



**MÁRCIA EDUARDA AMÂNCIO**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL E  
ECONÔMICO DE UMA COLHEDORA AUTOMOTRIZ DE  
CAFÉ**

**LAVRAS – MG  
2018**

**MÁRCIA EDUARDA AMÂNCIO**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL E  
ECONÔMICO DE UMA COLHEDORA AUTOMOTRIZ DE CAFÉ**

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

Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Amâncio, Márcia Eduarda.

Avaliação Do Desempenho Operacional E Econômico De uma  
Colhedora Automotriz De Café / Márcia Eduarda Amâncio. - 2018.  
75 p. : il.

Orientador(a): Carlos Eduardo Silva Volpato.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Colheita Mecanizada. 2. Colhedora automotriz de Café. 3.  
Desempenho Operacional. I. Volpato, Carlos Eduardo Silva. II.  
Título.

**MÁRCIA EDUARDA AMÂNCIO**

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL E  
ECONÔMICO DE UMA COLHEDORA AUTOMOTRIZ DE CAFÉ**

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

APROVADA em 14 de Dezembro de 2018.

Prof. Dr. Nilson Salvador	UFLA
Prof. Dr. Ronald Leite Barbosa	IFMG
Prof. Dr. Fábio Domingues de Jesus	UFLA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2018**

Aos meus queridos pais Edna Aparecida Amâncio & José Eduardo Amâncio

Pelo carinho, amor, compreensão, paciência e dedicação

em todos esses anos. Este é um momento muito

importante, mais um sonho que se realiza

e em toda essa caminhada vocês

seguraram a minha a mão

me conduzindo com fé

e muita coragem!

À vocês

**DEDICO**

Aos meus irmãos queridos pelo carinho, compreensão e por sempre me apoiarem!

Ao Matheus, por sempre me mostrar grandes valores, pelo carinho, amor e dedicação!

Aos meus sobrinhos lindos pela alegria que me proporcionam!

Aos meus avós pelo carinho e compreensão!

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Gratidão imensa a vida e a tudo que o universo me proporciona todos os dias!

A Deus, fonte de referência e luz em minha vida!

Aos meus pais que sempre estiveram ao meu lado!

Ao Matheus, por todo incentivo e carinho!

A Universidade Federal de Lavras por me acolher em todos os sentidos e por me proporcionar com excelência grandes conhecimentos e aprendizado todos esses anos!

Ao departamento de Engenharia Agrícola, por todo apoio e pelas oportunidades incríveis que me trouxeram grande desenvolvimento profissional e pessoal!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos e por incentivar o desenvolvimento científico!

Às empresas Oxbo Do Brasil equipamentos agrícolas e Minas Verde John Deere pelo apoio e parceria na realização desse projeto de pesquisa!

Em especial gostaria de agradecer algumas pessoas que foram muito importantes em meu percurso acadêmico: Em primeiro lugar ao professor Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato por me orientar durante todo mestrado, por me ensinar com excelência e me permitir desenvolver profissionalmente, obrigada mestre!

Ao professor Dr. Nilson Salvador por me ensinar muito sobre máquinas agrícolas e compartilhar comigo sua sabedoria!

Ao professor Dr. Ednilton Tavares de Andrade por acreditar em mim e me proporcionar o desenvolvimento de incríveis trabalhos que me trouxeram muito conhecimento!

Ao professor Dr. Marcelo de Carvalho Alves pela oportunidade de fazer parte de sua equipe e pela atenção despendida!

Aos funcionários do CETEMAG, Pedro, Wellington e Silas pelo apoio sempre que necessário!

As secretárias do departamento de Engenharia (DEG) Josyane, Joelma e Luciana pelo carinho e atenção em todos os momentos!

Em especial a secretária Helem do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola por toda compreensão e atenção concedidas, por sempre nos orientar com carinho e paciência!

Aos discentes da Universidade, Amara Lana, Daniele, Maria Vitória, José Alceu, Bruno, Willian, Kirsten, Felipe, Alexandre, Davidson, ao professor Fábio de Jesus e ao pós graduando Diego Alonso muito obrigada pela ajuda e companheirismo!

*Meu muito obrigada à todos vocês!*

“Eu gostaria de lhe agradecer pelas inúmeras vezes  
que você me enxergou melhor do que eu sou.

Pela sua capacidade de me olhar devagar,  
já que nessa vida muita gente já  
me olhou depressa demais.”

**Padre Fábio de Melo**

“Tudo o que a mente humana pode conceber, ela pode conquistar!”

**Napoleon Hill**

## RESUMO

A colheita mecanizada das lavouras cafeeiras em Minas Gerais tornou-se um processo crescente devido aos inúmeros benefícios que esse tipo de manejo trouxe ao produtor, como a maximização da produção e a redução de custos com mão de obra. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho operacional e econômico de uma colhedora automotriz de café recentemente lançada no mercado brasileiro de colhedoras de café. O experimento foi conduzido em uma fazenda localizada no município de Boa Esperança, sul de Minas Gerais. A área foi composta por 525 plantas da cultivar Topázio com 15 anos de idade. A disposição das plantas na área apresentavam espaçamento médio entre plantas de 0,70 m e 3,5 m entre linhas de plantio. O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 3x3, representado pelos tratamentos T1 ( $v_1 = 600 \text{ m.h}^{-1}$ ,  $v_2 = 800 \text{ m.h}^{-1}$ ,  $v_3 = 1000 \text{ m.h}^{-1}$ ) e T2 (F1 = 15 Hz, F2 = 16,7 Hz e F3 = 18,3 Hz). Cada variação do tratamento T2 foi composta por 4 parcelas de 10 m cada (repetição) com bordaduras de 5 m entre as parcelas. O volume de frutos de café colhidos e a perda de frutos de café durante a colheita foram influenciados diretamente pelo aumento da frequência de vibração nas hastes com variação significativa entre as frequências de vibração utilizadas. A maior eficiência de derrça encontrada foi com a maior velocidade de deslocamento da colhedora. No entanto, com os resultados obtidos observou-se uma uniformidade na eficiência de derrça na menor velocidade de deslocamento da colhedora, ou seja,  $600 \text{ m.h}^{-1}$ . A desfolha provocada durante o processo de colheita apresentou variações, aumentando gradualmente com o aumento da frequência nas hastes vibratórias.

Palavras Chave: Colheita Mecanizada, Colhedora Automotriz de Café, Desempenho Operacional.

## ABSTRACT

The mechanized harvesting of the coffee plantations in the state of Minas Gerais, Brazil, became an increasingly adopted process due to the innumerable benefits that this type of management gives to the producer, such as the production maximization and the costs reduction mainly with the manpower. The objective of this study was to evaluate the operational and economical performances of a coffee automotive harvester recently launched on the Brazilian coffee harvesters market. The experiment was conducted in a farm located in the municipality of Boa Esperança, south of Minas Gerais. The area was composed of 525 plants of the cultivar Topázio with 15 years of age. The layout of the plants in the area was with a distance between plants of 0.70 m and of 3.5 m between the lines. The experimental design was a 3x3 factorial, represented by T1 ( $v_1 = 600 \text{ m.h}^{-1}$ ,  $v_2 = 800 \text{ m.h}^{-1}$ ,  $v_3 = 1000 \text{ m.h}^{-1}$ ) and T2 (F1 = 15 Hz, F2 = 16.7 Hz and F3 = 18.3 Hz) treatments. Each variation of the T2 treatment was composed of 4 plots of 10 m each (repetition) with 5 m border between the plots. The volume of coffee fruits harvested and the loss of coffee fruits during harvest were directly influenced by the increase of the vibration frequency in the stores with the significant difference between the frequencies of vibration used. The bigger coffee fruit removing efficiency was with the greatest displacement speed of the harvester. However, with the results obtained a uniformity in the efficiency of the melt was observed in the lower speed of displacement of the harvester, that is,  $600 \text{ m.h}^{-1}$ . The defoliation caused during the harvesting process showed variations, increasing gradually with increasing frequency in the vibratory rods.

Keywords: Mechanized Harvesting, Automotive Coffee Harvester, Operational Performance.

## Lista de Figuras

Figura 1: Área experimental com lavoura Topázio com 2 tratamentos (velocidade de deslocamento da colhedora e frequência de vibração das hastes) dispostos em delineamento fatorial 3x3.....	14
Figura 2: Colhedora de café OXBO 9220.....	15
Figura 3: Lavoura de Topázio .....	17
Figura 4: Frutos de café Topázio .....	17
Figura 5: Planta desfolhada. ....	19
Figura 6: Folhas retiradas da planta.....	19
Figura 7: Equipamentos usados para medir o volume de frutos.....	20
Figura 8: Carga de café pendente nas plantas. ....	21
Figura 9: Contagem de frutos cereja, verde e passa/seco.....	21
Figura 10: Frutos ainda na planta (carga pendente).....	22
Figura 11: Determinação do volume de frutos de café pendente nas plantas.. ....	22
Figura 12: Determinação do café caído previamente ao chão, operação manual.....	23
Figura 13: Café retirado do chão, processo manual.....	24
Figura 14: Funcionário da fazenda realizando processo de "varrição" do café caído no chão...24	
Figura 15: Colhedora de Café iniciando a colheita na área experimental.....	26
Figura 16: Colheita realizada pela colhedora na parcela experimental. ....	26
Figura 17: Determinação do volume de folhas e de café colhido pela máquina. ....	27
Figura 18: Aparelho medidor de fluxo contínuo (fluxômetro).....	33

