



ROGNER CARVALHO AVELAR

**IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES DE
CAFEIRO (*Coffea Arábica L.*) APTAS A
COLHEITA MECANIZADA**

LAVRAS – MG

2013

ROGNER CARVALHO AVELAR

**IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES DE CAFEEIRO (*Coffea Arábica L.*)
APTAS A COLHEITA MECANIZADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Élberis Pereira Botrel

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Avelar, Rogner Carvalho.

Identificação de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) aptas
à colheita mecanizada / Rogner Carvalho Avelar. – Lavras : UFLA,
2014.

61 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Élberis Pereira Botrel.

Bibliografia.

1. Colheita mecanizada. 2. Café - Colheita mecanizada e
seletiva. 3. Café - Características vegetativas. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 631.55

ROGNER CARVALHO AVELAR

**IDENTIFICAÇÃO DE CULTIVARES DE CAFEEIRO (*Coffea Arábica L.*)
APTAS A COLHEITA MECANIZADA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 04 de outubro de 2013.

Dr. Marcelo de Carvalho Alves	UFMT
Dr. Fábio Moreira da Silva	UFLA
Dr. César Elias Botelho	EPAMIG
Dr. Gladyston Rodrigues de Carvalho	EPAMIG

Dr. Élberis Pereira Botrel
Orientador

LAVRAS – MG

2013

Ofereço a minha amada esposa, Poliane, pelo amor e carinho nesses anos de convivência e pela inspiração que me faz querer ser cada dia melhor.

Dedico, aos meus pais, José Carlos Avelar (*in memoriam*) e D. Cida pelos valiosos ensinamentos e carinho que me ajudaram até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me concedeu a sabedoria e força para chegar até aqui.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de fazer este trabalho.

À Epamig, pelo apoio e disponibilização das áreas experimentais.

Ao orientador, Prof. Élberis Pereira Botrel, pela confiança, amizade e bons conselhos.

Ao coorientador, Prof. Fábio Moreira da Silva, pela amizade, por sempre me encorajar nesta empreitada e, principalmente, por ter tido a confiança em meu trabalho.

Ao também coorientador, César Elias Botelho, pela amizade, confiança e grandes ensinamentos, que sem eles não seria possível a realização deste trabalho.

Ao pesquisador Gladyston Rodrigues Carvalho, pela grande amizade e confiança dedicada neste trabalho.

Ao Prof. Rubens José Guimarães, por ter me ensinado amar a cafeicultura com imensa paixão e por ter me mostrado a bela vida de um extensionista.

Aos funcionários da Fazenda Experimental da Epamig de Três Pontas, principalmente ao Sr. Ronaldo, que cuidou das áreas experimentais com dedicação e carinho.

À TDI Máquinas Agrícolas, por nos disponibilizar a colhedora.

Aos funcionários da TDI Máquinas Agrícolas, principalmente ao Sr. Adalidio e ao Toninho que nos atenderam com a maior eficiência e profissionalismo.

Ao meu sogro e minha amada sogra, Sr. Sebastião e D. Maria, pelo amor e carinho.

Aos meus irmãos, Jose Carlos, Carlos Henrique, Euzimar e Filomena, pela paciência e compreensão nos meus momentos de ausência.

Aos amigos da pós-graduação em Engenharia Agrícola e Fitotecnia, João Paulo (Carioca), Rodrigo Elias, Jackson e Cleitom pela grande amizade, pelas ótimas histórias e ajuda nos experimentos.

Aos meus grandes amigos de Lavras, João Paulo Felicori, Maick José e Milton Deperon pela amizade e motivação.

Aos irmãos da República Tokaia, Giuliano, Renan, Filipe (Batata) e Pedro (Munheca), pela amizade e pelos bons momentos de convivência.

Aos amigos de Monte Carmelo, Leo Sanfoneiro, Júnior Schinchariol, Acácio Dianin, Randal Ribeiro, César Jordão e Hélder Bovi pelo apoio ao terminar esta etapa.

À Cooperativa de Cafeicultores do Cerrado Monte Carmelo, pela confiança e apoio.

RESUMO

A cafeicultura passa por um processo de transição na utilização da mão de obra na colheita para a mecanização. A utilização das colhedoras vem sendo questionadas, pois ainda não foram encontrados parâmetros precisos para se determinar o momento correto de se fazer a colheita e como regular as colhedoras. Este trabalho tem o objetivo de determinar quais as cultivares ótimas para colheita mecanizada e quais as características que influenciam nesta operação. O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Epamig de Três Pontas - Minas Gerais (FETP), com as seguintes cultivares: Acaiá Cerrado MG 1474 (testemunha); Catiguá MG 2; Paraíso MG H 419-1; Pau-Brasil MG 1; Sacramento MG 1; MGS Travessia; Topázio MG 1190. As cultivares estavam plantadas no espaçamento de 3,5 x 0,7 m, com idade de 6 anos, sendo que os talhões foram implantados em terreno com 7% de declividade média. As avaliações das características vegetativas foram feitas em parcelas escolhidas ao acaso, com 10 plantas por cultivar, dentro do mesmo talhão utilizando delineamento experimental Inteiramente Casualizado, em esquema fatorial 7 cultivares x 3 posições dos ramos plagiotrópicos. A avaliação da carga pendente das plantas e a porcentagem de frutos verdes, cerejas e passas, foram realizadas em delineamento experimental de Blocos Casualizados com 5 repetições, com uma planta por parcela. A força de desprendimento foi avaliada em 3 frutos verdes e 5 frutos cerejas por planta. A avaliação da colheita foi realizada nas safras de 2011 e 2012, utilizando delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. As parcelas continham 10 plantas, sendo 8 úteis e 2 plantas como bordadura. Foram avaliadas a eficiência de colheita e a eficiência de derriça. As cultivares Acaiá Cerrado MG 1474 e Topázio MG 1190 apresentaram as melhores eficiências de derriça nas duas safras avaliadas e têm as características que melhor se correlacionam com a eficiência de colheita.

Palavras Chave: Colheita Mecanizada e Seletiva. Características Vegetativas. Café.

ABSTRACT

Coffee Culture is in a process of transition from the use of hand labor to mechanized harvesting. The use of harvesters has been questioned because precise parameters have not yet been found to determine the correct time to harvest and how to regulate the harvesters. This study aims at determining the optimum cultivars for mechanized harvest and which characteristics influence this operation. The work was conducted at the Fazenda Experimental da Epamig of Três Pontas (FETP), Minas Gerais, Brazil, with the following cultivars : Acaia Cerrado MG 1474 (control); Catiguá MG 2, Paraíso MG H 419-1; Pau Brazil MG-1; Sacramento MG 1; MGS Travessia; Topázio MG 1190. The cultivars were planted at a spacing of 3.5 x 0.7 m, with 6 years of age, with plots implanted on a 7% average declivity terrain. The evaluations of the vegetative characteristics were performed on randomly chosen plots with 10 plants per cultivar within the same field, using a completely randomized design in a 3 cultivars x 7 positions of primary branches factorial scheme. The evaluations on the pending charge of the plants and the percentage of green, cherry and raisin fruit were performed in an randomized block design with 5 replicates, with one plant per plot. The force of detachment was assessed on green 3 and 5 cherry fruits per plant. The evaluation of the harvest was performed on the 2011 and 2012 harvests, using a randomized block design with three replicates. The plots contained 10 plants, with 8 useful and 2 plants as margin. Harvesting efficiency and the efficiency of detachment were evaluated. Cultivars Acaia Cerrado MG 1474 and Topázio MG 1190 presented better detachment efficiency for both harvests, and presents the characteristics which best correlate with the harvesting efficiency.

Keywords: Mechanical and Selective Harvesting. Vegetative characteristics. Coffee.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Avaliação do diâmetro do ramo ortotrópico	25
Figura 2	Avaliação do comprimento do ramo plagiotrópico	26
Figura 3	Avaliação do ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos	27
Figura 4	Dinamômetro portátil	28
Figura 5	Avaliação de desfolha e perdas provocadas pela colhedora	31
Figura 6	Colhedora automotriz com graneleiro	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Avaliação da Altura (cm), Diâmetro da Copa (D.C) e Número de Ramos Plagiotrópicos Primário (N.R.P.).....	33
Tabela 2	Comprimento médio (cm) dos ramos plagiotrópicos do Terço Inferior (C.T.I.), Terço Médio (C.T.M.), Terço Superior (C.T.S.) e a forma da copa das plantas.....	35
Tabela 3	Ângulo de inserção médio (graus) dos ramos plagiotrópicos do Terço Inferior (A.T.I.), Terço Médio (A.T.M.) e Terço Superior (A.T.S.) no ramo ortotrópico das cultivares estudadas.....	37
Tabela 4	Avaliação da Carga Pendente, em litros por planta, e a porcentagem de maturação dos frutos verdes, frutos cerejas e frutos boia, safra 2011	38
Tabela 5	Força de desprendimento (N) dos frutos cerejas, frutos verdes e a diferença da força entre os dois estádios de maturação, safra 2011	39
Tabela 6	Carga pendente em litros por planta, porcentagem de maturação dos frutos verdes, frutos cerejas e frutos boia, Safra 2012	40
Tabela 7	Força de desprendimento (N) dos frutos cereja (F.C.), frutos verde (F.V.) e a diferença da força entre os dois estádios (D.F.V.C.), safra 2012	42
Tabela 8	Comparação da força de desprendimento dos frutos cerejas nas safras 2011 e 2012.....	43

Tabela 9	Avaliação da eficiência de colheita na primeira passada (E.C.1 ^a), eficiência de derriça na primeira passada (E.D.1 ^a), perdas na primeira passada (P.1 ^a), eficiência de colheita na segunda passada (E.C.2 ^a), eficiência de derriça na segunda passada (E.D.2 ^a) perdas na segunda passada (P.2 ^a), repasse na segunda passada (R.2 ^a) e eficiência de derriça total (E.D.T.), safra 2011.....	44
Tabela 10	Avaliação de desfolha kg por planta na primeira (Desfolha 1 ^a) e segunda (Desfolha 2 ^a) passada com a colhedora, safra 2011.....	47
Tabela 11	Avaliação da eficiência de colheita (E.C.), eficiência de derriça (E.D.), perdas (%), Desfolha e porcentagem de repasse, safra 2012.....	48
Tabela 12	Correlação das características vegetativas número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP), comprimento dos ramos plagiotrópicos do terço superior (CRPPTS), ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos do terço médio (AIRPTM), ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos do terço inferior (AIRPTI), carga pendente da safra 2011 e 2012 (C.P.), porcentagem de frutos verdes da safra 2011 e 2012 (F.V. %), porcentagem de frutos cerejas da safra 2011 e 2012 (F.C. %), e a Eficiência de Derriça das colheitas Seletiva (2011) e Plena (2012).....	50
Tabela 13	Correlação força de desprendimento frutos cereja e a eficiência de derriça (E.D.) das safras 2011 e 2012.....	53

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Agronegócio Café	15
2.2	Cultivares de Café	16
2.3	Mecanização da cafeicultura	17
3	MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1	Avaliações das características vegetativas	24
3.2	Avaliação da força de desprendimento e carga pendente	27
3.3	Avaliação da colheita mecanizada	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	Características Vegetativas	33
4.2	Avaliação da força de desprendimento dos frutos e carga pendente	38
4.3	Análise da colheita	44
4.4	Análise da correlação entre as características vegetativas e a eficiência de derrça	49
5	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira vem evoluindo a cada ano com o incremento de novas tecnologias no manejo da lavoura como a irrigação, nutrição, controle de pragas e doenças e também na mecanização. A cultura também está evoluindo com materiais genéticos mais produtivos, mais eficientes no aproveitamento das adubações e também na resistência a pragas e doenças. A mecanização da cafeicultura também vem tornando a atividade economicamente sustentável por contribuir diretamente na redução dos custos de produção.

