

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE CÁCERES JANE VANINI**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS – FACAB**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**PAULO CESAR LIMA SILVA**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO VISANDO A EFICIÊNCIA**  
**NA COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ**

**CÁCERES – MT**  
**2016**

**PAULO CESAR LIMA SILVA**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO VISANDO A EFICIÊNCIA  
NA COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ**

Monografia apresentada como requisito obrigatório para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo a Universidade do Estado de Mato Grosso – Campus Cáceres.

Orientador

Prof. Dr. Eder Pedroza Isquierdo

Coorientador

Msc. Felipe Santinato

**CÁCERES – MT  
2016**

**PAULO CESAR LIMA SILVA**

**AGRICULTURA DE PRECISÃO VISANDO A EFICIÊNCIA NA COLHEITA  
MECANIZADA DO CAFÉ**

Esta monografia foi julgada e aprovada como requisito para obtenção do Diploma de Engenheiro Agrônomo no Curso de Agronomia da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

Cáceres, 15 de Agosto de 2016

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Daniela Soares Alves Caldeira – (UNEMAT)

---

Prof.<sup>a</sup> Msc. Marcella Karoline Cardoso Vilarinho – (UNEMAT)

---

Prof. Dr. Eder Pedroza Isquierdo – (UNEMAT)  
Orientador

Em especiais meu pai Manoel do Carmo, meu padrinho José Vicente e a toda minha família,  
pois são os grandes responsáveis por eu ter chegado até aqui.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pois sem ele eu não teria forças para essa longa jornada.

A Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT e a Fundação de Amparo a Pesquisa - FAPEMAT pela concessão de bolsa de iniciação científica durante todo o período acadêmico. Em especial a professora Zulema Netto pela oportunidade de participar dos projetos pelo qual a mesma é coordenadora.

E agradeço imensamente ao meu orientador professor Eder Isquierdo, que não mediu esforços para realização deste trabalho e também pelo conhecimento transferido que levarei para o resto da minha vida profissional, deixo aqui o meu muito obrigado!

Ao Msc. Felipe Santinado que foi fundamental para execução deste trabalho, juntamente com o Grupo Veloso por ceder o espaço e os equipamentos para execução do experimento, e principalmente o conhecimento adquirido durante esse período que trabalhei com eles, muito obrigado!

Ao meu Pai Manoel do Carmo, pois é a minha grande motivação de sempre batalhar e não deixar que momentos ruins possam fazer com que eu desista, muito obrigado pai por você existir.

Ao meu padrinho José Vicente agradeço de coração todos os conselhos, nos momentos difíceis que pensei em desistir e você sempre presente me mantendo firme não deixando eu desistir, muito obrigado.

A minha mãe Maria Guilherma que sempre esteve presente nos momentos mais difíceis, agradeço a Deus por ter colocado pessoas especiais em minha vida como a senhora.

E a todos da minha família, minhas irmãs Iris, Islane, Patricia, Pauliane, meu grande irmão Pablo Matheus e Isis (*em memóriam*). Enfim todos aqueles que levo comigo sempre, desculpe não colocar o nome de todos, mas todos sabem que são muitos!!!

A todos da churrascaria carretão, em especial a Salete e o José.

A Marina Gattas quero agradecer pelos momentos em que estivemos juntos sempre com muitas paciência e dedicação, principalmente pelo apoio quando me ausentei, nos momentos difíceis sempre me apoiando e compreendendo todas as minhas angustias. Muito Obrigado!

E a todos os meus colegas de turma, em especial Antônio, Lucas, Luiz Emerson, Nathalia e Rayssa.

O meu muito obrigado a todos!

“(...) Boa terra! Jamais negou a quem trabalha. O pão que mata a fome, o teto que agasalha...  
Quem com o seu suor a fecunda e umedece, Vê pago o seu esforço, e é feliz, e enriquece (...)”

A Pátria - Olavo Bilac

## RESUMO

A determinação do ponto de colheita e a regulação da velocidade e vibração das hastes é feita de modo empírico pelo produtor, e a agricultura de precisão torna-se importante ferramenta de geoestatística para orientar o cafeicultor, mapeando a quantidade de café no ponto de colheita, fragmentando o talhão para que se aplique diferentes regulagens e velocidades conforme a necessidade do local, baseando-se na força de desprendimento dos frutos. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de colheita, café caído e remanescente, utilizando regulagens específicas na colheita, previamente estabelecidas para cada setor de produtividade e de estágio de maturação dos frutos, fundamentadas pela geração de mapas por meio da geoestatística, em comparação à colheita mecanizada padrão. Adotou-se o gride de 0,27 ha, ou seja, 3,63 pontos por hectare, totalizando 178 pontos na área experimental. Elaborado os mapas de produtividade, a dificuldade de colheita foi interpretada pela dificuldade de desprendimento do fruto, em função do estágio de maturação e do volume à ser colhido, determinando assim uma combinação entre velocidade e vibração das hastes, julgada ideal, descrito na literatura. Foram escolhidas seis zonas de colheita e instalado em cada uma dessas o experimento de teste de regulagens. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3 x 3, sendo três velocidades operacionais (1000; 1300 e 1600 m h<sup>-1</sup>) e três vibrações das hastes (700; 800 e 900 rpm), em blocos ao acaso com quatro repetições. Em cada parcela avaliou-se café caído, remanescente, colhido e eficiência de colheita. Em locais de maior produtividade avaliada somente operando com 1000 m h<sup>-1</sup> e 900 rpm a eficiência de colheita se apresentou satisfatória. Em locais de maior produtividade avaliada, somente operando com 1000 m h<sup>-1</sup> e 800 rpm a eficiência de colheita foi estatisticamente diferente dos demais tratamentos. Para maiores produtividades não é recomendado utilizar a velocidade operacional de 1.600 m h<sup>-1</sup>, independente da vibração utilizada. Quando utilizadas regulagens de precisão, apresentou um aumento significativo na eficiência de colheita, os mapas de produtividade e maturação gerados pela agricultura de precisão, fornecem informações que proporcionam a regulação mais adequada para cada situação da lavoura.

