

**EFEITO DA FORÇA DE DESPRENDIMENTO
E DA MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE
CAFEIROS NA COLHEITA MECANIZADA**

FLÁVIO CASTRO DA SILVA

2008

FLÁVIO CASTO DA SILVA

**EFEITO DA FORÇA DE DESPRENDIMENTO E MATURAÇÃO DOS
FRUTOS DE CAFEIROS NA COLHEITA MECANIZADA**

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

Orientador

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
2008

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

Castro Silva, Flávio.

Efeito da força de desprendimento e da maturação dos frutos de
cafeeiros na colheita mecanizada / Flávio Castro Silva. – Lavras :
UFLA, 2008.

106 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Fábio Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Café. 2. Colheita mecanizada. 3. Força de desprendimento. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.73

FLÁVIO CASTRO DA SILVA

**EFEITO DA FORÇA DE DESPRENDIMENTO E DA MATURAÇÃO
DOS FRUTOS DE CAFEIROS NA COLHEITA MECANIZADA**

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

APROVADA em 07 de agosto de 2008.

Dr. Gladston Rodrigues Carvalho

EPAMIG

Prof. Dr. Marcelo de Carvalho Alves

UFMT

Prof. Dr. Fábio Moreira da Silva
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por toda a força e luz na minha vida.
Aos meus pais, Elpídio Castro da Silva e Maria Amélia Franco da Silva, pelo
incentivo, educação e por sempre me mostrarem o caminho da verdade e
honestidade.

A minha querida Jussara Aparecida Mesquita, pelo carinho e dedicação.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Fábio Moreira da Silva, pelos ensinamentos e pela valiosa contribuição na realização deste trabalho, além de toda a sua paciência, confiança e amizade.

Ao co-orientador professor Marcelo de Carvalho Alves, pela compreensão, ajuda e conhecimentos transmitidos e, principalmente, apoio e amizade.

Ao pesquisador Gladston Rodrigues Carvalho, por sua valiosa contribuição, questionamentos e sugestões.

Aos professores Tomás de Aquino Ferreira e Sérgio Martins de Souza, pela valiosa contribuição neste projeto.

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

Aos amigos Alexandre Siqueira, Augusto César, Bruno Detomi, Bruno Leite, Bruno Mattiello, Ítalo Rezende, Jonas Douglas, Leandro Rodrigues, Luiz Octávio, Neander Tito, Tiago Souza e Vinícius Rezende, pela grande amizade, companheirismo e convivência durante a minha passagem por Lavras.

Aos amigos, Antônio César, Pablo José da Silva e Lessandro Coll Faria, pela grande amizade e ajuda durante este projeto.

Aos proprietários e funcionários das fazendas Campos Altos, Cafua e Capetinga, em especial ao senhor Eduardo Nogueira e aos filhos Guto e Eduardinho, pela atenção, paciência e ajuda.

A todos os meus familiares, em especial a Arlindo, Cleidiomar, Cleonides, Juscélia, Ricardo João, Rafael e Rosane Raquel que, mesmo a distância, contribuíram muito para a concretização deste projeto.

Aos meus amigos, Adilson, Joaquim, Jessé, Antônio Gomes e Carlos Omar, pelo incentivo e amizade.

A todos, o meu muito obrigado.

SUMÁRIO

	página
SUMÁRIO	
RESUMO	i
GERAL	
GENERAL ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 OBJETIVOS	2
.....	
2.1 Força de desprendimento dos frutos do cafeeiro.....	2
2.2 Desempenho operacional da colheita mecanizada.....	2
3 REFERENCIAL TEÓRICO	3
3.1 A expansão do café no Brasil.....	3
3.2 O Agronegócio do café.....	4
3.3 Tipos de cafeicultura no Brasil.....	6
3.4 Colheita do café.....	8
3.5 Colheita de café mecanizada	9
3.6 Colheita seletiva do café.....	11
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13
CAPÍTULO 2	
Desenvolvimento e validação de um dinamômetro portátil para avaliar a força de desprendimento dos frutos do cafeeiro (<i>Coffea arabica L.</i>)	18
RESUMO	18
ABSTRACT	20
.....	
1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 Determinação da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro.....	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
3.1 Força de desprendimento das cultivares ao longo da colheita.....	26

3.2 Resultados da área experimental da Fazenda Capetinga.....	27
3.2.1 Modelagem da força de desprendimento ao longo do tempo com base no grau de maturação dos frutos.....	35
3.2.2 Modelagem da força de desprendimento dos frutos considerando valores médios de todos os períodos avaliados.....	36
3.3 Resultados da área experimental da Fazenda Cafua.....	37
3.3.1 Modelagem da força de desprendimento ao longo do tempo.....	56
3.4 Resultados da área experimental da Fazenda Campos Altos.....	64
4 CONCLUSÕES	73
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
CAPÍTULO 3	75
Eficiência da colheita mecânica e seletiva do café em diferentes vibrações ao longo do período de colheita	
RESUMO	76
ABSTRACT	77
1 INTRODUÇÃO	78
1.2 Eficiência da colheita mecanizada.....	79
1.3 Modelagem ‘Neuro-Fuzzy’ na cafeicultura.....	80
2 MATERIAL E MÉTODOS	81
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
4 CONCLUSÕES	95
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
6 ANEXOS	97
ANEXO A	98
6.1 Anexos Relativos a força de desprendimento dos frutos na Fazenda Capetinga	98
ANEXO B	101
6.2 Anexos Relativos a força de desprendimento dos frutos na Fazenda Cafua.....	101
ANEXO C	104
6.3 Anexos Relativos a força de desprendimento dos frutos na Fazenda Campos Altos.....	104

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01 Dinamômetro portátil em operação de campo.	25
FIGURA 02 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Catuaí ao longo de todo o período.....	37
FIGURA 03 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Icatu ao longo de todo o período.....	37
FIGURA 04 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Mundo Novo ao longo de todo o período.....	38
FIGURA 5 Comportamento da Força de desprendimento da cultivar Mundo Novo ao longo do período.	55
FIGURA 6 Comportamento da Força de desprendimento da cultivar Catuaí ao longo do período.	55
FIGURA 7 Comportamento da Força de desprendimento da cultivar Icatu ao longo do período.	55
FIGURA 08 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Acaiaí ao longo de todo o período.....	61
FIGURA 09 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Catuaí 99 ao longo de todo o período.....	62
FIGURA 010 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Icatu ao longo de todo o período.	62
FIGURA 011 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Mundo Novo ao longo de todo o período.....	63
FIGURA 012 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Obatã ao longo de todo o período.....	63
FIGURA 13 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Rubi ao longo de todo o período.	64

FIGURA 14 Modelo Linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café para a cultivar Topázio ao longo de todo o período.	64
FIGURA 15 Colhedora Jacto KTR [®] Advance utilizada nas avaliações.	83
FIGURA 16 Medida graduada utilizada para a obtenção do volume total.	86
FIGURA 17 Medida graduada utilizada na amostragem do índice de maturação.	86
FIGURA 18 Arquitetura de rede neural utilizada para definir o sistema 'neuro-fuzzy' para estimar a eficiência de colheita da colhedora KTR.	88
FIGURA 19 Superfície de controle do sistema 'neuro-fuzzy' (SNF) utilizado para descrever a eficiência de colheita da colhedora KTR.	89
FIGURA 20 Relação linear entre os valores observados e estimados pelo modelo 'neuro-fuzzy' utilizado para descrever a eficiência de colheita da colhedora KTR.	89
FIGURA 21 Relação linear entre o Índice de Maturação (IM) e o Grau de Maturação (GM).	90
FIGURA 22 Modelo linear para a cultivar Mundo novo ao longo de todo o período de avaliação.	91
FIGURA 23 Volume médio de frutos de café colhido em cada vibração ao longo do tempo.	96

INDICE DE TABELAS

TABELA 01 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí em diferentes estádios de maturação avaliada em de maio.....	29
TABELA 02 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí em diferentes estádios de maturação avaliada em de maio.....	31
TABELA 03 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí em diferentes estádios de maturação avaliada em de Junho.....	32
TABELA 04 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí em diferentes estádios de maturação avaliada em de Junho.....	33
TABELA 05 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí em diferentes estádios de maturação avaliada em de Junho.....	34
TABELA 06 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Catuaí, Icatu e Mundo Novo durante as avaliações.....	36
TABELA 07 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaíá, Topázio e Obatã em diferentes estádios de maturação avaliada em 31 de março.....	40
TABELA 08 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaíá, Topázio e Obatã em diferentes estádios de maturação avaliada em 10 de Abril.....	42
TABELA 09 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaíá, Topázio e Obatã em diferentes estádios de maturação avaliada em 18 de Abril.....	44

TABELA 10 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaíá, Topázio e Obatã em diferentes estádios de maturação avaliada em 26 de Abril.....	46
TABELA 11 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaíá, Topázio e Obatã em diferentes estádios de maturação avaliada em 04 de Maio.....	48
TABELA 12 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaíá, Topázio e Obatã em diferentes estádios de maturação avaliada em 11 de Maio.....	49
TABELA 13 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaíá, Topázio e Obatã em diferentes estádios de maturação avaliada em 17 de Maio.....	50
TABELA 14 Força de desprendimento e diferença na força entre verde e cereja ao longo do periodo para as cultivares Mundo Novo, Catuaí e Icatu.....	52
TABELA 15 Ordem cronológica de colheita seletiva e total.	56
TABELA 16 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Icatu durante as avaliações.	58
TABELA 17 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Catuaí durante as avaliações.....	58
TABELA 18 Modelos lineares da força de desprendimento média de frutos de café para a cultivar Rubi durante as avaliações.	59
TABELA 19 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Mundo Novo durante as avaliações.....	60
TABELA 21 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Topázio durante as avaliações.	60
TABELA 22 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Obatã durante as avaliações.....	61
TABELA 23 Modelos Lineares de força média de desprendimento das cultivares em comum nas duas áreas experimentais.	65

TABELA 24 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênies avaliados em diferentes estádios de maturação avaliada em 24 de Maio.	67
TABELA 25 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênies avaliados em diferentes estádios de maturação avaliada em 14 de junho.....	69
TABELA 26 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênies avaliados em diferentes estádios de maturação avaliada em 30 de junho.....	71
TABELA 27 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênies avaliados em diferentes estádios de maturação avaliada em 15 de julho.	73
TABELA 28 Especificações técnicas da colhedora Jacto KTR.	83
TABELA 29 Volume e porcentagem de frutos colhidos em seus distintos estádios de maturação para os níveis de vibração utilizados na primeira avaliação em 30 de maio.....	92
TABELA 30 Volume e porcentagem de frutos colhidos em seus distintos estádios de maturação para os níveis de vibração utilizados na segunda avaliação em 13 de junho.....	93
TABELA 31 Volume e porcentagem de frutos colhidos em seus distintos estádios de maturação para os níveis de vibração utilizados na terceira avaliação em 22 de junho.....	94
TABELA 32 Volume médio de frutos de café colhido em cada vibração.	95

RESUMO GERAL

CASTRO SILVA, Flávio. **Efeito da força de desprendimento e da maturação dos frutos de cafeeiros na colheita mecanizada.** 2008. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Máquinas e Automação Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

A regulação das colhedoras de café tem sido feita empiricamente, variando-se vibração e velocidade por tentativas e erros, buscando-se o melhor desempenho operacional. Para se obter o melhor desempenho operacional da colheita mecânica do cafeeiro, há a necessidade de se estabelecer indicadores objetivos de referência. Um possível indicador para a determinação da vibração adequada em função da velocidade operacional pode ser a força de desprendimento dos frutos do cafeeiro. Em vista do crescente interesse dos cafeicultores em relação à colheita mecanizada e seletiva do café, este trabalho foi realizado com o objetivo de determinar a força de tração necessária para o desprendimento dos frutos de café em diferentes estádios de maturação ao longo do período de colheita em algumas das cultivares mais comuns no Brasil, bem como em oito progênies resistentes à ferrugem, oriundas do cruzamento entre ‘Catuai’ e ‘Híbrido de Timor’, para futuro lançamento no mercado. O presente trabalho foi realizado em três fazendas do estado de Minas Gerais: Fazenda Cafua, no município de Ijaci; fazenda Capetinga, no município de Boa Esperança e fazenda Campos Altos, no município de Campos Altos. Na primeira fase deste trabalho, buscou-se determinar a força de desprendimento dos frutos de café por meio de um dinamômetro portátil construído justamente para este fim. A força de desprendimento das cultivares foi avaliada em quatro estádios de maturação: verde, cereja, passa e seco. Na segunda fase deste trabalho, buscou-se analisar a eficiência da colhedora modelo KTR[®] Advance ao longo do período de safra, em três níveis de vibração: 13,34, 15,00 e 16,66 Hz, à velocidade de 1.614 m.h⁻¹. Concluiu-se que a força de desprendimento dos frutos é estatisticamente diferente entre os estádios de maturação, bem como entre as cultivares e as progênies analisadas. Observou-se que a força de desprendimento dos frutos verdes alcançou valores 73% superiores aos frutos cereja e que esta diferença pode ser um fator importante para a colheita seletiva e mecanizada dos frutos do cafeeiro. Verificou-se que o sistema “neuro-fuzzy” foi capaz de descrever o desempenho operacional da colhedora, constatando-se um aumento de eficiência de colheita com o aumento da vibração e do índice de maturação da cultura. Concluiu-se também que houve diferença significativa no volume colhido, sendo 34,65% e 32,17% inferiores, quando comparados com a maior vibração.

* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG/UFLA (Orientador); Dr Marcelo de Carvalho Alves – FAMEV/UFMT (Co-Orientador).

GENERAL ABSTRACT

CASTO SILVA, Flávio. **Effect detachment force and coffee fruits maturation in mechanized harvesting**. 2008. 106p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering, Agricultural Machinery and Automation) – Federal University of Lavras, Lavras*.

The regulation of coffee harvesters has been empirically fact varying vibration and speed up trials and errors, looking up the best operational performance. To achieve the best operational performance the mechanical harvesting of coffee, there is need to establish indicators for reference purposes. One possible indicator to establish the vibration appropriate to the operating speed may be the detachment force of coffee fruits. Given the growing interest that cafeicultores come with mechanized and selective coffee, this study aimed to determine the force traction needed for the detachment of coffee fruits at different stages of maturity during the harvest in some of the most common cultivars in Brazil and in eight progenies resistant to rust from the crossing Catuaí and Timor hybrids for future launch market. This work was carried out at three farms in the state of Minas Gerais. Cafua farm in the municipality of Ijací, Capetinga farm in the municipality of Boa Esperança and Campos Altos farm in the municipality of Campos Altos. In the first phase in this work trying to determine the detachment force of the coffee fruits through a portable dynamometer built precisely for this purpose. The detachment force of cultivars was evaluated in four maturity stages: green, cherry, passes and dry. In the second phase of this work trying to analyse the efficiency of the harvester model KTR[®] Advance during the harvest in three levels of vibration: 13.34, 15.00 and 16.66 Hz with speed of 1614 m.h⁻¹. It was concluded that the detachment force of fruit is statistically different between the stages of maturation and between cultivars and progeny considered. It was observed that the detachment force of fruit green values reached 73% higher than the cherry fruit and that this difference can be an important factor for the selective and mechanized harvest the coffee fruits. It was found that the 'Neuro-fuzzy' system was able to describe the operational performance of the harvester, noting an increase of efficiency collection with increasing vibration and the rate of culture maturation. It was concluded that there was a significant difference in the volume collected, with 34.65 and 32.17% lower when compared with the larger vibration.

* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser); Dr Marcelo de Carvalho Alves – FAMEV-UFMT (Co- Adviser).

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Com o crescimento das áreas cultivadas com café e a redução da disponibilidade de mão-de-obra, os cafeicultores encontram na fase de colheita suas maiores dificuldades. Isso requer grande expansão da mecanização nessa atividade, principalmente com o desenvolvimento de equipamentos e máquinas eficientes para a colheita mecânica.

Na colheita mecanizada, uma das dificuldades encontradas pelos produtores é determinar o momento adequado de iniciar a colheita, bem como determinar a vibração e a velocidade operacional mais adequadas. Os maiores intensidade ou tempo de vibração aplicados ao cafeeiro influenciam diretamente o volume de frutos colhidos, mas também pode aumentar significativamente a desfolha, as lesões causadas nas plantas e a porcentagem de frutos verdes colhidos.

A colheita do café, com duas passadas da colhedora, também conhecida como colheita seletiva, é uma prática que vem sendo empregada pelos produtores. Neste processo é possível adiantar o início de colheita, favorecendo a retirada de frutos cerejas, o que melhora a qualidade do produto final, visto que o café é um produto agrícola que tem seu preço baseado em parâmetros qualitativos e cujo valor aumenta significativamente com a melhoria da qualidade. Para melhorar o desempenho operacional da colheita mecânica do cafeeiro, há a necessidade de se estabelecer indicadores de referência para se determinar o momento ideal de início de colheita, bem como a vibração e a velocidade operacional da colhedora.

De modo geral, a regulação da vibração e da velocidade operacional das colhedoras tem sido feita pelos produtores de modo empírico, por tentativas e

erros, buscando o maior desempenho operacional. Um possível parâmetro objetivo para a determinação da vibração e da velocidade operacional adequadas poderia ser a força exigida pelos frutos do cafeeiro para seu desprendimento da planta.

Tendo em vista o crescente interesse que os cafeicultores vêm tendo em relação à colheita mecanizada e seletiva do café, este trabalho teve foi realizado com o objetivo de determinar a força de tração necessária para o desprendimento do fruto de café, em diferentes estádios de maturação ao longo do período de colheita em sete diferentes cultivares e também em oito progênies.

2 OBJETIVOS

2.1 Força desprendimento dos frutos do cafeeiro

Determinar a força de desprendimento dos frutos de café em diferentes estádios de maturação em diferentes cultivares e progênies ao longo do período de colheita, bem como avaliar se essa característica pode ser utilizada como indicadora do início de colheita, regulagem da vibração das varetas e velocidade operacional da colhedora, visando uma colheita eficiente e seletiva.

2.2 Desempenho operacional da colheita mecanizada

Avaliar o desempenho operacional da colheita mecânica de frutos de café com uma colhedora KTR[®] Advance, por meio de um sistema “neuro-fuzzy”, considerando-se a variação da vibração das varetas da colhedora e do índice de maturação dos frutos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A expansão do café no Brasil

No Brasil, devido à grande diversidade climática e de solos, há condições favoráveis ao desenvolvimento do café em várias regiões. Essa diversidade tornou possível a expansão da cafeicultura por vastas áreas.

Em um breve relato sobre a expansão da cafeicultura no Brasil, Pedroso (2008) afirma que, após chegar 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 pela Bahia e, em 1770, chegou ao Rio de Janeiro. Em seguida, espalhou-se por São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Espírito Santo.

Pedroso (2008) 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 regiões de Rondônia e de Mato Grosso.

De acordo com Mendes & Guimarães (2000), o maior estado produtor de café é Minas Gerais, com 50% da produção brasileira. 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 adensamento,

café enxertado, tratos culturais intensos e cuidados com a colheita (Pedroso, 2008).

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 uma 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, a médio e a longo prazo, um dos principais produtos estratégicos para o país.

No Brasil, Pedroso (2008) 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 nesta 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 esta perda de mercado, merecendo especial atenção a qualidade e a produtividade (Caixeta, 1998).

No Brasil foram produzidas, 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) demonstram 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).