A colheita do café é a atividade mais onerosa realizada na lavoura, quando realizada manualmente. Ao utilizar máquinas para a realização das operações de colheita, os cafeicultores vêm reduzindo seus custos e deixando seu produto final cada vez mais competitivo. Além disso, a colheita mecanizada do café permite melhorar a qualidade do produto final, visto que é possível escalonar a colheita, diminuir a quantidade das perdas com o café de chão e aumentar a quantidade de frutos cerejas colhidos, resultando em um produto final com maior qualidade e por sua vez maior valor de mercado.

No entanto, a utilização da colheita mecanizada pelos cafeicultores ainda é vista de forma duvidosa, já que estes têm a falsa ideia de que a colhedora danifica a lavoura prejudicando sua produtividade no ano seguinte. Esse fato vem sendo muito discutido, no entanto, colhedoras reguladas e bem manejadas podem causar menos danos ao cafeeiro comparados à mão dos apanhadores. Além disso, o momento adequado para iniciar a colheita é determinado por tentativas e erros, não existindo um parâmetro que indique o momento de iniciar a mesma.

A evolução da tecnologia de colheita com a utilização de colhedoras exige que as lavouras também sejam adequadas à nova situação. Esta nova condição exige que os cafeicultores também utilizem em suas lavouras novas

tecnologias como novos espaçamentos, podas e que estas lavouras sejam conduzidas, preferencialmente, com um ramo ortotrópico e não deixando que a lavoura tenha maior número do mesmo.

O cafeeiro é uma planta de porte arbustivo, com um ramo principal denominado “ramo ortotrópico” e os ramos laterais ou produtivos, denominados “ramos plagiotrópicos”. Analisando as dimensões dessas plantas é possível determinar seu formato. Contudo, entende-se que uma planta boa para ser colhida mecanicamente deve ter ramos plagiotrópicos palmeados, ou seja, que no ramo plagiotrópico primário existam vários outros ramos plagiotrópicos de ordem superior. Outra característica que pode influenciar na colheita é o comprimento dos ramos plagiotrópicos, sendo que estes quando maiores melhoram a eficiência da colheita mecanizada por “encher” o equipamento, nada mais sendo que uma melhor interação da planta com as hastes vibratórias da colhedora.

Além dessas características, o grau de maturação, a carga pendente e a força de desprendimento dos frutos podem ajudar a entender melhor o funcionamento e a melhor eficiência da colheita mecanizada do café.

O objetivo do presente trabalho é identificar cultivares propícias à colheita mecanizada e seletiva do café e identificar características vegetativas e fitotécnicas que favoreçam esse processo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Agronegócio Café

O agronegócio café é um importante gerador de divisas para o Brasil, sendo que o país é o maior produtor de café na atualidade. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2013), a safra nacional de 2013/2014 está estimada em 50,15 milhões de sacas de café beneficiado das espécies Arábica (*Coffea arabica*) e Conilon (*Coffea canephora*). Ainda segundo este órgão, a área plantada é estimada em 2.375,79 mil(?) hectares, sendo que no estado de Minas Gerais está a maior área, 1.241,12 mil(?) hectares, predominando a espécie Arábica com 97,7% da área plantada. Sendo assim, o estado de Minas Gerais é primeiro no *ranking* nacional em área e produção do café.

Por ser uma *commodity*, o café tem seu preço controlado no mercado de valores e também cotado em dólar, ficando o produtor susceptível a flutuações de preço neste mercado. Segundo o Registro Nacional de Cultivares (2013), o custo de produção do café na safra de 2012 fechou acima do preço de venda do produto. Cabe ao cafeicultor produzir café com os custos equilibrados e mantendo altas produtividades.

A redução dos custos de produção do café está relacionada com a melhor utilização dos recursos necessários para sua produção. Estes recursos são mão de obra, adubos e defensivos utilizados para nutrir e controlar plantas daninhas, pragas e doenças, colheita, pós-colheita, dentre outros. Atualmente as atividades de Colheita, Adubação e Controle de Pragas e Doenças, são as que mais exigem dos recursos financeiros na cafeicultura (Projeto Educampo Café, dados não publicados).

2.2 Cultivares de Café

A espécie *Coffea arabica* L. é uma planta originária da Etiópia, sendo esta uma planta autógama, diploide $2n$ com 44 cromossomos. O primeiro grande programa de melhoramento genético do cafeeiro teve início em meados da década de 30 com o pesquisador Dr. Alcides de Carvalho do Instituto Agrônômico (CARVALHO, 1986).

Atualmente são realizadas várias pesquisas para o desenvolvimento de materiais genéticos mais produtivos, resistentes a pragas e doenças e maturação mais uniforme. Com o crescente uso da mecanização da colheita, estão sendo iniciados programas de melhoramento para adaptação dos materiais genéticos a esta condição. No entanto, grande parte desses programas ainda têm seus esforços direcionados em conseguir materiais genéticos resistentes à ferrugem do café. Segundo o Registro Nacional de Cultivares (2013), existem, atualmente, 123 cultivares da espécie *Coffea arabica* L. registradas no Registro Nacional de Cultivares, sendo que, aproximadamente, 50% destas são resistentes ou tolerantes à ferrugem.

A principal doença do cafeeiro é a ferrugem causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, sendo esta causadora de severos danos ao cafeeiro. Segundo Costa, Zambolim e Rodrigues (2007), um dos maiores desafios para os pesquisadores é a constante busca por métodos alternativos de controle da ferrugem que causem menor impacto ambiental com menores custos.

Além da redução nos custos de produção e diminuição dos impactos ambientais, estes materiais genéticos devem apresentar boas produtividades. No Brasil, são poucas as empresas que dedicam suas pesquisas a programas de melhoramento do café, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), Fundação Prócafé, Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR) e merecendo destaque a Epamig,

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, que, atualmente, tem o registro de 12 cultivares (Registro Nacional de Cultivares, 2013).

Dentre os materiais genéticos registrados merecem ser destacados os Acaíá Cerrado MG1474, Catiguá MG 2, MGS Travessia, Paraíso MG H419-1, Pau-Brasil MG 1, Sacramento MG 1 e Topázio MG 1190. Destas, são resistentes à ferrugem: Catiguá MG 2, MGS Travessia, Paraíso MG H419-1, Pau-Brasil MG 1 e Sacramento MG 1. As cultivares Acaíá Cerrado MG 1474 e Topázio MG 1190 merecem destaque pelos bons resultados de produção e vigor. Entretanto pouco se conhece sobre o comportamento dessas plantas quanto à utilização da mecanização da colheita.

2.3 Mecanização da cafeicultura

Com o surgimento da industrialização em 1960 e com a escassez de mão de obra no meio rural a partir de 1970, a mecanização surge como alternativa para a execução das atividades rurais (SILVA; SALVADOR; PÁDUA, 2002).

A mecanização das atividades realizadas na lavoura, também, proporciona ao produtor uma redução em seus custos, principalmente na colheita. A cafeicultura brasileira passa por um importante momento de transição em que o processo de colheita tem migrado do sistema manual para o sistema mecanizado. Esta transição vem ocorrendo, sobretudo, pela baixa disponibilidade de mão de obra nas maiores regiões produtoras de café no Brasil a exemplo do Sul e Cerrado Mineiro e também pelo alto custo desta. Segundo Malta e Chagas (2010), a colheita representa metade da mão de obra empregada na lavoura e cerca de 30% dos custos diretos da produção. Mediante desse cenário, a colheita mecanizada do café é uma prática em expansão entre os cafeicultores, cujos benefícios técnicos e econômicos se comprovam a cada safra.

A colheita do café é constituída de várias operações 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 natural dos frutos. Todas estas operações exigem grande quantidade de mão de obra. Hoje estas operações podem ser realizadas de forma manual, semimecanizada e totalmente mecanizada, principalmente em relação à operação de derriça.

Silva et al. (2001) classificou os sistemas de colheita da seguinte forma: sistema manual, em que, todas as operações da colheita, com exceção do transporte, são realizadas manualmente; sistema semimecanizado que consiste na utilização intercalada de serviço manual e máquinas para a execução das operações de colheita, sistema esse que varia muito, pois quase todas as operações podem ser feitas com a utilização de máquinas; e sistema mecanizado, em que todas as operações são realizadas mecanicamente. Porém esse sistema exige que as lavouras estejam em áreas de relevo favorável.

A operação de derriça do café no sistema semimecanizado pode ser feita por derriçadores portáteis ou costais. Segundo Barbosa et al. (2005), derriçadoras portáteis, que utilizam o princípio de vibrações mecânicas, apresentam desempenho operacional superior ao obtido pela colheita manual de café, sendo possível a diminuição dos custos com a colheita.

Os derriçadores portáteis existentes no mercado são máquinas que podem ser de acionamento elétrico, pneumático, ou por um motor de combustão interna, com princípio de funcionamento por vibração e contato (SOUZA et al., 2006). As colhedoras automotrizes ou tracionadas, existentes no mercado, são máquinas que trabalham a cavaleiro, sobre a linha de café, possuindo dois cilindros derriçadores com hastes vibratórias (varetas) que envolvem os cafeeiros lateralmente, derriçando os frutos em um sistema de recolhimento. Nesse sistema, os frutos são ventilados (abanados), ensacados ou direcionados a

uma bica e jogados em um “graneleiro” junto à própria máquina ou direcionados a uma carreta tracionada por trator.

Segundo Oliveira et al. (2007b), a colheita mecanizada do café tem uma redução do custo total de 62,36% em relação à colheita manual, colhendo-se com velocidade operacional de $0,45 \text{ m s}^{-1}$ com duas passadas da colhedora. Os autores também relatam que quanto maior a eficiência da colheita, menores são os custos operacionais, como, depreciação dos equipamentos, amortização de juros, gasto de combustível e salário de operadores, reduzindo ainda mais os custos da operação.

Silva et al. (2006) compararam a eficiência da derriça manual do café com a derriça mecanizada, utilizando uma derriçadora tratorizada lateral, e verificaram que a utilização do equipamento mostrou ser mais adequada para a colheita, com eficiência de derriça de 80,3% e custo 37% menor que a derriça manual.