**Palavras chave:** Análise geoestatística, desempenho operacional, eficiência de colheita.

## SUMÁRIO

### ARTIGO

RESUMO -----	01
ABSTRACT -----	01
1 INTRODUÇÃO -----	02
2 MATERIAL E MÉTODOS -----	03
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	06
4 CONCLUSÕES-----	13
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	13

# AGRICULTURA DE PRECISÃO VISANDO A EFICIÊNCIA NA COLHEITA MECANIZADA DO CAFÉ

Paulo Cesar Lima Silva<sup>1</sup>, Eder Pedroza Isquierdo<sup>1</sup>, Felipe Santinato<sup>2</sup>

Preparado de acordo com as normas da revista *Coffee Science* – Versão preliminar

**Resumo:** Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência de colheita, a porcentagem de café caído e café remanescente na planta em função de diferentes velocidades operacionais e vibrações das hastes, em setores da lavoura com diferentes níveis de produtividade e estágio de maturação dos frutos. O experimento foi conduzido no município de Presidente Olegário – MG. Foram determinados 4 pontos ha<sup>-1</sup> totalizando assim, 178 pontos de coleta. Elaborado os mapas de produtividade, a dificuldade de colheita foi interpretada pela dificuldade de desprendimento do fruto, em função do estágio de maturação e do volume à ser colhido, determinando assim, uma combinação entre velocidade e vibração das hastes julgadas ideais, descritas na literatura. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3 x 3, sendo três velocidades operacionais (1000; 1300 e 1600 m h<sup>-1</sup>) e três vibrações das hastes (700; 800 e 900 rpm), em blocos ao acaso com quatro repetições. Em locais de maior produtividade avaliada, somente operando com 1000 m h<sup>-1</sup> e 800 rpm a eficiência de colheita não foi estatisticamente diferente dos demais tratamentos. Para maiores produtividades não é recomendado utilizar a velocidade operacional de 1600 m h<sup>-1</sup>, independente da vibração utilizada. Quando utilizadas regulagens de precisão, apresentou um aumento significativo na eficiência de colheita, os mapas de produtividade e maturação gerados pela agricultura de precisão, fornecem informações que proporcionam a regulação mais adequada para cada situação da lavoura.

**Termos para indexação:** Análise geoestatística, desempenho operacional, eficiência de colheita.

## PRECISION AGRICULTURE IN THE HARVEST COFFEE MECHANIZED

**Abstract:** The objective of the present study was to evaluate the harvest efficiency, the percentage of fallen coffee and remaining coffee in the plant in function of different operating speeds and vibrations of rods, in sectors of the farming with different levels of productivity and maturity stage of fruit. The experiment was conducted in the municipality of Presidente Olegário – MG. It was determined 4 points há<sup>-1</sup> altogether accounting for, 178 collection points. Elaborated productivity maps, the difficulty of harvest was interpreted by the difficulty of detachment of fruit, in function of maturation stage and volume to be harvested, thereby determining a combination of speed and vibration of rods judged ideal, described in the literature. The treatments were distributed in a factorial scheme 3 x 3, with three operating speeds (1.000; 1.300 e 1.600 m h<sup>-1</sup>) and three vibrations of the rods (700; 800 e 900 rpm), in blocks with four replications. In places of higher productivity evaluated, only operating with 1.000 m h<sup>-1</sup> and 800 rpm harvesting efficiency is statistically different of the other treatments. For higher productivity it is not recommended to use the operations speed of 1.600 m h<sup>-1</sup>, regardless of used vibration. When it used precision adjustments, it occurred significant rise in the harvest efficiency, yield maps and maturation generated by precision agriculture, provides information which provide the most adequate setting for each situation of the tillage.

**Index terms:** Geoestatistical analysis, harvest efficiency, operational performance.

1 – Universidade do estado de Mato Grosso – UNEMAT, Campus Cáceres – MT - Av. Santos Dumont s/n – DNER – Cáceres – MT – paulocesar\_cac@hotmail.com, eder.isquierdo@yahoo.com.br.

2- Universidade Estadual Paulista/UNESP - Campus de Jaboticabal - Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n – Vila Industrial - Jaboticabal - SP - 14.884-900 - fpsantinato@hotmail.com

## 1. INTRODUÇÃO

O custo de produção na cultura do café é elevado podendo chegar a R\$ 12.000 ha/ano (CONAB, 2015) e a colheita corresponde em média 25 a 35% desse custo (SANTINATO et. al. 2008).

A colheita do café em comparação à culturas anuais, é mais difícil e complexa, em razão da arquitetura da planta, um arbusto que pode chegar até 4 metros de altura com grande quantidade de folhas e ramos, dificultando assim as operações de colheita. A maturação desuniforme segundo Silva et. al. (2006) é uma característica do cafeeiro em função de floradas sucessivas, que podem ocorrer de duas a cinco ao ano, dependendo do clima de cada região e da própria variabilidade climática em cada ano, o que prejudica os processos de colheita manual ou mecanizada, o desempenho operacional e a qualidade do produto.

Vários são os fatores que interferem no processo da colheita do café, a desuniformidade de maturação (MOLIN, 2001), umidade dos frutos (FILGUERAS, 2001), formato das plantas (MATIELLO et. al. 2010) e ainda problemas como a falta de mão-de-obra e o alto custo da colheita manual (SANTINATO et. al. 2014b).

A colheita do café tradicionalmente é realizada de forma manual. No entanto, com a intensificação da mecanização e aplicação de novas tecnologias em lavouras cafeeiras houve um grande aumento na produtividade, e como consequência um aumento significativo na demanda por mão de obra, que é cada vez mais escassa, necessitando assim a otimização do processo de colheita, para que essa operação seja realizada de forma mais eficiente e precisa. Sobre esse aspecto, a mecanização das operações de cultivo e colheita assume um papel fundamental à cafeicultura, devido à redução dos custos operacionais e agilidade do processo (SILVA et al., 2015).