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Tabela 3.1: Representação dos tratamentos na área experimental.....	13
Tabela 4.1: Análise de variância da desfolha gerada durante a colheita para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora.....	43
Tabela 4.2: Análise de variância da desfolha gerada durante a colheita para as diferentes frequências nas hastes vibratórias.....	43
Tabela 4.3: Análise de variância do desdobramento da velocidade em cada frequência na haste vibratória.....	44
Tabela 4.4: Análise de variância do desdobramento da frequência em cada velocidade de deslocamento da colhedora.....	44
Tabela 4.5: Análise de variância do volume de frutos de café colhidos para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora.....	48
Tabela 4.6: Análise de variância do volume de frutos de café colhidos para as diferentes frequências nas hastes vibratórias.....	48
Tabela 4.7: Análise de variância do desdobramento do efeito das velocidades dentro de cada frequência de vibração nas hastes.....	48
Tabela 4.8: Análise de variância do desdobramento do efeito das frequências de vibração das hastes derriçadoras para cada velocidade de deslocamento da colhedora.....	49
Tabela 4.9: Análise de variância do volume de frutos de café caídos no chão para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora.....	51
Tabela 4.10: Análise de variância do volume de frutos de café caídos no chão para as diferentes frequências nas hastes vibratórias.....	52
Tabela 4.11: Análise de variância do desdobramento do efeito das velocidades para cada frequência de vibração das hastes derriçadoras.....	52
Tabela 4.12: Análise de variância do desdobramento do efeito das frequências de vibração nas hastes derriçadoras para cada velocidade de deslocamento da colhedora.....	53

Tabela 4.13: Resultados da avaliação preliminar e do desempenho operacional da colheita mecanizada com apenas uma passada da colhedora na linha de plantio.....	54
Tabela 4.14: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 15 Hz.....	55
Tabela 4.15: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 16,7 Hz.....	55
Tabela 4.16: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 18,3 Hz.....	56
Tabela 4.17: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 15 Hz.....	56
Tabela 4.18: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 16,7 Hz.....	57
Tabela 4.19: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 18,3 Hz.....	57
Tabela 4.20: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 15 Hz.....	58
Tabela 4.21: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 16,7 Hz.....	58
Tabela 4.22: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h <sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 18,3 Hz.....	59
Tabela 4.23: Capacidade de campo efetiva para cada tratamento analisado.....	61
Tabela 4.24: Determinação da carga de frutos de café pendente nas plantas, do volume de frutos de café caídos durante a colheita e do volume de frutos de café recolhidos pela colhedora no tratamento V1, safra 2018.....	62
Tabela 4.25: Custo Horário específico da colheita de café mecanizada e estimativa do custo com a colheita manual para o tratamento V1.....	63

Tabela 4.26: Determinação da carga de frutos de café pendente nas plantas, do volume de frutos de café caídos durante a colheita e do volume de frutos de café recolhidos pela colhedora no tratamento V2, safra 2018.....	64
Tabela 4.27: Custo Horário específico da colheita de café mecanizada e estimativa do custo com a colheita manual para o tratamento V2.....	65
Tabela 4.28: Determinação da carga de frutos de café pendente nas plantas, do volume de frutos de café caídos durante a colheita e do volume de frutos de café recolhidos pela colhedora no tratamento V3, safra 2018.....	66
Tabela 4.29: Custo Horário específico da colheita de café mecanizada e estimativa do custo com a colheita manual para o tratamento V3.....	66

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1.1 Contextualização</b> .....	1
<b>1.2 Objetivo</b> .....	3
<b>1.3 Objetivos específicos</b> .....	3
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	4
<b>2.1 Cafeicultura brasileira</b> .....	4
<b>2.2 Colheita de café no Brasil</b> .....	4
<b>2.3 Importância da mecanização na cafeicultura brasileira</b> .....	6
<b>2.4 Mecanização das lavouras cafeeiras</b> .....	6
<b>2.5 Colheita de café com hastes vibratórias</b> .....	8
<b>2.6 Desempenho Operacional</b> .....	9
<b>2.7 Capacidade de Campo</b> .....	10
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	12
<b>3.1 Localização e caracterização do experimento</b> .....	12
<b>3.2 Caracterização da Colhedora</b> .....	15
<b>3.3 Caracterização do terreno</b> .....	16
<b>3.4 Caracterização da Lavoura</b> .....	16
<b>3.5 Enfolhamento</b> .....	18
<b>3.6 Estádio de Maturação</b> .....	20
<b>3.7 Carga Pendente</b> .....	21

<b>3.8</b>	<b>Perdas de Pré-Colheita</b> .....	23
<b>3.9</b>	<b>Avaliação da Desfolha</b> .....	25
<b>3.10</b>	<b>Avaliação das perdas na colheita</b> .....	27
<b>3.11</b>	<b>Avaliação da eficiência da colhedora no momento da colheita:</b> .....	29
<b>3.12</b>	<b>Determinação do Consumo de Combustível:</b> .....	32
<b>3.13</b>	<b>Análise de custos operacionais</b> .....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>4.1</b>	<b>Avaliações Preliminares</b> .....	41
<b>4.2</b>	<b>Avaliação do Desempenho Operacional da Colhedora</b> .....	41
<b>4.3</b>	<b>Volume de frutos de café colhidos pela máquina</b> .....	45
<b>4.4</b>	<b>Volume de frutos de café caídos no chão durante a colheita</b> .....	49
<b>4.5</b>	<b>Consumo de combustível durante a colheita</b> .....	55
<b>4.6</b>	<b>Capacidade de Campo Efetiva</b> .....	60
<b>4.7</b>	<b>Determinação dos custos da colheita mecanizada e manual</b> .....	62
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	68
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	69

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1 Contextualização**

No final do século XVIII ocorreu a primeira revolução industrial gerando uma rápida transformação no setor produtivo. Durante esse período houve uma grande evolução na ciência desencadeando uma série de novas tecnologias que alteraram de forma rápida e significativa a vida do homem do campo. Durante esse processo de mudança, milhares de pessoas deixaram a vida no campo para trabalhar nas cidades, gerando assim um grande e expressivo êxodo rural.

Com os avanços tecnológicos em ascensão, a disponibilidade de empregos e os auxílios estudantis financiáveis, a disponibilidade de mão de obra no campo torna-se cada vez menor. Após a revolução industrial, a descoberta da mecanização foi de suma importância para maximizar a produtividade no campo e muitas vezes suprir a necessidade de mão de obra devido a sua grande escassez. Além disso, as máquinas agrícolas podem apresentar uma eficiência de trabalho superior a capacidade humana, melhorando a qualidade de vida dos trabalhadores e proporcionando maior capacidade de produção agrícola, uma vez que o sistema mecanizado facilita as atividades no campo e possibilita ao produtor atender a uma alta demanda de produção.

No Brasil quando se trata de culturas perenes, como por exemplo o café, encontra-se alguns desafios que muitas vezes impossibilitam a completa mecanização da cultura, principalmente no processo de plantio e colheita. A última operação a ser realizada em campo é a colheita, operação de suma importância na produção e na qualidade final do produto, pois é necessário uma colheita adequada para que se possa colher o maior número de frutos possíveis (Salvador, 2004).

Para se estabelecer o melhor momento de colheita deve-se analisar o estágio de maturação do fruto que pode se apresentar no estágio verde, verde-cana, cereja (ideal), passa ou seco. Devido a essa variabilidade, tem-se hoje o método de colheita seletiva que possibilita melhor aproveitamento dos frutos cereja gerando uma colheita de grande qualidade e garantindo boas condições ao produto final e a colheita com apenas uma passada da colhedora, que visa estabelecer uma operação mais econômica evitando várias passadas da colhedora nas linhas de plantio e colhendo o máximo de frutos cereja possíveis.

Para realizar a colheita com apenas uma passada da colhedora na linha de plantio é necessário garantir um bom estágio de maturação dos frutos, uma vez que, se a colheita for realizada muito cedo resultará em um grande número de frutos verdes, o que influenciará na qualidade da bebida, porém, se a colheita for realizada tardiamente poderá resultar na perda de frutos devido a quantidade de frutos no estágio passa ou seco.

A intensidade de vibração das varetas nos cilindros derrçadores é de grande importância para se estabelecer uma boa colheita gerando o mínimo de danos possíveis a planta e ao fruto. Além disso, a velocidade de deslocamento da máquina interfere no desempenho operacional da mesma podendo proporcionar maior economia e evitar maiores custos com operações de repasse (Oliveira, 2006). Uma elevada eficiência na operação de colheita pode ser alcançada se a colhedora estiver com as vibrações das hastes (Santinato et al., 2014a) e velocidade operacional (Oliveira et al., 2007) reguladas corretamente.

Visto isso, objetivou-se com esse projeto de pesquisa avaliar o desempenho operacional e econômico de uma colhedora automotriz de café em lavoura de cultivar Topázio na região sul de Minas Gerais para diferentes velocidades de deslocamento da colhedora e frequência de vibração das hastes derrçadoras buscando evidenciar os fatores que proporcionaram melhor desempenho operacional e econômico durante a colheita.

## **1.2 Objetivo**

Avaliar o desempenho operacional e econômico de uma colhedora automotriz de café recentemente lançada no mercado brasileiro de colhedoras.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Avaliar o desempenho operacional da colhedora com diferentes velocidades de deslocamento e frequência de vibração das hastes no momento da colheita;
- Analisar o consumo de combustível para cada velocidade de deslocamento da colhedora;
- Analisar os custos específicos da colheita.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cafeicultura brasileira**

A cafeicultura brasileira se expande a cada ano, desde que a cultura foi introduzida no país ganhou espaço no cenário produtivo devido a sua boa adaptação as condições climáticas das regiões e a vasta diversidade territorial proporcionando excelentes condições para o aumento da produção (Oliveira, 2006). O país é o maior produtor de café do mundo, sendo responsável por cerca de 50% de toda produção mundial. Além disso o país é o segundo maior consumidor de café do mundo (Sales, 2011). Segundo Mendes & Guimarães (2000), Minas Gerais pode ser reconhecida como o estado que mais produz café, as regiões de maior produção estão localizadas no sul do estado e na região do cerrado. Pode-se dizer que cerca de 50% da produção de café do país se concentra nessa região.