Apesar da comprovada redução dos custos com a colheita mecanizada, os cafeicultores ainda são resistentes ao uso desta, pois estes a consideram prejudicial às plantas. No entanto, Silva et al. (2010b) estudando os efeitos da bienalidade do cafeeiro, verificaram que a colheita manual desfolhou mais em locais de maior produtividade apresentando redução da produtividade de café na lavoura no ano subsequente pela consequente redução da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel dessas plantas, associando o resultado como aumento da bienalidade. Souza et al. (2006) estudando o comportamento do cafeeiro na colheita manual e usando derriçadoras costais, comprovaram que nos tratamentos utilizando a colheita manual houve uma maior desfolha e mais ramos plagiotrópicos quebrados em comparação à colheita com derriçadoras portáteis.

Além da redução nos custos com a colheita, a mecanização propicia uma maior possibilidade no aumento da qualidade do café, fato esse, que influencia

diretamente no preço final do produto. Segundo Pimenta e Vilela (2008), a operação da colheita também afeta diretamente a qualidade final do café. Silva et al. (2009) afirmam que o princípio de derriça por vibração é um processo seletivo, em que o ajuste da vibração e da velocidade operacional possibilitam a abscisão seletiva dos frutos cereja, passa ou seco, mantendo na planta a maioria dos frutos verdes.

Muitas vezes a operação de derriça é feita de forma lenta com uma única passada. Oliveira (2006) demonstrou que o volume de café colhido é influenciado pela intensidade de vibração, com tendência inversa à velocidade operacional, o que torna possível colher eficientemente e seletivamente o café, utilizando velocidades operacionais mais elevadas em duas passadas.

Na colheita mecânica do café, as principais dificuldades enfrentadas são as características variáveis da arquitetura da planta e da desuniformidade de maturação dos frutos (SOUZA et al., 2002). O estudo das características mecânicas do cafeeiro também se faz importante, pois segundo Couto et al. (2002), o comportamento mecânico de um material é importante, principalmente na especificação de cargas que ele pode suportar de maneira segura ou de cargas que determinadas máquinas deverão exercer sobre o produto para se obter um resultado específico. O autor ainda afirma que o conhecimento das propriedades mecânicas básicas é um requerimento para simulações e cálculos para predição do comportamento de um material, quando submetido a diferentes tipos de carregamento.

Segundo Santos et al. (2010a), o processo de mecanização é influenciado pelo tamanho e estrutura das plantas e frutos. Esses mesmos autores (2010b) afirmam que para projetos de máquinas destinadas à colheita seletiva de café é necessário o conhecimento da interação dos vários fatores que influenciam este procedimento como frequência e amplitude de vibração, grau

de maturação dos frutos, número de frutos por pedúnculo e direção de vibração sobre o sistema fruto-pedúnculo do cafeeiro.

A fim de contornar esses problemas, Filgueiras et al. (2000), buscaram parâmetros do cafeeiro para desenvolver sistemas de colheita mecanizados, fizeram um estudo geométrico e mecânico do cafeeiro arábica buscando entender os modos de vibração natural da planta e de partes específicas como os ramos plagiotrópicos com e sem frutos. Os autores verificaram que as frequências naturais da planta de café variaram de 0,80 a 222,07 Hz, do primeiro ao vigésimo quinto modo de vibração, respectivamente, observaram ainda que as frequências naturais para o galho sem frutos é maior do que para o galho com 100% dos frutos. Os autores também desenvolveram um modelo para estudar o comportamento do sistema talo-fruto usando o programa ANSYS que apresentou resultado próximo da solução analítica.

Santos et al. (2010a) estudando vibrações em duas cultivares de café, Mundo Novo e Catuaí Vermelho, constataram que a eficiência de derriça dos frutos cerejas por vibração é diretamente relacionada à frequência de vibração e amplitude empregada nos mesmos. Também verificaram que para ambas as cultivares estudadas, a eficiência de derriça dos frutos de café cereja tendeu a aumentar com o aumento da frequência e amplitude das vibrações nos ramos, tendo apresentado as maiores eficiências a frequência de vibração de 26,67 Hz.

Outro fator importante para se fazer a colheita mecânica e seletiva do café é conhecer o comportamento de cada cultivar em cada região produtora. Variações regionais e interanuais na fenologia de cultivares de café podem ocorrer devido às diferenças edafoclimáticas entre regiões de cultivo. Como consequência, podem não concretizar aqueles diferenciais esperados na maturação dos frutos (PETEK; SERA; FONSECA, 2009). O conhecimento do comportamento das cultivares em relação ao ciclo fenológico, como uniformidade de maturação e duração do ciclo (precoce, médio e tardio) e aos

atributos agronômicos é essencial para subsidiar as pesquisas que são desenvolvidas visando o melhoramento genético (PEZZOPANE et al., 2009).

Mesmo levando em consideração todos estes fatores, a colheita mecanizada do café ainda traz dificuldades pelo acerto na regulagem das colhedoras e no momento correto de se iniciar a colheita. Silva et al. (2010) estudando a força de desprendimento dos frutos do café, verificaram que há diferenças significativas entre os estádios de maturação do cafeeiro e que de acordo com estas forças é possível determinar a regulagem da colhedora e monitorar o momento da colheita. Parchomchuk e Cooke (1971) afirmam que o desprendimento dos frutos de café ocorre quando as forças inerciais, decorrentes do movimento no fruto, tornam-se maiores do que a força de tração necessária para causar o desprendimento. Silva et al. (2013) constataram que a força de desprendimento dos frutos influencia diretamente na eficiência de derriça da colhedora, sendo possível indicar o início da colheita seletiva e/ou plena.

A força de desprendimento dos frutos de café, na verdade, é a força de tração necessária para a retirada do mesmo da planta, ou seja, esta pode ser maior ou menor dependendo do estágio de maturação em que o fruto se encontra. Este processo de “amolecimento” dos frutos pode estar diretamente influenciado por fito-hormônios reguladores da maturação e da abscisão de órgãos.

O etileno é tido como o fito-hormônio do amadurecimento de frutos, sendo esse um componente fundamental em várias rotas fisiológicas que levam os frutos ao amadurecimento. No entanto, esse fito-hormônio também está associado à abscisão de órgãos dos vegetais. Segundo Taiz e Zeiger (2009), a abscisão ocorre em camadas específicas chamadas de camadas de abscisão, as quais tornam-se morfológica e bioquimicamente diferenciadas durante o desenvolvimento do órgão. Ainda segundo os autores, o etileno parece ser o principal regulador do processo de abscisão, sendo que este processo é

controlado pelo balanço na concentração da Auxina e do Etileno no órgão. A fase da indução de queda do órgão é influenciada pela redução da auxina e aumento no etileno. A fase de queda caracteriza-se pela indução de genes que codificam enzimas hidrolíticas específicas de polissacarídeos e proteínas da parede celular nas células na região de abscisão.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na Fazenda Experimental da Epamig de Três Pontas - Minas Gerais (FETP), situada a 20°20'S, 45°28'O e altitude de 900 m, nas safras de 2011 e 2012, com as seguintes cultivares: Acaiá Cerrado MG 1474 (testemunha) por esta apresentar bons resultados na colheita mecanizada; Catiguá MG 2; Paraíso MG H 419-1; Pau-Brasil MG 1; Sacramento MG 1; MGS Travessia e Topázio MG 1190. As cultivares estavam plantadas no espaçamento de 3,5 x 0,7 m, com idade de 6 anos, os talhões foram implantados em terreno com 7% de declividade média, sendo que as colhedoras existentes no mercado operam até uma declividade de 30%.

3.1 Avaliações das características vegetativas

As avaliações das características vegetativas foram feitas em parcelas escolhidas ao acaso, com 10 plantas por cultivar, dentro do mesmo talhão, utilizando delineamento experimental Inteiramente Casualizado, em esquema fatorial 7 x 3, sendo 7 cultivares e 3 posições dos ramos plagiotrópicos (terço inferior, médio e superior). O ensaio foi realizado durante os meses de junho e julho, pois nessa época, pode-se determinar o comportamento das cultivares com a carga pendente e sua interação com os equipamentos de colheita utilizados no trabalho. Foram avaliados: altura da planta (cm); diâmetro do ramo ortotrópico a 30 cm do colo da planta; diâmetro da copa a 1 m de altura; o número de ramos plagiotrópicos primários; comprimento dos ramos plagiotrópicos primários (cm) dos terços inferior, médio e superior; formato da copa da planta, ou seja, se esta tem formato cônico ou cilíndrico; ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos primários dos terços inferior, médio e superior, no ramo ortotrópico.

A altura da planta foi determinada medindo do solo até o ápice utilizando uma trena de 5 m, graduada em centímetros. O diâmetro do ramo ortotrópico foi avaliado a 30 cm do solo utilizando um paquímetro digital (Figura1). O diâmetro da copa foi avaliado a 1 m de altura, medindo a planta de uma extremidade a outra de forma perpendicular ao sentido da linha de plantio. O número de ramos plagiotrópicos primários foi avaliado por contagem do primeiro até o último ramo vivo, no ápice da planta.



Figura 1 Avaliação do diâmetro do ramo ortotrópico

Nas avaliações dos ramos plagiotrópicos foram avaliados dois ramos por terço da planta, sendo dois ramos no terço inferior, dois ramos do terço médio e dois ramos do terço superior.

O comprimento dos ramos plagiotrópicos foi determinado medindo-se, com uma trena, da inserção do mesmo no ramo ortotrópico até a ponta do ramo (Figura 2). O formato da planta foi avaliado tomando como base o comprimento dos ramos plagiotrópicos dos terços inferior e médio das plantas, sendo que estes

quando apresentaram diferença significativa pelo teste F a copa da planta foi considerada cônica e quando estes não apresentaram diferença significativa pelo teste F a copa foi considerada cilíndrica.

O ângulo de inserção foi determinado utilizando um transferidor de 180°, sendo verificado o ângulo entre a parte superior do ramo plagiotrópico até o ramo ortotrópico (Figura 3).



Figura 2 Avaliação do comprimento do ramo plagiotrópico



Figura 3 Avaliação do ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica e posteriormente submetidos à análise estatística utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

3.2 Avaliação da força de desprendimento e carga pendente

Nas safras de 2011 e 2012, foi avaliada a força de desprendimento dos frutos verde e cereja, a carga pendente das plantas e a porcentagem de frutos verdes, cerejas e passas, sendo que estas avaliações foram realizadas no instante

da colheita mecanizada. Essas avaliações foram realizadas em delineamento experimental de Blocos Casualizados com 5 repetições, com uma planta por parcela. Para a força de desprendimento a avaliação ocorreu da seguinte forma: 3 frutos verdes e 5 frutos cerejas por planta, sendo, 1 fruto verde e 2 frutos cerejas no ponteiro, 1 fruto verde e 1 fruto cereja no terço médio e 1 fruto verde e 2 frutos cerejas na saia, segundo a metodologia proposta por Silva, 2010, em conversa informal. A força de desprendimento foi avaliada com a utilização de dinamômetro portátil desenvolvido no Laboratório de Protótipos do Departamento de Engenharia da UFLA, sendo esta avaliada em Newton (Figura-4).