Segundo a Conab (2008), na primeira estimativa de produção de 2008 indica que, no país, deverão ser colhidas entre 41.288 e 44.174 mil sacas de 60 quilos de café beneficiado. O resultado dessa primeira pesquisa representa um crescimento entre 22,4% e 30,9%, quando comparado com a produção de 33.740 mil sacas obtidas safra anterior. A produção do café arábica representa 76% do total, sendo estimada entre 31.515 e 33.659 mil sacas, sendo o estado de Minas Gerais o maior produtor (50,1% da produção nacional), com produção estimada entre 20.694 e 22.039 mil sacas. O café robusta (conilon), com participação de 24% da produção total de café no país, tem, como primeira estimativa, produção entre 9.773 e 10.515 mil sacas. O estado do Espírito Santo, com produção estimada entre 6.936 e 7.514 mil sacas, é o

maior estado produtor de robusta, com participação de 35,9% da produção nacional. A área cultivada com café estimada em 2.303,7 mil de hectares é 1,68% superior aos 2.265,7 mil hectares cultivados na safra anterior. Desse total, 92,6% (2.134,0 mil hectares) estão em produção e os 7,4% (169,7 mil hectares) restantes estão em formação.

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 às flutuações de preço do produto, que são afetadas constantemente pela produção, consumo e estoques mundiais (Castro Júnior, 2002). Apesar da importância do café no cenário produtivo nacional, as constantes variações de preço afetam, principalmente, os produtores, que são 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

No Brasil, devido às vastas áreas com café e as variações de ambiente e da forma de manejo das lavouras, pode-se 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, no estado de Minas Gerais, nas regiões de Alto Paranaíba, Triângulo, Sul e oeste de Minas; na região da Mogiana, estado de São Paulo; no oeste da Bahia e em áreas menores de Goiás e de 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, na maioria dos casos, está estabelecida em pequenas propriedades, exigindo maior necessidade de mão-de-obra. A cafeicultura robusta ou do conillon concentra-se, na maior parte, nas zonas baixas e quentes dos estados do Espírito Santo e de Rondônia; em menor escala, é encontrada no Sul da Bahia; no Vale do Rio Doce, em Minas e no Mato Grosso, no Acre e no Pará, sendo cultivado, na maioria dos casos, por pequenos produtores e, em muitas áreas, por meeiros ou parceiros (Matiello, 2001).

Há, ainda, a cafeicultura do Amazonas, a de Rondônia, a das zonas de arenito em São Paulo e no Paraná e a 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).

Há pouco tempo 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 a 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 colheita mecanizada (Santinato et al., 1998a). No Sul de Minas Gerais, onde as lavouras cafeeiras 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 serie 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. Quando 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 em maio, em regiões de baixa altitude, como Alto Paranaíba, Triangulo, Sul e Oeste de Minas, na Mogiana, em São Paulo, no oeste da Bahia áreas menores de Goiás e Mato Grosso, estendendo-se até agosto e setembro em regiões de maior altitude, como a Zona da Mata de Minas, o estado do Espírito Santo, parte do Sul de Minas Gerais e áreas vizinhas de São Paulo e Rio de Janeiro. Na maioria das regiões, a colheita compreende um período médio de 100 dias e diversos fatores devem ser analisados para o início da safra.

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 (Filgueiras, 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 a substituição do trabalho manual por mecanismos com potência superior a 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, que podem ser: manual, semimecanizado, mecanizado e supermecanizado.

Como a colheita do café processa-se em um curto período de tempo, encontrando dificuldades em função da desuniformidade de maturação e da umidade dos frutos, do 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, essas máquinas podem realizar o trabalho de até 250 homens (Silva, 2004).

3.5 Colheita de café mecanizada

A colheita mecanizada do café está se difundindo rapidamente nas várias regiões produtoras, principalmente naquelas em que as lavouras são novas, planejadas e plantadas em espaçamento que permita o tráfego de máquinas e em

topografia favorável para se realizar realização da colheita mecanizada. Esta colheita mecanizada é um importante fator na redução do custo de produção do café, sendo esta redução diretamente proporcional ao grau de mecanização das operações, que atinge seu ápice com o emprego de colhedoras automotrizes. Esta condição já é realidade em nossa região, pois, há uma crescente expansão de áreas cafeeiras, gerando uma demanda de mão-de-obra nem sempre disponível e a presença de assistência técnica especializada disponível.

A colheita é a operação mais onerosa no processo de produção de café, sendo responsável pela maior parcela do custo de produção de cada saca. Em pequenas propriedades, em plantios adensados e em áreas montanhosas, a colheita só pode ser realizada manualmente ou com auxílio de derriçadores portáteis de operação manual.

Souza et al. (2006), avaliando o desempenho operacional de derriçadoras portáteis na colheita total e seletiva dos frutos do cafeeiro, puderam observar que a capacidade de derriça aumenta linearmente com o incremento da carga pendente e também com a porcentagem de frutos maduros. Além disso, constataram que a colheita seletiva é influenciada pela porcentagem desses frutos no cafeeiro. Isto é explicado pela maior facilidade de os frutos maduros serem desprendidos da planta do que os frutos verdes, ocasionando maior desempenho operacional das derriçadoras.

Oliveira et al. (2007), avaliando a influência da colheita mecanizada, passando a colhedora uma e duas vezes na lavoura, observaram que a produtividade não foi influenciada pela colheita mecanizada ao longo dos anos de avaliação.

Garcia & Fioravante (2002) analisaram o efeito de derriçadores portáteis na produtividade do cafeeiro, ao longo dos anos de 2001 e 2002 e chegaram à conclusão de que não houve prejuízos, nas safras posteriores à colheita, devido à utilização dos derriçadores. Comparando-se o número de ramos quebrados

devido à utilização desses derriçadores, nota-se que a quantidade destes ramos quebrados foi superior na colheita mecânica do que na manual. Porém, o maior número de frutos por ramo e por roseta nos ramos que permaneceram supriu aqueles quebrados ou danificados no ano anterior. Segundo os autores, os resultados encontrados na avaliação indicaram uma economia, na demanda de mão-de-obra, de 27% e uma redução nos custos de, aproximadamente, 10%.

3.6 Colheita seletiva 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 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.

Com a queda dos preços de comercialização do café, houve maior tendência de os produtores produzirem 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. (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, constatada 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 de safra, tendo como objetivo a colheita seletiva, fazendo-a em duas passadas. A primeira, quando a planta estivesse com 50% a 40% de frutos

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.

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 a vibração na primeira passada foram $1,0 \text{ km.h}^{-1}$ e 10,83 Hz, respectivamente e $0,8 \text{ km.h}^{-1}$ e 14,17 Hz, na segunda passada. Observaram, ainda, 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 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).

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 de sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. 2002. 140 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

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

COFFEE BUSINESS. Consumo mundial de café atinge 118 milhões de sacas. Disponível em: <<http://www.coffeebusiness.com.br/index.htm>>. Acesso em: 23 out. 2007.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. **Colheita e preparo do café**. 1998. 49 p. Especialização (Curso de Pós-Graduação 'Lato Sensu'- Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade) – Fundação de Extensão e Pesquisa; Universidade Federal de Lavras, Lavras.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: primeira estimativa da safra de 2008**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2008. 13 p. (Boletim Técnico).

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 derriçadores de café portáteis na produtividade do cafeeiro no ano seguinte. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 51-52.

GUERREIRO FILHO, O.; FAZUOLI, L. C.; EIRA AGUIAR, A. T. **Cultivares de Coffea arabica selecionadas pelo IAC**: características botânicas, tecnológicas, agronômicas e descritores mínimos. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Cultivares_café/Index.htm>. Acesso em: 27 ago. 2007

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. Podas. In: _____. **Cafeicultura do café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1974. p. 207-226.

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

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: MAPA/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, 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.

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

OLIVEIRA, E.; SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P. Influência da colheita mecanizada na produção cafeeira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1466-1470. set/out. 2007.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ. **Retrospectiva anual de 2004/2005**. Disponível em: <<http://dev.ico.org/documents/review6p.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2008.

PARCHOMCHUK, P.; COOKE, J. R. Vibratory fruit harvesting: an experimental analysis of fruit-stem dynamics. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 15, n. 4, p. 598-603, July/Aug. 1971.

PEDROSO, S. A. **A lavoura, história e agronegócios no Brasil**. Disponível em: < <http://www.nucleoestudo.ufla.br/necaf/homepagenecaf.html>>. Acesso em: 15 abr. 2008.

SANTINATO, R.; CORREIA, J. P.; JUNIOR, L. Z. Número e modo de passada da colhedora K3-Jacto e seu efeito na produção do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998^a. 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, 1998b, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: MAPA/PROCAFÉ, 1998b. 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.; KASHIMA, T.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; OLIVEIRA, E. Avaliação da influencia da colheita na produtividade da lavoura cafeeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 30., 2004, São Lourenço. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2004. p. 258-259.

SILVA, F. M.; OLIVEIRA, E. Classificação no cafeeiro. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 3, n. 32, ano 3, p. 14-17, jul. 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.; TOURINO, E. S.; SILVA, S. S. S. Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 8, n.1, p. 54-60, jan./mar. 2000a.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira: colheita.** Lavras: UFLA/DEG, 1998. p. 55. (Boletim Técnico, n. 56).

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

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; PÁDUA, T. S.; QUEIROZ, D. P. **Colheita do café mecanizada e semimecanizada.** Lavras: Ufla, 2001b. 88 p. (Boletim de Extensão)

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: MAPA/PROCAFÉ, 1998. p. 232-234.

SILVA, F. M.; SILVA, F. C.; SILVA, A. C. R.; ALVES, M. C.; SOUZA, J. C. S. Influência da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro em diferentes estádios de maturação ao longo da colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2007.

SILVA, R. P.; FERNANDES, A. L.; 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, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; RAFULL, L. Z. L. Desenvolvimento de uma máquina vibradora para estudo do desprendimento de frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, MG, v. 13, n. 1, p. 7-18. Jan./Mar, 2005.

SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; RAFULL, L. Z. L. Derrichadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1637-1642. nov. 2006.

SOUZA, M. V. Editorial: cafeicultura. **Cafeicultura**, Patrocínio, 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 PESQUISAAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA CAFÉ, 2002. p. 169-176.

CAPÍTULO 2

Desenvolvimento e validação de um dinamômetro portátil para avaliar a força de desprendimento dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)

RESUMO

CASTRO SILVA, Flávio. Efeito da força de desprendimento e da maturação dos frutos de cafeeiros na colheita mecanizada. In: _____. **Desenvolvimento e validação de um dinamômetro portátil para avaliar a força de desprendimento dos frutos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2008. Cap 2. p. 18-75. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Maquinas e Automação Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

A fim de se realizar a colheita seletiva do café de forma mais eficiente, em que são retirados preferencialmente os frutos maduros, são necessários parâmetros objetivos para nortear o início da colheita e a correta regulação da colhedora. Um possível parâmetro objetivo pode ser a força de desprendimento dos frutos de café. Para esta determinação, foram necessários o desenvolvimento e a construção de um dinamômetro portátil para a coleta dos dados de campo. Sua construção e calibração ocorreram no Laboratório de Protótipos do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. Os ensaios de força de desprendimento dos frutos foram realizados na Fazenda Capetinga, município de Boa Esperança; na Fazenda Cafua, município de Ijaci e na fazenda Campos Altos, município de Campos Altos, MG, ambas na safra 2006/2007. As cultivares utilizadas nas avaliações presentes na Fazenda Capetinga foram: ‘Mundo Novo’, ‘Catuaí’ e ‘Icatu’, plantadas no espaçamento 4,0 x 1,0 m, com população média de 2,5 mil plantas por hectare. As cultivares utilizadas nas avaliações presentes na fazenda Cafua foram: ‘Mundo Novo’, ‘Catuaí’, ‘Icatu’, ‘Topázio’, ‘Rubi’, ‘Obatã’ e ‘Acaiaí’, plantadas no espaçamento 4,0 x 1,0 m em com uma população média de 2,5 mil plantas por hectare. Na fazenda Campos Altos, foram oito progênies resistentes a ferrugem, oriundas do cruzamento entre ‘Catuaí’ e ‘Híbrido de Timor’. Os ensaios foram realizados com três repetições, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) dentro de uma mesma gleba, em parcelas aleatórias contendo cinco plantas. Buscou-se levantar a força de desprendimento dos frutos de café na planta, de acordo com a maturação dos frutos, sendo classificados para a determinação da força, os frutos verdes, cereja, passa e seco. Concluiu-se que há diferença significativa entre os estádios de maturação dentre as cultivares e as progênies avaliadas. As cultivares Topázio, Mundo Novo, Acaiaí foram as que apresentaram menores valores médios de força de desprendimento, e as cultivares Icatu, Obatã e Rubi apresentaram os maiores valores médios. Foi possível correlacionar a força de desprendimento dos frutos,

* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador); Dr Marcelo de Carvalho Alves - FAMEV-UFMT (Co-Orientador).

tratando-se de parâmetro objetivo para determinar o grau de maturação da cultura e o momento de início de colheita.

ABSTRACT

CASTO SILVA, Flávio. Effect of detachment force and coffee fruits maturation in mechanized harvesting. In: _____. **Development and validation of a portable dynamometer to measure detachment force of coffee fruits (*Coffea arabica* L.)**. 2008. Chap 2, p. 18-75. Dissertation (Master in Agricultural Engineering, Agricultural Machinery and Automation) – Federal University of Lavras, Lavras.

In order to carry out selective harvest of coffee more efficiently, preferably those which are taken from ripe fruit, there must be objective parameters to guide the proper regulation of the harvester in terms of vibration and operating speed. A possible objective parameter can be the detachment force of coffee fruits. This determination was necessary to the development and construction of a portable dynamometer for the collection of data from the field. Its construction was completed in the calibration and laboratory prototypes of the Department of Engineering at UFLA. Tests of detachment force fruit were made in Capetinga farm, Boa Esperança municipality, at Cafua farm, Ijací municipality in the Campos Altos farm and Campos Altos municipality - MG, both in the 2006/2007 season. The cultivars used in the evaluations present in the Capetinga farm were: Mundo Novo, Catuaí and Icatu, planted in spacing 4.0 x 1.0 m with an average population of 2.5 thousand plants per 10.000 m². The cultivars used in the evaluations present in the Cafua farm were: Mundo Novo, Catuaí, Icatu, Topazio, Rubi, Obatã and Acaiá, planted in spacing 4.0 x 1.0 m with an average population of 2.5 thousand plants per 10.000 m². In the Campos Altos farm were eight progenies resistant to rust from the crossing Catuaí and hybrids of Timor. The tests were conducted with three replicates using the completely randomized design (DIC) within a Gleba, in random parcels containing five plants. The aim was to raise the detachment force of the coffee fruits in the plant in accordance with the maturation fruit, being ranked for the determination of force, the green fruit, cherry, passes and dry. It was concluded that there are significant differences between stages of maturity among the cultivars and progenies evaluated. Cultivars Mundo Novo and were the Catuaí with smaller average values of strength of detachment, and the cultivars Icatu and Rubi had the highest average. It was possible to correlate the strength of shedding fruit, as it is objective parameter to determine the degree of maturation of culture and the moment of beginning harvest.

* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser); Dr Marcelo de Carvalho Alves – FAMEV-UFMT (Co- Adviser).

1 INTRODUÇÃO

A colheita mecânica do café é realizada por meio de varetas colocadas em cilindros oscilantes na colhedora, os quais trabalham na vertical, envolvendo os cafeeiros lateralmente, derriçando os frutos pelo efeito da vibração. Parchomchuk & Cooke (1971) afirmam que o desprendimento dos frutos de café ocorre quando as forças inerciais, devido ao movimento no fruto, tornam-se maiores do que a força de tração necessária para causar o desprendimento.

Para se retirar o maior número de frutos cerejas, é necessário ajustar a vibração das varetas da colhedora, deixando a maioria dos verdes na planta, o que é feito por tentativas variando a vibração de 650 a 950 ciclos.minuto⁻¹, conforme citam Silva et al., (2002).

Entretanto, a força necessária para que ocorra o desprendimento dos frutos é diferente dentro de cada estágio de maturação. Crisosto & Nagao (1991) afirmam que esta diferença é significativa, principalmente na força de desprendimento de frutos verdes e cerejas e que esta diferença também é significativa em diferentes cultivares de cafeeiros. Eles observaram que a força para desprendimento dos frutos verdes foi semelhante em cinco cultivares estudadas, mas essa força foi aproximadamente o dobro da requerida para a remoção dos frutos no estágio cereja. Tongumpai (1993) também chegou à conclusão de que a força para o desprendimento de frutos verdes é, geralmente, maior do que a força de desprendimento de frutos cereja.

Souza et al. (2005) descrevem que o número de ciclos necessários ao desprendimento dos frutos é proporcional ao tempo de desprendimento e o estágio de maturação que influencia este parâmetro indica o tempo de aplicação da vibração que deve ser considerado no processo de colheita de frutos do cafeeiro, visando à colheita seletiva. Ainda segundo os autores, as maiores

amplitudes de vibração tendem a apresentar valores de números de ciclos semelhantes, independentemente do estágio de maturação dos frutos, o que indica que se poderia dar preferência às baixas amplitudes, quando o objetivo é a melhoria na seleção dos frutos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Determinação da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro

Os ensaios foram realizados na Fazenda Capetinga, município de Boa Esperança, no estado de Minas Gerais, nas coordenadas geográficas de 21°13'S e 45°34'W, com altitude média de 930 m; na Fazenda Cafua, município de Ijaci, no estado de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são 21°10'S e 44°58'W, com altitude média de 934 m, ambas na safra 2006/2007 e na fazenda Campos Altos, município de Campos Altos, também no estado de Minas Gerais.

As cultivares utilizadas nas avaliações presentes na fazenda Capetinga foram: 'Mundo Novo IAC 376/4', 'Catuaí Vermelho IAC 99' e 'Icatu Amarelo IAC 3282', plantadas no espaçamento 4,0 x 1,0 m, com população média de 2,5 mil plantas por hectare. As cultivares utilizadas nas avaliações presentes na fazenda Cafua foram: 'Mundo Novo IAC 376/4', 'Catuaí Vermelho IAC 99', 'Icatu Amarelo IAC 3282', 'Topázio MG 1190', 'Rubi MG 1192', 'Obatã IAC 1669-20' e 'Acaiá IAC 474/19', plantadas no espaçamento 4,0 x 1,0 m, com população média de 2,5 mil plantas por hectare.

Na fazenda Campos Altos, não foram cultivares comerciais avaliadas, mas, sim, progênies resistentes à ferrugem, oriundas do cruzamento entre 'Catuaí' e 'Híbrido de Timor', as quais estão sob pesquisa para futuro lançamento no mercado.

As progênies avaliadas foram:

- H-514-7-10-7, denominada H1;
- H-504-5-8-2 denominada H2;
- H-518-2-10-6 denominada H3;
- H-518-2-2-2 denominada H4;
- H-518-3-6-4 denominada H5;
- H-514-7-16-8 denominada H6;
- H-514-7-8-2 denominada H7;
- H-514-7-8-5 denominada H8.

Esta denominação foi necessária, a fim de facilitar o entendimento das análises estatísticas e a interpretação do texto.

Os ensaios foram realizados com três repetições, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) dentro de uma mesma gleba, em parcelas aleatórias contendo cinco plantas. Buscou-se levantar a força de desprendimento dos frutos de café na planta de acordo com a maturação, sendo classificados, para a determinação da força, os frutos verdes, cereja, passa e seco.