Segundo Pedroso (2010) desde o início, em meados de 1727, a cafeicultura vem contribuindo para o desenvolvimento do país. Em 1770 a produção de café chegou ao Rio de Janeiro, mas antes, a porta de entrada para o café no Brasil foi Belém, passando por Bahia e Maranhão. Após sua entrada no Rio de Janeiro a cultura se expandiu por Minas gerais, São Paulo, Espírito Santo e Paraná (Mendes & Guimarães,2000).

Com toda aceitação da cultura pelo país, a mecanização ganha cada vez mais espaço e magnitude, as regiões que apresentam áreas com topografia favoráveis já vem colhendo os frutos dessa tecnificação com a colheita mecanizada, colhedoras de alto rendimento e desempenho operacional que visam o aumento da produtividade e a redução de custos ao produtor (Silva, 2004). Com a vasta diversidade territorial e a maximização da produção cafeeira em diferentes regiões do país pode-se dizer que a mecanização das colheitas com seus inúmeros benefícios tende a se expandir principalmente em regiões de topografia favorável.

### **2.2 Colheita de café no Brasil**

A colheita dos frutos de café é influenciada diretamente por fatores como condições climáticas, altitude e latitude que variam de acordo com a região. Para realizar uma colheita com boa eficiência é preciso considerar o estágio de maturação dos frutos de café, buscando

iniciar a colheita quando a maior parte dos frutos estiverem maduros, porém, antes dos frutos ficarem secos. A altitude influencia diretamente o período de colheita, quanto maior for a altitude da região mais tardia será a maturação dos frutos de café e maior será o tempo para realização da colheita (Oliveira, 2006).

O processo de colheita tende a ser a etapa mais onerosa e complexo da produção cafeeira, nessa etapa é exigido uma boa demanda de mão de obra que pode influenciar a qualidade final do produto (OLIVEIRA et al., 2007b). Segundo Silva (2004) a colheita de café, do ponto de vista do cafeicultor, é considerada a operação mais importante e difícil de se realizar, pois é a partir dela que virá o retorno de todo investimento. A colheita dos frutos de café pode ser feita de forma manual, semi-mecanizada e mecanizada.

Segundo (Silva, 2008) ao que se refere a mecanização das lavouras é necessário que haja uma grande expansão dessa prática, uma vez que se torna cada vez mais escassa a mão de obra disponível no campo. É de suma importância o desenvolvimento de máquinas eficientes para suprir as necessidades no período de colheita.

Em Minas Gerais muitas áreas já são mecanizadas, inclusive no processo de colheita. Regiões do Cerrado Mineiro já adotam planejamentos para novas formações de lavouras visando o manejo mecanizado da colheita (Santinato et al., 1998a). Desde 1996 a cafeicultura na região sul de Minas Gerais tem utilizado cada vez mais a mecanização das lavouras, utilizando colhedoras automotrizes onde a topografia é favorável (Silva et al., 1998).

Ao analisar os custos gerados no processo de colheita mecanizada para as culturas de café, Oliveira et al. (2007b) diz que é possível uma redução nos custos totais da colheita de aproximadamente 62,36% se comparado a colheita manual. De acordo com Sales (2011), a mecanização da colheita é um processo fundamental e irreversível, além disso, eleva a valorização do homem e maximiza os resultados, por isso atualmente nota-se sua crescente expansão.

Analisando a crescente falta de mão de obra no manejo de produção agrícola e considerando o curto período de tempo da colheita e as dificuldades em algumas áreas cafeeiras para se realizar a colheita dos frutos, a colheita mecanizada utilizando colhedoras automotrizes ou de arrasto se torna uma opção extremamente viável, pois dependendo das condições, a máquina pode realizar o trabalho de até 250 homens (Silva, 2004).

### **2.3 Importância da mecanização na cafeicultura brasileira**

Atualmente o aumento da produção agrícola mundial é impulsionado pelos sistemas mecanizados, que atuam trazendo diversos benefícios aos produtores rurais como a redução de custos e a rapidez na realização das operações de campo. As atividades agrícolas representam grande importância no cenário comercial brasileiro. O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Segundo EMBRAPA (2018) sua produção anual será de 58,04 milhões de sacas de café (60 Kg) e a produção mundial de 160 milhões de sacas até o final de 2018. Neste ano de 2018, tem-se uma área em produção de café de 1,88 milhões de hectares, que terão produtividade média recorde de 30,86 sacas por hectare, considerando a estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento – Conab.

Relembrando dados publicados pela Conab em 2008 que diz que a produção de café no país cresceu de 18,8 milhões de sacas na safra 1966/67 (Anuário,2002), para 45,5 milhões na safra 2008/09 CONAB (2008) e fazendo uma breve análise, com o decorrer dos anos fica evidente o aumento na produção de café e a importância dessa cultura para o cenário brasileiro.

De acordo com Kashima (1990), a mecanização das lavouras de café, especialmente no processo de colheita é a grande estratégia para o Brasil continuar liderando mundialmente a produção, considerando a competitividade nos custos e na qualidade do produto final. Ainda de acordo com Kashima (1990), o sistema de colheita mecanizada proporciona melhor qualidade dos frutos colhidos e menor custo operacional se comparado ao sistema manual.

### **2.4 Mecanização das lavouras cafeeiras**

As operações de manejo das lavouras cafeeiras estão em constante mudança com todas as inovações e melhorias sugeridas nos processos de plantio, manejo das culturas, no desenvolvimento de máquinas, equipamentos e outras ferramentas que auxiliam no aumento da produtividade e da mão de obra. Segundo Silva & Salvador (1998), esses fatores contribuem para a estabilidade da cafeicultura trazendo produtividade sustentável em circunstâncias onde são realizados baixos investimentos e em regiões com adversidades climáticas. Além disso proporciona melhorias do nível de vida e valorização do homem envolvido na produção.

A colheita mecanizada sofreu maior aceitação com o desenvolvimento tecnológico tornando possível realizar a colheita dos frutos de café por meio de colhedoras mecânicas que utilizam a derriça dos frutos por meio da vibração, sistema que sofreu grandes avanços e melhorias ao longo dos anos (Silva & Salvador, 1998). A mecanização na colheita de café é o resultado de longos trabalhos de pesquisa Fava (1990). Em 1990, Kashima (1990) afirmou que a colheita mecanizada nas lavouras de café seria uma grande realidade e este processo seria fundamental para preencher a escassez de mão de obra. Além disso o autor afirmou ainda que a mecanização da colheita dos frutos de café seria a grande saída para o país continuar com a liderança mundial na produção de café.

A região sul de Minas Gerais é uma grande produtora de café no Brasil e mesmo com suas condições limitantes de topografia para o emprego total da mecanização adotou o sistema de colheita mecanizada que vem se difundindo desde 1996. O uso de colhedoras tracionadas ou automotrizes pelos produtores da região é cada vez maior (Silva, 2004). Um fator considerável no uso das colhedoras é que estas não conseguem colher 100% dos frutos dos cafeeiros, necessitando de repasse, processo realizado manualmente no final da colheita juntamente com a varrição dos frutos caídos ao chão quando o produtor opta por realizar a colheita plena que consiste em realizar a colheita dos frutos com uma única passada da colhedora na linha de plantio. Porém a operação de repasse tem um custo elevado e em alguns casos pode ser economicamente inviável, pois o fruto de café recolhido do chão tem qualidade, característica e peso inferior aos demais (Viana & Souza, 2002).

Mas de qualquer forma esse manejo deve ser feito, devido as questões fitossanitárias, para evitar o surgimento da brocas na lavoura (Stevanato et al., 2002). A utilização de colhedoras na colheita de frutos de café tende a melhorar o processo de colheita, porém, requer conhecimentos técnicos para que se tenha um bom resultado final. Dessa forma, a intensidade da vibração aplicada aos frutos e a velocidade de deslocamento da colhedora no momento da colheita devem ser os principais fatores analisados, visto que, influenciam diretamente os resultados de desempenho e eficiência na colheita (Oliveira, 2006).

## 2.5 Colheita de café com hastes vibratórias

A colheita mecânica do café utilizando mecanismos de vibração para o desprendimento dos frutos é o modo mais utilizado e que apresenta até o momento os melhores resultados para o processo de colheita. Segundo Silva & Salvador (1998) a introdução da colheita do café por derriça mecânica utilizando o princípio de vibração é processo gradual e com grandes chances de sucesso desde que sejam seguidas as recomendações técnicas operacionais para cada tipo de lavoura e condição topográfica.

Os mecanismos derriçadores são compostos por hastes vibratórias que podem ser excitadas a uma determinada frequência, influenciando assim, a eficiência de derriça (SANTOS, 2008). A remoção dos frutos é feita por máquinas agrícolas correlacionando de forma adequada a frequência com a amplitude de vibração do mecanismo (SESSIZ; ÖZCAN, 2006).

A colheita dos frutos cerejas, passas e secos ocorre com níveis mais baixos de vibração, já os frutos verdes necessitam de níveis mais elevados ou do impacto direto das varetas para se desprenderem (SILVA et. al., 2007). De acordo com esses autores a diferença de força necessária para realizar o desprendimento dos frutos pode ser um fator para o gerenciamento da lavoura no período de colheita.

Entre as máquinas agrícolas utilizadas para realizar a colheita por vibração destacam-se as colhedoras automotrizes, as colhedoras tracionadas por tratores e os derriçadores portáteis (Barbosa, Salvador & Silva, 2005). Estudos realizados por Souza (2004) mostraram que o comprimento do ramo de café e o estágio de maturação dos frutos influenciaram no processo de derriça, assim como, amplitude de vibração variando de 22 a 33 mm e as frequências de excitação variando de 18 a 20 Hz que resultaram em maiores valores de eficiência de derriça.

Estudos realizados por Santos et al. (2010) mostraram que aumentando a amplitude e a frequência de excitação aumentou-se a eficiência de derriça durante a colheita. Com a necessidade de realizar uma colheita rápida que possibilite benefícios diretos na redução dos custos e na qualidade final da bebida a realização da colheita de forma mecanizada vem se estabelecendo de forma irreversível (Silva et al., 1998).