Figura 4 Dinamômetro portátil

A carga pendente foi avaliada colhendo totalmente os frutos de uma planta (parcela), medindo o volume dos frutos em um recipiente graduado com capacidade de 20 L, graduada a cada 0,5 L. A porcentagem de maturação foi determinada retirando 500 mL da massa de grãos, utilizando copo calibrador, e

posteriormente contabilizados o número de frutos verdes, cerejas e boia (frutos passas e secos).

3.3 Avaliação da colheita mecanizada

A avaliação da colheita foi realizada nas safras de 2011 e 2012, utilizando delineamento experimental de blocos casualizados com três repetições. As parcelas continham 10 plantas, sendo 8 úteis e 2 plantas como bordadura. Foram avaliadas a eficiência de colheita, eficiência de derriça, desfolha, perdas e o repasse. A eficiência de colheita (EC) é a porcentagem de frutos que a colhedora retira da planta e consegue recolher para seu depósito ou descarga lateral (VCM), sendo que esta pode ser determinada de acordo com a Equação 1. A eficiência de derriça (ED) é a porcentagem de frutos que a máquina retira da planta, ou seja, a quantidade de frutos que a mesma recolhe para o depósito ou descarga lateral (VCM) mais a quantidade que a mesma derruba no chão (Perda), sendo esta determinada de acordo com a Equação 2. A eficiência de derriça total (EDT) é utilizada na colheita seletiva dos frutos, ou seja, é a soma da eficiência de derriça da primeira (ED1ª) com eficiência de derriça da segunda passada (ED2ª), conforme a Equação 3. A “perda” é a quantidade de frutos que a colhedora não consegue recolher para seu sistema durante a colheita, sendo que esse valor não é somado à quantidade de café caído no chão por queda natural. As perdas são obtidas pela relação da quantidade de café que a máquina derruba sobre a carga pendente, Equação 4, sendo essa expressa em porcentagem.

$$(1) \quad EC = \left(\frac{VCM}{Carga\ pendente} \right) \times 100$$

$$(2) \quad ED = \left(\frac{(VCM + Perda)}{Carga Pendente} \right) \times 100$$

$$(3) \quad EDT = ED1^{\#} + ED2^{\#}$$

$$(4) \quad \text{Perdas} = \frac{Perda}{Carga Pendente} \times 100$$

O “repassé” é a quantidade de frutos que permanecem nas plantas após a colheita e esses serão retirados manualmente.

A desfolha e as perdas foram avaliadas estendendo-se panos de café sob as plantas da parcela (Figura 5). Após a passada da colhedora as folhas derrubadas pela máquina foram separadas dos frutos. A desfolha então é determinada pelo peso das folhas contido em cada parcela que caiu sobre o pano, essas foram armazenadas em sacos de rafia e pesadas logo após a passagem da colhedora. O peso da massa de folhas foi determinado utilizando o dinamômetro portátil. As perdas são determinadas medindo o volume de frutos que a máquina derrubou sobre os panos através dos seus recolhedores e esteiras transportadoras, utilizando um copo calibrador de 1,0 L graduado de 0,1 L.

O repasse foi determinado colhendo-se o restante dos frutos que permaneceram após a colheita. Esses foram colhidos sobre panos e determinado o volume de frutos remanescentes por parcela utilizando um copo calibrador de 1,0 L graduado de 0,1 L.



Figura 5 Avaliação de desfolha e perdas provocadas pela colhedora

Na safra 2011, foi utilizado o sistema de colheita seletiva, passando a colhedora duas vezes nas parcelas, sendo que a primeira passada com a colhedora ocorreu no dia 23/06/2011 e a segunda passada, no dia 04/08/2011. Nessa safra a colhedora foi regulada com velocidade operacional de 1.300 m/hora e vibração de 950 ciclos/minuto, nas duas passadas.

Na safra 2012, foi utilizado o sistema de colheita plena, passando a colhedora uma única vez nas parcelas. Nessa safra a colhedora foi regulada com velocidade operacional de 1.000 m/hora e vibração de 950 ciclos/minuto. Nesse ano foi utilizado o sistema de colheita plena porque houve uma florada muito uniforme, após a safra de 2011, o que proporcionou também uma maturação mais uniforme dos frutos, descartando a colheita seletiva do café. Em ambas as safras, foi utilizada uma colhedora marca TDI Máquinas Agrícolas, modelo Electron Automotriz, com graneleiro de 2.600 L e potência de 67 cv (Figura 6).



Figura 6 Colhedora automotriz com graneleiro

Os resultados das avaliações foram tabulados em planilha eletrônica e posteriormente submetidos à análise de variância e teste de médias de Scott-Knott ao nível de significância de 5% de probabilidade. Posteriormente foram feitas avaliações de correlação entre as características vegetativas e as de desempenho de colheita, utilizando-se o método de Pearson com o objetivo de estabelecer os níveis de correlação entre os fatores de interesse.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Vegetativas

As características vegetativas das plantas de cafeeiro apresentam correlações com a produtividade, sendo muito estudadas em diversos trabalhos como nos de Silvarolla et al. (1997), Sakiyama, Pereira e Zambolim (1999), Adão (2002), Carvalho et al. (2003), Freitas (2004) e Freitas et al. (2007). O presente estudo tem o objetivo é determinar quais características têm correlação com a eficiência da colheita mecanizada.

Dentre as características vegetativas analisadas, somente o diâmetro do caule não apresentou diferenças significativas a 5% pelo teste F entre as cultivares estudadas.

Tabela 1 Avaliação da Altura (cm), Diâmetro da Copa (D.C) e Número de Ramos Plagiotrópicos Primário (N.R.P.)

Cultivares	Altura (cm)	Altura (cm)	N.R.P.
Acaiá Cerrado	285,1 d	169,9 b	94,3 a
Catiguá MG 2	247,9 c	176,8 b	107,4 b
Travessia	223,0 b	161,0 a	114,6 b
Paraíso	227,4 b	160,5 a	95,7 a
Pau-Brasil	235,6 b	168,7 b	107,5 b
Sacramento	225,3 b	149,3 a	96,7 a
Topázio	206,0 a	167,6 b	103,1 a
C.V. (%)	5,17	10,10	10,54

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knot a 5% de significância.

A cultivar Acaiá Cerrado MG-1474 apresentou a maior altura confirmando sua característica de porte alto. Segundo Pereira et al. (2005), esta

cultivar pode chegar a 310 cm, sendo ligeiramente menor que a cultivar Acaiá tradicional. A cultivar Catiguá MG 2 apresentou a segunda maior altura com 247,9 cm, segundo os mesmos autores, essa cultivar é classificada como de porte baixo. As cultivares MGS Travessia, Paraíso MG H 419-1, Pau-Brasil MG 1 e Sacramento MG 1, não diferenciaram entre si com alturas variando de 223,0 a 235,6 cm. A cultivar Topázio MG 1190 apresentou a menor altura, também confirmando sua característica de porte baixo. Também segundo Pereira et al. (2005), a cultivar Topázio MG-1190 chega a 200 cm de altura.

O diâmetro da copa apresentou diferenças significativas, formando dois grupos: MGS Travessia, Paraíso MG H 419-1 e Sacramento MG 1 possuem menores diâmetros, 161,0, 160,5 e 149,3 cm respectivamente. As cultivares Acaiá Cerrado MG 1474, Catiguá MG 2, Pau-Basil MG 1 e Topázio MG 1190 apresentaram os maiores diâmetros de copa, com 176,8, 168,7 e 167,6 cm respectivamente. Segundo Pereira et al. (2005), a cultivar MGS Travessia apresenta um diâmetro de copa de 225 cm, no entanto, neste estudo, essa cultivar apresentou diâmetro de copa inferior a esse valor. Também segundo estes autores, a cultivar Pau-Brasil MG 1 apresenta diâmetro de copa de 118 cm e no trabalho essa apresentou diâmetro de 167,6 cm. Androcioli Filho et al. (2011), estudando fatores que podem influenciar no desempenho das colhedoras, verificaram que plantas com um grande diâmetro de copa podem prejudicar a colheita danificando a colhedora e aumentando os danos à lavoura.

As cultivares com maior número de ramos plagiotrópicos primários foram Catiguá MG 2 com 107,4 ramos, MGS Travessia com 114,6 ramos e Pau-Brasil MG 1 com 107,5 ramos. As cultivares Acaiá Cerrado MG 1474, Paraíso MG H 419-1, Sacramento MG 1 e Topázio MG 1190 apresentaram uma menor quantidade de ramos plagiotrópicos primários, com 94,3, 95,7, 103,1 ramos respectivamente. Carvalho et. al (2010), estudando as correlações entre características vegetativas e produtividade, concluíram que plantas com os

maiores números de ramos plagiotrópicos têm maior produtividade. No entanto, o autor não correlacionou essas características com parâmetros que mensurassem a facilidade ou eficiência da colheita.

Na análise do comprimento dos ramos plagiotrópicos primários, apresentou-se interação significativa entre a cultivar e a posição do ramo na planta (Tabela 2). O comprimento dos ramos plagiotrópicos primários constituem-se em medida que permite definir o formato da copa das plantas, que podem ser cônicas ou cilíndricas.

Para o estabelecimento do formato das plantas, adota-se que se existem diferenças significativas entre o comprimento dos ramos plagiotrópicos do terço inferior e do terço médio as plantas são consideradas cônicas. Caso essas medidas não diferenciem, são consideradas cilíndricas. O comprimento dos ramos plagiotrópicos do terço superior não são determinantes para estabelecer o formato das plantas.

Tabela 2 Comprimento médio (cm) dos ramos plagiotrópicos do Terço Inferior (C.T.I.), Terço Médio (C.T.M.), Terço Superior (C.T.S.) e a forma da copa das plantas

Cultivares	C.T.I.		C.T.M.		C.T.S.		Forma
Acaiá Cerrado	89,6	b A	81,1	b B	29,72	c C	Cônica
Catiguá	99,8	a A	96,1	a A	50,15	a B	Cilíndrica
Travessia	86,4	b A	84,1	b A	39,00	b B	Cilíndrica
Paraíso	85,6	b A	84,6	b A	37,61	b B	Cilíndrica
Pau-Brasil	96,3	a A	85,1	b B	48,15	a C	Cônica
Sacramento	80,9	b A	86,3	b A	43,15	a B	Cilíndrica
Topázio	83,8	b A	80,4	b A	35,82	b B	Cilíndrica
Total	90,19	A	86,14	B	41,25	C	

CV (%) = 21.26

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância de 5%.

