVA, V. A.; CARVALHO, R. Estudos de colheita mecânica k3-Jacto com 1, 2, e 3 passadas intercaladas e pulverizações (K3-Bayer) cicatrizantes e pré florada em condições de cerrado. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998. p. 314-316.

SILVA, F. M. **Colheita mecanizada e seletiva do café: cafeicultura empresarial: produtividade e qualidade**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. p. 1-75.

SILVA, F. M.; CARVALHO JR., C.; SALVADOR, N.; KASHIMA, A. E.; BORÉM, F. M. Influência da colheita mecanizada com distintas passadas da colhedora na qualidade do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 27. , 2001, Uberaba. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 2001. p. 213-215.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E. Classificação no cafeeiro. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, RS, v. 3, n. 32, p. 14-17, jun. 2004.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S. Avaliação da colheita mecanizada e seletiva do café. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS. 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 150-152.

SILVA, F. M.; 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.; 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, v. 8, n. 1,
p. 54-60, jan./mar. 2000a.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; ABREU, E. M.
Desempenho operacional da colhedora automotriz de café na região do sul de
Minas. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24.,
1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998. p. 232-
234.

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: MA/PROCAFÉ,
2000b. p. 345-347.

TEIXEIRA, A. A.; CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZUOLI, L. C. Grãos
defeituosos de café colhido verde. **Bragantia**, Campinas, v. 30, n. 8, p. 77-90,
abr. 1971.

TOURINO, M. C. C. **Arranjo populacional e uniformidade de semeadura na
produtividade e outras características agronômicas da soja**. 2000. 139 p.
Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras,
MG.