## 2.6 Desempenho Operacional

A quantidade de café produzido varia em função das condições da lavoura, deve-se considerar o espaçamento entre plantas, a velocidade de trabalho e o estágio de maturação dos frutos de café (Kashima, 1990). A colheita mecanizada utiliza dos mecanismos de vibração para realizar a derriça dos frutos de café na lavoura que dependendo do estágio de maturação em que se encontram necessitam de mais ou menos força para se desprenderem da planta (SILVA et. al., 2007).

No início da safra, quando os frutos apresentam estágio de maturação cereja, a velocidade de deslocamento na colheita é de  $0,5 \text{ km.h}^{-1}$  e no final da safra com os frutos mais secos pode chegar a  $2,0 \text{ km.h}^{-1}$ , o início de safra considerado pelo autor aconteceu quando as plantas apresentavam 10% de frutos verdes (Kashima, 1990). O autor Fava et al. (1979) realizou um trabalho sobre colhedoras de café que resultou em uma eficiência de derriça média de 83,5% no início da safra, 89,7% no meio da safra e no fim da safra, 97%.

Segundo Santinato et al. (1998b), em uma colheita realizada com duas passadas da colhedora trabalhando com velocidade de  $1,2 \text{ km.h}^{-1}$  e vibração de 10, 13,33 e 16,67 Hz a máquina colheu, respectivamente, para cada vibração, 57,3%, 78,6% e 76,9% da carga pendente na primeira passada, e 19,3%, 11,8% e 7,6% na segunda passada, com 14,9%, 6,4%, e 13,4% de café caído no chão e repasse de 8,5%, 3,2%, e 2,1%.

Os autores Silva, Rodrigues e Salvador (1999) buscando avaliar o desempenho operacional e econômico de uma colhedora de café automotriz trabalhando com duas passadas da colhedora na linha de plantio realizaram a colheita na região sul de Minas e Gerais e concluíram que foi possível colher 72% da produção, não realizando o repasse manual e com apenas 28% de frutos de café caídos no chão.

Ainda avaliando o processo de colheita com várias passadas da colhedora, de acordo com Silva et al. (2000b), trabalhando com duas ou três passadas da colhedora é possível obter eficiência operacional de 90% a 97%. Com duas passadas, colhendo toda a planta, obteve-se maior eficiência de colheita com 40% a 30% de verde, com vibração de 12,50 Hz e velocidade de  $1,0 \text{ km.h}^{-1}$  e a segunda passada com 30% a 20% de verde, com vibração de 14,17 Hz e velocidade de  $0,8 \text{ km.h}^{-1}$ . Em 2003 Silva et al. (2003), conclui que, com duas passadas da

colhedora, colheu-se 91,4% da carga pendente, restando 5,1% de frutos na planta tendo 3,5% dos frutos caído antes da colheita.

Estudos realizados por Silva & Sales (2009), com o objetivo de avaliar a eficiência de derrça na colheita mecanizada, utilizando vibração de 15,8 Hz encontraram resultados de eficiência de 89,9% para a velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup>, de 90,6% para velocidade de deslocamento da colhedora de 1600 m.h<sup>-1</sup> e 84,2% para velocidade de deslocamento da colhedora de 2000 m.h<sup>-1</sup> concluindo que as velocidade de 1000 m.h<sup>-1</sup> e 1600 m.h<sup>-1</sup> apresentaram maiores valores de eficiência de derrça durante a colheita. Contudo, visto a importância e significância da operação de colheita na qualidade final do produto, a velocidade é critério fundamental para alcançar êxito no processo.

## **2.7 Capacidade de Campo**

Segundo Mialhe (1974) e Witney (1995) a capacidade operacional das máquinas agrícolas é definida considerando a quantidade de trabalho que as mesmas realizam em um determinado tempo, ou seja, a determinação da intensidade de trabalho realizado durante as operações agrícolas. Essa capacidade operacional pode ser determinada de diversas maneiras, a primeira delas é considerando o tipo de operação e neste caso deve-se considerar a capacidade de campo, a capacidade de produção e a capacidade de manipulação. Pode ser determinada também considerando as dimensões dos órgãos ativos do sistema, nesse caso tem-se a capacidade de campo teórica ou ainda pode-se determinar a capacidade operacional de acordo com o tempo trabalhado resultando então na capacidade de campo efetiva.

A capacidade de campo é utilizada quando máquinas e implementos agrícolas que realizam uma operação deslocam-se no campo cobrindo determinada área de trabalho, ou seja, determina-se a capacidade de campo considerando a área trabalhada por unidade de tempo. Já a capacidade de campo teórica é obtida de acordo com as dimensões dos órgãos ativos da máquina, especificamente a largura de corte e a velocidade de deslocamento da máquina. E por fim tem-se a capacidade de campo efetiva que representa a capacidade realmente demonstrada pela máquina durante as operações de campo, corresponde a capacidade da máquina medida no campo durante um intervalo de tempo.

## 2.8 Custos Operacionais da colheita mecanizada de café

Os custos gerados no processos de colheita são mais onerosos e necessitam de grande mão de obra quando a operação não é realizada de forma mecanizada. Com tantos avanços tecnológicos e melhorias na produção agrícola, os produtores cada vez mais buscam aumentar a produtividade das lavouras e ao mesmo tempo reduzir os custos advindos do processo de colheita. Sendo assim, a mecanização agrícola tem impulsionado a produção no país e contribuído com diversos benefícios aos agricultores dentre eles a redução de custos com a colheita mecanizada de café, se comparada com a colheita manual e a agilidade em realizar o processo de colheita (Silva & Salvador, 1998).

Segundo Cruz Neto & Matiello (1981) e Matiello (1991), a colheita do café representa cerca de 30% do custo de produção e 40% do custo com mão de obra. De acordo com Silva et al. (2002) é possível aumentar a qualidade do produto e reduzir as perdas utilizando o processo de colheita mecanizada. Para Grossi (1996), em um de seus estudos, o sistema de colheita mecanizada apresentou uma redução de custos na operação de colheita de 39% utilizando máquinas próprias e 26% utilizando colhedoras alugadas em relação a colheita manual.

Estudos realizados por Silva et al. (2000a) e Silva (2004) ao compararem o custo gerado na colheita manual com o custo gerado durante a colheita mecanizada concluíram que o sistema mecanizado apresentou uma redução de custos de 41% a 50% dos custos com a colheita manual, em lavouras com produção de 30 a 35 sacos.ha<sup>-1</sup>. O autor Kashima (1985) buscando comparar os custos gerados pela colheita mecânica com os custos gerados pela colheita manual, concluiu em seus trabalhos que a colheita mecanizada com repasse apresenta uma redução de custos de 48% com relação à colheita manual.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização do experimento

O experimento foi desenvolvido em uma Fazenda situada no município de Boa Esperança no estado de Minas Gerais no período de safra de 02 de junho de 2018 a 22 de junho de 2018. A altitude média do local é de 930 m e a declividade média do terreno é de 5%. Segundo a classificação estabelecida pelo método de Köppen Köppen & Geiger (1928) o clima regional foi classificado como subtropical com inverno seco (Cwb). A área experimental era composta por lavoura de café da cultivar Topázio com 525 plantas com idade de 15 anos, as plantas na área experimental estavam dispostas com espaçamento de 0,70 m entre plantas e 3,50 m entre linhas, resultando num total de 4.082 plantas.ha<sup>-1</sup>.

O experimento foi caracterizado da seguinte forma: Foram escolhidas de forma aleatória 3 linhas de plantio na área, cada linha representava um tratamento T1 (V1 = 600 m.h<sup>-1</sup>, V2 = 800 m.h<sup>-1</sup>, V3 = 1000 m.h<sup>-1</sup>), que corresponde respectivamente as velocidades de deslocamento da colhedora no momento da colheita. Para cada tratamento T1 realizou-se a colheita com 3 variações de frequência de vibração, que correspondem ao tratamento T2 (F1 = 15 Hz (900 rpm), F2 = 16,7 Hz (1000 rpm) e F3 = 18,3 Hz (1100 rpm)) e para cada valor de frequência de vibração foram realizadas 4 repetições, totalizando 12 parcelas em cada tratamento T1.

Cada parcela tinha 10 m de comprimento e aproximadamente 15 plantas, entre cada parcela havia uma bordadura de 5 m. Foi realizado previamente em cada parcela sua caracterização, determinando assim a perda de pré-colheita (L.planta<sup>-1</sup>), a carga inicial de frutos de café (L.planta<sup>-1</sup>), e o percentual de frutos verdes, cerejas e passa-secos.

O delineamento experimental utilizado foi um fatorial 3x3, adotando 3 variações de velocidade de deslocamento da colhedora no momento da colheita e 3 variações de frequência de vibração nas hastes dos cilindros derriçadores. Para analisar os dados obtidos, utilizou-se o programa SISVAR (Ferreira, 2000) para realizar as análises de variância dos dados ao nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

A tabela 3.1 representa a disposição dos tratamentos em cada linha de plantio na área experimental.

Tabela 3.1: Representação dos tratamentos na área experimental.

Tratamento T1 (m.h <sup>-1</sup> )	Tratamento T2 (Hz)	Repetições	Tratamento T2 (Hz)	Repetições	Tratamento T2 (Hz)	Repetições
600	15	4	16,7	4	18,3	4
800	15	4	16,7	4	18,3	4
1000	15	4	16,7	4	18,3	4

T1: Velocidades de deslocamento da colhedora (m.h<sup>-1</sup>), T2: Frequências de vibração das hastes (Hz).

A figura 1 ilustra a área experimental com a disposição dos tratamentos e parcelas em cada linha de plantio onde foram realizadas as colheitas.