No que se refere ao formato das plantas, as cultivares Acaiá Cerrado MG 1474 e Pau-Brasil MG 1 têm formato cônico, confirmando resultados relatados por Pereira et al. (2005). No entanto, os resultados obtidos para as cultivares Catiguá MG 2, MGS Travessia, Paraíso MG H 419-1 e Sacramento MG 1 divergiram dos resultados encontrados pelos autores, sendo essas relatadas pelos mesmos como de formato cônico, no entanto, não diferenciaram quanto ao tamanho dos ramos do terço médio e do terço inferior, assim consideradas de formato cilíndrico. As cultivares Catiguá MG 2 e Pau Brasil MG 1 têm os maiores ramos no terço inferior, com 99,8 e 96,3 cm respectivamente. As demais cultivares apresentaram os menores comprimentos, variando entre 80,9 a 89,6 cm. Nos ramos do terço médio da planta, somente a cultivar Catiguá MG 2 se diferenciou das demais com maiores ramos, 96,1 cm. Nas demais cultivares, o tamanho médio dos ramos plagiotrópicos do terço médio variaram de 80,4 a 86,4 cm. No terço superior, as cultivares Catiguá MG 2, Pau Brasil MG 1 e Sacramento MG 1 apresentaram os maiores ramos com 50,15, 48,15 e 43,15 cm respectivamente. A cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 apresentou o menor comprimento médio dos ramos do terço superior com 29,72 cm, as demais apresentaram valores intermediários para essa característica. Segundo Teixeira et al. (2012), o maior comprimento dos ramos do terço inferior do cafeeiro tem maior correlação com a produtividade da planta, no entanto, os autores também não analisaram essa característica com a colheita mecanizada.

Outra característica que pode ajudar na modelagem do formato das plantas é o ângulo de inserção do ramo plagiotrópico primário com o ramo ortotrópico. Houve interação significativa entre o ângulo de inserção dos ramos e as cultivares estudadas (Tabela 3).

Tabela 3 Ângulo de inserção médio (graus) dos ramos plagiotrópicos do Terço Inferior (A.T.I.), Terço Médio (A.T.M.) e Terço Superior (A.T.S.) no ramo ortotrópico das cultivares estudadas

Cultivares	A.T.I.		A.T.M.		A.T.S.	
Acaíá Cerrado	78,2	a A	75,5	a A	53,5	a B
Catiguá	83,7	b A	84,2	b A	62,5	b B
Travessia	79,0	a A	78,7	a A	56,5	a B
Paraíso	82,2	b A	79,2	a A	63,2	b B
Pau-Brasil	80,0	a A	79,2	a A	57,7	a B
Sacramento	81,5	b A	79,0	a A	61,5	b B
Topázio	75,5	a A	75,5	a A	56,5	a B
Total	79,90	A	78,68	A	59,12	B

CV (%) = 12.56

As médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância de 5%.

Os ângulos de inserção em geral são mais abertos nos terços inferior e médio não se diferenciando, e mais fechados nos ramos do terço superior com diferença significativa. Este ângulo de inserção também pode influenciar no formato da planta e disposição dos ramos plagiotrópicos primários.

No terço inferior, as cultivares Catiguá MG 2, Paraíso MG H 419-1 e Sacramento MG 1 apresentaram os maiores ângulos com 83,7°, 82,2° e 81,5° respectivamente. Para o comprimento dos ramos plagiotrópicos no terço médio, somente a cultivar Catiguá MG 2 se diferenciou das demais, com o maior ângulo de inserção essa cultivar apresentou o mesmo comportamento se diferenciando das demais com 84,2°. No terço superior, foi constatado o mesmo comportamento encontrado no terço inferior das plantas, com as cultivares Catiguá MG 2, Paraíso MG H 419-1 e Sacramento MG 1 apresentando os maiores ângulos de inserção, 62,5°, 63,2° e 61,5° respectivamente. Segundo Sera et al. (2001), o ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos do cafeeiro tem em

média 67°, variando de 50 a 85°. Os atores relatam que quanto menor o ângulo de inserção maior é o vigor vegetativo das plantas, portanto, melhor a produtividade.

4.2 Avaliação da força de desprendimento dos frutos e carga pendente

Na Tabela 4, está apresentada a carga pendente e a porcentagem de maturação do dia 23/06/2011, sendo avaliada no instante da primeira passada da colhedora. Não foi possível determinar a maturação na segunda passada, pois os frutos remanescentes no dia da colheita se encontravam no estágio de frutos secos.

Tabela 4 Avaliação da Carga Pendente, em litros por planta, e a porcentagem de maturação dos frutos verdes, frutos cerejas e frutos boia, safra 2011

Cultivares	C. Pendente	F. Verde %	F. Cereja %	F. Boia %
Acaiá Cerrado	5,67 c	40,03 a	30,83 b	29,13 a
Catiguá	11,00 a	26,68 a	36,59 b	36,52 a
Travessia	3,00 d	41,64 a	33,00 b	25,35 a
Paraíso	5,67 c	16,54 a	59,67 a	23,78 a
Pau Brasil	8,00 b	26,56 a	42,27 b	31,16 a
Sacramento	10,67 a	16,67 a	51,37 a	31,94 a
Topázio	8,33 b	14,11 a	68,22 a	17,66 a
CV (%)	9,40	41,78	20,02	32,33

As médias seguidas da mesma letra não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância de 5%.

A cultivar Catiguá MG 2 apresentou a maior carga pendente com 21,0 L/planta, seguida pela cultivar Sacramento MG 1 apresentando 10,67 L/planta. A cultivar MGS Travessia apresentou a menor carga pendente com 3,0 L/planta. Não houve diferença significativa entre as cultivares para a porcentagem de frutos verdes e boias. Entretanto as cultivares estudadas apresentaram diferença

significativa para a porcentagem de frutos cerejas, sendo que as cultivares com maior porcentagem de frutos foram Topázio MG 1190 com 68,22%, Sacramento MG 1 com 51,37% e a cultivar Paraíso MG H419-1 com 59,67%. As cultivares Acaiá Cerrado MG 1474, Catiguá MG 2, MGS Travessia e Pau-Brasil MG 1 apresentaram as menores porcentagens de frutos cerejas com 30,83, 36,59, 33,00 e 42, 27% respectivamente.

Na colheita mecanizada, uma das dificuldades encontradas pelos cafeicultores é determinar o momento adequado de se iniciar a colheita, bem como determinar a vibração e velocidade operacional mais adequada para cada cultivar ao longo do período de colheita. De modo geral, a determinação da vibração e velocidade operacional das colhedoras é feito de modo empírico por tentativa, buscando o melhor desempenho operacional. Segundo Silva et al. (2010), a determinação da força de desprendimento dos frutos tem por objetivo conhecer o grau de maturação dos frutos e facilitar o processo da colheita. Na Tabela 5, está descrito a força de desprendimento média dos frutos na safra de 2011.

Tabela 5 Força de desprendimento (N) dos frutos cerejas, frutos verdes e a diferença da força entre os dois estádios de maturação, safra 2011

Cultivares	Força do Verde	Força do Cereja	Diferença
Acaiá Cerrado	8,20 b B	3,37 b A	4,83 a
Catiguá	4,63 d B	3,17 b A	1,46 c
Travessia	6,33 c B	3,51 b A	2,82 b
Paraíso	5,84 d B	3,33 b A	2,51 b
Pau Brasil	5,72 d B	3,30 b A	2,42 b
Sacramento	7,07 c B	5,12 a A	1,95 c
Topázio	9,56 a B	6,15 a A	3,41 b

As médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância de 5%.

Houve diferença significativa para a força de desprendimento entre os frutos verdes e cerejas. As cultivares Topázio MG 1190 e Sacramento MG 1 apresentaram as maiores forças de desprendimento para os frutos cerejas, com 6,15 e 5,12 N respectivamente. Silva (2008) avaliando a força de desprendimento encontrou valores de 5,60 N para a cultivar Acaiá e 5,69 N para a cultivar Topázio MG 1190. A diferença entre a força de desprendimento do fruto verde e a do fruto cereja influencia diretamente na colheita seletiva do café, pois, de acordo com essa diferença pode-se determinar o início da colheita bem como, determinar qual regulagem utilizar na colhedora. Observa-se que a maior diferença foi a cultivar Acaiá Cerrado MG 1474, com 4,83 N, seguida pelas cultivares Topázio MG 1190, MGS Travessia, Paraíso MG H419-1 e Pau Brasil MG 1, com 3,41, 2,82, 2,51 e 2,52 N respectivamente.

Na Tabela 6, está a avaliação da carga pendente e da porcentagem de frutos verdes e cerejas na safra 2012.

Tabela 6 Carga pendente em litros por planta, porcentagem de maturação dos frutos verdes, frutos cerejas e frutos boia, Safra 2012

Cultivares	C. Pendente	F. Verde %	F. Cereja %	F. Boia %
Acaiá Cerrado	7,17 a	5,10 c	11,71 c	83,18 a
Catiguá	7,33 a	2,21 c	23,23 b	74,55 b
Travessia	7,33 a	6,23 c	23,44 b	70,33 b
Paraíso	4,02 a	12,72 b	49,15 a	38,12 c
Pau Brasil	5,67 a	24,76 a	23,96 b	51,28 c
Sacramento	7,00 a	11,26 b	43,11 a	45,63 c
Topázio	5,00 a	8,42 b	26,40 b	65,19 b
CV %	28,77	34,67	15,50	9,26

As médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância de 5%.

Não houve diferença significativa para a carga pendente das plantas nessa safra. Quanto à porcentagem de frutos verdes, a cultivar Pau Brasil MG 1

apresentou a maior porcentagem com 24,76%, seguida pelas Paraíso MG H 419-1 com 12,72%, Sacramento MG 2 com 11,26% e Topázio MG 1190 com 8,42%. As cultivares Acaiá Cerrado MG 1474, Catiguá MG 2 e MGS Travessia apresentaram as menores porcentagens de frutos verdes com 5,10, 2,21 e 6,23% respectivamente. Na avaliação para a porcentagem de frutos cerejas, as cultivares com maior porcentagem foram: Paraíso MG H 419-1, com 49,15% e Sacramento MG 1 com 43,11%. Essas foram seguidas pelas cultivares Topázio MG 1190, Pau Brasil MG 1, MGS Travessia e Catiguá MG 2 com 26,40, 23,96, 23,44 23,23% respectivamente. A cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 apresentou a menor porcentagem de frutos cerejas com 11,71%. Entretanto, a porcentagem de frutos boia foi maior para a cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 com 83,18%, indicando um ciclo mais precoce comparado às demais cultivares avaliadas. As menores porcentagens de frutos boia foram apresentadas pelas cultivares Paraíso MG H 419-1, Pau Brasil MG 1 e Sacramento MG 1 com 38,12, 51,28 45,63% respectivamente. Perante a este fato pode-se entender que o ciclo de maturação dessas cultivares é mais tardio perante as demais. A determinação do ciclo de maturação se faz importante para o escalonamento da colheita, já que é recomendado que se faça a colheita com a maior porcentagem de frutos cerejas possível visando a melhor qualidade do produto final.