A colheita mecanizada, com colhedoras que aplicam cada vez mais tecnologias, permite a colheita de maiores quantidades de café em um curto espaço de tempo trazendo aos produtores rurais benefícios como a rapidez na realização das operações de campo e a redução de custos de produção. Além disso, essa tecnologia permite colher maior número de frutos maduros, aumentando a lucratividade da cafeicultura (OLIVEIRA, et al. 2007b). Diante disso, os cafeicultores passaram a ter uma nova óptica para a colheita, visando sempre colher a maior quantidade de frutos maduros. Sendo assim, a colheita mecanizada passou a ter um novo foco, no sentido de possibilitar a colheita seletiva.

Segundo Souza et al. (2005), a colheita mecanizada seletiva baseia-se nas diferentes forças de desprendimento dos frutos em diferentes estádios de maturação, sendo que, frutos maduros necessitam de menor quantidade de energia para serem removidos da planta em

comparação aos frutos verdes. Além disso, Santinato et al. (2014a) afirmam que quanto maior a carga de café, maior será a exigência de "energia" da máquina para derriçar os frutos.

Conforme Silva et al. (2002), 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 maduros, sobre maduros ou secos, mantendo na planta a maioria dos frutos verdes.

A colheita mecânica do café é realizada por meio de varetas situadas em cilindros oscilantes na colhedora, as quais trabalham na vertical, envolvendo os cafeeiros lateralmente, derriçando os frutos pelo efeito da vibração (SILVA et al., 2013). Dessa forma, a colheita seletiva mecanizada visa a melhor regulagem da vibração das varetas e da velocidade operacional da colhedora para se colher o maior porcentual de frutos maduros, deixando a maioria dos verdes na planta. Devido à dificuldade de colheita, a agricultura de precisão dispõe de ferramentas que podem auxiliar o produtor no momento de definir a regulagem e o momento correto da colheita.

Uma das dificuldades encontradas pelos cafeicultores é determinar o momento adequado de iniciar a colheita. Para isso, é necessário conhecer a maturação dos frutos em diferentes zonas no talhão e em função dessa informação, determinar a vibração e a velocidade operacional da colhedora mais adequada para este local (SILVA et. al. 2013).

Segundo Vieira (2000) a geoestatística é uma das ferramentas utilizadas na agricultura de precisão para melhor gerenciar a propriedade e principalmente a colheita. Com base nessa ferramenta, podemos determinar a velocidade operacional e vibração das hastes, conforme recomendada na literatura, para diferentes níveis de produtividade e maturação, permitindo colher maior porcentagem de café maduro.

A partir de dados que comprovem a eficiência da colheita utilizando a agricultura de precisão, pode desenvolver tecnologias que otimizem o processo de colheita, proporcionando assim uma colheita mais seletiva, utilizando a velocidade operacional da colhedora e a vibração das hastes adequadas para diferentes locais no mesmo talhão, possibilitando a colheita de maiores quantidades de café maduro em uma única operação.

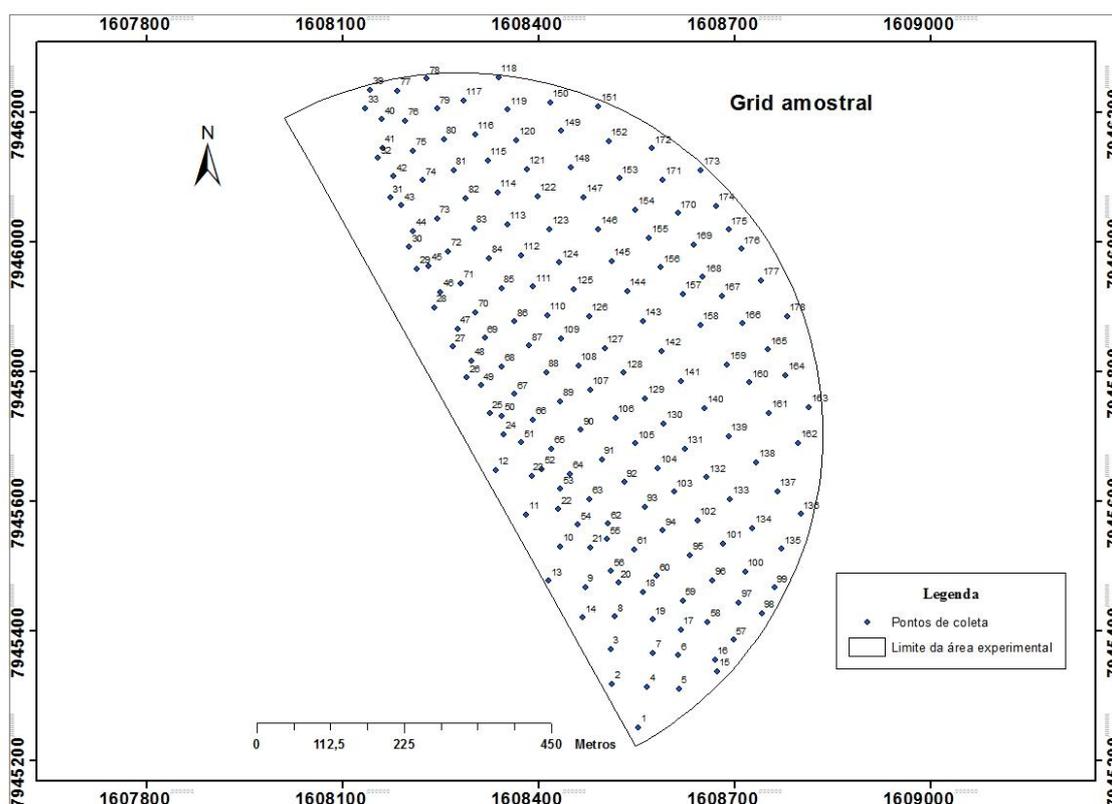
Diante do exposto, o trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de colheita, a porcentagem de café caído e café remanescente na planta em função de diferentes velocidades operacionais e vibrações das hastes, em setores da lavoura com diferentes níveis de produtividade e estágio de maturação dos frutos utilizando a geoestatística.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Município de Presidente Olegário - MG, na Fazenda Catuaí, localizada nas coordenadas geográficas 18°17' 25.48"S e 46°33' 27.87"W.