### 3.2 Caracterização da Colhedora

Para realização do experimento foi utilizada uma colhedora automotriz de café modelo “OXBO 9220”, que de acordo com o fabricante OXBO DO BRASIL Ltda., apresenta as seguintes especificações técnicas: peso total de 8.255 Kg, seu raio de giro é de 3,89 m no sentido horário e 4,67 m no sentido anti-horário com as seguintes dimensões: comprimento de 5,49 m, largura de 3,20 m e altura de 4,38 m. A cabine de operação era rebaixada com comprimento de 5,49 m, largura de 3,20 m e altura de 3,78 m. O reservatório de combustível tem capacidade para 182 litros, o reservatório de óleo motor 18 litros, o reservatório de arrefecimento 41 litros e o reservatório de óleo hidráulico 129 litros.

A unidade colhedora apresenta largura de 1,5 m, altura do túnel de 2,79 m (em posição toda baixa), comprimento de 5,49 m, comprimento dos recolhedores de 3,60 m, abertura entre o suporte dos recolhedores de 0,53 m e as varetas que compunham os cilindros estavam com comprimento de 0,48 m. Mediu-se a velocidade de deslocamento com e sem a presença de carga na máquina e ajustou-se a colhedora para os parâmetros de teste.

Figura 2: Colhedora de café OXBO 9220.





Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

### **3.3 Caracterização do terreno**

O terreno utilizado para realizar as avaliações na colhedora automotriz de café está situado na cidade de Boa Esperança - MG com predominância característica de solo Latossolo vermelho com declividade aproximada de 5%. A área apresentava um solo de boa fertilidade com bom manejo de suas características físico-químicas controlado e gerenciado pela equipe de funcionários da fazenda. As linhas de café estavam dispostas conforme as curvas de nível do local.

### **3.4 Caracterização da Lavoura**

A lavoura era formada por cultivar topázio com 15 anos de idade, com altura média das plantas de aproximadamente 2,60 m, diâmetro médio da saia das plantas de 1,70 m com espaçamento entre linhas de 3,50 m e espaçamento entre plantas na linha de 0,70 m. Com esse espaçamento entre linhas as manobras de carreador são mais fáceis e facilita-se a mecanização desse tipo de lavoura.

O manejo adotado era de safra zero, que consiste em podas programadas no cafeeiro com o intuito de obter produções elevadas em safras alternadas. Na lavoura utilizada para realização do experimento, realiza-se a poda cíclica do cafeeiro no ano de elevada produção, fazendo o esqueletamento das plantas e em seguida o decote das mesmas. O esqueletamento é caracterizado pela poda dos ramos plagiotrópicos da planta, considerando uma distância de 20 a 30 cm do ramo ortotrópico na parte superior e finalizando na parte inferior com distancia de corte de 30 a 50 cm. O decote é realizado pela poda do ramo ortotrópico em alturas de 1,2 a 2,5 m, essa altura de corte está relacionada com a disposição das plantas por hectare.

Figura 3: Lavoura de Topázio.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 4: Frutos de café Topázio.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

### 3.5 Enfolhamento

Para determinação da quantidade de folhas presente nas plantas, selecionou-se aleatoriamente na área experimental 3 plantas, das quais foram retiradas todas as suas folhas. Em seguida realizou-se a pesagem do número total de folhas presente em cada planta determinando o valor médio de folhas por planta, usando a equação 1 de acordo com (Salvador, 2018).

$$P_f = \frac{\sum (P_{f1} + P_{f2} + P_{f3})}{n} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

$P_f$ : Peso médio das folhas ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

$P_{f1}$ : Quantidade de folhas da planta 1 ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

$P_{f2}$ : Quantidade de folhas da planta 2 ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

$P_{f3}$ : Quantidade de folhas da planta 3 ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

$n$ : Numero de plantas.

Figura 5: Planta desfolhada



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 6: Folhas retiradas da planta.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

### 3.6 Estádio de Maturação

O estágio de maturação das plantas foi determinado da seguinte forma: Primeiro separou-se de forma aleatória 2 plantas na bordadura (5 m) que ficava entre as parcelas de 10 m. O método utilizado consistiu em realizar a colheita manual de todos os frutos de café presentes nas duas plantas, em seguida realizou-se a homogeneização dos frutos colhidos e retirou-se uma amostra de 5 litros, a qual foi novamente homogeneizada e retirou-se uma amostra de 1 litro, em seguida, contou-se manualmente o número de frutos de café classificando-os em verdes, cerejas e passa/seco. Dessa forma determinou-se o estágio de maturação da carga inicial de frutos de café pendente nas plantas, extrapolando esse resultado para toda a lavoura.

Figura 7: Equipamentos usados para medir o volume de frutos



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 8: Carga de café pendente nas plantas.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 9: Contagem de frutos cereja, verde e passa/seco.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

### 3.7 Carga Pendente

Para a determinação da carga pendente de frutos de café presente nas plantas colheu-se manualmente 4 plantas na linha de bordadura que antecedia a parcela experimental e após a derrça manual determinou-se por média aritmética o volume médio de carga pendente por planta ( $L.planta^{-1}$ ).

Figura 10: Frutos de café na planta antes da colheita (carga pendente)



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 11: Determinação do volume de frutos de café pendente nas plantas.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

### 3.8 Perdas de Pré-Colheita

Para carácter informativo, determinou-se a perda de pré-colheita contabilizando o volume de frutos de café caídos ao chão antes de se iniciar a colheita com a colhedora automotriz de café. Para realizar a limpeza das ruas foi feita a varrição e abanação dos frutos previamente caídos ao chão em cada parcela experimental, obtendo então o volume ( $L.planta^{-1}$ ) de frutos de café caídos no chão devido a queda natural.

Figura 12: Determinação do café caído previamente ao chão, operação manual.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 13: Café retirado do chão, processo manual



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 14: Funcionário da fazenda realizando a "varrição" do café caído no chão.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

### 3.9 Avaliação da Desfolha

Analisou-se a desfolha gerada durante o processo de colheita em cada um dos tratamentos, considerando a velocidade de operação e a frequência de vibração das hastes. Em cada parcela experimental foi colocado um pano de ráfia para colheita de café com dimensões de 12x3 m, sobre o qual, realizou-se a passagem da colhedora com o intuito de contabilizar todos os frutos e folhas lançados para fora do sistema de armazenamento da colhedora durante a colheita. Para a coleta das folhas lançadas pelo sistema de limpeza ou exaustor foi colocado um saco de aniagem em cada saída do mesmo. Ao final de cada parcela realizou-se a pesagem das folhas verdes lançadas pelo sistema de limpeza ou exaustor e pelo sistema de transporte de frutos (esteiras). As folhas colhidas foram pesadas e posteriormente determinou-se a quantidade de desfolha ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ ) causada no momento da colheita por meio da equação 2 (Salvador, 2018).

$$D = (P_t + P_{ml} + P_c) \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

D: Desfolha ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

$P_t$ : Peso das folhas contidas no tanque ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

$P_{ml}$ : Peso das folhas lançadas pelo mecanismo de limpeza ou exaustor ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

$P_c$ : Peso das folhas lançadas pelas esteiras ( $\text{Kg.planta}^{-1}$ );

Figura 15: Colhedora de Café iniciando a colheita na área experimental.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 16: Colheita realizada pela colhedora automatizada em uma parcela.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

Figura 17: Determinação do volume de folhas e café colhido pela máquina.



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

### 3.10 Avaliação das perdas na colheita

As perdas de frutos de café na colheita foram determinadas de acordo com a carga inicial de frutos de café presente nas plantas antes de se iniciar a colheita na área experimental.

No momento da colheita os frutos de café lançados para fora da máquina pelos exaustores e pelo sistema transportador foram coletados e quantificados, estabelecendo assim o volume ( $L.planta^{-1}$ ) de frutos perdidos no processo de colheita. Com a ajuda de alguns funcionários da fazenda os frutos colhidos pela máquina, porém, lançados ao chão pelo mecanismo transportador da colhedora foram quantificados estabelecendo uma relação de perda na colheita, que foi determinada utilizando a equação 3 (Salvador, 2018).

$$P_c = \frac{V_t + V_e + V_r}{V_{cr} + V_e + V_t + V_r} \times 100 \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

Pc: Perda de frutos na Colheita (L.ha<sup>-1</sup>);

Ve: Volume de frutos lançados pelo Exaustor (L.ha<sup>-1</sup>);

Vcr: Volume de café contido no reservatório da máquina (L.ha<sup>-1</sup>);

Vt: Volume de frutos lançados pelo mecanismo de transporte de frutos (L.ha<sup>-1</sup>);

Vr: Volume de frutos Repasse (L.ha<sup>-1</sup>).

Para determinar da perda de frutos de café no sistema de limpeza (Pcl) utilizou-se a equação 4 (Salvador, 2018).

$$\mathbf{Pcl} = \frac{\mathbf{Ve}}{\mathbf{Vcr + Ve + Vc + Vr}} \times \mathbf{100} \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

Pcl :Perda no sistema de limpeza (L.ha<sup>-1</sup>);

Vcr: Volume de café contido no reservatório da máquina (L.ha<sup>-1</sup>);

Ve: Volume de frutos lançados pelo exaustor (L.ha<sup>-1</sup>);

Vc: Volume de frutos lançados pelo mecanismo de transporte de frutos (L.ha<sup>-1</sup>);

Vr: Volume de frutos repasse (L.ha<sup>-1</sup>).