Na Tabela 7, estão representados os resultados das avaliações para força de desprendimento dos frutos no dia da colheita para a safra de 2012.

Tabela 7 Força de desprendimento (N) dos frutos cereja (F.C.), frutos verde (F.V.) e a diferença da força entre os dois estádios (D.F.V.C.), safra 2012

Cultivares	Força do Verde	Força do Cereja	Diferença
Acaiá Cerrado	9,12 b B	6,86 a A	2,26 c
Catiguá	10,46 a B	7,56 a A	2,90 b
Travessia	9,44 b B	6,58 a A	2,86 b
Paraíso	10,64 a B	6,88 a A	3,76 a
Pau-Brasil	9,06 b B	6,60 a A	2,46 b
Sacramento	10,16 a B	7,12 a A	3,04 a
Topázio	8,66 b B	6,08 a A	2,58 b

As médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância de 5%.

Assim como ocorreu na safra de 2011, houve diferença significativa entre a força de desprendimento dos frutos cerejas e frutos verdes, sendo a força necessária ao desprendimento dos frutos cerejas mais baixa. Ao analisar as cultivares, a força de desprendimento dos frutos cerejas não diferenciou. Para os frutos verdes, houve diferença significativa entre as cultivares, sendo que as cultivares Catiguá MG 2, Paraíso MG H 419-1 e Sacramento MG 1 apresentaram as maiores forças com 10,46, 10,64 e 10,16 N respectivamente. Na análise da diferença entre a força dos frutos verdes e cerejas, verifica-se que houve diferença entre as cultivares com a maior diferença para as cultivares Paraíso MG H 419-1 e Sacramento MG 1 com 3,76 e 3,04 N respectivamente. A menor diferença entre a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas foi a cultivar Acaiá Cerrado MG 1474 com 2,26 N.

Silva et al. (2013), estudando a influência da força de desprendimento na colheita mecanizada em 8 progênies de cafeeiro, observaram que a melhor eficiência de derriça está correlacionada com a menor força de desprendimento dos frutos cerejas. No entanto, os autores não correlacionaram a carga pendente

com a eficiência de derriça das progênies, apesar dessas apresentarem variação da carga pendente.

Na Tabela 8, estão as forças de desprendimento para os frutos cerejas nas safras de 2011 e 2012.

Tabela 8 Comparação da força de desprendimento dos frutos cerejas nas safras 2011 e 2012

Cultivares	2011		2012	
Acaiá Cerrado	3,37	a B	6,86	a A
Catiguá	3,17	a B	7,56	a A
Travessia	3,51	a B	6,58	a A
Paraíso	3,33	a B	6,88	a A
Pau-Brasil	3,30	a B	6,60	a A
Sacramento	5,12	b A	7,12	a A
Topázio	6,15	b A	6,08	a A
Médias	3,99	B	6,81	A

As médias seguidas da mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância de 5%.

Fica evidenciado que a força de desprendimento média dos frutos cerejas entre a safra 2011 e a safra 2012 foi diferente entre si. Na safra de 2011, os frutos cerejas das cultivares tinham força de 3,99 N enquanto na safra 2012, a força de desprendimento média era de 6,81 N. Em 2011, as cultivares com maior força para os frutos cerejas foram: Sacramento MG 1 com 5,12 N e Topázio MG 1190 com 6,15 N, indicando assim que essas cultivares provavelmente não teriam bom rendimento da colheita. No entanto, em 2012 não houve diferença significativa entre a força de desprendimento dos frutos cerejas.

4.3 Análise da colheita

Na Tabela 9, estão apresentados os resultados obtidos para a eficiência de colheita, eficiência de derriça e a porcentagem de perdas para a primeira e segunda passada da colhedora. Também está apresentada a eficiência de derriça total que é a soma dessas eficiências na primeira e segunda passada da colhedora.

Tabela 9 Avaliação da eficiência de colheita na primeira passada (E.C.1^a), eficiência de derriça na primeira passada (E.D.1^a), perdas na primeira passada (P.1^a), eficiência de colheita na segunda passada (E.C.2^a), eficiência de derriça na segunda passada (E.D.2^a) perdas na segunda passada (P.2^a), repasse na segunda passada (R.2^a) e eficiência de derriça total (E.D.T.), safra 2011

Cultivares	E.C.1 ^a	P.1 ^a	E.D.1 ^a		
Acaíá Cerrado	67,55 a	10,38 a	77,95 a		
Catiguá	48,70 b	6,44 a	55,14 b		
Travessia	48,21 b	9,90 a	57,12 b		
Paraíso	48,00 b	7,67 a	55,67 b		
Pau Brasil	54,56 b	4,25 a	58,81 b		
Sacramento	41,58 b	8,93 a	50,51 b		
Topázio	49,89 b	6,39 a	56,29 b		
CV (%)	14,32	52,83	11,69		
Cultivares	E.C.2 ^a	P.2 ^a	E.D.2 ^a	R.2 ^a	E.D.T.
Acaíá Cerrado	19,24 c	1,07 b	20,32 c	0,08 a	98,27 a
Catiguá	13,00 d	0,94 b	13,95 d	1,55 b	69,09 b
Travessia	-	-	-	0,73 b	57,12 b
Paraíso	39,00 b	1,13 b	40,53 b	0,15 a	96,21 a
Pau Brasil	18,97 c	4,00 a	22,97 c	0,89 b	81,78 a
Sacramento	44,37 a	3,53 a	47,90 a	0,10 a	98,40 a
Topázio	37,05 b	2,32 a	39,39 b	0,31 a	95,67 a
CV (%)	13,29	65,79	15,88	51,24	10,29

As médias seguidas da mesma letra, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knott ao nível de significância 5%.

Na primeira passada com a colhedora, a cultivar Acaia Cerrado MG 1474 apresentou a melhor eficiência de colheita se destacando das demais com 67,55%. As outras cultivares não diferenciaram entre si, sendo que a cultivar Catiguá MG 2 apresentou 48,70%, MGS Travessia, 48,21%, Paraíso MG H 419-1, 48,00%, Pau Brasil MG 1, 54,56%, Sacramento MG 1 41,58 e Topázio MG 1190, 49,89%. Para a eficiência de derriça, também na primeira passada da colhedora, somente a cultivar Acaia Cerrado MG 1474 se diferenciou das demais com 77,95%, e novamente as demais não se diferenciaram. Santinato et al. (1998), analisando a colheita mecanizada seletiva, observaram que na primeira passada, com vibração de 16,67 Hz, colheu-se 76,90% da carga pendente. Oliveira et al. (2007a), trabalhando com a cultivar Acaia, obtiveram, também, uma maior quantidade de café colhido na primeira passada.

As perdas estão intimamente ligadas com o marcação da linha de plantio da lavoura e na habilidade do operador em manter a colhedora alinhada, sendo assim, as perdas podem ser reduzidas mantendo-se o alinhamento correto. Além disso, a colhedora possui um sistema para minimizar a queda dos frutos no momento da colheita. Esse sistema é constituído por aletas retráteis presas ao chassi da máquina por pinos e molas. As perdas foram contabilizadas para permitir calcular a eficiência de derriça nas plantas. Na primeira passada não houve diferença significativa entre as cultivares para as perdas, sendo que essas apresentaram valores de 4,25 a 10,38 %. Souza (2009), avaliando as perdas na colheita, identificou que as perdas variam de 4 a 14% utilizando velocidade operacional entre 1.000 e 1.600 m/hora com ajuste dos transportadores em 0,7 m.s⁻¹.

Na segunda passada, a cultivar Sacramento MG 1 obteve a melhor eficiência de derriça com 47,90%, seguida da cultivar Topázio MG 1190 e Paraíso MG H419-1 com 39,39% e 40,53% respectivamente. A cultivar Catiguá MG 2 apresentou a menor eficiência de derriça com 13,95%. Na segunda

passada, não foi possível avaliar a cultivar MSG Travessia, pois essa se encontrava com carga pendente muito baixa impossibilitando a avaliação com a colhedora, já que com a quantidade de café contidas nas plantas não era possível encher o sistema de trilha da colhedora.

Na segunda passada, houve diferença significativa para as perdas, sendo as cultivares Pau-Brasil MG 1, Sacramento MG 1 e Topázio com as maiores perdas, com 4,00, 3,53 e 2,32% respectivamente. As cultivares Acaíá Cerrado MG 1474, Catiguá MG 2 e Paraíso MG H419-1, apresentaram perdas de 1,07, 0,94 e 1,13% respectivamente. No entanto, as porcentagens foram menores comparadas à primeira passada, pois nesta época a quantidade de frutos contida nas plantas é menor. Outro fato que pode explicar a diferença é que na segunda passada com a colhedora houve a troca do operador.

A Eficiência de Derrixa Total é a soma da Eficiência de Derrixa da primeira e segunda passada da colhedora na lavoura. As cultivares Pau-Brasil MG 1, Topázio MG 1190, Paraíso MG H419-1 e Sacramento MG 1 se igualaram à testemunha Acaíá Cerrado MG 1474 com eficiências 81,78, 95,67, 96,21, 98,40 e 98,27% respectivamente. As cultivares MGS Travessia e Catiguá MG 2 apresentaram eficiências inferiores com 57,11 e 69,08 % respectivamente. Oliveira (2006), avaliando diferentes velocidades para colheita seletiva, obteve uma eficiência de derrixa total de 97,84%, utilizando velocidade operacional de 1.600 m/hora e vibração de 950 ciclos/minuto semelhante aos resultados obtidos no ensaio.

Na Tabela 10, estão apresentados os resultados para a desfolha entre as cultivares estudadas na safra de 2011.

Tabela 10 Avaliação de desfolha kg por planta na primeira (Desfolha 1^a) e segunda (Desfolha 2^a) passada com a colhedora, safra 2011

Cultivares	Desfolha 1 ^a	Desfolha 2 ^a
Acaiá Cerrado	0,53 c	0,14 c
Catiguá	0,25 a	0,05 a
Travessia	0,22 a	-
Paraíso	0,19 a	0,05 a
Pau Brasil	0,19 a	0,07 b
Sacramento	0,26 a	0,08 b
Topázio	0,37 b	0,29 d
C.V. %	15,69	26,59

As médias seguidas da mesma letra, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância 5%.

A desfolha no momento da colheita pode indicar o nível de dano que a colhedora causa nas plantas. Oliveira (2006) obteve um alto índice de desfolha ao utilizar a vibração de 950 ciclos/minuto, chegando a 0,7 kg/planta de folhas. No entanto, a desfolha encontrada, neste trabalho, foi de 0,53 kg/planta na cultivar Acaiá Cerrado MG 1474, seguida pela cultivar Topázio MG 1190 com 0,37 kg/planta, sendo inferior a encontrada pelo autor.