A determinação desta força de desprendimento foi realizada por meio de um dinamômetro portátil, especificamente construído para este fim. Sua construção e calibração foram realizadas no Laboratório de Protótipos, no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG. Seu princípio de funcionamento baseia-se na Lei de Hooke, que correlaciona a deformação de corpos, dentro do regime elástico, com a força exercida sobre o corpo, tal que a força é proporcional ao deslocamento a partir do seu ponto de equilíbrio. No caso, foi utilizada uma mola, determinando-se sua constante elástica em função da deformação, como segue:

$$F = k \cdot \Delta l \quad (1)$$

em que:

F é a força, (Newton);

k é a constante elástica da mola, (Newton.metro⁻¹);

Δl é a deformação, (m).

A aferição do dinamômetro foi realizada por meio da deformação elástica da mola, solicitada por corpos com massas conhecidas, pesadas em balança de precisão (Anexo A). A partir deste procedimento, determinou-se o valor da constante elástica da mola, obtendo-se 0,008375 N.m⁻¹, possibilitando medidas de 0,00 a 15,00N.



FIGURA 01 Dinamômetro portátil em operação de campo.

A determinação da força de desprendimento dos frutos em cada planta demarcada foi feita em três patamares: saia, meio e copa, respectivamente caracterizados pelos terços inferior, médio e superior da planta. Estes patamares foram tomados em dois lados da planta: o lado leste e o lado oeste da mesma. Em cada patamar foi determinada a força de desprendimento de 24 frutos de café por estágio de maturação, utilizando-se o referido dinamômetro. Os dados levantados foram analisados utilizando-se o programa Microsoft Office Excel[®] e, para avaliação estatística, o programa Sisvar[®]. As variáveis significativas na análise de variância ($p < 0,01$) foram submetidas ao teste Scott-Knott ($p = 0,05$).

Os valores coletados em campo foram transferidos para planilhas eletrônicas, visando determinar a força de desprendimento média de todas as repetições dentro de cada cultivar, bem como dentro de cada estágio de maturação dos frutos. Por meio das planilhas eletrônicas, foi possível também obter os gráficos de força de desprendimento dos frutos ao longo do período de colheita (início, meio e fim), bem como realizar uma modelagem desta força média de desprendimento dos frutos nas cultivares analisadas e em cada período de avaliação.

Os dados foram coletados semanalmente, nos períodos de 40 dias (fazenda Capetinga), 60 dias (fazenda Cafua) e de 45 dias (fazenda Campos Altos), a fim de se obter a curva da força de desprendimento dos frutos em seus diferentes estágios de maturação ao longo da safra. Para que não houvesse interferência com relação ao horário de coleta na força de desprendimento, as coletas foram feitas sempre no mesmo período do dia, das 7 às 11 horas.

Para que fosse possível realizar a análise de regressão linear com os dados de força de desprendimento e os estágios de maturação, estipulou-se escala de notas para cada estágio de maturação dos frutos, ou seja, a menor nota foi estipulada para o estágio de maturação verde e a maior, para o estágio de maturação seco. Uma vez que não foram encontrados, na literatura, parâmetros

mais objetivos com relação ao estágio de maturação, havendo somente com relação à coloração e em relação aos dias após o florescimento, foram estipulados e adotado os seguintes valores para a escala de notas: 1,0, para o estágio de maturação verde; 2,0, para o estágio de maturação cereja; 3,8, para o estágio de maturação passa e 4,0, para o estágio de maturação seco. Esses valores foram os que melhor se adequaram ao modelo de regressão linear, visto que, para a melhor precisão do modelo, os valores observados devem estar mais próximos dos valores estimados, ou seja, o R^2 deve estar o mais próximo possível de 1,0.

Para a obtenção do grau de maturação total, foi realizada a média ponderada de cada estágio de maturação, representada pela sua nota e a porcentagem de frutos nos respectivos estádios de maturação.

Para a elaboração dos modelos, foram utilizados os dados de força de desprendimento dos frutos de cada cultivar, em cada período de avaliação, obtendo-se também o modelo de força de desprendimento média.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Força de desprendimento das cultivares ao longo da colheita

Os resultados que seguem, bem como as tabelas de análise estatística e os gráficos de regressão linear, se referem à força de desprendimento dos frutos em diferentes estádios de maturação das cultivares e progênie analisadas ao longo do período de colheita. As análises foram separadas por áreas experimentais, a fim de facilitar o entendimento e a comparação entre cada cultivar e progênie analisada.

Por meio da utilização da média ponderada, foi possível encontrar o parâmetro grau de maturação (GM), relacionando-se a força de desprendimento

e a porcentagem dos frutos em seus diferentes estádios de maturação, ao longo do período de avaliação.

Com base nas análises, observou-se que o grau de maturação pode ser determinado por meio do seguinte modo:

$$GM = \frac{4 \cdot (\% \text{ seco}) + 3,8 \cdot (\% \text{ passa}) + 2 \cdot (\% \text{ cereja}) + 1 \cdot (\% \text{ verde})}{(\% \text{ seco} + \% \text{ passa} + \% \text{ cereja} + \% \text{ verde})} \quad (2)$$

em que:

GM é o grau de maturação dos cafeeiros;

% é a porcentagem de frutos em cada estágio de maturação, expressa em decimal.

3.2 Resultados da área experimental da Fazenda Capetinga

Os resultados foram obtidos utilizando-se o software Sisvar[®] (Ferreira, 1999) e, aplicando-se o teste de Scott-Knott, chegou-se aos valores médios da força de desprendimento de cada cultivar em cada estágio de maturação.

Na primeira avaliação (Tabela 1), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação diferiu significativamente, entre todas as cultivares, pelo teste f de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Observa-se que a força média para o desprendimento dos frutos verdes apresentou os maiores valores entre os estádios analisados, em todas as cultivares: 7,43N para a ‘Mundo Novo’; 8,13N para a ‘Icatu’ e 7,54N para a ‘Catuaí’, bem como entre os estádios de maturação analisados. Porém, a força de desprendimento da cultivar Icatu variou significativamente com relação às outras cultivares e apresentou o maior valor de força de desprendimento. As cultivares Mundo Novo e Catuaí não diferiram significativamente entre si, no referido estágio de maturação. Com relação ao estágio de maturação cereja, a

cultivar que apresentou menor força de desprendimento foi a ‘Catuai’, apresentando uma força de desprendimento de 5,44N e diferindo estatisticamente das demais cultivares. Nesta avaliação, a cultivar que apresentou maior força de desprendimento foi a ‘Icatu’, para a qual foram necessários 6,71N para desprender os frutos cereja. Os estádios de maturação passa e seco apresentaram os menores valores médios de força de desprendimento, diferindo significativamente entre si e não diferindo entre as cultivares analisadas. Na referida avaliação, a cultivar que apresentou maior diferença entre a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas foi a ‘Catuai’, seguida pela ‘Mundo Novo’, apresentando, respectivamente, diferença de 2,10 e 1,53N.

TABELA 1 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuai, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 21 de maio de 2007.

Maturação	Primeira avaliação*		
	Cultivar		
	Mundo Novo	Icatu	Catuai
Verde	7,43 D a	8,13 D b	7,54 D a
Cereja	5,90 C b	6,71 C c	5,44 C a
Diferença na força entre os estádios verde e cereja	1,53	1,42	2,10
Passa	0,91 B a	0,95 B a	0,99 B a
Seco	0,42 A a	0,42 A a	0,42 A a

cv = 3,72%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na segunda avaliação (Tabela 2), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação diferiram significativamente entre todas as cultivares.

Observa-se que a força média para o desprendimento dos frutos verdes apresentou maiores valores entre os estádios analisados, em todas as cultivares: 7,61N para a ‘Mundo Novo’; 8,30N para a ‘Icatu’ e 7,79N, para a ‘Catuaí’. Porém, estes valores diferiram com relação à cultivar Icatu, que apresentou o maior valor de força de desprendimento e não diferiram com relação às outras duas cultivares. Os valores de força de desprendimento para os frutos no estádio cereja diferiram significativamente entre todas as cultivares, tendo ‘Catuaí’ apresentado o menor valor e ‘Icatu’, o maior valor de força de desprendimento. A relação entre a maior e a menor força de desprendimento, respectivamente as cultivares Icatu e Catuaí, foi de 21,84%. Os estádios de maturação seco e passa apresentaram os menores valores médios de força de desprendimento, diferindo significativamente entre si e não diferindo entre as cultivares. Pelos dados da Tabela 2 é possível verificar que a cultivar Icatu necessitou dos maiores valores de força de desprendimento, tanto no estádio de maturação verde como cereja. Com relação à diferença entre a força de desprendimento dos frutos no estádio verde e cereja, pode-se observar que a cultivar Catuaí apresentou, novamente, o maior valor, 2,16N, seguida pela cultivar Mundo Novo, a qual apresentou um valor de 1,53N.

TABELA 2 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí, em diferentes estádios de maturação avaliada em 30 de maio de 2007.

Segunda avaliação*			
Maturação	Cultivar		
	Mundo Novo	Icatu	Catuaí
Verde	7,61 D a	8,30 D b	7,79 D a
Cereja	6,08 C b	6,86 C c	5,63 C a
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	1,53	1,44	2,16
Passa	0,89 B a	0,95 B a	0,99 B a
Seco	0,42 A a	0,42 A a	0,42 A a
cv = 3,55%			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na terceira avaliação (Tabela 3), as forças médias de desprendimento entre os estádios de maturação verde e cereja diferiram significativamente entre si, porém, os estádios passa e seco não diferiram significativamente. Observa-se que a força média para o desprendimento dos frutos verdes apresentou maiores valores entre as cultivares analisadas: 11,15N para ‘Mundo Novo’, 12,74N para ‘Icatu’ e 11,06N para ‘Catuaí’. Porém, estes valores diferiram com relação à cultivar Icatu, que apresentou o maior valor de força de desprendimento e não diferiram com relação às outras duas cultivares. Os estádios de maturação seco e passa apresentaram os menores valores médios de força de desprendimento, diferindo significativamente entre si e não diferindo entre as cultivares.

Com relação ao estádio de maturação cereja, a cultivar que apresentou maior valor de força de desprendimento foi a ‘Icatu’, necessitando de uma força média de desprendimento de 9,88N para provocar o desprendimento dos frutos. Esta cultivar também diferiu significativamente, a 5%, das demais cultivares analisadas, representando uma força 21,97% superior que a força necessária para o desprendimento, com relação à cultivar Mundo Novo e 37,03% superior à

força necessária para o desprendimento dos frutos cereja da cultivar Catuaí.

Pelos dados da Tabela 3 também é possível verificar que a cultivar Icatu necessitou dos maiores valores de desprendimento, tanto no estágio de maturação verde como cereja. No estágio de maturação cereja, necessitou de uma força 28,94% menor para o desprendimento. Com relação à diferença entre a força de desprendimento de frutos nos estádios de maturação verde e cereja, é possível verificar que a cultivar Catuaí apresentou maior valor, seguida pela ‘Mundo Novo’, respectivamente com valores de 3,85 e 3,05N.

TABELA 3 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 6 de junho de 2007.

Maturação	Terceira avaliação*		
	Mundo Novo	Icatu	Catuaí
Verde	11,15 C a	12,74 C b	11,06 C a
Cereja	8,10 B b	9,88 B c	7,21 B a
Diferença na força entre o estágio verde e cereja	3,05	2,86	3,85
Passa	0,93 A a	0,95 A a	0,99 A a
Seco	0,42 A a	0,42 A a	0,42 A a

cv = 7,86%

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na quarta avaliação (Tabela 4), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação verde e cereja diferiram significativamente entre si, porém, os estádios passa e seco não diferiram significativamente entre si, nem entre as cultivares. Observa-se que a força média para o desprendimento dos frutos verdes apresentou maiores valores entre as cultivares analisadas: 11,22N para ‘Mundo Novo’, 11,11N para ‘Icatu’ e 9,98N para ‘Catuaí’. Apenas a ‘Catuaí’ diferiu das demais cultivares no estágio de maturação verde, tendo esta cultivar apresentado o menor valor de força de desprendimento para o referido

estádio de maturação na referida avaliação. A cultivar Mundo Novo apresentou o maior valor de força de desprendimento, não diferindo significativamente da cultivar Icatu.

Com relação ao estágio de maturação cereja, a cultivar que apresentou menor força de desprendimento foi a ‘Catuai’, apresentando valor de 6,74N, diferindo estatisticamente das demais cultivares. A cultivar que apresentou maior valor de força de desprendimento foi a ‘Icatu’, com um valor 31,75% superior. Na quarta avaliação, a cultivar que apresentou maior diferença entre a força de desprendimento entre os estádios de maturação verde e cereja foi a ‘Mundo Novo’ seguida pela ‘Catuai’, com, respectivamente, valores de 4,01 e 3,24N.

TABELA 4 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuai, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 13 de junho de 2007.

Maturação	Cultivar		
	Mundo Novo	Icatu	Catuai
Verde	11,22 C b	11,11 C b	9,98 C a
Cereja	7,21 B b	8,88 B c	6,74 Ba
Diferença na força entre o estágio verde e o cereja	4,01	2,23	3,24
Passa	1,25 A a	1,23 A a	0,99 A a
Seco	0,83 A a	1,11 A a	0,77 A a
cv = 4,98%			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na quinta e última avaliação (Tabela 5), as forças médias de desprendimento entre os estádios de maturação verde e cereja diferiram significativamente entre si, porém, os estádios de maturação passa e seco não diferiram significativamente. Observa-se que a força média para o desprendimento dos frutos verdes apresentou maiores valores entre as cultivares

analisadas: 10,34N para ‘Mundo Novo’, 12,98N para ‘Icatu’ e 11,81N para ‘Catuaí’. Estes valores diferiram significativamente entre si, tendo a cultivar Icatu apresentado o maior valor de força de desprendimento e diferindo significativamente das demais.

A cultivar que apresentou menor força de desprendimento no referido estágio de maturação foi a ‘Mundo Novo’, com um valor 25,53% menor. O mesmo aconteceu com relação ao estágio de maturação cereja, em que a ‘Icatu’ apresentou o maior valor de força de desprendimento, diferindo das outras duas cultivares, as quais não diferiram estatisticamente entre si. Para esta avaliação, a cultivar Catuaí foi a que apresentou maior diferença entre a força de desprendimento de frutos verdes em relação a frutos cerejas, 73,42% superior à força necessária para o desprendimento de frutos cerejas, o que corresponde a um valor 5,00N superior. Com relação às cultivares Mundo Novo e Icatu, esta diferença foi de 3,4 e 3,39N.

TABELA 5 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Mundo Novo, Icatu e Catuaí, em diferentes estádios de maturação avaliada em 22 de junho de 2007.

Maturação	Quinta avaliação*		
	Mundo Novo	Icatu	Catuaí
Verde	10,34 C a	12,98 C c	11,81 C b
Cereja	7,00 B a	9,59 B b	6,81 B a
Diferença na força entre o estágio verde e o cereja	3,34	3,39	5,00
Passa	1,26 A a	1,21 A a	1,03 A a
Seco	0,79 A a	1,12 A a	0,70 A a
cv = 5,15%			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Pode-se observar, para as três cultivares dentro de todo período de

avaliação, que a força de desprendimento dos frutos é significativamente diferente entre os estádios de maturação, principalmente entre os estádios verde, cereja e passa. Entre as cultivares, as diferenças também são significativas, sobretudo para o estágio cereja, destacando-se a cultivar Icatu, com os maiores valores da força de desprendimento para os frutos verdes e cereja, ao longo do período avaliado. Isso confirma o conceito de que esta cultivar, na prática, é como difícil de ser colhida, mesmo na colheita manual, comparativamente às cultivares Mundo Novo e Catuaí, que são mais fáceis de serem colhidas e apresentam menores forças de desprendimento.

Com relação ao período de avaliação, observou-se que, em 21 de maio, podendo-se considerar período de início da safra, a cultivar Icatu apresentou os menores valores da força de desprendimento dos frutos cereja, o que pode estar relacionado com a sua precocidade. Pode-se observar, ainda, que as cultivares Mundo Novo e Catuaí apresentaram as menores forças de desprendimento do cereja, o que é um fator desejável para a colheita mecanizada. Estas cultivares apresentaram também as maiores diferenças entre a força de desprendimento do verde e cereja, o que é um fator desejável para a colheita seletiva, possibilitando inferir que estas cultivares são mais aptas para a colheita mecânica e seletiva, visto que os frutos cereja são mais facilmente retirados da planta, diferentemente do que ocorre com os verdes. Dessa forma, pode-se concluir que a força de desprendimento do cereja e a diferença entre a força de desprendimento do verde e cereja podem ser utilizadas como parâmetros indicadores de seletividade na colheita mecanizada do café.

3.2.1 Modelagem da força de desprendimento ao longo do tempo, com base no grau de maturação dos frutos

As equações e seus respectivos valores de R^2 , para cada cultivar, em cada período de avaliação, encontram-se na Tabela 6. Percebe-se que os valores de R^2 estão muito próximos a 1,00 (um), ou seja, os valores estimados estão muito próximos dos valores observados. Essas equações foram obtidas por regressão linear entre os estádios de maturação e a força de desprendimento dos mesmos em cada avaliação.

Nos modelos lineares, a função $f(x) = y$ depende da variável (x), a qual representa o grau de maturação na presente avaliação. A resposta do modelo (y) representa a força de desprendimento média, em Newtons (N), dos frutos de café, nas respectivas cultivares e avaliações.

TABELA 6 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Catuaí, Icatu e Mundo Novo, durante as avaliações.

Avaliação	Cultivares		
	Catuaí	Icatu	Mundo Novo
Primeira 21/05/07	$y = -2,424.x + 10,215$ $R^2 = 0,9884$	$y = -2,6955.x + 11,333$ $R^2 = 0,9808$	$y = -2,3887.x + 10,050$ $R^2 = 0,9986$
Segunda 30/05/07	$y = -2,4943.x + 10,485$ $R^2 = 0,9872$	$y = -2,7583.x + 11,582$ $R^2 = 0,9804$	$y = -2,4772.x + 10,398$ $R^2 = 0,9985$
Terceira 06/06/07	$y = -3,6711.x + 15,064$ $R^2 = 0,9972$	$y = -4,2986.x + 17,608$ $R^2 = 0,9899$	$y = -3,5394.x + 14,479$ $R^2 = 0,9992$
Quarta 13/06/07	$y = -3,4497.x + 14,445$ $R^2 = 0,9973$	$y = -3,5508.x + 15,174$ $R^2 = 0,9857$	$y = -3,1190.x + 13,045$ $R^2 = 0,9985$
Quinta 22/06/07	$y = -3,1976.x + 13,484$ $R^2 = 0,9996$	$y = -4,1396.x + 17,404$ $R^2 = 0,9945$	$y = -3,6321.x + 14,899$ $R^2 = 0,9871$
Média	$y = -3,0130.x + 12,574$ $R^2 = 0,9993$	$y = -3,4886.x + 14,620$ $R^2 = 0,9886$	$y = -3,0474.x + 12,739$ $R^2 = 0,9986$

3.2.2 Modelagem da força de desprendimento dos frutos, considerando valores médios de todos os períodos avaliados

Os modelos de regressão linear de força de desprendimento média dos frutos estão representados nas Figuras 2, 3 e 4, para todas as cultivares avaliadas.

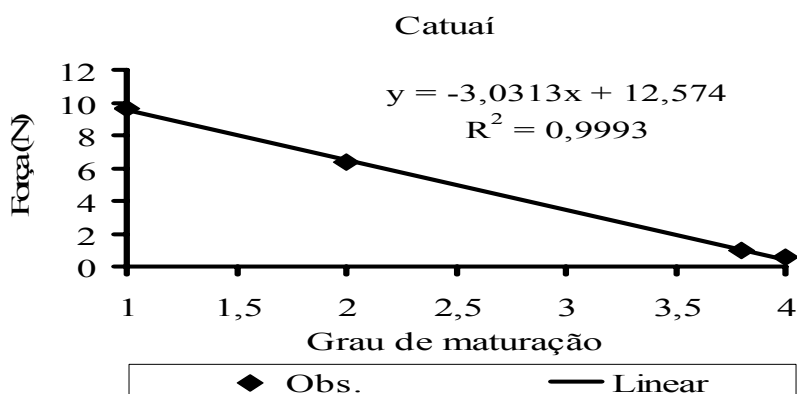


FIGURA 2 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Catuaí, ao longo de todo o período.