A equação 5, conforme Salvador (2018) foi usada para determinar a perda de frutos de café no sistema de transporte (Pct) da colhedora.

$$\mathbf{Pct} = \frac{\mathbf{Vc}}{\mathbf{Vcr + Ve + Vc + Vr}} \times \mathbf{100} \quad \text{equação (5)}$$

Onde:

Pct :Perda no sistema de transporte de frutos (L.ha<sup>-1</sup>);

Vcr: Volume de café contido no reservatório da máquina (L.ha<sup>-1</sup>);

Ve: Volume de frutos lançados pelo exaustor (L.ha<sup>-1</sup>);

Vc: Volume de frutos lançados pela corrente (L.ha<sup>-1</sup>);

Vr: Volume de frutos Repasse (L.ha<sup>-1</sup>);

### **3.11 Avaliação da eficiência da colhedora no momento da colheita:**

Para determinar a produtividade da lavoura (Pr) utilizou-se a equação 6 (Salvador, 2018).

$$\mathbf{Pr = (Vcr + Vc + Ve + Vr + Vv)} \quad \text{equação (6)}$$

Onde:

Pr: Produtividade da lavoura (L.ha<sup>-1</sup>);

Vcr: Volume de café contido no reservatório da máquina (L.ha<sup>-1</sup>);

Ve: Volume de frutos lançados pelo exaustor (L.ha<sup>-1</sup>);

Vt: Volume de frutos lançados pelo mecanismo de transporte de frutos (L.ha<sup>-1</sup>);

Vr: Volume de frutos Repasse (L.ha<sup>-1</sup>);

Vv: Volume de frutos de varrição (L.ha<sup>-1</sup>).

Utilizando os dados obtidos determinou-se a eficiência de derriça (%) por meio da equação 7 (Salvador, 2018).

$$\mathbf{Ed} = \frac{\mathbf{Vcr} + \mathbf{Ve} + \mathbf{Vc}}{\mathbf{Cci}} \times 100 \quad \text{equação (7)}$$

Onde:

Ed: Eficiência de derriça (%);

Vcr: Volume de café contido no reservatório da máquina (L.ha<sup>-1</sup>);

Ve: Volume de frutos lançados pelo exaustor (L.ha<sup>-1</sup>);

Vt: Volume de frutos lançados pelo mecanismo de transporte de frutos (L.ha<sup>-1</sup>);

Cci: Carga inicial de frutos de café presente nas plantas (L.ha<sup>-1</sup>), no momento da derriça.

De acordo com os dados obtidos, determinou-se a eficiência de colheita (%) utilizando a equação 8 (Salvador, 2018).

$$\mathbf{Ec} = \frac{\mathbf{Vcr}}{\mathbf{Cci}} \times 100 \quad \text{equação (8)}$$

Onde:

Ec: Eficiência de colheita (%);

Vcr: Volume de café contido no reservatório da máquina (L.ha<sup>-1</sup>);

Cci: Carga inicial de frutos de café presente nas plantas (L.ha<sup>-1</sup>), no momento da derriça.

A capacidade de produção efetiva (CeP) foi determinada segundo Mialhe (1974), utilizando-se a equação 9.

$$\mathbf{CeP} = \frac{\mathbf{Dl (m)} \times \mathbf{V (km/h)} \times \mathbf{Md (L/ha)}}{\mathbf{10}} \times \mathbf{100} \quad \text{equação (9)}$$

CeP: Capacidade efetiva de produção (Md.hora<sup>-1</sup>);

Dl: Distância entre linhas de plantio (m);

V: Velocidade de deslocamento da colhedora (Km.h<sup>-1</sup>);

Md: Medidas de café (60 litros);

10: Fator de conversão de unidades.

A capacidade de campo efetiva (CcE) representa a área colhida pela máquina na unidade de tempo efetivamente medidos no campo. Para determinar a capacidade de campo efetiva utilizou-se a equação 10, segundo Mialhe (1974):

$$\mathbf{CcE} = \frac{\mathbf{L (m)} \times \mathbf{V (km/h)}}{\mathbf{10 \times Np}} \quad \text{equação (10)}$$

Onde:

Cce: Capacidade de campo efetiva (ha.h<sup>-1</sup>);

L: Largura de trabalho (m);

V: Velocidade de deslocamento (km.h<sup>-1</sup>);

NP: Número de passadas;

10: Fator de conversão de unidades.

Para determinar a velocidade média de deslocamento da colhedora foi computados o tempo médio gasto para percorrer cada parcela experimental de 10 m e para isso utilizou-se a equação 11 (Salvador, 2018).

$$V_m = \frac{C_p}{T_p} \times 3,6 \quad \text{equação (11)}$$

Onde:

$V_m$ : Velocidade média de deslocamento ( $\text{km.h}^{-1}$ );

$C_p$ : Comprimento da parcela (m);

$T_p$ : tempo de percurso (s);

3,6: Fator de conversão de unidades.

### **3.12 Determinação do Consumo de Combustível:**

Para determinar o consumo de combustível na colhedora utilizou-se o um medidor de vazão da marca Flowmate Oval M III, modelo LSF 45, fabricado pela empresa OVAL Corporation com vazão de  $1 \text{ mL.pulso}^{-1}$ , alimentado por tensão contínua (12~24 V), suportando uma faixa de temperatura de trabalho de  $-20^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$  com limite de vazão de 1 a  $100 \text{ L.h}^{-1}$  (FIGURA 18). O medidor de vazão tem como função contabilizar o volume de combustível utilizado por unidade de tempo.

Figura 18: Aparelho medidor de fluxo contínuo (fluxômetro)



Fonte: Foto tirada pela autora da presente dissertação.

O medidor de vazão foi instalado na colhedora, posicionado antes da bomba injetora de combustível e após os filtros primário e secundário. Entre a bomba injetora e o fluxômetro foi instalada uma mangueira de retorno para que não fosse contabilizado qualquer volume de combustível que retornasse para a bomba injetora. A instalação elétrica do medidor de vazão foi feita ligando os condutores do monitor do datalogger a uma bateria de 12v. Os terminais de alimentação do datalogger foram ligados ao fluxômetro o qual retornava os resultados de consumo de combustível em litros para a tela do datalogger e a partir do tempo gasto em cada parcela determinou-se o consumo de combustível na área experimental em  $L.h^{-1}$  e em  $L.ha^{-1}$  para cada velocidade de deslocamento e frequência de vibração nas hastes dos cilindros derriçadores utilizadas nas avaliações, usando as equações 12 e 13 (Salvador, 2018).

$$Ch = \frac{Ce}{Tp} \times 3,6 \times 10^3 \quad \text{equação (12)}$$

Ch: Consumo horário de combustível ( $L.h^{-1}$ );

Ce: Consumo específico (Litros);

Tp: tempo de percurso (s);

$3,6 \times 10^3$ : Fator de conversão de unidades.

$$C_c = \frac{C_e}{A_c} \times 1 \times 10^4 \quad \text{equação (13)}$$

$C_c$ : Consumo de combustível (L.ha<sup>-1</sup>);

$C_e$ : Consumo específico (Litros);

$A_c$ : Área colhida (m<sup>2</sup>);

$1 \times 10^4$ : Fator de conversão de unidades.

### 3.13 Análise de custos operacionais

Segundo Mialhe (1974), os custos gerados na utilização de máquinas e equipamentos agrícolas são determinados considerando seus custos fixos e variáveis. A metodologia utilizada na composição do custo horário da colhedora utilizada nesse experimento segue os parâmetros definidos por Mialhe (1974), onde o custo total da máquina será a soma dos custos fixos (CF) e custos variáveis (CV) das operações. Os custos fixos são definidos como sendo aqueles que não variam com o nível de utilização das máquinas, ou seja, custos de longo prazo, como a depreciação, os juros sobre o capital investido e os custos de seguro e abrigo da máquina. Os custos variáveis são decorrentes de curtos prazos e variam de acordo com a intensidade de utilização da máquina, como os custos com combustível, lubrificantes, manutenção e mão de obra.

O preço de aquisição da colhedora utilizado na realização dos cálculos foi de R\$ 780.000,00. A taxa de juros anual considerada foi de 7,5% de acordo com o programa de financiamento de máquinas agrícolas (Moderfrota, 2018). Foi considerado um período de vida útil da colhedora de 8 anos com utilização anual de 800 h por safra pré-estabelecidos. O valor do litro de diesel foi de aproximadamente R\$ 3,799, preço que vigorava na região sul de Minas.

Para o operador da colhedora, considerou-se 2,5 salários mínimos no período de colheita, visto que, na região sul de Minas Gerais este valor varia de 2 a 2,5 salários mínimos, além disso foi acrescentado aos custos com mão-de-obra os encargos sociais trabalhistas, como pró-labore e honorários (11%), honorários com contador (11%), INSS empresarial (20%),

RAT (3%), encargos de terceiros ao governo (5,8%), férias (11%), 13º salário (8,33%), FGTS (8%), INSS (8%), FGTS/Provisão de multa para rescisão (4%) e totalizando 90,13% dos custos com encargos sociais, de acordo com a empresa SE contabilidade Ltda. O salário mínimo considerado foi o atual, que é de R\$ 954,00.

Custos Fixos (CF):

A) Para determinar os custos de depreciação da colhedora utilizou-se a equação 14.

$$C_d = \frac{V_i - V_s}{V_u} \times 3,6 \quad \text{equação (14)}$$

Onde:

C<sub>d</sub>: Custos de depreciação (R\$.h<sup>-1</sup>);

V<sub>i</sub>: Valor de aquisição da máquina (R\$);

V<sub>s</sub>: Valor de sucata da máquina (20% V<sub>i</sub>);

V<sub>u</sub>: Vida útil total (horas).

B) O custo com amortização dos juros anuais foi determinada por meio da equação 15.

$$C_j = \frac{V_m \times i}{U_a} \quad \text{equação (15)}$$

Onde:

C<sub>j</sub>: Custos com amortização de juros (R\$.h<sup>-1</sup>);

U<sub>a</sub>: total de horas trabalhadas no ano (horas);

V<sub>m</sub>: Valor médio -  $V_m = \frac{V_i + V_s}{2}$  (R\$);

i: Taxa anual de juros (%).

C) Os custos com seguro da colhedora de café foi determinado utilizando a equação 16.

$$C_s = \frac{V_i * i}{U_a} \quad \text{equação (16)}$$

Onde:

Cs: Custos com seguro anual (R\$.h<sup>-1</sup>);

Vi: Valor de aquisição da máquina (R\$);

Ua: total de horas trabalhadas no ano (horas);

i: Taxa anual de juros de 0,5 a 1%

De acordo com a metodologia adotada usa-se de 0,5% a 1% do valor inicial da máquina para a taxa de juros anual com seguro. No presente trabalho foi considerado i = 1%.