Na segunda passada com a colhedora, o nível de desfolha foi menor, explicado pelo melhor enfolhamento contido na planta, ou seja, as folhas atacadas com doenças e pragas caíram com a primeira passada da colhedora restando folhas mais vigorosas e saudáveis. Oliveira (2006) e Oliveira et al. (2007a) obtiveram desfolhas variando entre 0,5 a 0,7 kg/planta, entretanto nas avaliações do presente trabalho a variação foi de 0,24 kg/planta e 0,67 kg/planta.

As cultivares Acaiá Cerrado MG 1474, Topázio MG 1190, Sacramento MG 1, Paraíso MG H 419-1 e Pau Brasil MG 1 apresentaram as maiores eficiências de derriça e desfolha. No entanto, somente as cultivares Acaiá Cerrado MG 1474 e Topázio MG 1190 apresentaram maiores desfolhas, tanto na

primeira como na segunda passada com a colhedora. Dentre as cultivares estudadas, somente essas não têm resistência à ferrugem do cafeeiro. Esse fato pode estar relacionado com a síntese de Etileno nas plantas, visto que esse hormônio vegetal desempenha um papel importante na senescência de órgãos e no amadurecimento de frutos (PEREIRA et al., 2005). No entanto, as cultivares Paraíso MG H 419-1 e Sacramento MG 1 também se igualaram à testemunha quanto à eficiência de derriça e obtiveram desfolhas inferiores. Essas cultivares são resistentes à ferrugem e à produção do Etileno que também está envolvido na resposta de estresses bióticos, abióticos e tensões ambientais (YANG; HOFFMAN, 1984; WANG; LI; ECKER, 2002).

Na Tabela 11, está apresentado os resultados obtidos para a colheita plena realizada no ano safra de 2012, utilizando velocidade operacional de 1000 m/hora e vibração de 950 ciclos/minuto.

Tabela 11 Avaliação da eficiência de colheita (E.C.), eficiência de derriça (E.D.), perdas (%), Desfolha e porcentagem de repasse, safra 2012

Cultivares	E.C.	Perdas %	E.D.	Desfolha	Pepasse %
Acaíá Cerrado	77,30 a	11,54 a	88,80 a	0,69 b	11,17 a
Catiguá	40,30 b	8,48 a	48,80 d	0,27 a	51,19 d
Travessia	60,90 b	14,35 a	75,30 b	0,32 a	24,74 b
Paraíso	51,10 b	10,50 a	61,60 c	0,20 a	38,39 c
Pau Brasil	58,50 b	6,26 a	64,70 c	0,25 a	35,22 c
Sacramento	61,40 b	9,08 a	70,50 c	0,22 a	29,52 c
Topázio	81,00 a	9,05 a	90,10 a	0,59 b	9,93 a
CV (%)	14,52	29,86	9,65	29,86	23,91

As médias seguidas da mesma letra, não se diferenciam estatisticamente pelo teste de Scott Knot ao nível de significância 5%.

Na colheita plena, o resultado para a eficiência de derriça segue a mesma tendência encontrada na colheita seletiva (Safra 2011) com a cultivar Topázio MG 1190 com 90,10%, se destacando e se igualando à testemunha

Acaiá Cerrado MG 1474 com 88,80%. Essas cultivares são seguidas pela MGS Travessia com 75,30%. Observa-se que a cultivar Catiguá MG 2 apresentou a pior eficiência de derriça com 48,80%. Oliveira et al. (2007a), trabalhando com a produtividade influenciada pela colheita mecanizada, conseguiram uma eficiência de derriça com uma única passada com a colhedora próxima a 99%. Assim como ocorreu na primeira passada na safra de 2011, não houve diferença significativa entre as cultivares para as perdas, sendo que, essas permaneceram dentro das porcentagens apresentadas anteriormente.

O mesmo comportamento foi observado para a desfolha entre os dois sistemas de colheita, com a cultivar Topázio MG 1190 se igualando à cultivar Acaiá Cerrado MG 1474, com 0,59 kg/planta e 0,69 kg/planta respectivamente. Sendo assim, pode-se deduzir que essas plantas têm a tendência de maior desfolha promovida pelo ataque do fungo, já que foi observado durante a realização das avaliações a presença do mesmo dentro das parcelas.

4.4 Análise da correlação entre as características vegetativas e a eficiência de derriça

A partir da observação de diferenças entre as características vegetativas das cultivares e também no desempenho da colheita, realizou-se um estudo de correlações a fim de se determinar a relação entre as características vegetativas e a eficiência de derriça. Não foram encontradas correlações significativas para todas as características vegetativas avaliadas e também não foram encontradas correlações significativas para a carga pendente e porcentagem de maturação dos frutos. Na Tabela 12, estão apresentadas as correlações significativas entre as eficiências de derriça nas safras de 2011 e 2012 e as características vegetativas das cultivares estudadas.

Tabela 12 Correlação das características vegetativas número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP), comprimento dos ramos plagiotrópicos do terço superior (CRPPTS), ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos do terço médio (AIRPTM), ângulo de inserção dos ramos plagiotrópicos do terço inferior (AIRPTI), carga pendente da safra 2011 e 2012 (C.P.), porcentagem de frutos verdes da safra 2011 e 2012 (F.V. %), porcentagem de frutos cerejas da safra 2011 e 2012 (F.C. %), e a Eficiência de Derriça das colheitas Seletiva (2011) e Plena (2012)

	E.D. (2011)	E.D. (2012)
Carga Pendente	0,63*	-0,35 ^{ns}
Frutos Verdes %	-0,44*	0,41 ^{ns}
Frutos Cerejas %	0,47*	-0,12 ^{ns}
NºRPP	-0,65*	-0,03 ^{ns}
CRPTS	-0,01 ^{ns}	-0,63*
AIRPTS	0,27 ^{ns}	-0,44*
AIRPTM	-0,12 ^{ns}	-0,55*
AIRPTI	-0,16 ^{ns}	-0,48*

* Significativo pelo teste t a 5%.

^{ns} Não significativo pelo teste t.

As correlações entre as características vegetativas e a eficiência de derriça das safras de 2011 e 2012 divergiram, no entanto, diferenças entre a velocidade operacional da colheita em cada safra, sendo utilizadas 1.300 m/hora na safra 2011 e 1.000 m/hora na safra 2012, podem ter influenciado neste resultado. Segundo Ciro (2001), a frequência natural do sistema pedúnculo/fruto depende das propriedades físico-mecânicas do ramo do cafeeiro, embora a derriça dos frutos seja uma função direta de parâmetros de vibração, como frequência, amplitude e tempo de vibração, e não somente da frequência natural.

A carga pendente das cultivares apresentou correlação somente para a colheita seletiva, sendo essa uma correlação moderada de 0,63, ou seja, quanto maior for a carga pendente melhor é a eficiência de derriça. Esse fato é intrínseco, pois, quanto maior a quantidade de frutos na planta maior será a colheita. No entanto, esse fato não foi demonstrado pela cultivar Catiguá MG 2, que apresentou uma carga pendente média de 21,0 L/planta e a pior eficiência de derriça, 69,09%. Para a colheita seletiva não houve significância na correlação da carga pendente com a eficiência de derriça.

A porcentagem de maturação também apresentou correlação significativa para a colheita seletiva. A porcentagem de frutos verdes apresentou correlação moderada de -0,44, ou seja, quanto menor a porcentagem de frutos verdes na planta melhor é a eficiência de derriça. Observa-se o comportamento contrário para a porcentagem de frutos cerejas, sendo que esta correlação para a mesma safra também foi significativa, apresentando correção moderada de 0,47, ou seja, quanto maior a porcentagem de frutos cerejas na planta melhor a eficiência de derriça. Silva (2008) avaliando a força de desprendimento de progênies de cafeeiro, observou que a força de desprendimento está relacionada com o estágio de maturação dos frutos, sendo assim, quanto menor a porcentagem de frutos verde e maior a porcentagem de frutos cerejas menor é a força de desprendimento, conseqüentemente, melhor a eficiência de derriça.

Ao correlacionar o número de ramos plagiotrópicos primários com a eficiência de derriça total da safra 2011 (Colheita Seletiva), verificou-se uma forte correlação com um valor de -0,70, ou seja, quanto menor a quantidade de ramos maior é a eficiência de derriça.

Ao verificar esta correlação para a safra 2012, verifica-se que não houve significância. Outro fato a ser observado é que na colheita seletiva (2011) a máquina passa duas vezes na planta possibilitando uma maior retirada dos frutos. Fato esse que pode ser comprovado ao analisar as cultivares Acaia

Cerrado MG 1474, Paraíso MG H 419-1, Sacramento MG1 e Topázio MG 119 (Tabela 1) que são iguais no número de ramos plagiotrópicos primários, com a menor quantidade de ramos, e na eficiência de derriça total com as melhores eficiências. Na safra 2012 (colheita plena), somente as cultivares Acaiá Cerrado MG 1474 e Topázio MG 1190 são iguais estatisticamente na eficiência de derriça. Segundo Santos (2008), a excitação do sistema pedúnculo-fruto em uma de suas frequências naturais promove grandes deslocamentos, e, conseqüentemente, aumenta os níveis de tensão, possibilitando a derriça dos frutos. O autor ainda relata que para criar grandes forças inerciais, os ramos devem ser excitados nas suas frequências naturais, o que proporcionará grandes deslocamentos do sistema. Portanto, a menor quantidade de ramos possibilita um maior deslocamento dos ramos dentro do sistema favorecendo a derriça dos frutos. Contudo Souza et al. (2006), avaliando a colheita manual e semimecanizada em lavouras com idades diferentes, não encontrou diferença significativa na eficiência de derriça ao variar a quantidade de ramos.

Para a safra de 2012, as correlações entre o comprimento dos ramos plagiotrópicos do terço superior, ângulo de inserção do ramo plagiotrópico do terço superior, ângulo de inserção do ramo plagiotrópico do terço médio e o ângulo de inserção do ramo plagiotrópico do terço inferior com a eficiência de derriça foram significativos. No entanto dentre esses somente o comprimento dos ramos plagiotrópicos do ponteiro obtiveram uma correlação forte com -0,63, indicando que quanto mais fechado esse ângulo maior a eficiência de derriça. Souza (2004) avaliando diferentes vibrações e amplitudes em ramos plagiotrópicos, verificou que na faixa de 15 a 18 Hz ramos com 10 cm de comprimento há maior eficiência de derriça, próximo aos valores encontrados neste trabalho.

O restante das características vegetativas avaliadas apresentou correlações fracas, comparadas à eficiência de derriça, porém todas

apresentando correlações negativas indicando que quanto mais fechado esses ângulos melhor a eficiência de derriça na colheita plena.

A força de desprendimento é um parâmetro objetivo para se determinar o ponto da colheita e qual regulagem utilizar na máquina. Também foi realizado um estudo da correlação entre a força de desprendimento dos frutos cereja e verde com a eficiência de derriça das duas safras, demonstrado na Tabela-13.