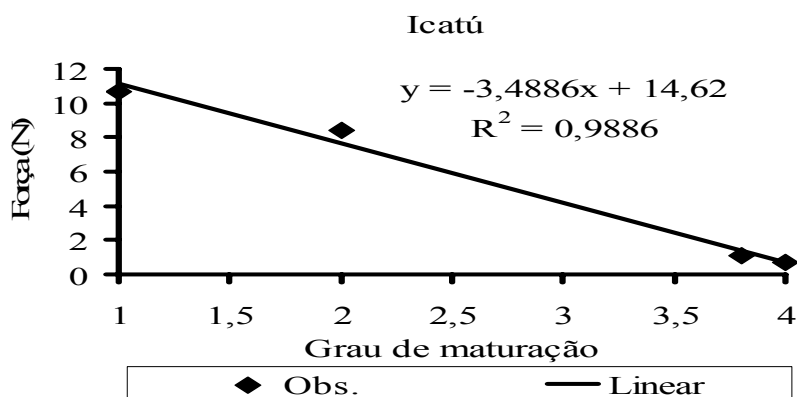


FIGURA 3 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Icatu, ao longo de todo o período.

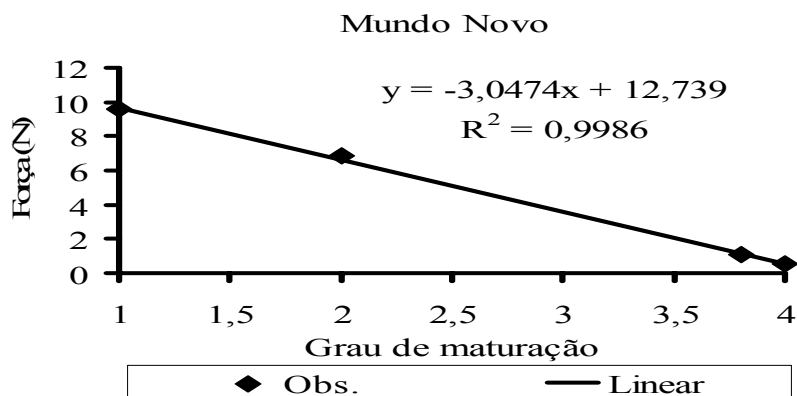


FIGURA 4 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Mundo Novo, ao longo de todo o período.

3.3 Resultados da área experimental da Fazenda Cafua

A seguir são apresentados os resultados de cada análise estatística dentro de cada avaliação com seu respectivo coeficiente de variação (cv). Utilizando-se o software Sisvar[®] e, aplicando-se o teste de Scott-Knott, chegou-se aos valores médios da força de desprendimento de cada cultivar em cada estágio de maturação.

Na primeira avaliação (Tabela 7), as forças médias de desprendimento entre os estádios de maturação diferiram significativamente entre todas as cultivares analisadas pelo teste f de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Observa-se que a força média para o desprendimento dos frutos verdes apresentou os maiores valores entre os estádios analisados, em todas as cultivares. Para esta avaliação, a cultivar que apresentou maior valor de força de desprendimento foi a 'Rubi', necessitando de 13,68N para a remoção dos frutos verdes da planta. Este valor é 33,07% maior que para o desprendimento dos frutos no mesmo estágio de maturação da cultivar Topázio, que 10,28N para a remoção dos frutos verdes e que não apresentou diferença significativa com a

cultivar Catuaí, com 10,33N. Ambas apresentaram os menores valores para a referida avaliação.

Analisando-se a força de desprendimento dentro do mesmo estágio de maturação, nota-se que não houve diferença significativa dentro de estágio de maturação seco e que, no estágio de maturação passa, apenas as cultivares Topázio e Obatã diferiram das demais, mas não diferiram entre si. No estágio de maturação cereja, as cultivares que apresentaram menores valores de força de desprendimento foram 'Topázio' e 'Catuaí', necessitando de 5,54 e 6,07N respectivamente. Estes valores não diferiram entre si, mas diferiram das demais cultivares; em que a cultivar Icatu apresentou maior valor de força de desprendimento, 9,84N. Analisando-se a diferença entre a força de desprendimento entre os frutos verdes e cerejas, observa-se que as cultivares que apresentaram maior diferença foram 'Rubi', 'Acaiá' e 'Topázio', cujos valores foram de 4,45, 4,45 e 4,74N, respectivamente. As cultivares Mundo Novo e Icatu apresentaram menores diferenças, 2,63 e 2,95N.

TABELA 7 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Cattai, Rubi, Mundo Novo, Acaia, Topázio e Obatã, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 31 de março de 2007.

Maturação	Cultivares							
	Icatu	Cattai	Rubi	Mundo Novo	Acaia	Topázio	Obatã	
Verde	12,79 Cb	10,33 Da	13,68 Cb	11,98 Db	13,17 Cb	10,28 Ca	12,35 Cb	
Cereja	9,84 Bb	6,07 Ca	9,23 Bb	9,35 Cb	8,72 Bb	5,54 Ba	9,09 Bb	
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	2,95	4,26	4,45	2,63	4,45	4,74	3,26	
Passa	2,32 Ab	2,65 Bb	2,53 Ab	2,60 Bb	2,18 Ab	1,12 Aa	1,14 Aa	
Seco	0,90 Aa	0,95 Aa	1,19 Aa	0,74 Aa	0,81 Aa	0,56 Aa	0,74 Aa	

CV = 14,78%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Primeira avaliação*

Na segunda avaliação (Tabela 8), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação diferiram significativamente entre todas as cultivares. A cultivar que apresentou maior força de desprendimento dos frutos verdes foi a ‘Rubi’, com 10,70N, sendo 2,20% maior que para a ‘Acaiá’, cuja força foi de 10,47N, que não apresentou diferença significativa com a cultivar Obatã, com valor de 10,40N. A cultivar que apresentou menor valor de força de desprendimento no referido estágio de maturação foi a ‘Topázio’, com 7,44N, valor 43,81% menor que para a cultivar Rubi. Analisando-se a força de desprendimento dentro do mesmo estágio de maturação, nota-se que não há diferença significativa dentro dos estádios de maturação seco e passa.

No estágio de maturação cereja, a cultivar que apresentou menor valor de força de desprendimento foi a ‘Topázio’, necessitando de 4,86N para o desprendimento dos frutos cerejas. Entretanto, as cultivares que apresentaram maiores valores de força de desprendimento foram ‘Acaiá’, ‘Obatã’, ‘Rubi’ e ‘Mundo Novo’, respectivamente com 7,42, 7,16, 6,97 e 6,95N. Estes valores não diferiram entre si. Analisando-se a diferença entre a força de desprendimento entre os frutos verdes e cerejas, observa-se que as cultivares que apresentaram maiores valores foram ‘Icatu’ e ‘Rubi’, apresentando, respectivamente, 4,03 e 3,73N. A cultivar que apresentou menor diferença foi a ‘Topázio’, com apenas 2,58N.

TABELA 8 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuai, Rubi, Mundo Novo, Acaia, Topázio e Obatã, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 10 de abril de 2007.

Maturação	Segunda avaliação*								
	Icatu	Catuai	Rubi	Mundo Novo	Acaia	Topázio	Obatã	Cultivares	
Verde	9,65 Cc	8,97 Cb	10,70 Cd	9,86 Cc	10,47 Cd	7,44 Ca	10,40 Cd		
Cereja	5,62 Bb	6,14 Bb	6,97 Bc	6,95 Bc	7,42 Bc	4,86 Ba	7,16 Bc		
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	4,03	2,83	3,73	2,91	3,05	2,58	3,24		
Passa	0,58 Aa	0,93 Aa	0,95 Aa	1,05 Aa	1,09 Aa	0,81 Aa	0,86 Aa		
Seco	0,44 Aa	0,53 Aa	0,39 Aa	0,32 Aa	0,56 Aa	0,58 Aa	0,67 Aa		

cv = 10,63%

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-knott
 Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na terceira avaliação (Tabela 9), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação diferiram significativamente entre todas as cultivares analisadas. Para esta avaliação, a cultivar que apresentou maior valor de força de desprendimento dos frutos verdes foi a ‘Acaiá’, com 11,35N, ou seja, 30,45% e 24,58% maior que a força necessária para as cultivares Topázio e Obatã, que apresentaram valores de 8,70 e 9,11N respectivamente, para a remoção dos frutos verdes da planta e que não apresentaram diferença significativa entre si. Analisando-se a força de desprendimento dentro do mesmo estádio de maturação, nota-se que não há diferença significativa dentro dos estádios de maturação seco e passa, para esta avaliação.

No estádio de maturação cereja, as cultivares que apresentaram menor valor de força de desprendimento foram ‘Topázio’, ‘Mundo Novo’, ‘Obatã’ e ‘Catuai’, necessitando de 5,49, 5,86, 6,11 e 6,23N, respectivamente, não diferindo entre si, porém, diferindo das demais cultivares. Analisando-se a diferença entre a força de desprendimento entre os frutos verdes e cerejas, observa-se que as cultivares que apresentaram maiores valores foram ‘Mundo Novo’ e ‘Acaiá’, com, respectivamente 4,70 e 4,58N. A cultivar que apresentou menor diferença foi a ‘Obatã’, com 3,00N.

TABELA 9 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Cattai, Rubi, Mundo Novo, Acaia, Topázio e Obatã, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 18 de abril de 2007.

Maturação	Terceira avaliação*							
	Cultivares							
	Icatu	Cattai	Rubi	Mundo Novo	Acaia	Topázio	Obatã	
Verde	10,44 Cb	10,75 Cb	11,31 Cc	10,56 Cb	11,35 Cc	8,70 Ca	9,11 Ca	
Cereja	7,36 Bb	6,23 Ba	7,21 Bb	5,86 Ba	6,77 Bb	5,49 Ba	6,11 Ba	
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	3,08	4,52	4,10	4,70	4,58	3,21	3,00	
Passa	0,72 Aa	0,58 Aa	0,72 Aa	0,70 Aa	0,88 Aa	0,44 Aa	0,74 Aa	
Seco	0,21 Aa	0,30 Aa	0,42 Aa	0,46 Aa	0,42 Aa	0,51 Aa	0,49 Aa	

cv = 9,95%

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott
Letras minúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na quarta avaliação (Tabela 10), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação diferiram significativamente entre todas as cultivares analisadas. Observa-se que a força média para o desprendimento dos frutos verdes apresentou maior valor para a cultivar Obatã, necessitando de 9,93N. Este valor é 29,29% maior que para o desprendimento dos mesmos frutos na cultivar Topázio, que apresentou o menor valor de desprendimento com 7,68N. Analisando-se a força de desprendimento dentro do mesmo estádio de maturação, nota-se que não há diferença significativa dentro dos estádios de maturação seco e passa, para esta avaliação.

No estádio de maturação cereja, a cultivar que apresentou menor valor de força de desprendimento foi a ‘Catuaí’, necessitando de 5,49N. Entretanto, a cultivar que apresentou maior valor foi a ‘Obatã’, com 7,89N, diferindo das demais e sendo 43,71% maior que a ‘Catuaí’.

A cultivar que apresentou maior diferença entre a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas foi a ‘Mundo Novo’, com 3,82N. As cultivares que apresentaram menores diferenças foram ‘Topázio’ e ‘Obatã’, respectivamente com 1,59 e 2,04N.

TABELA 10 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuai, Rubi, Mundo Novo, Acaia, Topázio e Obatã, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 26 de abril de 2007.

Maturação	Quarta avaliação*							
	Icatu	Catuai	Rubi	Mundo Novo	Acaia	Topázio	Obatã	
Verde	9,11 Cb	9,14 Cb	9,35 Cb	9,84 Cc	9,67 Cc	7,68 Ca	9,93 Cc	
Cereja	6,60 Bb	5,49 Ba	6,44 Bb	6,02 Bb	6,25 Bb	6,09 Bb	7,89 Bc	
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	2,51	3,65	2,91	3,82	3,42	1,59	2,04	
Passa	0,58 Aa	0,60 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,70 Aa	0,46 Aa	0,67 Aa	
Seco	0,42 Aa	0,58 Aa	0,35 Aa	0,49 Aa	0,37 Aa	0,63 Aa	0,46 Aa	

cv = 7,85

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

No quinto período de avaliação (Tabela 11), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação diferiram significativamente entre todas as cultivares analisadas. As maiores forças médias para o desprendimento dos frutos verdes foram para as cultivares Icatu e Obatã, necessitando de 9,42 e 9,58N, respectivamente. Ambas as cultivares não diferiram entre si, a 5% de significância. A cultivar que apresentou menor força de desprendimento no referido estágio de maturação foi a 'Topázio', com 7,49N, ou seja, 25,76% menor que a força de desprendimento da cultivar Icatu e 27,90% menor do que a força de desprendimento necessária na cultivar Obatã. Analisando-se a força de desprendimento dentro do mesmo estágio de maturação, nota-se que não há diferença significativa dentro dos estádios de maturação seco e passa, para esta avaliação.

No estágio de maturação cereja, as cultivares que apresentaram menores valores de força de desprendimento foram a 'Acaiá' e 'Mundo Novo', ambas apresentando valor de 5,81N, não diferindo significativamente das cultivares Topázio, Rubi e Catuaí. A cultivar que apresentou maior valor de força de desprendimento para os frutos cereja foi a 'Obatã', com 7,33N, não diferindo da 'Icatu'. As maiores diferenças entre a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas foram observadas para as cultivares Icatu e Catuaí, respectivamente, com 2,74 e 2,47N. As cultivares que apresentaram menor diferença entre a força de desprendimento do verde e a do cereja foram as cultivares Topázio e Mundo Novo, com diferenças de 1,40 e 1,98N, respectivamente.

TABELA 11 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuai, Rubi, Mundo Novo, Acaia, Topázio e Obatã, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 04 de maio de 2007.

Maturação	Quinta avaliação *						
	Cultivares						
	Icatu	Catuai	Rubi	Mundo Novo	Acaia	Topázio	Obatã
Verde	9,42 Cc	8,35 Ca	8,70 Cb	7,79 Ca	8,21 Ca	7,49 Ca	9,58 Cc
Cereja	6,68 Bb	5,88 Ba	6,42 Ba	5,81 Ba	5,81 Ba	6,09 Ba	7,33 Bb
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	2,74	2,47	2,28	1,98	2,40	1,40	2,25
Passa	0,67 Aa	0,63 Aa	0,72 Aa	0,70 Aa	0,67 Aa	0,63 Aa	0,65 Aa
Seco	0,44 Aa	0,37 Aa	0,42 Aa	0,53 Aa	0,39 Aa	0,37 Aa	0,46 Aa

cv = 10,98%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

No sexto período de avaliação (Tabela 12), pôde-se observar que, analisando-se a força de desprendimento dentro do mesmo estágio de maturação, nota-se que não há diferença significativa dentro dos estágios de maturação seco e passa, para esta avaliação.

Para esta avaliação, as cultivares que apresentaram maiores valores de força de desprendimento dos frutos verdes foram 'Rubi', 'Obatã' e 'Icatu', necessitando de 8,67, 9,23 e 9,25N, respectivamente, que não diferiram entre si. As cultivares que apresentaram menor força de desprendimento dos frutos verdes foram 'Topázio' e 'Mundo Novo', com 7,23 e 7,26N, respectivamente.

No estágio de maturação cereja, as cultivares que apresentaram menores valores de força de desprendimento foram 'Catuaí', 'Mundo Novo', 'Acaiá', 'Topázio' e 'Rubi', que não diferiram entre si, mas diferiram das demais. Analisando-se a diferença entre a força de desprendimento dos frutos verdes e e os cerejas, observa-se que as cultivares Icatu e Catuaí apresentaram maiores valores, 2,76 e 2,45N, respectivamente. As cultivares que apresentaram menores valores foram 'Topázio' e 'Mundo Novo', com de 1,23 e 1,61N, respectivamente.

TABELA 12 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuai, Rubi, Mundo Novo, Acaia, Topázio e Obatã, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 11 de maio de 2007.

Maturação	Sexta avaliação*							
	Cultivares							
	Icatu	Catuai	Rubi	Mundo Novo	Acaia	Topázio	Obatã	
Verde	9,25 Cc	8,07 Cb	8,67 Cc	7,26 Ca	7,93 Cb	7,23 Ca	9,23 Cc	
Cereja	6,49 Bb	5,62 Ba	6,32 Bb	5,65 Ba	5,69 Ba	6,00 Ba	7,02 Bb	
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	2,76	2,45	2,35	1,61	2,24	1,23	2,21	
Passa	0,74 Aa	0,67 Aa	0,74 Aa	0,74 Aa	0,67 Aa	0,67 Aa	0,67 Aa	
Seco	0,67 Aa	0,35 Aa	0,58 Aa	0,44 Aa	0,46 Aa	0,42 Aa	0,37 Aa	

cv = 10,92%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha

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

Na sétima e na última avaliação (Tabela 13), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação também diferiu significativamente entre todas as cultivares analisadas.

As cultivares que apresentaram maiores forças médias de desprendimento dos frutos verdes foram ‘Rubi’, ‘Obatã’ e ‘Icatu’, necessitando de 8,44, 8,93 e 8,97N, respectivamente, que não diferiram entre si. As cultivares que apresentaram menores forças de desprendimento no referido estágio de maturação foram ‘Mundo Novo’ e ‘Topázio’, com 7,12 e 7,14N, respectivamente, não diferindo entre si, mas diferindo das demais cultivares.

Analisando-se a força de desprendimento dentro do mesmo estágio de maturação, a exemplo dos demais períodos já citados, constatou-se que não houve diferença significativa dentro dos estádios de maturação seco e passa.

No estágio de maturação cereja, as cultivares que apresentaram menores valores de força de desprendimento foram ‘Catuaí’, ‘Mundo Novo’, ‘Acaíá’ e ‘Topázio’, apresentando 5,58, 5,58, 5,62 e 5,69N, respectivamente e não diferindo significativamente entre si, mas diferindo das demais cultivares. As demais cultivares apresentaram os maiores valores de força de desprendimento no estágio cereja, não diferindo entre si.

As cultivares Icatu e Catuaí apresentaram as maiores diferenças entre as forças de desprendimento dos frutos verde e cereja, com 2,53 e 2,31N, respectivamente. As cultivares que apresentaram menores diferenças foram a ‘Topázio’ e a ‘Mundo Novo’, com, respectivamente, 1,45 e 1,54N.

TABELA 13 Força de desprendimento média (N) de frutos de café nas cultivares Icatu, Catuaí, Rubi, Mundo Novo, Acaia, Topázio e Obatã, em diferentes estádios de maturação, avaliada em 17 de maio de 2007.