A área experimental utilizada foi equivalente à 50% de um Pivô central, correspondendo a 49 ha. A cultivar estudada foi a Catuaí Vermelho IAC 144, plantada em 1998, espaçadas em 4,0 m ente linha e 0,5 m entre plantas, totalizando 5000 plantas ha<sup>-1</sup>. Os tratos culturais, nutricionais e fitossanitários seguiram os indicados pelo MAPA/Procafé para a região (MATIELLO et al., 2010).

A área experimental foi demarcada utilizando GPS da marca Garmin Etrex 10, circundando toda a localidade por caminhamento. A área foi subdividida, utilizando o software Surfer, adotando-se o gride de 0,27 ha, ou seja, um ponto a cada 0,27 ha, totalizando assim 178 pontos de coleta (Figura 1).



**Figura 1.** Detalhamento dos pontos utilizados na realização do trabalho.

Após a obtenção dos pontos utilizando o GPS, demarcou-se cada ponto, amarrando uma fita de identificação nos pés de café. Cada ponto utilizado representou dez plantas (parcela). E em cada foram utilizadas cinco plantas para proceder a avaliação manual da carga pendente (litros de frutos por planta). Para tanto, o solo foi coberto com dois panos de ráfia de 5,0 m de comprimento por 3,5 m de largura, dos dois lados da linha do café, um sobrepondo o outro. Depois de realizada a colheita manual, foi determinado a massa e o volume dos frutos e seus valores transformados em sacas de café beneficiado ha<sup>-1</sup>,

utilizando-se a relação de 8,33 litros de frutos de café para produzir um quilo de café beneficiado, utilizando metodologia proposta por Reis et al. (2008).

Em cada parcela retirou-se uma alíquota de 3 litros de frutos para a determinação dos estádios de maturação, sendo 1 litro para cada terço da planta, separando-os em verde, maduro e seco.

Com base nas informações coletadas, foram elaborados mapas de produtividade e maturação em setores ordenados pelo nível de produtividade (0 a 20; 21 a 40; 41 a 60; 61 a 80 e 81 a 100 sacas de café beneficiado ha<sup>-1</sup>). Os mapas de estágio de maturação foram subdivididos em setores ordenados pelo nível de café no estágio verde, maduro e seco (0 a 20; 21 a 40; 41 a 60; 61 a 80 e 81 a 100 %).

Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 3 x 3, sendo três velocidades operacionais (1000; 1300 e 1600 m h<sup>-1</sup>) e três vibrações das hastes (700; 800 e 900 rpm), totalizando nove tratamentos. Os mesmos foram dispostos em delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, totalizando 36 parcelas em cada zona de colheita. Sendo um desses tratamentos a regulagem padrão da fazenda, que na colheita convencional seria 1600 m h<sup>-1</sup> e 800 rpm para colher todo o talhão.

Os mapas de produtividade e de estágio de maturação foram cruzados e novamente setorizados em classificação ordenada pela dificuldade da colheita. Essa dificuldade, foi interpretada pela dificuldade de desprendimento do fruto em função do estágio de maturação e do volume de café à ser colhido. Para cada zona de colheita, foi instalado o experimento, sendo cada tratamento composto de uma combinação de velocidade operacional da colhedora com a vibração das hastes. Essas combinações levaram em consideração dados obtidos na literatura (OLIVEIRA et al., 2007a; SILVA et al., 2010; CASSIA et al., 2013; SANTINATO et al., 2013; SANTINATO et al., 2014a).

De posse dos dados de produtividade e estágio de maturação dos frutos, foram escolhidas seis zonas de colheita (tabela 01) e instalado em cada uma delas o experimento de testes de regulagens. As zonas de colheita foram escolhidas com base nas diferenças de produtividade, maturação dos frutos e o aspecto visual para melhor condução do experimento.

Cada parcela foi constituída por cinco plantas de café, espaçadas em 20 m entre si. Foram feitas avaliações de café caído no chão, café remanescente na planta após a passagem da colhedora e eficiência de colheita (porcentual de café colhido em relação a carga pendente inicial), com base na metodologia amplamente utilizada na literatura (CASSIA et al., 2013; SANTINATO et al., 2014a e SANTINATO et al., 2015).

Em cada parcela foram alocados panos de ráfia, recobrando o solo de toda a área proposta, dos dois lados da linha do cafeeiro. O café caído, após a passagem da colhedora, foi recolhido, separado e o volume foi medido, obtendo-se assim a quantidade de “Café Caído”. Em seguida, realizou-se a derriça manual dos frutos que permaneceram na planta após a passagem da colhedora, sendo considerado como o “Café Remanescente”, que também teve seu o volume medido. De posse dos dados o café colhido foi mensurado pela diferença entre a produtividade inicial (carga pendente) e as quantidades de café caído e remanescente. A eficiência de colheita foi obtida pela equação 1. Além disso, as folhas caídas pela ação da colhedora foram recolhidas e pesadas, obtendo-se assim o valor de desfolha em gramas de folhas por planta.

$$Ef = \frac{CC}{C_{Ini}} . 100 \quad \text{Equação 1}$$

$CC$  = Café colhido (Sacas de café beneficiado  $ha^{-1}$ );

$C_{ini}$  = Quantidade de café inicial (Sacas de café beneficiado  $ha^{-1}$ );

EF = Eficiência de colheita (%).