Tabela 13 Correlação força de desprendimento frutos cereja e a eficiência de derriça (E.D.) das safras 2011 e 2012

	E.D.(2011)	E.D.(2012)
Força do Fruto Verde	-0,09 ^{ns}	-0,42 ^{ns}
Força do Fruto Cereja	-0,86*	-0,80*

* Significativo pelo teste t.

As correlações entre a força de desprendimento dos frutos cerejas com a eficiência de derriça se mostraram significativas e com uma correlação forte. Os valores da correlação foram negativos sendo de -0,86 para a safra de 2011 e de -0,80 para a safra 2012. Por ser de valor negativo fica evidente que quanto menor a força de desprendimento dos frutos cerejas maior será a eficiência da derriça do café. Segundo Silva et al. (2013), quanto menor forem as forças de desprendimento, maiores são as eficiências de derriça, tornando esse parâmetro preciso para orientar o momento de se iniciar a colheita e qual a regulagem utilizar na colhedora.

As cultivares Acaiá Cerrado MG 1474, Paraíso MG H 419-1, Sacramento MG 1 e Topázio MG 1190 apresentaram as melhores eficiências de derriça na safra 2011 e, na 2012, as melhores cultivares foram o Acaiá MG 1474 e Topázio MG 1190. Portanto, as melhores cultivares para as colheitas

mecanizadas plena e seletiva do café são as cultivares Acaia Cerrado e Topázio MG 1190.

Essas cultivares reúnem as características vegetativas que têm correlação com a colheita mecanizada, como menor quantidade de ramos plagiotrópicos primários, menor comprimento do ramo plagiotrópico primário do terço superior e o menor ângulo de inserção dos terços inferior, médio e superior.

A força de desprendimento dos frutos cerejas apresentou correlações fortes nas duas safras avaliadas. Na safra 2011, a cultivar Acaia Cerrado MG 1474 apresentou força de desprendimento do fruto cereja de 3,37 N e força do fruto verde de 8,20 N, entretanto, esta foi a maior diferença apresentada com 4,83 N. Portanto, quanto maior a diferença entre a força de desprendimento dos frutos verdes e cerejas melhor é o desempenho da colhedora. Na mesma safra, a cultivar Topázio apresentou a maior força de desprendimento para os frutos cerejas com 6,15 N e 9,56 N para o fruto verde. Entretanto, a diferença dos frutos foi a segunda maior com 3,41 N.

Na safra 2012, houve um comportamento semelhante, porém, as forças de desprendimento dos frutos foram mais altas comparadas à safra 2011. A cultivar Acaia Cerrado MG 1474 apresentou força de desprendimento para o fruto cereja de 6,86 N e força do fruto verde de 9,12 N, com a diferença de 2,26 N, sendo essa a menor diferença. Para a cultivar Topázio MG 1190, a força dos frutos cerejas foram de 6,08 N, e força dos frutos verdes de 8,66 N, apresentando uma diferença de 2,58 N, sendo a terceira menor.

5 CONCLUSÕES

- a) As cultivares cujas características vegetativas mais se correlacionam com a eficiência de derrça e também que apresentam as melhores eficiências de derrça são a Acaiá Cerrado MG 1474 e Topázio MG 1190.
- b) A menor quantidade de ramos plagiotrópicos primários, o menor comprimento dos ramos plagiotrópicos do terço superior e o menor ângulo de inserção em toda a planta têm correlação com a eficiência de derrça.
- c) A força de desprendimento dos frutos cerejas apresentou correlação forte com a eficiência de derrça.
- d) As cultivares que não tem resistência à ferrugem do cafeeiro apresentam maior desfolha.

REFERÊNCIAS

- ADÃO, W. A. **Análise de cultivares do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) por meio de características morfológicas e agronômicas**. 2002. 59 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ANDROCIO FILHO, A. et al. avaliação da colheita mecanizada do café no paraná e propostas para melhoria de métodos e processos. In: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFES DO BRASIL, 6., 2011, Vitoria. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2011.
- BARBOSA, J. A. et al. Desempenho operacional de derriçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 129-132, jan./mar. 2005.
- BOZZA, A. et al. Isolamento de fungos associados a gros de café cv. Iapar 59 de origem de solo e árvore em diferentes tempos de colheita. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 529-534, jul./set. 2009.
- CAMARGO, C. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.
- CARVALHO JÚNIOR, C. D. E. et al. Influência de diferentes sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 1089-1096, out. 2003.
- CARVALHO, A. D. et al. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.
- CARVALHO, A. Pesquisas sobre o melhoramento do café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO INSTITUTO AGRÍCOLA AGRONMICO, 63., 1986, Campinas. **Anais...** Campinas: E.S.A Luiz de Queiroz, 1986. p. 793-809.
- CARVALHO, G. R. et al. Eficiência do ethephon na uniformização e antecipação da maturo de frutos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na qualidade

da bebida. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 1, p. 98-106, jan./fev. 2003.

CARVALHO, H. P. et al. Avaliação de cultivares e linhagens de café (*Coffea arabica* L.) nas condições de cerrado, em Uberlândia – MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 59-68, 2003.

CIRO, H. J. Coffee harvesting I: determination of the natural frequencies of the fruit stem system in coffee tress. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 17, n. 4, p. 475-479, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: café: safra 2012/2013. Brasília: CONAB, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_12_20_10_53_32_boletim_cafe_-_original.pdf>. Acesso em: 24 de abr. 2013.

COSTA, M. J. N., ZAMBOLIM, L.; RODRIGUES, F. A. Avaliação de produtos alternativos no controle da ferrugem do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 150-155, 2007.

COUTO, S. et al. Comportamento mecânico de frutos de café: módulo de deformidade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 285-294, 2002.

FERREIRA, D. F. **Sistema de análise de variância para dados balanceados, versão 4.0**. Lavras: DEX/UFLA, 2000. (Software Estatístico).

FILGUEIRAS, W. et al. Modelagem da planta de café por elementos finitos para estudos de colheita por vibração. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2000. p. 1095-1098.

FREITAS, Z. M. T. S. **Características fenológicas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em pós-plantio no Agreste de Pernambuco**. 2004. 52 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FREITAS, Z. M. T. S. et al. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 267-275, jan. 2007.

LIVRAMENTO, D. E. Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). **Café arábica do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. Cap. 2, p. 87-161.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. D. R. Colheita, preparo e secagem do café. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. D. C. (Ed.). **Café Arábica do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. Cap. 13, p. 805-860.

MASARIRAMBI, M. T. et al. The effect of irrigation on synchronization of coffee (*Coffea arabica* L.) flowering and berry ripening at Chipinge, Zimbabwe. **Physics and Chemistry of the Earth**, Oxford, v. 34, n. 13-16, p. 786-789, 2009.

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

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

OLIVEIRA, E. et al. Operational costs of mechanized harvest of coffee. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 827-831, June 2007b.

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

PEREIRA, L. F. P. et al. Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 17, n. 3, p. 283-289, July/Sept. 2005.

PETEK, M. R.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 169-181, 2009.

PEZZOPANE, C. D. et al. Phenological and agronomic attributes in arabica cultivars of coffee tree. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 711-717, May/June 2009.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Escala para avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 499-505, 2003.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Heat requirements of mundo novo coffee for the flowering-harvest phenological stage. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, Nov./Dec. 2008.

PIMENTA, C.; VILELA, E. Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 131-136, 2008.

REGISTRO NACIONAL DE CULTIVARES. Cultivarweb. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2013. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 17 abr. 2013.

SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; ZAMBOLIM, L. Melhoramento do cafeeiro. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. Cap. 6, p. 189-204.

SANTINATO, R. et al. Estudos de colheita mecânica K-3 Jacto com 1, 2 e 3 passadas intercaladas e pulverizações (K-3 Bayer) cicatrizantes e pré-florada em condições de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 24., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998. p. 314-316.

SANTOS, F. L. et al. Analysis of the coffee harvesting process using an electromagnetic shaker. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 373-378, July/Sept. 2010a.

SANTOS, F. L. et al. Efeito da frequência e amplitude de vibração sobre a derriça de frutos de café. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 425-431, abr. 2010b.

SANTOS, F. L. **Simulação e avaliação do comportamento dinâmico de frutos do cafeeiro na derriça**. 2008. 162 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SERA, G. H. et al. Herança da característica erecta (Er) da ramificação plagiotrópica e sua relação com o vigor vegetativo em população F2 do cruzamento "Catuaí Erecta" x 'IAPAR-59'. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória. **Resumos...** Brasília: Embrapa Café, 2001.

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

SILVA, F. C. da. **Efeito da força de desprendimento e da maturação dos frutos de cafeeiros na colheita mecanizada**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, F. C. et al. Behavior of the coffee fruit detachment force throughout the harvest period. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 468-474, Mar./Apr. 2010.

SILVA, F. M. da; SALVADOR, N.; PÁDUA, T. de. **Café: mecanização da colheita**. Lavras: UFLA, 2002.

SILVA, F. M. et al. **Colheita do café mecanizada e semimecanizada**. Lavras: UFLA, 2001. (Boletim de Extensão).

SILVA, F. M. et al. Desempenho operacional e econômico da derriça do café com uso de derriçadora lateral. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 2, p. 119-125, jul./dez. 2006.

SILVA, F. M. et al. Effects of manual harvesting on coffee (*Coffea arabica* L.) crop biannuality in Ijaci, Minas Gerais. **Ciencia e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, May/June 2010b.

SILVA, F. M. et al. Use of ethrel on the mechanized and selective coffee (*Coffea arabica* L.) harvest. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 178-182, 2009.

SILVAROLLA, M. B. et al. Avaliação de progênies derivadas do Híbrido Timor com resistência ao agente da ferrugem. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 47-58, 1997.

SOUZA, C. de et al. Derriça de frutos de café por vibração. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 32-37, 2002.

SOUZA, C. M. A. de. **Desenvolvimento e modelagem de sistemas de derriça e de abanação de frutos do cafeeiro**. 2004. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, C. M. A. et al. Comparação entre derriça manual e mecânica de frutos de cafeeiro. **Ceres**, Viçosa, v. 53, n. 305, p. 36-40, 2006.

SOUZA, J. C. S. de. Determinação de perdas de frutos no mecanismos recolhedor e transportador de colhedoras de café. 2009. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TEIXEIRA, A. L. et al. Seleção precoce para produção de grãos em café arábica pela avaliação de caracteres morfológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1110-1117, ago. 2012.

WANG, K. L.-C.; LI, H.; ECKER, J. R. Ethylene biosynthesis and signaling networks. **The Plant Cell**, Rockville, v. 14, p. S131-S151, 2002.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, n. 1, p. 155-189, June 1984.

ZACHARIAS, A. O.; CAMARGO, M. B. P. de. Parametrização de modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 27., 2007, Águas de Lindoia. **Anais...** Brasília: Embrapa Café. p. 115-116. Disponível em: <<http://www.cncafe.com.br/site/conteudo.asp?id=21>>. Acesso em: 09 abr. 2013.