Maturação	Sétima avaliação*							
	Cultivares							
	Icatu	Catuaí	Rubi	Mundo Novo	Acaia	Topázio	Obatã	
Verde	8,97 Cc	7,89 Cb	8,44 Cc	7,12 Ca	7,65 Cb	7,14 Ca	8,93 Cc	
Cereja	6,44 Bb	5,58 Ba	6,25 Bb	5,58 Ba	5,62 Ba	5,69 Ba	6,67 Bb	
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	2,53	2,31	2,19	1,54	2,03	1,45	2,26	
Passa	0,79 Aa	0,70 Aa	0,74 Aa	0,77 Aa	0,70 Aa	0,72 Aa	0,67 Aa	
Seco	0,42 Aa	0,51 Aa	0,39 Aa	0,60 Aa	0,56 Aa	0,60 Aa	0,63 Aa	

cv = 10,48%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Com base nos resultados encontrados, nota-se que, em quase todas as avaliações, as cultivares Obatã e Icatu, oriundas do cruzamento interespecífico entre *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, demonstraram maiores forças de desprendimento dos frutos quando comparadas com as demais cultivares. Essa maior resistência ao desprendimento possivelmente advém do *Coffea canephora*, cujos frutos apresentam elevada força de desprendimento. Comparando os resultados encontrados na diferença entre a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas, nota-se que as cultivares Catuaí e Acaiá prevalecem com os maiores valores, na maioria dos períodos avaliados, destacando-se como cultivares mais propícias para a colheita mecânica e seletiva. Isso porque as mesmas apresentaram também os menores valores de força de desprendimento do cereja. Este mesmo comportamento foi observado para a cultivar Catuaí, na área experimental anteriormente analisada (Fazenda Capetinga), cujos resultados destaca também a cultivar Mundo Novo, quanto à aptidão para a colheita seletiva. Na área experimental da Fazenda Cafua, em 17 de maio, a cultivar Mundo Novo apresentou a força de desprendimento 5,58N; semelhantemente, na área experimental da Fazenda Capetinga, a cultivar Mundo Novo apresentou a força de desprendimento do cereja de 5,90N, em 21 de maio.

Na Tabela 14 estão reunidos os valores da força de desprendimento dos frutos verdes e cereja, para as cultivares Icatu, Mundo Novo e Catuaí, das duas áreas experimentais distintas, fazendas Cafua, no período de 31 de março a 17 de maio e fazenda Capetinga, de 21 de maio a 22 de junho. Nas Figuras 4, 5 e 6 está demonstrado o comportamento da força de desprendimento, ao longo de todo este período.

TABELA 14 Força de desprendimento e diferença na força entre verde e cereja, ao longo do período, para as cultivares Mundo Novo, Catuai e Icatu.

Data	Mundo Novo				Cultivares				
	Verde	Cereja	Diferença	Verde	Cereja	Diferença	Verde	Cereja	Diferença
31/03	11,98	9,35	2,63	10,33	6,07	4,26	12,79	9,84	2,95
10/04	9,86	6,95	2,91	8,97	6,14	2,83	9,65	5,62	4,03
18/04	10,56	5,86	4,70	10,75	6,23	4,52	10,44	7,36	3,08
26/04	9,84	6,02	3,82	9,14	5,49	3,65	9,11	6,60	2,51
04/05	7,79	5,81	1,98	8,35	5,88	2,47	9,42	6,68	2,74
11/05	7,26	5,65	1,61	8,07	5,62	2,45	9,25	6,49	2,76
17/05	7,12	5,58	1,54	7,89	5,58	2,31	8,97	6,44	2,53
21/05	7,43	5,90	1,53	7,54	5,44	2,10	8,13	6,71	1,42
30/05	7,61	6,08	1,53	7,79	5,63	2,16	8,30	6,86	1,44
06/06	11,15	8,10	3,05	11,06	7,21	3,85	12,74	9,88	2,86
13/06	11,22	7,21	4,01	9,98	6,74	3,24	11,11	8,88	2,23
22/06	10,34	7,00	3,34	11,81	6,81	5,00	12,98	9,59	3,39

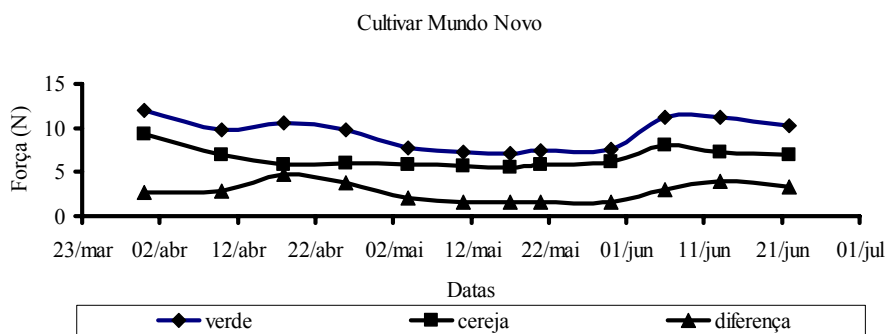


FIGURA 5 Comportamento da força de desprendimento da cultivar Mundo Novo, ao longo do período.

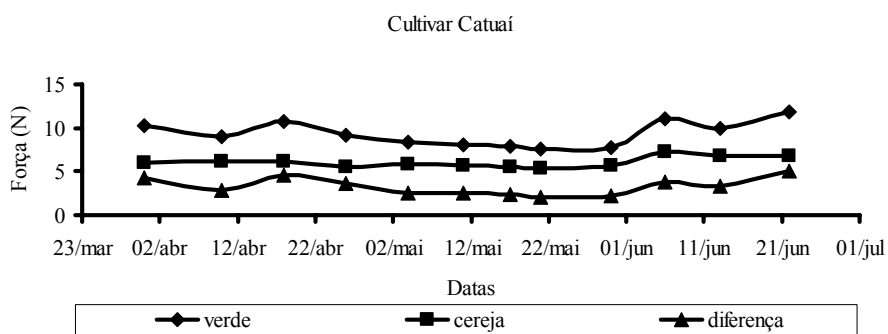


FIGURA 6 Comportamento da força de desprendimento da cultivar Catuai, ao longo do período.

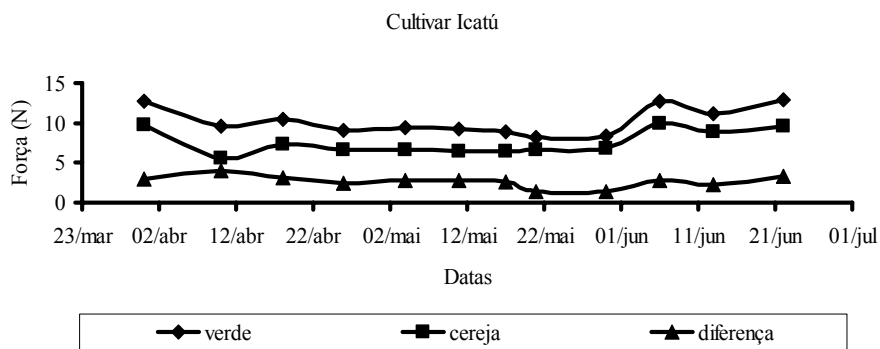


FIGURA 7 Comportamento da força de desprendimento da cultivar Icatu, ao longo do período.

Observa-se uma continuidade nos valores de força de desprendimento para os frutos das três cultivares, nos períodos consecutivos independentemente de se tratar de áreas experimentais diferentes.

O comportamento da força de desprendimento dos frutos ainda permite inferir sobre o melhor momento para se iniciar a colheita mecanizada. Pode-se tomar como referência a força média de desprendimento do cereja em torno de 6N, dentro de duas possíveis situações: força de desprendimento do cereja em torno 6N, com diferença de força de desprendimento entre verde e cereja acima de 3,0N, seria a condição indicada para a primeira passada da colheita seletiva; força de desprendimento do cereja em torno 6,0N, com diferença de força de desprendimento entre verde e cereja abaixo de 2,0N, seria a condição indicada para colheita total que, neste caso, deveria ser considerado também o índice de maturação maior que 80%, para se obter maior eficiência de colheita.

Considerando estes parâmetros, a primeira passada da colhedora para a colheita seletiva ou a passada única para a colheita total ocorreria dentro da ordem cronológica, para as cultivares, demonstrada na Tabela 15.

TABELA 15 Ordem cronológica de colheita seletiva e total.

Cultivar	Primeira passada	Segunda passada ou colheita total
Icatu	10 de abril	21 de maio
Topázio	18 de abril	17 de maio
Mundo Novo	18 de abril	17 de maio
Obatã	18 de abril	17 de maio
Acaiá	26 de abril	17 de maio
Catuaí	26 de abril	21 de maio
Rubi	11 de maio	Após 21 de maio

Esta ordem cronológica está bem coerente com as características já conhecidas das cultivares, a exemplo da ‘Icatu Amarelo IAC 3282’, que é precoce ou a ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ e ‘Rubi MG 1192’, que são tardias. Considerando o intervalo de 28 a 42 dias para fazer a segunda passada, conforme Oliveira (2006) e Silva et al. (2002), a segunda passada ou a colheita total praticamente teriam a mesma data. A lavoura de ‘Topázio’ é que apresenta distorção, uma vez que se trata de cultivar tardia. Contudo, ao consultar o administrador da Fazenda Cafua, foi confirmado que, nas últimas safras, normalmente, dentro da logística de campo adotada na propriedade, a lavoura de ‘Icatu’ é sempre a primeira a ser colhida e a ‘Rubi’, normalmente, a última.

3.3.1 Modelagem da força de desprendimento ao longo do tempo

Nas Tabelas 16 a 22, encontram-se os respectivos modelos lineares de força de desprendimento média de frutos de café para cada cultivar, nas respectivas avaliações e seus respectivos valores de R^2 . Percebe-se que os valores de R^2 estão muito próximos a 1,00 (um), ou seja, os valores estimados estão muito próximos dos valores observados, o que significa que o modelo é válido e com alto índice de confiabilidade.

Essas equações foram obtidas por regressão linear entre os estádios de maturação e a força de desprendimento dos mesmos, em cada avaliação.

TABELA 16 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Icatu, durante as avaliações.

Avaliação	Modelo linear	R ²
1ª avaliação 31/03/07	$y = -3,9650.x + 17,1730$	0,9925
2ª avaliação 10/04/07	$y = -3,0464.x + 12,3020$	0,9894
3ª avaliação 18/04/07	$y = -3,4789.x + 14,0800$	0,9986
4ª avaliação 26/04/07	$y = -3,0152.x + 12,3230$	0,9958
5ª avaliação 04/05/07	$y = -3,0843.x + 12,6330$	0,9977
6ª avaliação 11/05/07	$y = -2,1587.x + 12,2820$	0,9971
7ª avaliação 17/05/07	$y = -2,9227.x + 12,0500$	0,9980
Média	$y = -3,2102.x + 13,2630$	0,9990

TABELA 17 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Catuai, durante as avaliações.

Avaliação	Modelo linear	R ²
1ª avaliação 31/03/07	$y = -2,8101.x + 12,5900$	0,9647
2ª avaliação 10/04/07	$y = -2,8398.x + 11,8140$	0,9997
3ª avaliação 18/04/07	$y = -3,4399.x + 13,7550$	0,9906
4ª avaliação 26/04/07	$y = -2,8591.x + 11,6750$	0,9907
5ª avaliação 04/05/07	$y = -2,7285.x + 11,1760$	0,9983
6ª avaliação 11/05/07	$y = -2,6226.x + 10,7630$	0,9992
7ª avaliação 17/05/07	$y = -2,5289.x + 10,4990$	0,9981
Média	$y = -2,8327.x + 11,7530$	0,9983

TABELA 18 Modelos lineares da força de desprendimento média de frutos de café para a cultivar Rubi, durante as avaliações.

Avaliação	Modelo linear	R ²
1ª avaliação 31/03/07	$y = -4,0423.x + 17,5730$	0,9977
2ª avaliação 10/04/07	$y = -3,4254.x + 14,0070$	0,9992
3ª avaliação 18/04/07	$y = -3,6520.x + 14,7770$	0,9977
4ª avaliação 26/04/07	$y = -3,0624.x + 12,4680$	0,9989
5ª avaliação 04/05/07	$y = -2,8571.x + 11,7800$	0,9857
6ª avaliação 11/05/07	$y = -2,8024.x + 11,6500$	0,9961
7ª avaliação 17/05/07	$y = -2,7701.x + 11,4400$	0,9957
Média	$y = -3,2302.x + 13,3850$	0,9997

TABELA 19 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Mundo Novo, durante as avaliações.

Avaliação	Modelo linear	R ²
1ª avaliação 31/03/07	$y = -3,6746.x + 16,0910$	0,9860
2ª avaliação 10/04/07	$y = -3,1939.x + 13,1730$	0,9993
3ª avaliação 18/04/07	$y = -3,2935.x + 13,2900$	0,9832
4ª avaliação 26/04/07	$y = -3,1192.x + 12,6740$	0,9941
5ª avaliação 04/05/07	$y = -2,5248.x + 10,5290$	0,9945
6ª avaliação 11/05/07	$y = -2,3725.x + 9,9308$	0,9907
7ª avaliação 17/05/07	$y = -2,2889.x + 9,6992$	0,9894
Média	$y = -2,9239.x + 12,1980$	0,9996

TABELA 20 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Acaia, durante as avaliações.

Avaliação	Modelo linear	R ²
1ª avaliação 31/03/07	$y = -3,9858.x + 16,9870$	0,9972
2ª avaliação 10/04/07	$y = -3,3537.x + 13,9420$	0,9991
3ª avaliação 18/04/07	$y = -3,5866.x + 14,5420$	0,9930
4ª avaliação 26/04/07	$y = -3,1170.x + 12,6680$	0,9985
5ª avaliação 04/05/07	$y = -2,6716.x + 10,9890$	0,9984
6ª avaliação 11/05/07	$y = -2,5683.x + 10,6290$	0,9974
7ª avaliação 17/05/07	$y = -2,4613.x + 10,2810$	0,9957
Média	$y = -3,1063.x + 12,8630$	0,9998

TABELA 21 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Topázio, durante as avaliações.

Avaliação	Modelo linear	R ²
1ª avaliação 31/03/07	$y = -3,0891.x + 12,7160$	0,9758
2ª avaliação 10/04/07	$y = -2,2870.x + 9,6034$	0,9915
3ª avaliação 18/04/07	$y = -2,7831.x + 11,3010$	0,9940
4ª avaliação 26/04/07	$y = -2,5460.x + 10,5920$	0,9822
5ª avaliação 04/05/07	$y = -2,5200.x + 10,4520$	0,9823
6ª avaliação 11/05/07	$y = -2,4223.x + 10,1240$	0,9789
7ª avaliação 17/05/07	$y = -2,3164.x + 9,7968$	0,9861
Média	$y = -2,5663.x + 10,6550$	0,9971

TABELA 22 Modelos lineares da força de desprendimento média (N) de frutos de café para a cultivar Obatã, durante as avaliações.

Avaliação	Modelo linear	R ²
1ª avaliação 31/03/07	$y = -4,0028.x + 16,6420$	0,9962
2ª avaliação 10/04/07	$y = -3,3228.x + 13,7480$	0,9983
3ª avaliação 18/04/07	$y = -2,9175.x + 11,9950$	0,9989
4ª avaliação 26/04/07	$y = -3,3533.x + 13,7960$	0,9854
5ª avaliação 04/05/07	$y = -3,2002.x + 13,1490$	0,9908
6ª avaliação 11/05/07	$y = -3,0869.x + 12,6620$	0,9921
7ª avaliação 17/05/07	$y = -2,9126.x + 12,0920$	0,9928
Média	$y = -3,2566.x + 12,7160$	0,9952

3.3.2 Cultivares ao longo do tempo

A seguir, encontram-se os modelos das cultivares avaliadas na fazenda Cafua, ao longo de todo o período de avaliação.

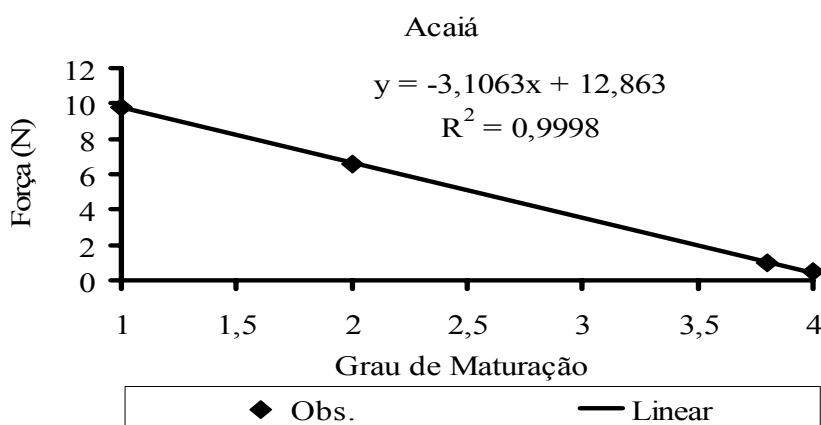


FIGURA 8 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Acaiá, ao longo de todo o período.

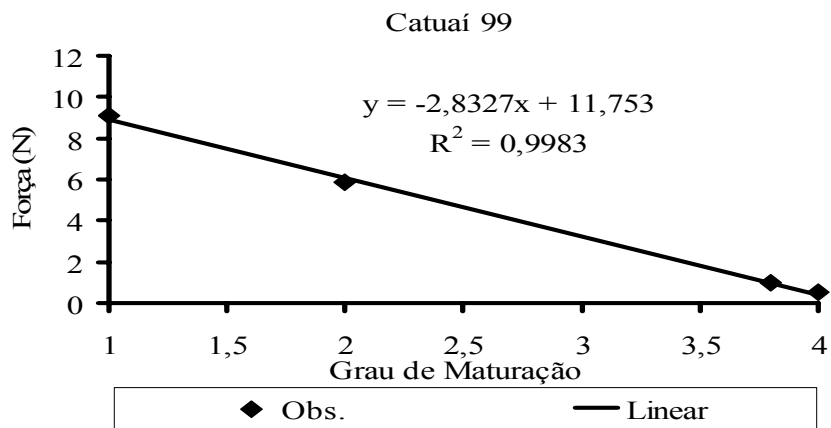


FIGURA 9 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Catuaí 99, ao longo de todo o período.

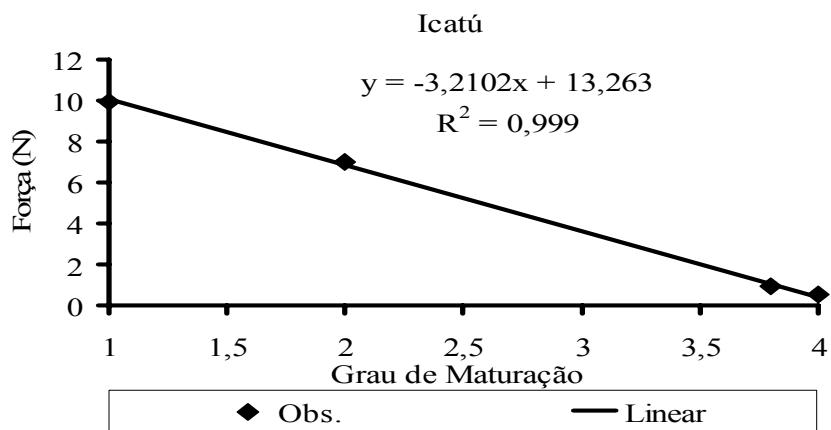


FIGURA 10 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Icatu, ao longo de todo o período.