Em cada zona de colheita, realizou-se a análise de variância para os dados de café caído, café remanescente e eficiência de colheita e, quando ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 01 são apresentados os dados de produtividade e porcentagem de maturação dos frutos em cada zona de colheita.

**Tabela 01** - Produtividade e porcentagem de frutos do cafeeiro nos estádios de maturação verde, maduro e seco (%), em cada zona de produtividade utilizada no experimento.

Zona	Produtividade Sacas de café beneficiado $ha^{-1}$	Verde	Maduro %	Seco
1	31,65	8,5	73,3	18,1
2	37,73	4,1	71,3	23,3
3	51,06	10,0	62,9	27,1
4	57,14	9,2	67,9	25,1
5	47,06	5,6	68,2	26,1
6	109,95	7,3	58,3	34,4

Na tabela 02 são apresentados os valores de desfolha em função das velocidades operacionais e vibrações das hastes estudadas.

**Tabela 02** – Desfolha das plantas em função das velocidades operacionais e vibrações das hastes estudadas

Velocidades m h <sup>-1</sup>	Desfolha g planta <sup>-1</sup>	Vibrações rpm	Desfolha g planta <sup>-1</sup>
1000	0,40 a	700	0,30 a
1300	0,34 a	800	0,38 b
1600	0,33 a	900	0,39 b
CV %		26,21	

\* Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si na coluna, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância

Quando analisado o grau de desfolha provocado por cada tratamento estudado, observa-se que não há efeito significativo da velocidade operacional, dessa forma, podemos afirmar que qualquer velocidade estudada apresentará o mesmo nível de desfolha. No que se refere à vibração das hastes, observa-se que, quando são utilizadas as duas maiores vibrações (800 e 900 rpm) o valor de desfolha foi superior em comparação à vibração de 700 rpm. Dessa forma, pode-se afirmar a vibração de 700 rpm causa menor nível de danos às plantas, quando comparada com as vibrações de 800 e 900 rpm.

Esse resultado está de acordo com Oliveira et al. (2007a) que, analisando a influência da vibração das hastes no processo de desfolha, observou um significativo aumento da desfolha associado ao aumento da intensidade da vibração das hastes. Um dos principais danos causados ao cafeeiro pela ação de colhedoras é a oscilação das hastes sobre o cafeeiro, na maioria das vezes, provoca forte danos a planta, danos esses que muitas das vezes é superior a colheita manual. Segundo Bártolho & Guimarães (1997) elevados níveis de danos na planta, ocasiona queda de produtividade no ano seguinte, uma vez que planta utilizará suas reservas para a recomposição da vegetação e, por conseguinte, terá menor frutificação.

Nas tabelas 03 à 08 são apresentadas as porcentagens de café caído, café remanescente na planta e a eficiência de colheita em função da velocidade operacional da colhedora e da vibração das hastes nas zonas de colheita 1 até 6.

**Tabela 03-** Porcentagem de café caído, remanescente e colhido em zona 1, em função de velocidades operacionais e vibrações das hastes.

Vel. m h <sup>-1</sup>	Café caído			Café remanescente			Eficiência de colheita		
	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900
1000	8,22 aA	14,5 aA	13,17 aA	13,17 aA	7,90 aB	3,90 aB	78,60 aA	77,60 aA	82,92 aA
1300	10,52 aA	10,52 aA	13,20 aA	26,32 bA	13,15 bB	10,52 bB	63,15 aA	76,32 aB	76,27 aB
1600	13,17 aA	13,17 aA	19,7 aA	42,10 cA	18,42 cB	18,42 cB	44,72 bA	68,40 bB	61,87 bB
CV %		60,35%			48,83			18,90	

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Para essa zona de colheita observa-se que, para a velocidade de 1000 m h<sup>-1</sup>, não há efeito significativo da vibração das hastes na eficiência de colheita. Já para as velocidades

de 1300 e 1600 m h<sup>-1</sup> a vibração de 700 rpm apresentou eficiência de colheita inferior em comparação as demais vibrações, que não se diferenciaram entre si.

No que se refere aos efeitos da velocidade operacional, observa-se que, a velocidade de 1600 m h<sup>-1</sup>, independente da vibração utilizada, apresentou eficiência de colheita, significativamente inferior, quando comparada com as demais velocidades que não se diferenciam.

Considerando-se que não há diferença estatística entre as velocidades de 1000 e 1300 m h<sup>-1</sup>, recomenda-se, para esta zona de colheita, a utilização da velocidade de 1300 m h<sup>-1</sup>, pois essa velocidade apresenta maior rendimento operacional em relação à velocidade de 1000 m h<sup>-1</sup>, ou seja, permite colher uma maior área no mesmo espaço de tempo. No que se refere à vibração das hastes, recomenda-se o uso da vibração de 800 rpm, essa regulagem embora não tenha apresentado diferenças significativas no percentual de desfolha em relação a vibração de 900 rpm, apresenta menor potencial para causar danos as plantas como quebra de galhos (BÁRTOLHO & GUIMARÃES, 1997).

**Tabela 04** - Porcentagem de café caído, remanescente e colhido em zona 2, em função de velocidades operacionais e vibrações das hastes.