D) Os custos com alojamento foram determinados utilizando a equação 17.

$$C_a = \frac{V_i \times i}{U_a} \quad \text{equação (17)}$$

Onde:

Ca: Custo com alojamento (R\$.h<sup>-1</sup>);

Vi: Valor de aquisição da máquina (R\$);

Ua: total de horas trabalhadas no ano (horas);

i: taxa anual de juros.

Considerando a metodologia adotada usa-se de 0,5% a 1% do valor inicial da máquina para a taxa de juros anual com alojamento. No presente trabalho foi considerado i = 1%.

Desta forma temos que o custo fixo é o somatório dos custos com a depreciação, amortização de juros, custo de seguro e de alojamento. O custo fixo foi então determinado por meio da equação 18.

$$Cf = \Sigma (Cd, Cj, Cs, Ca) \quad \text{equação (18)}$$

Onde:

Cd: Custos de depreciação (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cj: Custos com amortização de juros (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cs: Custos com seguro anual (R\$.h<sup>-1</sup>);

Ca: Custo com alojamento (R\$.h<sup>-1</sup>);

Custos variáveis (CV):

E) Para determinar o custo com combustível utilizou-se a equação 19.

$$Cc = Pd \times C \quad \text{equação (19)}$$

Onde:

Cc: Custo com combustível (R\$.h<sup>-1</sup>);

Pd: Preço diesel (R\$.litro<sup>-1</sup>);

C: Consumo de combustível (L.h<sup>-1</sup>).

F) O custo com lubrificante foi determinado utilizando a equação 20.

$$C_l = 0,2 \times C_c \quad \text{equação (20)}$$

Onde:

$C_l$ : Custo com lubrificantes (R\$.h<sup>-1</sup>);

$C_c$ : Custo com combustível (R\$.h<sup>-1</sup>).

Para determinar os custos com lubrificantes utiliza-se de 10% a 20% dos gastos com combustível de acordo com a metodologia adotada. No presente trabalho considerou-se 20% dos gastos com combustível.

G) Os custos com manutenção foram obtidos por meio da equação 21.

$$C_m = \frac{V_i \times i}{V_u} \quad \text{equação (21)}$$

Onde:

$C_m$ : Custos com manutenção (R\$.h<sup>-1</sup>);

$V_i$ : Valor de aquisição da máquina (R\$);

$V_u$ : Vida útil total (em horas);

$i$ : Taxa de manutenção (%).

Seguindo a metodologia adotada o valor considerado para a taxa de manutenção foi de 100% do valor de aquisição da colhedora.

H) Mão-de-obra: Os custos gerados com mão de obra foram determinados utilizando a equação 22.

$$\mathbf{Cmo} = \frac{12 \times \mathbf{Sm} \times \mathbf{i}}{\mathbf{Ua}} \quad \text{equação (22)}$$

Onde:

Cmo: Custos com mão de obra (R\$.h<sup>-1</sup>);

Sm: salário mínimo (R\$);

i: Taxa de encargos sociais (%);

Ua: total de horas trabalhadas no ano (horas).

Portanto, o custo variável foi a somatória dos gastos com combustível, lubrificantes, material de substituição periódica, manutenção e mão-de-obra, obtido por meio da equação 23.

$$\mathbf{Cv} = \Sigma (\mathbf{Cc}, \mathbf{Cl}, \mathbf{Cm}, \mathbf{Cmo}) \quad \text{equação (23)}$$

Onde:

Cv: Custo variável (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cc: Custos com combustível (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cl: Custos com lubrificantes (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cm: Custos com manutenção (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cmo: Custos cm mão de obra (R\$.h<sup>-1</sup>);

O custo horário portanto, é o somatório dos custos fixos e variáveis que foi calculado de acordo com a equação 24.

$$\mathbf{Ch} = \Sigma (\mathbf{Cf}, \mathbf{Cv}) \quad \text{equação (24)}$$

Onde:

Ch: Custo horário (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cf: Custos fixos (R\$.h<sup>-1</sup>);

Cv: Custos variáveis (R\$.h<sup>-1</sup>);

O custo administrativo foi determinado considerando 10% do custo horário (Ch) utilizando a equação 25.

$$\mathbf{Ca = 0,1 \times Ch} \qquad \text{equação (25)}$$

Onde:

Ca: Custos administrativo (R\$.h<sup>-1</sup>);

Ch: Custo horário (R\$.h<sup>-1</sup>).

Por fim calculou-se o custo efetivo (Cef) utilizando a equação 26:

$$\mathbf{Cef = Tef \times Ch} \qquad \text{equação (26)}$$

Onde:

Tef: Tempo efetivo (h.ha<sup>-1</sup>);

ChE: Custo horário específico (R\$.ha<sup>-1</sup>);

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Avaliações Preliminares**

O enfolhamento médio das plantas foi de 3,318 Kg.planta<sup>-1</sup> e será usado como valor de referência na avaliação do percentual de desfolha provocado pela colhedora no processo de derriça mecânica. O estágio de maturação dos frutos de café no momento da colheita apresentou um valor médio de 7,39% de frutos verdes, 59,80% de frutos cereja, e 29,74% de frutos passa/seco.

Com os resultados obtidos para o estágio de maturação nota-se um baixo percentual de frutos verdes na planta, tornando possível e viável realizar a colheita com apenas uma passada da colhedora na linha de plantio.

A carga inicial de frutos de café pendente nas plantas foi determinada também por amostragem aleatória um dia antes de se iniciar a colheita mecanizada, o valor médio obtido foi de 10 L.planta<sup>-1</sup>. Apanhadores da fazenda realizaram a varrição e limpeza de todo café caído no chão (perda de pré-colheita) durante o período que antecedeu o início da colheita e o valor médio de perda de pré-colheita foi de 1,48 L.planta<sup>-1</sup>.

### **4.2 Avaliação do Desempenho Operacional da Colhedora**

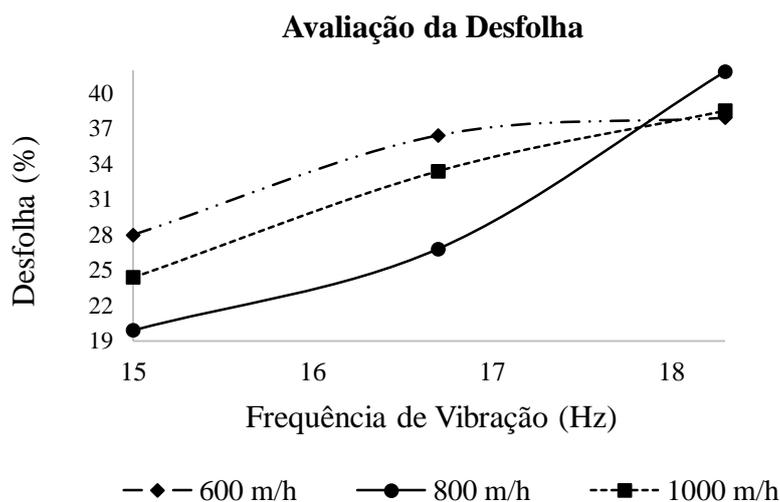
No primeiro tratamento V1, com velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup>, a frequência de vibração dos cilindros derriçadores variou de 15 a 18,3 Hz. Para a frequência de 15 Hz obteve-se uma desfolha de 57,66 Kg, ou seja, 28,02% considerando a quantidade média de folhas presente nas plantas. Utilizando a frequência de vibração dos cilindros derriçadores igual a 16,7 Hz gerou-se uma desfolha de 75,02 Kg, 36,47% do volume inicial de folhas e colhendo com uma frequência de vibração dos cilindros derriçadores de 18,3 Hz a desfolha gerada foi de 69,3 Kg, ou seja, 37,97% do volume inicial de folhas contidas nas plantas.

Para a velocidade de deslocamento da colhedora igual a 800 m.h<sup>-1</sup>, adotando a mesma variação de frequência de vibração nas hastes dos cilindros derriçadores de 15 a 18,3 Hz, para

15 Hz de vibração a desfolha gerada foi de 42,9 Kg, ou seja, 19,89% do volume inicial de folhas presente nas plantas. Para a frequência de vibração das hastes igual a 16,7 Hz a desfolha foi de 53,4 Kg, 26,82% e para 18,3 Hz obteve-se uma quantidade de 70,89 Kg, ou seja, 41,89% de desfolha.

E por último colhendo com uma velocidade de deslocamento da colhedora igual a 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração dos cilindros derriçadores igual a 15 Hz a quantidade de folhas retiradas das plantas foi de 48,6 Kg, 24,41% de seu volume inicial, utilizando frequência de vibração nas hastes dos cilindros derriçadores igual a 16,7 Hz a desfolha foi de 63,27 Kg, 33,45%, já para a frequência de 18,3 Hz a desfolha gerada foi de 67,84 Kg, 38,58% do volume inicial de folhas presente nas plantas.

Gráfico 4.1 – Representação gráfica da avaliação da desfolha em função das frequências de vibração nas hastes dos cilindros derriçadores e da velocidade de deslocamento da colhedora.



A partir dos resultados obtidos nota-se que na velocidade de 600 m.h<sup>-1</sup> o volume de desfolha foi maior para as frequências de vibração de 15 e 16,7 Hz. Esse resultado já era esperado pois pode-se considerar que quanto menor for a velocidade de deslocamento da colhedora maior será o tempo de exposição da planta aos mecanismos vibradores causando assim maior desfolha na planta.

De acordo com Santinato et al. (2008) a desfolha é o principal dano causado a planta no processo de colheita mecanizada, sendo assim é de suma importância a combinação ideal entre velocidade de deslocamento da colhedora e frequência de vibração nas hastes dos cilindros derriçadores. No presente experimento ao analisar a desfolha gerada no momento da colheita, nota-se que operando com uma velocidade de 800 m.h<sup>-1</sup> e adotando uma das frequências de

vibração nas varetas 15 ou 16,7 Hz tem-se para essas condições uma menor desfolha das plantas. A tabela a seguir mostra a análise estatística dos valores médios de desfolha na derriça mecânica.