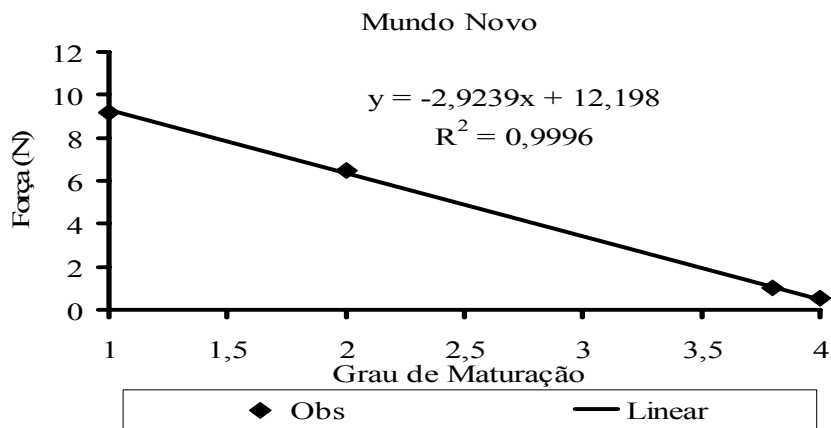


FIGURA 11 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Mundo Novo, ao longo de todo o período.

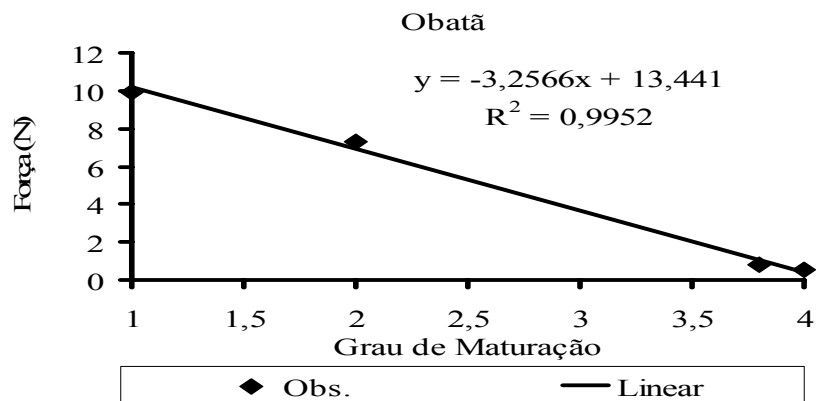


FIGURA 12 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Obatã, ao longo de todo o período.

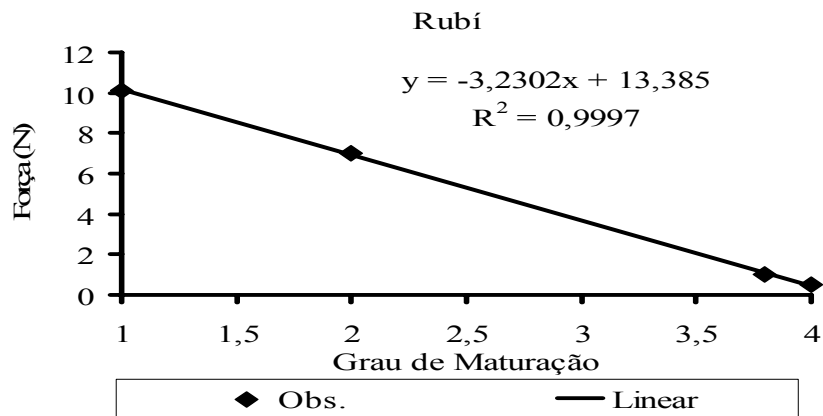


FIGURA 13 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Rubí, ao longo de todo o período.

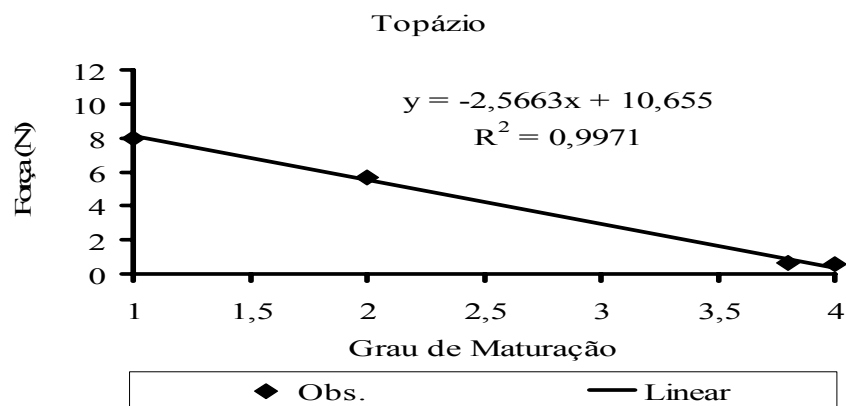


FIGURA 14 Modelo linear de força de desprendimento média (N) dos frutos de café, para a cultivar Topázio, ao longo de todo o período.

Observa-se que as cultivares Mundo Novo IAC 376/4, Icatu Amarelo IAC 3282 e Catuaí Vermelho IAC 99 estão presentes nas duas áreas experimentais. Portanto, foi possível construir um modelo linear de força de desprendimento média, utilizando-se todos os dados das duas áreas

experimentais, a fim de se construir o modelo único de força de desprendimento com base no grau de maturação da cultura. Tais modelos estão apresentados na Tabela 23.

TABELA 23 Modelos lineares de força média de desprendimento das cultivares em comum, nas duas áreas experimentais.

Cultivar	Modelo linear	R²
Mundo Novo IAC 379/4	$y = -2,9754.x + 12,423$	0,9993
Catuaí IAC 99	$y = -2,9155.x + 12,095$	0,9988
Icatu IAC 3282	$y = -3,3262.x + 13,829$	0,9960

3.4 Resultados da área experimental da Fazenda Campos Altos

Na seqüência, são apresentados os resultados com as análises estatísticas dos valores médios da força de desprendimento de cada cultivar em cada estágio de maturação. Os estádios de maturação analisados foram o verde e o cereja. Os frutos nos estádios passa e seco não foram encontrados nas plantas nas primeiras coletas de dados, dentro do período avaliado.

As progênes avaliadas foram:

- H-514-7-10-7, denominada como H1;
- H-504-5-8-2 denominada como H2;
- H-518-2-10-6 denominada como H3;
- H-518-2-2-2 denominada como H4;
- H-518-3-6-4 denominada como H5;
- H-514-7-16-8 denominada como H6;
- H-514-7-8-2 denominada como H7;
- H-514-7-8-5 denominada como H8.

Na primeira avaliação (Tabela 24), a força média de desprendimento entre os estádios de maturação diferiram significativamente entre as progênes analisados. Nesta avaliação, as progênes que apresentaram menores valores de força de desprendimento dos frutos verdes foram (H3) e (H5), necessitando de 11,06 e 11,09N, respectivamente. Estas duas progênes não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram das demais, que apresentaram os maiores valores de força de desprendimento do verde. No estádio de maturação cereja, a progênie que apresentou menor valor de força de desprendimento foi (H3), necessitando de 6,33N, valor que diferiu significativamente das demais progênes. A progênie que apresentou maior valor de força de desprendimento do cereja foi a (H4), necessitando de 11,01N, porém, não diferindo das progênes (H6), (H1) e (H5), as quais apresentaram força de desprendimento igual a 9,80, 9,81 e 10,00N, respectivamente. A diferença entre a progênie (H4), que apresentou maior valor de força de desprendimento e a progênie (H6), que apresentou menor valor de força de desprendimento no estádio de maturação cereja é de 73,93% para a referida avaliação. Analisando-se a diferença entre a força de desprendimento dos frutos nos estádios verde e cereja, observa-se que a progênie que apresentou maior valor foi a (H2), apresentando diferença de 5,60N e a progênie que apresentou menor valor foi a (H5), que obteve diferença de apenas 1,09N.

TABELA 24 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênies avaliadas em diferentes estádios de maturação, avaliada em 24 de maio de 2007.

Maturação	Primeira avaliação*							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Verde	13,96 Bb	12,93 Bb	11,06 Ba	12,47 Bb	11,09 Aa	12,65 Bb	12,27 Bb	13,23 Bb
Cereja	9,81 Ac	7,33 Ab	6,33 Aa	11,01 Ac	10,00 Ac	9,80 Ac	7,78 Ab	8,46 Ab
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	4,15	5,60	4,73	1,46	1,09	2,85	4,49	4,77

cv = 8,36%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na segunda avaliação (Tabela 25), observa-se que as progênies que apresentaram menores valores de força de desprendimento do verde foram (H3) e (H5), necessitando de 11,40 e 11,41N. Estas duas progênies não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram das demais, as quais apresentaram os maiores valores de força de desprendimento. No estágio de maturação cereja, as progênies que apresentaram os maiores valores de força de desprendimento foram (H6) e (H4), necessitando de 11,54 e 12,54N, respectivamente, valores que diferiram significativamente das demais progênies. As progênies que apresentaram menores de força de desprendimento do cereja foram (H3), (H2) e (H8), necessitando de 8,44, 8,65 e 9,61N, respectivamente, e não diferiram significativamente entre si. A relação entre a progênie (H4), que apresentou maior valor de força de desprendimento e a progênie (H3), com a menor força foi de 48,58%. Analisando-se a diferença entre a força de desprendimento dos frutos nos estádios verde e cereja, observa-se que a progênie que apresentou maior valor foi a (H2), com 28N e a progênie com menor valor a (H5), com 0,86N.

TABELA 25 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênes avaliados em diferentes estádios de maturação, avaliada em 14 de junho de 2007.

Maturação	Segunda avaliação*							
	Progênes							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Verde	14,05 Bb	12,93 Bb	11,40 Ba	14,78 Bb	11,41 Aa	13,97 Bb	13,85 Bb	13,34 Bb
Cereja	10,20 Ab	8,65 Aa	8,44 Aa	12,54 Ac	10,55 Ab	11,54 Ac	10,47 Ab	9,61 Aa
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	3,85	4,28	2,96	2,24	0,86	2,43	3,38	3,73

cv = 9,99%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na terceira avaliação (Tabela 26), a progênie (H4) apresentou maior valor de força de desprendimento dos frutos verdes, com 14,01N, mas este valor não diferiu dos demais. No estágio de maturação cereja, a progênie que apresentou menor valor de força de desprendimento foi (H2), necessitando de 7,56N, valor este que não diferiu significativamente das progênies (H7), (H1), (H3) e (H8), com força média de desprendimento de 7,60, 7,98, 8,69 e 8,87N, respectivamente. As demais progênies apresentaram os maiores valores de força média de desprendimento e não diferiram significativamente entre si. A diferença entre a progênie (H5), que apresentou a maior força de desprendimento e a progênie (H2), com a menor força no estágio cereja, foi de 48,54%.

Analisando-se a diferença entre a força de desprendimento dos frutos verde e cereja, observa-se que a progênie (H2) apresentou maior valor, 5,57N e a progênie (H5), o menor valor, 0,72N.

TABELA 26 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênes avaliadas em diferentes estádios de maturação, avaliada em 30 de junho de 2007.

Maturação	Terceira avaliação*							
	Progênes							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Verde	12,16 Ba	13,13 Ba	12,06 Ba	14,01 Ba	11,95 Aa	13,21 Ba	12,75 Ba	12,79 Ba
Cereja	7,98 Aa	7,56 Aa	8,69 Aa	10,80 Ab	11,23 Ab	9,76 Ab	7,60 Aa	8,87 Aa
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	4,18	5,57	3,37	3,21	0,72	3,45	5,15	3,92

cv = 13,39%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

Na quarta avaliação (Tabela 27), as progênies que apresentaram menores valores de força de desprendimento dos verdes foram (H3) e (H2), necessitando de 9,14 e 9,31N, respectivamente. Estas duas progênies não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram das demais. No estágio de maturação cereja, as progênies que apresentaram maiores valores de força de desprendimento foram (H6), (H4) e (H5), necessitando de 7,54, 8,43 e 8,44N, respectivamente, valores que diferiram significativamente dos demais. A progênie que apresentou menor valor de força de desprendimento do cereja foi (H2), com 4,68N, não diferindo das progênies (H7), (H3), (H8) e (H1), as quais apresentaram força de desprendimento iguais a 6,13, 6,20, 6,35 e 6,39N, respectivamente.

A diferença entre a maior e a menor força de desprendimento do cereja foi de 80,34% e ocorreu entre a progênie (H2) e (H5). A maior diferença entre a força de desprendimento dos frutos nos estádios verde e cereja ocorreu para as progênies (H1) e (H8), com 6,48N em ambas e as menores diferenças foram verificadas nas progênies (H3) (H5), com 2,94 e 3,68N, respectivamente.

Pode-se observar que, no período em questão, as progênies (H3), (H4) e (H5) apresentaram as menores diferenças entre a força de desprendimento do verde e cereja de 2,94 a 4,38M e as progênies (H1), (H6), (H7) e (H8), as maiores diferenças de 4,78 a 6,48N. Salienta-se que as progênies (H3), (H4) e (H5) têm a mesma origem (denominação H-518) e as progênies (H1), (H6), (H7) e (H8) origem (denominação H-514), tendo a progênie (H2) apresentado diferença entre a força do verde e do cereja de 4,63N, valor intermediário aos dos dois grupos de progênies citados. Analisando-se a força de desprendimento do cereja, observam-se menores valores para as progênies (H2), (H3) e (H7), respectivamente 4,68, 6,20 e 6,13N, permitindo indicar o início da colheita mecânica e seletiva para a progênie (H2), seguida de (H7) e (H3).

TABELA 27 Força de desprendimento média de frutos de café nas progênies avaliados em diferentes estádios de maturação, em 15 de julho de 2007.

Maturação	Quarta avaliação *							
	Progênies							
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8
Verde	12,87 Bb	9,31 Ba	9,14 Ba	12,81 Bb	12,12 Bb	12,32 Bb	11,18 Bb	12,83 Bb
Cereja	6,39 Aa	4,68 Aa	6,20 Aa	8,43 Ab	8,44 Ab	7,54 Ab	6,13 Aa	6,35 Aa
Diferença na força entre o estádio verde e o cereja	6,48	4,63	2,94	4,38	3,68	4,78	5,05	6,48

cv = 12,98%

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

Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

4 CONCLUSÕES

- ✓ Houve diferença significativa da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro em diferentes estádios de maturação e entre as cultivares e progênies.
- ✓ Dentro dos estádios de maturação, o verde apresentou força de desprendimento até 55,61% superior ao cereja para a cultivar Mundo Novo e de até 85,55% superior para a cultivar Topázio.
- ✓ Os estádios de maturação diferem entre si com relação à força de desprendimento em proporção linear, conforme caracterizado por modelos de regressão lineares.
- ✓ Dentre as cultivares avaliadas e conhecidas comercialmente, observou-se que as maiores forças de desprendimento dos frutos ocorreram para 'Icatu', 'Obatã' e 'Rubi' e as menores força para 'Topázio', 'Mundo Novo' e 'Acaiá,' sendo que o Catuai se apresenta em posição intermediária.
- ✓ A progênie (H2) foi a que apresentou menor força de desprendimento dos frutos cereja e com elevada diferença entre a força de desprendimento do verde e cereja, mostrando-se mais apta para a colheita mecânica e seletiva.
- ✓ A força de desprendimento dos frutos, sobretudo do cereja e do verde, demonstrou ser um parâmetro objetivo para indicar o momento de início de colheita mecanizada e seletiva do café.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CRISOSTO, C. H., NAGAO, M. A. Evaluation of fruit removal force of coffee cultivars. **Horti-Science**, v. 26, n.2, p. 210-230, 1991.

FERREIRA, D. F. **SISVAR: sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.0**. Lavras: DEX/UFLA, 1999. (Software estatístico).

PARCHOMCHUK, P.; COOKE, J. R. Vibratory fruit harvesting: an experimental analysis of fruit-stem dynamics. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, MI, EUA, v.15, n.4, p. 598-603, 1971.

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

SOUZA, C. M. A; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C.; RAFULL, L. Z. L. Desenvolvimento de uma máquina vibradora para estudo do desprendimento de frutos do cafeeiro. **Engenharia Agrícola**, Viçosa, MG, v. 13, n. 1, p. 7-18. Jan./Mar, 2005.

TONGUMPAL, P. **Strategies for machine harvesting of mature coffee (*Coffea arabica L.*) fruits**. St. Joseph, MI, EUA, 1993. 167 p. Tese (Doctor in Fitotecnia). Oregon State University, 1993.

CAPÍTULO 3

**Eficiência da colheita mecânica e seletiva do café em diferentes vibrações,
ao longo do período de colheita**

RESUMO

CASTRO SILVA, Flávio. Efeito da força de desprendimento e da maturação dos frutos de cafeeiros na colheita mecanizada. In:_____. **Eficiência da colheita mecânica e seletiva do café em diferentes vibrações, ao longo do período de colheita**. 2008. Cap 3, p. 76 - 97. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Máquinas e Automação Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras*.

Na cafeicultura, uma das dificuldades encontradas pelos produtores se resume a determinar o momento adequado de se iniciar a colheita mecanizada, bem como determinar os níveis de vibração e velocidade operacional adequadas. Essas determinações, normalmente, são feitas de forma empírica, que resulta em menor eficiência de colheita. Portanto, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar o desempenho operacional da colheita mecânica dos frutos de cafeeiros com uma colhedora KTR[®] Advance por meio de um sistema ‘neuro-fuzzy’ considerando-se a variação da vibração das varetas e do índice de maturação dos frutos. As avaliações foram realizadas quinzenalmente, durante 70 dias, em tratamentos com níveis de vibração de 13,33; 15,00 e 16,66 Hz. Foi contabilizado o volume colhido em cada período de acordo com a maturação da cultura, bem como a determinação da porcentagem de frutos colhidos em seus respectivos estádios de maturação de acordo com a vibração utilizada. Com base no sistema ‘neuro-fuzzy’, foi possível descrever 92% da eficiência de colheita da colhedora KTR[®], constatando-se aumento de eficiência de colheita com o aumento da vibração das varetas da colhedora e do índice de maturação dos frutos de café. Concluiu-se também que, com o aumento da vibração, há um aumento na porcentagem de frutos verdes colhidos e que a colheita mecânica seletiva é facilitada com o aumento do índice de maturação da cultura. Analisando o volume médio colhido durante todo o período, foi possível verificar que não houve diferença significativa nas vibrações de 13,33 e 15,00 Hz, mas houve incrementos de 30,90% e 37,45% quando utilizada a maior vibração.

* Comitê Orientador: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Orientador); Dr Marcelo de Carvalho Alves – FAMEV-UFMT (Co-Orientador).

ABSTRACT

CASTRO SILVA, Flávio. Effect of detachment force and coffee fruits maturation in mechanized harvesting. In: _____. **Efficiency of mechanical and selective harvesting of coffee in different vibrations during the harvest**. 2008. Chap 3, p. 76 - 97. Dissertation (Master in Agricultural Engineering, Agricultural Machinery and Automation) – Federal University of Lavras, Lavras*.

In a coffee of the difficulties encountered by producers comes down to determine the right time to start the mechanized harvest, and determine the levels of vibration and speed appropriate operational. Such determinations are usually made of empirical way, which usually results in lower efficiency of collection. So it was aimed to work with this, to evaluate the operational performance of mechanical harvesting the fruits of coffee with a harvester KTR[®] Advance through a system 'neuro-fuzzy' considering the range of vibration of rods and the index of and fruit. Evaluations were conducted twice during 70 days in treatments with levels of vibration of 13.33, 15.00 and 16.66 Hz was counted the volume collected in each period according to the maturation of culture and determination of the percentage of fruit harvested in their stages of maturity in accordance with the vibration used. Based on the system 'neuro-fuzzy' 92% were unable to describe the efficiency of collection of harvester KTR[®], noting an increase of efficiency of collection with increasing vibration of the rods harvester and the index of ripeness of the fruit of coffee. It was concluded that with increasing vibration there is an increase in the percentage of green fruit harvested and that the selective mechanical harvesting is facilitated with the increase in the rate of maturation of culture. Analyzing the average volume collected during the entire period, it was verified that there was no significant difference in the vibrations of 13.33 and 15.00 Hz, but with an increase of 30.90 and 37.45% when used in relation to greater vibration the lowest respectively.