Vel.de m h <sup>-1</sup>	Café caído			Café remanescente			Eficiência de colheita		
	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900
1000	5,77 aA	11,02 aA	4,40 aA	13,22 aA	6,60 aB	4,40 aB	81,00 aA	82,37 aA	91,20 aB
1300	5,50 aA	11,02 aA	5,50 aA	22,07 bA	5,50 aB	5,50 aB	72,42 aA	83,47 aB	89,00 aB
1600	12,12aA	11,02 aA	16,57 bA	22,20 bA	16,60 bB	11,00 bB	65,77 bA	72,37 bB	72,42 bB
CV %	74,90%			35,62			11,89		

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Para a zona de colheita 2 (tabela 04), independente da vibração utilizada, a velocidade de 1600 m h<sup>-1</sup> apresenta menor eficiência de colheita em relação as velocidades de 1000 e 1300 m h<sup>-1</sup>, que não se diferenciam estatisticamente. Dessa forma, recomenda-se para esse nível de produtividade e estágio de maturação utilizar a velocidade de 1300 m h<sup>-1</sup>, uma vez que essa velocidade proporcionara maior rendimento operacional, em relação a velocidade de 1000 m h<sup>-1</sup>, permitindo colher uma maior área no mesmo espaço de tempo, sem interferir na quantidade de café a ser colhido.

No que se refere a vibração das hastes de 800 e 900 rpm não teve efeito significativo, dessa forma ao ter que regular a máquina, indica-se que utilize 800 rpm, pois a menor intensidade vibratória sobre as plantas, provocará menores danos ao pé de café.

**Tabela 05** - Porcentagem de café caído, remanescente e colhido em zona 3, em função de velocidades operacionais e vibrações das hastes.

Velocidade m h <sup>-1</sup>	Café caído			Café remanescente %			Eficiência de colheita		
	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900
1000	8,17 aA	8,17 aA	12,22 aA	23,45 aA	12,22 aB	4,30 aB	68,37 aA	79,60 aB	83,47 aB
1300	12,20 aA	13,20 aA	12,22 aA	20,40 aA	4,10 aB	4,90 aB	67,40 aA	82,65 aB	82,87 aB
1600	8,17 aA	9,00 aA	16,30 aA	57,12 bA	24,50 bB	16,30 aB	34,70 bA	66,50 bB	67,40 bB
CV %		43,42 %			40,27			10,67	

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Na zona de colheita 3 (tabela 05) os resultados indicam que a vibração de 700 rpm proporciona menor eficiência de colheita em relação as vibrações de 800 e 900 rpm, bem como a velocidade de 1600 m h<sup>-1</sup>, proporciona menor eficiência quando comparada com as velocidades de 1000 e 1300 m h<sup>-1</sup>, que não se diferenciam. Sendo assim, a regulagem de colheita recomendada para essa zona é a vibração de 800 rpm, combinada com a velocidade operacional de 1300 m h<sup>-1</sup>, pelos mesmos motivos citados nas zonas 1 e 2.

Para essa zona de colheita, observa-se ainda que, quando a colhedora foi regulada para a maior velocidade estudada, combinada à menor vibração das hastes, 57,12% do café permaneceu na planta após a colheita, desta forma não é recomendado a utilização dessa regulagem. Esses resultados estão de acordo com Silva et al. (2015) que afirmam que, o volume e a eficiência da colheita estão diretamente relacionados com a intensidade da vibração das hastes e o índice de maturação do fruto.

**Tabela 06** - Porcentagem de café caído, remanescente e colhido em zona de colheita 4, em função de velocidades operacionais e vibrações das hastes.

Velocidade m h <sup>-1</sup>	Café caído			Café remanescente %			Eficiência de colheita		
	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900	700	800 Rpm	900
1000	10,90 aA	7,30 aA	7,30 aA	47,40 aA	29,17 aB	18,20 aB	41,70 aA	63,52 aB	74,50 aC
1300	7,30 aA	10,92 aA	3,62 aA	29,15 bA	18,20 bB	7,30 aB	63,55 bA	70,87 bB	89,07 bC
1600	14,60 aA	7,27 aA	8,02 aA	29,15 bA	18,02 bB	14,57 aB	56,25 bA	74,70 bB	77,40 bC
CV %		56,38			46,20			15,30	

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Analisando os dados, a velocidade de 1000 m h<sup>-1</sup> apresentou os menores valores de eficiência de colheita, diferindo das velocidades de 1300 e 1600 m h<sup>-1</sup>, independente da vibração utilizada. Já para as duas maiores velocidades não teve influência significativa, desta forma recomenda-se utilizar a velocidade de 1600 m h<sup>-1</sup>, pois obterá um maior rendimento operacional, sem interferir na quantidade de café à ser colhido.

Já para as vibrações das hastes recomenda-se utilizar a vibração de 900 rpm, pois foi a regulagem que apresentou eficiência de colheita superior e diferente estatisticamente, combinada com a maior velocidade estudada, uma vez que o nível de desfolha das vibrações de 800 e 900 são iguais estatisticamente, porém a vibração de 900 rpm foi a que apresentou

maior eficiência de colheita, dessa forma recomenda-se conduzir a colheita com 1600 m h<sup>-1</sup> com 900 rpm.

Nessa condição da lavoura, não se recomenda utilizar rotações com 700 rpm, independente da velocidade, quando o objetivo é obter maior eficiência de colheita, visto que apresentou baixa eficiência na colheita, não ultrapassando à 63,5%.

Silva et. al. (2013) afirmam que, em maiores vibrações das hastes, a eficiência da colheita foi aumentada, fato esse observado no trabalho, pois quanto maior foi a vibração das hastes, maior foi a eficiência de colheita, para a menor velocidade estudada (tabela 06)

**Tabela 07** - Porcentagem de café caído, remanescente e colhido em zona 5, em função de velocidades operacionais e vibrações das hastes.

Velocidade m h <sup>-1</sup>	Café caído			Café remanescente %			Eficiência de colheita		
	700	800	900	700	800	900	700	800	900
	Rpm			Rpm			Rpm		
1000	8,82 aA	13,27 aA	7,07 aA	12,37 aA	10,82 aA	3,52 aB	78,80 aA	75,90 aA	89,40 aA
1300	8,82 aA	8,82 aA	9,70 aA	9,70 aA	7,07 aA	8,85 aA	81,47 aA	84,10 aA	81,45 aA
1600	13,30 aA	4,42 aA	13,27 aA	26,52 bA	15,90 bB	8,82 aB	60,17 bA	79,67 aB	77,90 aB
CV %	51,64			63,78			11,69		

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Na zona de colheita 5 (tabela 07) quando a colhedora foi regulada para operar a 1600 m h<sup>-1</sup> e 700 rpm, observou-se uma eficiência de colheita estatisticamente inferior aos demais tratamentos, sendo essa regulagem não é recomendada para obter-se elevadas eficiências de colheita. No entanto, quando se deseja colher um maior percentual de frutos maduros, deixando boa parte dos frutos verdes na planta, a mesma pode ser utilizada. Por outro lado, quando o objetivo é obter-se maior eficiência indica-se a regulagem que combina a velocidade de 1600 m h<sup>-1</sup> com a vibração das hastes de 800 rpm, pois a velocidade de 1600 m h<sup>-1</sup> proporcionará um elevado rendimento operacional e a vibração de 800 rpm proporcionará uma maior eficiência de colheita em comparação a vibração de 700 rpm e um menor nível de desfolha, em comparação a vibração de 900 rpm. Além disso quando se utilizou a vibração de 800 rpm observou-se que permaneceu mais café na planta, do que café caído ao solo, sendo assim a regulagem remendada para essa zona de colheita é 1600 m h<sup>-1</sup> e 800 rpm.

**Tabela 08** - Porcentagem de café caído, remanescente e colhido em zona 6, em função de velocidades operacionais e vibrações das hastes.

Velocidade m h <sup>-1</sup>	Café caído			Café remanescente %			Eficiência de colheita		
	700	800	900	700	800	900	700	800	900
	Rpm			Rpm			Rpm		
1000	6,82 aA	6,80 aA	6,80 aA	15,17 aA	12,10 aB	6,80 aB	78,00 aA	81,10 aB	86,40 aB
1300	9,10 aA	11,40 aA	11,40 aA	22,70 bA	15,17 bB	15,17 bB	68,20 bA	73,42 bB	73,42 bB
1600	15,15 bA	15,17 bA	13,60 bA	37,87 cA	26,50 cB	26,50 cB	46,97 cA	58,32 cB	59,90 cB
CV %	52,80			21,47			9,80		

\* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância.

Na zona de colheita 6 (tabela 08), com maior produtividade (tabela 08), a maior eficiência de colheita foi observada para a velocidade de 1000 m h<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente da velocidade de 1300 e 1600 m h<sup>-1</sup>. Quando utilizado as vibrações das hastes de 800 e 900 rpm, observa-se que os valores de eficiência de colheita são estatisticamente iguais, e ainda o valor de desflora também não houve significância, dessa forma indica-se que utilize a menor vibração possível, nesse caso de 800 rpm, para que não provoque tantos danos as plantas, sendo assim, a melhor regulagem ficaria na velocidade de 1000 m h<sup>-1</sup> combinada com 800 rpm.

Oliveira et al. (2007a) afirmam que, a eficiência de colheita está diretamente relacionada com o aumento da vibração das hastes, pois quanto maior for a vibração das hastes, maior será a eficiência de colheita. Em seu trabalho os autores avaliaram vibrações de 630, 750, 870 e 930 rpm, observando um acréscimo de 29,25% na eficiência de colheita, para a maior vibração em relação à menor avaliada. Porém, deve-se levar em consideração o grau de desfolha que pode causar na planta, neste mesmo trabalho, apresentou um grau de desfolha nas plantas foi 31,12% superior a maior vibração em relação à menor vibração utilizada, coincidindo assim com o trabalho, pois na grande maioria das zonas de colheitas estudadas, apresentaram maiores eficiências de colheita nas vibrações de 800 ou 900 rpm e o grau de desfolha nas duas maiores vibrações das hastes não apresentou diferença estatística.

Para o efeito da velocidade operacional na colheita do café, Oliveira et al. (2007a) afirmam que a medida que velocidade aumenta, a eficiência de colheita diminui, podendo apresentar uma redução de aproximadamente 5% em relação a menor velocidade testada em seu trabalho. Essa redução da eficiência de colheita pode ser explicada pelo menor tempo de exposição do cafeeiro à ação vibratória das hastes, em que deve levar em consideração a quantidade de frutos presente na planta.

Como a zona de colheita 6, com maior produtividade possuía grandes quantidades de frutos maduro e secos (tabela 01), Silva et al. (2015) afirmam que frutos nesse estágio de maturação necessitam de menor energia para o desprendimento da planta, o que facilita a derriça dos frutos, podendo assim utilizar velocidades menores combinada com 800 ou 900 rpm.

Na tabela 09 estão descritas as respectivas eficiências de colheita e as melhores regulagens para cada zona de colheita, em comparação da agricultura de precisão e o padrão da fazendo, com seus respectivos acréscimos.

**Tabela 09** – Eficiência de colheita para cada zona de colheita utilizando-se a regulagem que proporciona maior eficiência (agricultura de precisão) e o padrão da fazenda.

Zona	Produtividade	Regulagem com maior eficiência de colheita	Agricultura de precisão (%)	Padrão da fazenda EF (%)	Acréscimo (%)
1	31,65	1300 m h <sup>-1</sup> e 800 rpm	72,32	68,4	+3,91
2	37,73	1300 m h <sup>-1</sup> e 800 rpm	83,47	72,4	+11,07
3	51,06	1300 m h <sup>-1</sup> e 800 rpm	82,65	66,5	+16,15
4	57,14	1600 m h <sup>-1</sup> e 900 rpm	77,40	74,7	+2,7
5	47,06	1600 m h <sup>-1</sup> e 800 rpm	79,70	79,70	0,00
6	109,95	1000 m h <sup>-1</sup> e 800 rpm	81,10	58,3	+22,8
Média	60,58	-	80,10 a	69,99 b	+10,2
CV %			10,47		

\*Médias seguidas das mesmas letras nas linhas não diferem de si pelo teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade.