* Guidance Committee: Dr. Fábio Moreira da Silva – DEG-UFLA (Adviser); Dr Marcelo de Carvalho Alves – FAMEV-UFMT (Co- Adviser).

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido ao expressivo aumento da área ocupada com a lavoura cafeeira e a crescente diminuição de mão-de-obra para a colheita manual, também aliados a fatores econômicos, os produtores de café passaram a optar pela colheita mecânica.

Esse avanço tecnológico só foi possível devido ao desenvolvimento da primeira colhedora no Brasil, em 1974, com o projeto “Jacto”, cujo objetivo era conhecer melhor a derriça do café. Em 1977, foi construída a primeira colhedora automotriz, denominada K-2, com acionamentos totalmente hidráulicos. Ela foi testada em estradas e lavouras de café, simulando seu deslocamento para o trabalho, quando 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 algumas réplicas que receberam a denominação de K-3, com as quais foram ampliadas as condições de testes. Naquele 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).

A partir de então, houve um crescente avanço em pesquisas relacionadas à colheita mecânica por meio do princípio de vibração. Além disso, nos últimos anos, a partir dos trabalhos desenvolvidos pela equipe de pesquisadores da Universidade Federal de Lavras, essa linha de pesquisa passou a direcionar-se também para a colheita mecânica e seletiva, visando retirar mecanicamente da planta, preferencialmente os frutos no estágio de maturação cereja, já que este estágio é o que confere melhor qualidade de bebida ao produto.

A colheita mecânica do café, segundo Fava (1990), é um resultado de um longo período de trabalho que se iniciou com idéias e planos e se concretizou com trabalho intenso de experimentação e pesquisas de campo.

Segundo Silva & Salvador (1998), esse desenvolvimento tecnológico foi favorável, sobretudo para o processo de colheita mecanizada, contribuindo para uma cafeicultura mais estável, capaz de apresentar produtividade sustentável, de forma a torná-la competitiva, além de proporcionar melhorias de vida ao contingente humano envolvido no processo de produção.

A colheita mecânica é muito dinâmica, pois, a todo o momento, novas decisões devem ser tomadas e alterações de procedimento devem ser realizadas, medidas que devem ser baseadas no conhecimento técnico-científico e também com viabilidade econômica do empreendimento.

1.2 Eficiência da colheita mecanizada

A colheita mecânica do café se pauta no princípio da vibração, em que varetas vibratórias entremeiam a copa dos cafeeiros e fazem a derriça dos frutos. Frutos verdes se desprendem com níveis mais elevados de vibração ou mediante o impacto direto da vareta, enquanto os frutos cereja, passa e seco se desprendem com vibrações mais baixas (Silva et al., 2007). Mediante este comportamento, três regulagens podem ser feitas nas colhedoras, com a finalidade de se obter maior eficiência na colheita seletiva, que são: a vibração, a velocidade operacional e a distribuição de varetas vibratórias. No entanto, é necessário estudar a interação entre esses fatores, de modo a possibilitar uma regulagem da colhedora e aumentar a eficiência da colheita de acordo com a maturação dos frutos na lavoura.

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

entre 10,83 a 14,16 Hz, para que ocorra maior desprendimento dos frutos cereja, deixando os verdes na planta. Segundo Oliveira (2006), a eficiência de colheita sofreu influência direta da vibração das varetas da colhedora KTR[®] e inversa da variação da velocidade. Segundo o autor, houve um aumento na eficiência de colheita de 29,25%, assim como de 31,12% de desfolha, comparando-se a menor com a maior vibração. No entanto, nesse caso, não foi considerada a interação entre as variáveis relacionadas com a eficiência de colheita nem com o índice de maturação dos frutos.

1.3 Modelagem “neuro-fuzzy” na cafeicultura

Cada vez mais, a utilização desta ferramenta se torna muito importante no âmbito da pesquisa nacional, visto que o sistema de lógica Fuzzy é muito conhecido e utilizado em outros países, principalmente os que possuem maior aparato tecnológico. No Brasil, é uma técnica já empregada em outras áreas e também vem se tornando muito utilizada na agricultura.

Alves (2006), avaliando a geoestatística no controle de doenças de plantas, concluiu que foi possível validar e implementar um sistema de lógica Fuzzy para estimar o processo monocíclico da ferrugem asiática da soja. Segundo o autor, foi possível observar que houve maior correlação das estimativas do sistema de lógica Fuzzy com os dados observados do que com os métodos de regressão não linear.

Dessa forma, objetiva-se, com este trabalho analisar, por meio da lógica Fuzzy, a força de desprendimento dos frutos do cafeeiro, de acordo com a cultivar e com a maturação dos frutos, bem como a forma como esses fatores estão relacionados ao desempenho operacional da colheita mecânica do cafeeiro com uma colhedora Jacto KTR[®] Advance.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados na Fazenda Capetinga, município de Boa Esperança, no estado de Minas Gerais, cujas coordenadas geográficas são de 21°13'S e 45°34 W, com altitude média de 930 m, na safra 2006/2007. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como subtropical com inverno seco (Cwb). A cultivar avaliada no experimento foi a 'Mundo Novo IAC 376/4', plantada no espaçamento 4,0 x 1,0 m, com população média de 2,5 mil plantas por hectare plantadas em curvas de nível, em terreno com declividade de 10%.

Os ensaios foram realizados utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições, em parcelas aleatórias, contendo, no mínimo, 40 plantas em linha em cada gleba. As parcelas foram devidamente caracterizadas determinando-se a carga pendente média ($L.planta^{-1}$) e a porcentagem de café verde, cereja, passa e seco na planta.

Em todas as avaliações foi utilizada a colhedora modelo Jacto KTR[®] Advance tracionada por um trator cafeeiro de 75cv com tração dianteira auxiliar (TDA). A colhedora trabalha a cavaleiro e, na fileira das plantas, possui dois cilindros derriçadores dotados de varetas vibratórias que trabalham na horizontal e envolve os cafeeiros lateralmente, derriçando os frutos pelo efeito da vibração, os quais caem no sistema de recolhimento que, depois de limpos, são transferidos para uma carreta ou ensacados.



FIGURA 15 Colhedora Jacto KTR[®] Advance utilizada nas avaliações.

TABELA 28 Especificações técnicas da colhedora Jacto KTR.

Especificações técnicas da colhedora KTR [®] Advance	
Peso (vazia)	6700 kg
Comprimento	5,00 m
Largura	3,00 m
Altura com cabina	5,32 m
Altura sem cabina	4,92 m
Altura de colheita	3,70 m
Bitola	3,17 m
Pneus	G2 10 x 24", 10 lonas, 35 a 40 psi
Espaçamento mínimo entre linhas	3,50 m
Engate	Nos braços do hidráulico
Acionamento	Pela TDP a 540 rpm
Declividade máxima do terreno	10%
Velocidade de trabalho	0,7 a 2,0 km/h
Velocidade de transporte	Até 8 km/h

FONTE: Jacto S/A.

A velocidade de 1.600 m.h^{-1} foi estabelecida para os ensaios experimentais, conforme referência de Oliveira (2006). Para tanto, foi necessário realizar verificações de campo com a colhedora acoplada ao trator nas diferentes combinações de marchas para se obter a velocidade desejada. Esta determinação foi realizada por meio da demarcação de uma trajetória de 50 metros, cronometrando o tempo necessário para o percurso, obtendo-se, assim, a velocidade média. A combinação de marcha mais próxima de 1.600 m.h^{-1} foi a 1ª marcha com multiplicador¹, sem redução a 1.800 rpm do motor, fornecendo a velocidade média de $1.614,48 \text{ m.h}^{-1}$.

Esta velocidade foi mantida constante para todos os tratamentos, que constaram da variação da vibração em 800, 900 e 1000 ciclos.minuto⁻¹ (13,34, 15 e 16,5 Hz).

Os dados experimentais foram organizados em tabelas e gráficos, utilizando-se o programa Microsoft Office Excel[®] e analisados por meio do Matlab R2006b[®].

Durante a colheita mecanizada com a colhedora KTR[®] Advance foi determinado o volume colhido em litros.h⁻¹, com a percentagem de frutos nos diferentes estádios de maturação (verde, cereja, passa e seco) para as distintas vibrações: 13,34, 15 e 16,5 Hz.

A obtenção da percentagem de frutos nos distintos estádios de maturação foi feita por meio da contagem dos frutos a partir de cinco amostras de 0,50L em cada vibração. Estas amostras foram coletadas e avaliadas imediatamente após os ensaios de colheita mecanizada em cada parcela e tratamento, a fim de se evitar erros na diferenciação entre os estádios de maturação cereja e passa. O volume total de frutos colhidos foi determinado

¹ Redutor, caixa de marchas auxiliar que tem a função de reduzir ainda mais a velocidade de deslocamento do trator para a realização de trabalhos que exigem baixa velocidade operacional.

utilizando-se uma medida graduada de 20L e marcando o tempo necessário para que a mesma atingisse o volume máximo. Para tal, todo o fluxo de frutos oriundos do transportador lateral da colhedora foi direcionado para a medida graduada.

Para a obtenção da carga pendente, foi necessário realizar a colheita manual sobre panos em cinco plantas das ruas de cafeeiros, onde foram demarcadas as parcelas experimentais. O índice de maturação (IM) foi determinado com base na porcentagem de frutos verdes. Para isso, foi necessária a contagem dos frutos obtidos das cinco amostras de 0,50L do volume total da carga pendente presente nas plantas de cada gleba. O índice de maturação final foi obtido por meio da média dos cinco valores de IM encontrados em cada repetição.

$$IM = 100\% - \%verde \quad (3)$$

em que:

IM é o índice de maturação (%), o qual representa a somatória das percentagens de frutos cerejas, passa e seco;

$\%_{verde}$ é a percentagem de frutos verdes.

$$IM = \sum \%cereja, \%passa, \%seco \quad (4)$$



FIGURA 16 Medida graduada utilizada para a obtenção do volume total



FIGURA 17 Medida graduada utilizada na amostragem do índice de maturação.

Avaliou-se a força de desprendimento, quinzenalmente, durante 70 dias. Em três períodos, caracterizando início, meio e fim de colheita, foram feitos os ensaios de colheita mecanizada com níveis de vibração de 13,33, 15,00 e 16,66

Hz, em que foram levantados os volumes colhidos para determinar a eficiência de colheita em função da carga pendente.

Para a utilização do sistema “neuro-fuzzy”, definiram-se as funções de pertinência e as regras de inferência por meio de redes neurais. O sistema utilizou o operador de implicação “Sugeno”, pela facilidade em adaptar a técnica de redes neurais na construção de sistemas de lógica “Fuzzy” e pela melhor aplicação desse método na modelagem de sistemas não-lineares (Tsoukalas & Uhrig, 1997).

As redes neurais foram treinadas com o método progênie, considerando-se 35 nós, 9 parâmetros lineares, 12 parâmetros não-lineares, 3 funções de pertinência (fp) para a vibração, 3 fp para o índice de maturação e 9 regras para se estimar a eficiência de colheita.

O sistema ‘neuro-fuzzy’ foi configurado com os seguintes operadores: ‘AndMethod’ = ‘prod’, ‘OrMethod’ = ‘probor’, ‘ImpMethod’ = ‘prod’, ‘AggMethod’ = ‘sum’, ‘DefuzzMethod’ = ‘wtaver’, procurando obter-se o menor erro possível.

Os valores observados e estimados pelo sistema ‘neuro-fuzzy’ foram comparados por meio de regressão linear, de modo a se observar o desempenho do modelo para descrever o desempenho operacional da colheita.

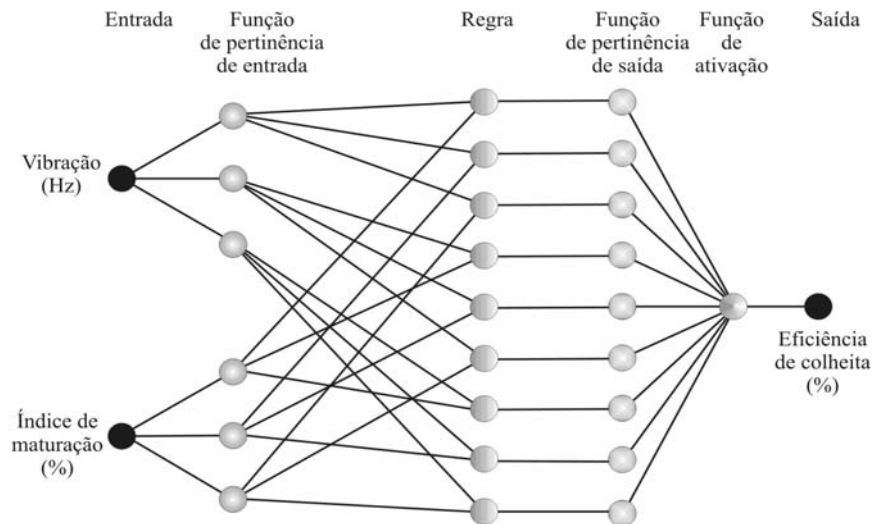


FIGURA 18 Arquitetura de rede neural utilizada para definir o sistema “neuro-fuzzy” para estimar a eficiência de colheita da colhedora KTR.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se aplicação satisfatória do sistema ‘neuro-fuzzy’ para descrever o desempenho operacional da colhedora KTR[®]. Constatou-se aumento de eficiência de colheita com o aumento da vibração das varetas da colhedora e do índice de maturação da cultura (Figura 19), de forma a descrever 92% da eficiência de colheita ao se comparar os valores observados e os estimados pelo modelo desenvolvido (Figura 20).

Oliveira (2006) também verificou maior eficiência de colheita sob a maior vibração. Segundo o autor, houve um aumento na eficiência de colheita de 29,25%, assim como de 31,12% de desfolha, comparando-se a menor com a maior vibração.

Conforme se observa na Figura 19, a eficiência da colheita mecânica é diretamente proporcional ao índice de maturação dos frutos e ao nível de vibração mecânica aplicada ao cafeeiro. Maiores vibrações favorecem um maior

desprendimento dos frutos, porém, contribui para uma maior quantidade de frutos verdes presentes na massa total colhida.

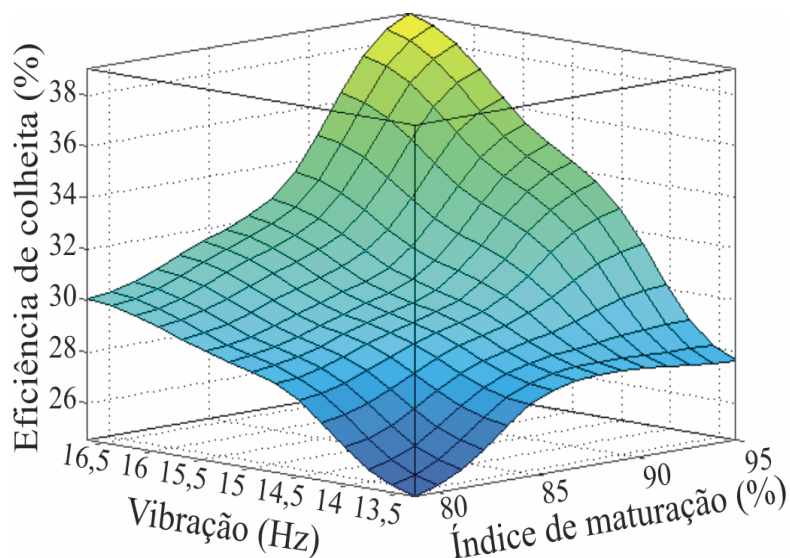


FIGURA 19 Superfície de controle do sistema “neuro-fuzzy” (SNF) utilizado para descrever a eficiência de colheita da colhedora KTR.

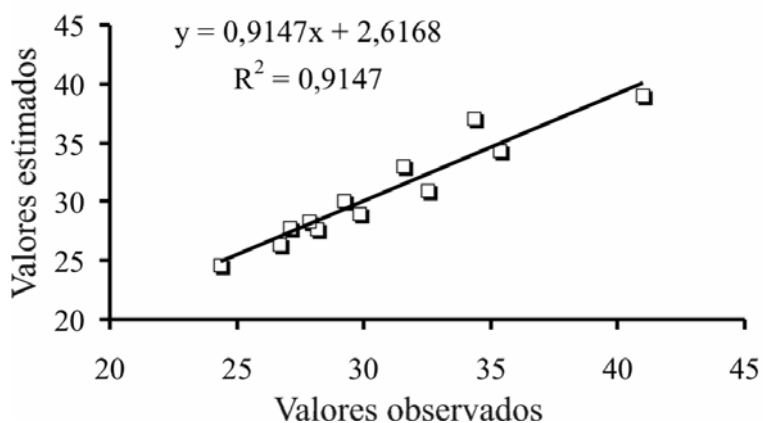


FIGURA 20 Relação linear entre os valores observados e estimados pelo modelo “neuro-fuzzy” utilizado para descrever a eficiência de colheita da colhedora KTR.

Como foi descrito anteriormente que o índice de maturação é o somatório dos frutos cereja, passa e seco, conclui-se que o índice de maturação e o grau de maturação estão correlacionados, já que o grau de maturação depende das porcentagens de frutos nos referidos estádios de maturação e também das notas adotadas a cada estádio de maturação (Figura 21). Portanto, quanto maior o grau de maturação, mais frutos maduros estão presentes na planta, visto que o maior grau de maturação possível assume valor 4,0 e, quanto menor o grau de maturação, maior é a porcentagem de frutos verdes presentes na planta, visto que o menor valor possível para o grau de maturação é 1,0.

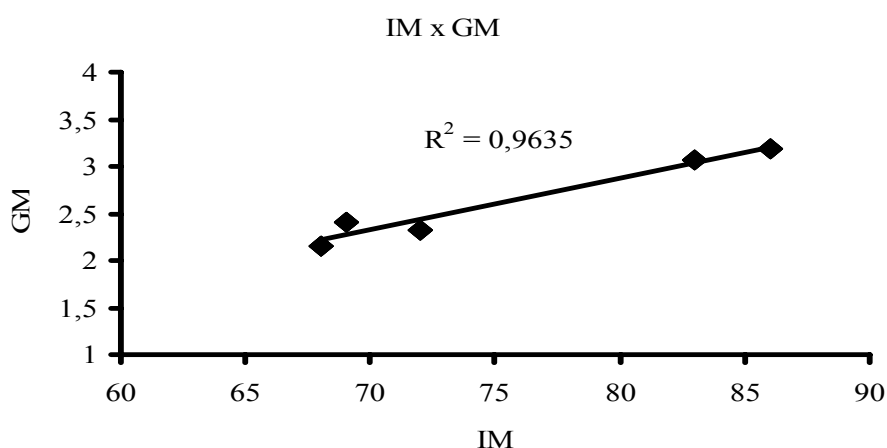


FIGURA 21 Relação linear entre o índice de maturação (IM) e o grau de maturação (GM).

Pelo gráfico da Figura 22, em que está representado o modelo linear de força média para o desprendimento dos frutos de café em seus diferentes estádios de maturação, é possível observar que quanto maior o grau de maturação menor é a força de desprendimento média dos frutos. Conclui-se, portanto, que a força de desprendimento e a eficiência da colheita mecânica

estão correlacionadas. Ou seja, quanto menor a força para o desprendimento dos frutos, maior será a eficiência de colheita mecânica.