Observa-se na tabela 9 que, nas seis zonas de produtividade e maturação as eficiências de colheita obtidas para a agricultura de precisão (regulagem que proporciona a maior eficiência para cada zona de colheita) foram superiores, quando comparadas com a regulagem padrão da fazenda (1600 m h<sup>-1</sup> e 800 rpm), apresentando acréscimos superiores ao padrão da fazenda de 3,91%, 11,07%, 16, 15%, 2,7%, 0,00%, 22,8% nas zonas de colheita 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente. A exceção foi a zona de colheita 5, onde a regulagem que obteve maior eficiência, foi a regulagem padrão da fazenda.

Entre as zonas de colheita destaca-se a zona de colheita 6, que apresentou eficiência de colheita 22,8% superior do que o padrão da fazenda, sendo assim a zona com a maior produtividade de 109,95 sacas de café beneficiado ha<sup>-1</sup>, apresentou o maior acréscimo da regulagem de agricultura de precisão. As melhores regulagens para agricultura de precisão sempre estiveram presentes nas duas maiores velocidades 1300 e 1600 m h<sup>-1</sup>, combinado com 800 e 900 rpm.

O padrão adotado na fazenda obteve em média eficiência de 69,9%. Quando se utilizou as regulagens selecionadas pela agricultura de precisão obteve-se em média eficiência de 80,1%, 10,11% superior à colheita padrão da fazenda. Os dois tratamentos diferiram estatisticamente, validando assim a técnica de utilizar os mapas gerados pela agricultura de precisão para definir as regulagens à serem utilizadas na colheita mecanizadas do café, fazendo com que seja uma ferramenta para auxiliar o produtor a tomar decisões no momento de utilizar a melhor regulagem para a colheita.

Com a utilização das regulagens selecionadas pela agricultura de precisão a eficiência superior de 10,11% com apenas uma passada da colhedora, pode-se assim reduzir número de operações na colheita, validando assim que a agricultura de precisão foi responsável por colher maior quantidade de café, em comparação à regulagem padrão da fazenda.

#### 4. CONCLUSÕES

O aumento da velocidade operacional da colhedora e a redução da vibração das hastes reduzem a eficiência de colheita.

A agricultura de precisão eleva a eficiência da colheita mecanizada.

Em áreas com maiores produtividades, não se deve operar a colhedora com velocidade de 1600 m h<sup>-1</sup>, independentemente da vibração das hastes escolhidas.

A velocidade operacional não influencia no nível de desfolha do cafeeiro.

O nível de desfolha do cafeeiro aumenta com o aumento da vibração das hastes.

#### 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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.

CASSIA, M.T.; SILVA, R. P.; CHIODEROLLI, R.H.F.N.; SANTOS, E.P. Quality of mechanized coffee harvesting in circular planting system. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 28 - 34, 2013.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento, **Acompanhamento da safra Brasileira de café**. Safra 2015, primeiro levantamento jan/2015.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez., 2011.

FILGUEIRAS, W. H. **Modelagem da planta de café por elementos finitos para estudos de colheita por vibração**. 2001. 81 f. Dissertação (Mestrado em Mecanização Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2001.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. G.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Novo Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. 542p.

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão: o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: ESALQ, 2001. 83 p.

OLIVEIRA, E.; SILVA, F.M.; SALVADOR, N.; FIGUEIREDO, C.A.P. Influência da vibração das hastes e da velocidade de deslocamento da colhedora no processo de colheita mecanizada do café. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 03, p. 714 - 21, 2007a.

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

REIS, T. H. P.; SOARES, T. L.; GUIMARÃES, P. T. G. Informações úteis no planejamento e no gerenciamento da atividade cafeeira. **Informe agropecuário**. Belo Horizonte, v.29, n.247, p.112-127, nov./dez. 2008.

SANTINATO, F. et al. Café de qualidade. **Cultivar Máquinas**, n.138, p.10-13, 2014.

SANTINATO, F.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, v.9, n.4, p.495-505, 2014b.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; RUAS, R.A.A.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Efeitos fisiológicos na cultura do café decorrentes da utilização de uma a seis passadas da colhedora In: 39º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2013: **Anais...** Varginha: Fundação Procafé, 2013, p.130-132.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. A colheita do café irrigado. In: **Irrigação na cultura do café**. Belo Horizonte: Ed. O lutador, 2008. p. 385 – 404.

SANTINATO, F., RUAS, R. A. A., SILVA, R. P, DUARTE, A. P., SANTINATO, R. Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 402 - 411, jul./set. 2015

SILVA, F. C.; SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; FERRAZ, G. A.S. F.; SALES, R. S. Efficiency of coffee mechanical and selective harvesting in different vibration during harvest time. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 56 - 64, jan./mar. 2015.

SILVA, F. M. SOUZA, Z. M.; ARRÉ, T. J. JUAN, R. S.; OLIVEIRA, E. Avaliação da colheita mecanizada do café com o uso do ethephon. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 1-6, abr./jun. 2006.

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

SILVA, F. M.; ALVES, M. C.; SOUZA, J. C. S.; OLIVEIRA, M. S. Efeitos da colheita manual na bienalidade do cafeeiro em Ijaci, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 625-632, maio/jun. 2010.

SILVA, F.C.; SILVA, F.M.; SILVA, A.C.; BARROS, M.M.; PALMA, M.A.Z. 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. M.; SILVA, F. O.; MIRANDA, N. B. **Mecanização da colheita viabiliza cafeicultor**. A Granja, v.784, p.60-62, 2014. Disponível em: <<http://www.edcentaurus.com.br/materias/granja.php?id=5937>>. Acesso em: 20 abril 2016.

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

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, v. 13, n. 1, p. 7-18, jan./mar. 2005.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1, p.1-54.