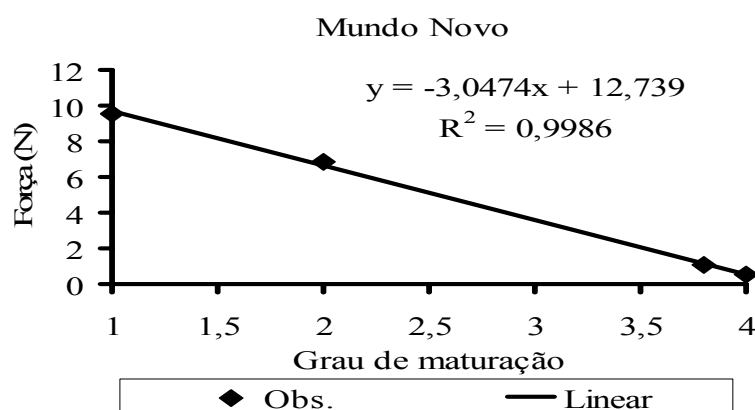


FIGURA 22 Modelo linear para a cultivar Mundo Novo, ao longo de todo o período de avaliação.

Os dados das Tabelas 29, 30 e 31 demonstram, em três diferentes épocas de colheita, os resultados do volume e porcentagem de frutos colhidos em seus diferentes estádios de maturação para os três níveis de vibração utilizados. Percebe-se que, com o aumento da vibração, houve aumento do volume colhido, porém, favorecendo a maior retirada de frutos verdes da planta.

Por meio dos resultados da Tabela 29, para colheita feita em 30 de maio, é possível observar que o volume de frutos colhidos tem uma tendência a aumentar com os maiores níveis de vibração das varetas da colhedora, contudo, não diferindo significativamente. Nota-se que o maior volume colhido 45,22 medidas.h⁻¹ ocorreu na vibração de 16,66 Hz e o menor volume 29,25 medidas.h⁻¹ na vibração de 13,33 Hz, o que é um comportamento esperado e já confirmado por Silva et al. (1997) e Oliveira (2006). Neste caso, a porcentagem de cerejas colhidos foi elevada para as três vibrações empregadas, com baixa porcentagem de verdes, no máximo 6,77%, o que reflete o princípio da colheita

seletiva, colhendo maior volume de cereja, mesmo com elevada porcentagem de verdes na planta, que nesta data era de 31%.

TABELA 29 Volume e porcentagem de frutos colhidos em seus distintos estádios de maturação, para os níveis de vibração utilizados na primeira avaliação, em 30 de maio de 2007.

Cultivar Mundo Novo			
IM = 69,06% e GM = 2,70			
Vibração Hz (ciclos.min⁻¹)*	13,33 (800)	15,00 (900)	16,66 (1000)
Volume colhido (Med.h ⁻¹)**	29,25 a	36,64 a	45,22 a
Eficiência de colheita (%)	18,60	23,29	28,75
Verde	2,55 A a	5,16 A a	6,77 A a
Cereja	38,27 C a	41,52 C a	42,62 C a
Passa	35,64 C a	29,69 B a	26,51 B a
Seco	23,53 B a	23,63 B a	24,10 B a
cv = 18,07%			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

** cv = 18,07%.

No segundo período de colheita, ocorrido em 13 de junho (Tabela 30), nota-se que o maior volume colhido também ocorreu com a maior vibração 16,66 Hz, sendo de 124,48 medidas.h⁻¹, que diferiu significativamente. Contudo, a porcentagem de verdes colhidos aumentou para 19,98%, que não diferiu significativamente das menores vibrações. Esta porcentagem de verdes pode ser considerada aceitável, conforme Chalfoun (1998), que estabelece o limite de 20% de verdes no volume total colhido. Como o índice de maturação está maior que 80%, a maior vibração pode ser recomendada, visando à maior eficiência de colheita.

TABELA 30 Volume e porcentagem de frutos colhidos em seus distintos estádios de maturação, para os níveis de vibração utilizados na segunda avaliação, em 13 de junho de 2007.

Cultivar Mundo Novo			
IM = 83,76% e GM =2,78			
Vibração Hz (ciclos.min⁻¹)*	13,33 (800)	15,00 (900)	16,66 (1000)
Volume colhido (Med.h ⁻¹)**	92,41 a	93,40 a	124,48 b
Eficiência de colheita (%)	31,63	31,97	42,61
Verde	12,21 A a	16,25 B a	19,98 A a
Cereja	15,87 A a	8,75 A a	11,98 A a
Passa	14,20 A a	19,57 B a	15,85 A a
Seco	57,70 B a	55,42 C a	52,18 B a
cv = 15,41%			

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott. Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

** cv = 19,94%.

No terceiro período de colheita, em 22 de junho (Tabela 31), o maior volume colhido também foi na vibração de 16,66 Hz, diferindo significativamente das demais, com apenas 7,08% de frutos verdes, pelo elevado índice de maturação, 83,11%, que justifica o uso de vibração maior, também favorecendo a eficiência de colheita.

No período de início de colheita, os volumes colhidos foram baixos, da ordem média de 37 medidas.h⁻¹, com máxima eficiência de colheita de 28,75%, dentro das vibrações utilizadas. Contudo, a porcentagem média de frutos cereja colhidos é elevada, 40,80%; mesmo com a vibração de 16,66 Hz, a porcentagem de frutos verdes colhido foi baixa, 6,77%. É importante lembrar que, nesta data, a força de desprendimento do cereja era de 6,08 N e do verde, 7,61 N, com diferença entre a força de desprendimento do verde e cereja de 1,53 N, o que caracterizaria condições de colheita total. Porém, o índice de maturação de 69,06%, ainda era baixo.

No terceiro período de colheita, o volume colhido aumentou consideravelmente sendo, em média, de 111,28 medidas.h⁻¹ dentro das vibrações utilizadas. Observa-se que, nesta data, a força de desprendimento do cereja era de 7,00 N, maior que a observada no primeiro período e a força de desprendimento do verde de 10,34 N, bastante elevada também. Dessa forma, o maior volume colhido está correlacionado com a maior porcentagem de frutos secos colhidos, que difere significativamente dos demais, o que se confirma pelo índice de maturação, de 86,11%. Demonstrando não ser mais possível fazer colheita seletiva neste período, devido à adiantada maturação da lavoura.

TABELA 31 Volume e porcentagem de frutos colhidos em seus distintos estádios de maturação, para os níveis de vibração utilizados na terceira avaliação, em 22 de junho de 2007.

Cultivar Mundo Novo		IM = 86,11% e GM =2,98		
Vibração Hz (ciclos.min⁻¹)*	13,33 (800)	15,00 (900)	16,66 (1000)	
Volume colhido (Méd.h ⁻¹)**	98,89 a	101,57 a	133,47 b	
Eficiência de colheita (%)	28,75	42,61	45,69	
Verde	4,65 A a	3,78 A a	7,08 A a	
Cereja	14,17 B a	16,76 B a	17,77 B a	
Passa	21,49 C a	15,07 B a	15,25 B a	
Seco	59,69 D a	64,39 C a	59,91 C a	
cv = 12,64%				

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott
Letras maiúsculas na coluna e letras minúsculas na linha.

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

** cv = 12,64%.

Na Tabela 32 estão os volumes médios de frutos de café colhidos nas distintas vibrações, ao longo do período de colheita. Nota-se que a vibração de 16,66 Hz foi a que apresentou maior volume médio de colheita ao longo do período, diferindo estatisticamente das demais vibrações. Tal vibração

apresentou volumes médios de colheita de 37,45% e 30,90% superiores às vibrações de 13,33 e 15,00, respectivamente. Já as vibrações de 13,33 e 15,00 Hz não apresentaram diferença significativa entre si, em que a vibração de 15,00 Hz apresentou um volume médio de colheita de 5,00% superior em relação à menor vibração.

TABELA 32 Volume médio de frutos de café colhido em cada vibração.

Vibração Hz (ciclos.min⁻¹)	Volume médio de colheita (Medidas.h⁻¹)*
13,33 (800)	73,52 A
15,00 (900)	77,20 A
16,66 (1000)	101,06 B

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

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

Na Figura 23 está representado o volume total de colheita em cada vibração, ao longo do período de colheita e avaliação. Nota-se que, no início da colheita, os volumes colhidos nas três vibrações não possuem diferenças tão elevadas, mas o oposto acontece a partir do momento em que há maior quantidade de frutos maduros, ou seja, aproxima-se o meio de safra.

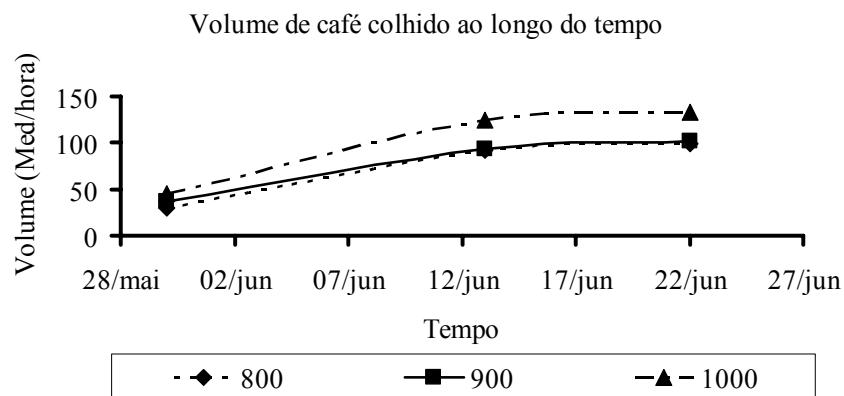


FIGURA 23 Volume médio de frutos de café colhido em cada vibração, ao longo do tempo.

4 CONCLUSÕES

- ✓ Foi possível descrever o desempenho operacional da eficiência de colheita de frutos de café pela colhedora KTR[®] Advance sob interação da vibração das varetas e do índice de maturação da cultura por meio de um sistema “neuro-fuzzy”.
- ✓ O volume e a eficiência de colheita estão diretamente relacionados com a intensidade de vibração e com o índice de maturação dos frutos.
- ✓ A colheita mecanizada seletiva pode ser gerenciada de acordo com a força de desprendimento dos frutos de café, juntamente com o índice de maturação.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. C. **Geoestatística e sistemas 'Fuzzy' na proteção de plantas**. 2006. 186 p. Tese (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. **Colheita e preparo do café**. 1998. 49 p. Especialização (Curso de Pós-Graduação 'Lato Sensu'- Cafeicultura Empresarial: Produtividade e Qualidade) – Fundação de Extensão e Pesquisa; Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- FAVA, J. F. M. O desenvolvimento da colheita de café. In: CICLOS DE ESTUDOS SOBRE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA, 4., 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação CARGILL, 1990. p. 234-246.
- OLIVEIRA, E. **Colheita mecanizada do café em maiores velocidades operacionais**. 2006. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; BARBOSA, R. R.; ABREU, E. M. Desempenho da operação mecanizada de derriça do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 23., 1997, Manhuaçu. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 1997. p. 174-176.
- SILVA, F. M.; SALVADOR, N. **Mecanização da lavoura cafeeira: colheita**. Lavras: UFLA/DEG, 1998. p. 55. (Boletim Técnico).
- 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.; SILVA, F. C.; SILVA, A. C. R.; ALVES, M. C.; SOUZA, J. C. S. Influência da força de desprendimento dos frutos do cafeeiro em diferentes estádios de maturação ao longo da colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 2007.
- TSOUKALAS, L. H.; UHRIG, R. E. **Fuzzy and neural approaches in engineering**. New York: J. Wiley, 1997. 587 p.

6 ANEXOS

TABELA A 1 Força de tração requerida em função do alongamento da mola. .	99
TABELA A 2. Análise de Variância da primeira avaliação.	99
TABELA A 3. Análise de Variância da segunda avaliação.	100
TABELA A 4. Análise de Variância da terceira avaliação.	100
TABELA A 5. Análise de Variância da quarta avaliação.	100
TABELA A 6. Análise de Variância da quinta avaliação.	101
TABELA B 1. Análise de Variância da primeira avaliação.	102
TABELA B 2. Análise de Variância da segunda avaliação.	102
TABELA B 3. Análise de Variância da terceira avaliação.	102
TABELA B 4. Análise de Variância da quarta avaliação.	103
TABELA B 5. Análise de Variância da quinta avaliação.	103
TABELA B 6. Análise de Variância da sexta avaliação.	103
TABELA B 7. Análise de Variância da sétima avaliação.	104
TABELA C 1. Análise de Variância da primeira avaliação.	105
TABELA C 2. Análise de Variância da segunda avaliação.	105
TABELA C 3. Análise de Variância da terceira avaliação.	105
TABELA C 4. Análise de Variância da quarta avaliação.	106

ANEXO A

A força aplicada na mola é diretamente proporcional à sua deformação do estado inicial (equilíbrio), calculada pela expressão (1). Estando uma mola no seu estado equilíbrio com uma extremidade fixa, aplicando-se uma força (F) à sua outra extremidade livre, ocorre certa deformação, sendo a intensidade da força (F) diretamente proporcional à deformação (Δl).

TABELA A 1 Força de tração requerida em função do alongamento da mola.

Δl (m)	F (N)	F (kgf)
0,01	0,8	0,080
0,05	4,0	0,400
0,10	8,0	0,800
0,15	12,0	1,200

6.1 Anexos relativos à força de desprendimento dos frutos na Fazenda Capetinga.

TABELA A 2. Análise de variância da primeira avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	2	1,4406	0,720	36,512	0,0000
Maturação	3	357,341	119,113	6037,877	0,0000
Cultivar*Maturação	6	1,884	0,314	15,919	0,0000
Erro	24	0,473	0,019		
Total corrigido	35	361,140			
CV (%)	3,72				
Média geral	3,775				
Nº. de observações	36				

TABELA A 3. Análise de variância da segunda avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	2	1,322	0,661	35,088	0,0000
Maturação	3	378,922	126,307	6701,652	0,0000
Cultivar*Maturação	6	1,797	0,299	15,896	0,0000
Erro	24	0,452	0,018		
Total corrigido	35	382,495			
CV (%)	3,55				
Média geral	3,865				
Nº. de observações	36				

TABELA A 4. Análise de variância da terceira avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	2	7,758	3,879	21,892	0,0000
Maturação	3	833,775	277,925	1568,402	0,0000
Cultivar*Maturação	6	8,744	1,457	8,224	0,0001
Erro	24	4,252	0,177		
Total corrigido	35	854,531			
CV (%)	7,86				
Média geral	5,358				
Nº. de observações	36				

TABELA A 5. Análise de variância da quarta avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	2	5,573	2,786	42,940	0,0000
Maturação	3	644,154	214,718	3308,590	0,0000
Cultivar*Maturação	6	5,189	0,864	13,328	0,0000
Erro	24	1,557	0,064		
Total corrigido	35	656,475			
CV (%)	4,98				
Média geral	5,113				
Nº. de observações	36				

TABELA A 6. Análise de variância da quinta avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	2	12,950	6,475	83,895	0,0000
Maturação	3	756,783	252,261	3268,337	0,0000
Cultivar*Maturação	6	12,346	2,057	26,661	0,0000
Erro	24	1,852	0,077		
Total corrigido	35	783,933			
CV (%)	5,15				
Média geral	5,390				
Nº. de observações	36				

ANEXO B

6.2 Anexos relativos à força de desprendimento dos frutos na Fazenda Cafua.

TABELA B 1. Análise de variância da primeira avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	6	49,969	8,328	11,258	0,0000
Maturação	3	1762,709	587,569	794,271	0,0000
Cultivar*Maturação	18	43,917	2,439	3,298	0,0003
Erro	56	41,426	0,739		
Total corrigido	83	1898,023			
CV (%)	14,78				
Média geral	5,819				
Nº. de observações	84				

TABELA B 2. Análise de variância da segunda avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	6	19,663	3,277	15,161	0,0000
Maturação	3	1241,544	413,848	1914,550	0,0000
Cultivar*Maturação	18	20,550	1,141	5,282	0,0000
Erro	56	12,104	0,216		
Total corrigido	83	1293,862			
CV (%)	10,63				
Média geral	4,374				
Nº. de observações	84				

TABELA B 3. Análise de variância da terceira avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	6	11,918	1,986	10,073	0,0000
Maturação	3	1447,807	482,602	2447,112	0,0000
Cultivar*Maturação	18	16,662	0,925	4,694	0,0000
Erro	56	11,043	0,197		
Total corrigido	83	1487,432			
CV (%)	9,95				
Média geral	4,461				
Nº. de observações	84				

TABELA B 4. Análise de variância da quarta avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	6	7,085	1,180	10,936	0,0000
Maturação	3	1197,608	399,202	3696,851	0,0000
Cultivar*Maturação	18	13,773	0,765	7,086	0,0000
Erro	56	13,773	0,107		
Total corrigido	83	1224,514			
CV (%)	7,85				
Média geral	4,185				
Nº. de observações	84				

TABELA B 5. Análise de variância da quinta avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	6	7,744	1,290	6,774	0,0000
Maturação	3	1037,499	345,833	1815,125	0,0000
Cultivar*Maturação	18	9,077	0,504	0,190	0,0028
Erro	56	10,669	0,190		
Total corrigido	83	1064,991			
CV (%)	10,98				
Média geral	3,974				
Nº. de observações	84				

TABELA B 6. Análise de variância da sexta avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	6	8,398	1,399	7,787	0,0000
Maturação	3	959,397	319,799	1779,110	0,0000
Cultivar*Maturação	18	9,749	0,541	3,013	0,0008
Erro	56	10,066	0,179		
Total corrigido	83	987,612			
CV (%)	10,92				
Média geral	3,884				
Nº. de observações	84				

TABELA B 7. Análise de variância da sétima avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	6	6,302	1,050	6,570	0,0000
Maturação	3	896,319	298,773	1868,765	0,0000
Cultivar*Maturação	18	8,751	0,486	3,041	0,0008
Erro	56	8,953	0,159		
Total corrigido	83	920,327			
CV (%)	10,48				
Média geral	3,816				
N°. de observações	84				

ANEXO C

6.3 Anexos relativos à força de desprendimento dos frutos na Fazenda Campos Altos.

TABELA C 1. Análise de variância da primeira avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	7	60,620	8,660	10,933	0,0000
Maturação	1	212,248	212,248	267,962	0,0000
Cultivar*Maturação	7	38,347	5,478	6,916	0,0000
Erro	48	38,019	0,792		
Total corrigido	63	349,236			
CV (%)	8,36				
Média geral	10,639				
Nº. de observações	64				

TABELA C 2. Análise de variância da segunda avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	7	79,371	11,338	8,254	0,0000
Maturação	1	140,689	140,689	102,417	0,0000
Cultivar*Maturação	7	16,980	2,425	1,766	0,1163
Erro	48	65,937	1,373		
Total corrigido	63	302,977			
CV (%)	9,99				
Média geral	11,737				
Nº. de observações	64				

TABELA C 3. Análise de variância da terceira avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	7	38,907	5,558	2,603	0,0000
Maturação	1	218,596	218,596	102,366	0,0000
Cultivar*Maturação	7	30,353	4,336	2,031	0,0703
Erro	48	102,500	2,135		
Total corrigido	63	390,358			
CV (%)	13,39				
Média geral	10,912				
Nº. de observações	64				

TABELA C 4. Análise de variância da quarta avaliação.

FV	GL	SQ	QM	FC	FR>FC
Cultivar	7	92,433	13,204	9,312	0,0000
Maturação	1	368,784	368,784	260,070	0,0000
Cultivar*Maturação	7	21,242	3,034	2,140	0,0569
Erro	48	68,064	1,418		
Total corrigido	63	550,524			
CV (%)	12,98				
Média geral	9,175				
N°. de observações	64				