Tabela 4.1: Análise de variância da desfolha gerada durante a colheita para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora.

Velocidade (m.h <sup>-1</sup> )	Desfolha (Kg.planta <sup>-1</sup> )	Resultados
600	1,13	a1
800	0,982	a1
1000	1,068	a1
CV	24,09%	

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4.2: Análise de variância da desfolha gerada durante a colheita para as diferentes frequências nas hastes vibratórias.

Frequência (Hz)	Desfolha (Kg.planta <sup>-1</sup> )	Resultados
15	0,802	a1
16,7	1,072	a2
18,3	1,309	a2
CV	24,09%	

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A velocidade de deslocamento da colhedora não influenciou diretamente no volume de desfolha gerado durante a colheita, porém, as frequências de vibração nas hastes dos cilindros derriçadores de 16,7 Hz e de 18,3 Hz, que não diferiram entre si, apresentaram maior desfolha que a frequência de 15 Hz.

A tabela 4.3 apresenta uma análise mais pontual, verificando o comportamento da velocidade para cada de frequência de vibração dos cilindros derriçadores.

Tabela 4.3: Análise de variância do desdobramento da velocidade em cada frequência na haste vibratória.

Velocidade ( m.h <sup>-1</sup> )	Frequência (Hz)	Desfolha (Kg.planta <sup>-1</sup> )	Resultados
600	15	0,932	a1
800	15	0,662	a1
1000	15	0,810	a1
600	16,7	1,212	a1
800	16,7	0,895	a1
1000	16,7	1,11	a1
600	18,3	1,255	a1
800	18,3	1,387	a1
1000	18,3	1,285	a1
CV	24,09%		

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Analisando os resultados, verificou-se que, não houve influência significativa ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de tukey das velocidades de deslocamento da colhedora no volume de desfolha gerada durante a colheita para cada variação de frequência dos cilindros derriçadores.

Na tabela 4.4 analisou-se pontualmente a influência das frequências de vibração dos cilindros derriçadores dentro de cada velocidade de deslocamento da colhedora durante a colheita.

Tabela 4.4: Análise de variância do desdobramento da frequência em cada velocidade de deslocamento da colhedora.

Frequência (Hz)	Velocidade ( m.h <sup>-1</sup> )	Desfolha (Kg.planta <sup>-1</sup> )	Resultados
15	600	0,932	a1
16,7	600	1,212	a1
18,3	600	1,255	a1
15	800	0,663	a1
16,7	800	0,895	a1
18,3	800	1,388	a2
15	1000	0,810	a1
16,7	1000	1,110	a1 a2
18,3	1000	1,285	a2
CV	24,09%		

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verificou-se que as frequências de vibração nas hastes dos cilindros derrçadores não influenciou significativamente no volume de desfolha das plantas para a velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup>. A frequência de 18,3 Hz resultou em maior desfolha que as demais frequências de vibração na velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup>, para a velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> as frequências de 16 Hz e 118,3 Hz influenciaram de forma significativa o volume de desfolha gerada. Sendo assim, para essas velocidade de deslocamento de 800 m.h<sup>-1</sup> as frequências de vibração de 15 Hz e 16,7 Hz apresentaram menor desfolha não diferindo entre si e para a velocidade de deslocamento de 1000 m.h<sup>-1</sup> a frequência de 15 Hz apresentou o menor volume de desfolha durante a colheita diferindo das demais frequências utilizadas.

#### **4.3 Volume de frutos de café colhidos pela máquina**

Ao realizar a colheita com velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequências de vibração de 15, 16,7 e 18,3 Hz, o volume de frutos de café colhido variou de 5,15 a 9,59 L.planta<sup>-1</sup> com eficiência de derrça variando entre 95,04% a 98,30% respectivamente. Para a velocidade de deslocamento da colhedora a 800 m.h<sup>-1</sup> e frequências de vibração dos cilindros derrçadores variando entre 15, 16,7 e 18,3 Hz o volume de frutos de café colhidos variou de 5,50 a 9,50 L.planta<sup>-1</sup>, a eficiência de derrça variou de 82,38% a 98,75%. Com a velocidade de deslocamento da colhedora igual a 1000 m.h<sup>-1</sup> e os mesmos valores de frequência de vibração dos cilindros derrçadores, a quantidade de café colhido pela máquina variou de 5,18 a 9,38 L.planta<sup>-1</sup> e a eficiência de derrça variou de 88,74% a 98,03% respectivamente de acordo com os gráficos 4.2 e 4.3.

Gráfico 4.2 – Representação gráfica do volume de frutos de café colhidos em função da frequência de vibração nas hastes dos cilindros derrichadores e da velocidade de deslocamento da colhedora.

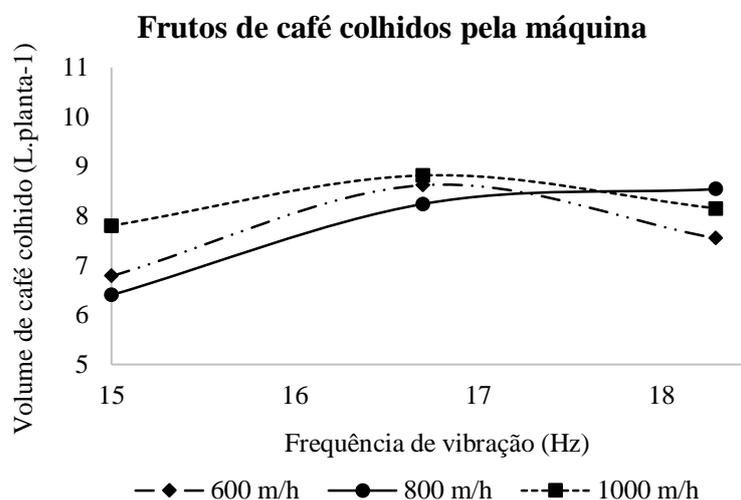
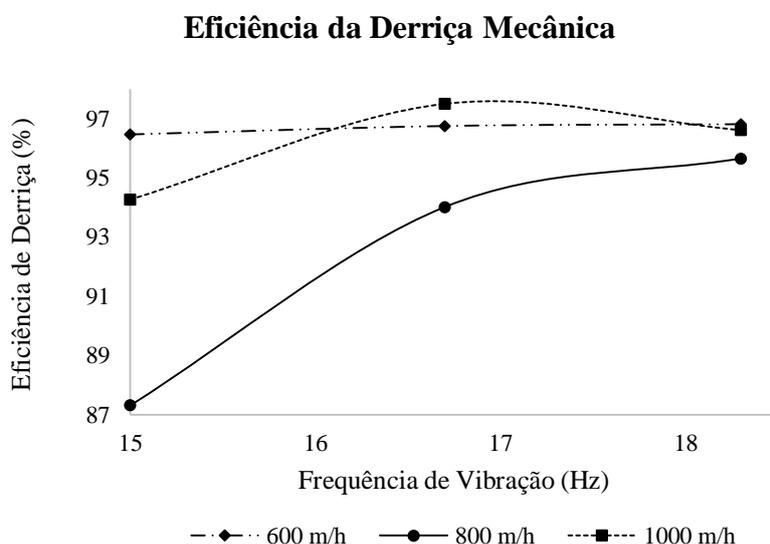


Gráfico 4.3 – Eficiência da derricha mecânica para cada variação de frequência de vibração nas hastes dos cilindros derrichadores e de velocidade de deslocamento da colhedora.



Na menor velocidade de deslocamento da colhedora nota-se maior uniformidade nos valores de eficiência de derricha independente da frequência de vibração utilizada, com valores médios para cada tratamento variando de 96,47% a 96,81%, o que pode ser explicado devido ao fato de nessas condições o tempo de exposição da planta ao mecanismo vibrador ser maior, entretanto, nota-se uma eficiência de derricha superior as demais na velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> com frequência nas hastes vibratórias igual a 16,7 Hz com eficiência

de derrça de 97,51%. Ainda nesta velocidade a frequência de 18,3 Hz apresentou resultado de eficiência na derrça semelhante ao da velocidade de deslocamento de 600 m.h<sup>-1</sup>.

Os menores resultados de eficiência de derrça foram encontrados para a velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> em todas as frequências estudadas, todavia, observa-se que as frequências de vibração de 16,7 Hz e 18,3 Hz proporcionaram, de modo geral, os melhores resultados de eficiência de derrça para essa maturação de frutos de café da cultivar Topázio.

O maior volume de frutos de café colhidos pela colhedora também foi com a velocidade de 1000 m.h<sup>-1</sup> com frequência nas hastes vibratórias igual 16,7 Hz como mostra o gráfico 4.2. O volume de frutos de café colhidos pela máquina nessa condição apresentou uma média de 8,82 L.planta<sup>-1</sup>, 35.850,54 L.ha<sup>-1</sup>, 597,51 med.ha<sup>-1</sup>, ou seja, 228,57 med.h<sup>-1</sup>.

Segundo estudos realizados por Silva et al. (2003) qualquer colhedora automotriz trabalhando em condições favoráveis chega a colher 120 med.h<sup>-1</sup>.

Esses resultados demonstram a eficiência operacional da colheita mecanizada. Ao optar pela colheita plena, isto é, com apenas uma passada da colhedora na linha de plantio. Considerando as mesmas condições em que foi realizado o experimento e adotando a velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz é possível colher com boa eficiência retirando grande parte dos frutos de café presente nas plantas, deixando um baixo percentual de volume de frutos para o repasse manual, corroborando com Santinato (1998a) e Silva et al. (2000a) onde encontraram resultados de eficiência próximos a 97%, à baixas velocidades operacionais.

Silva et al. (2003) em um de seus experimentos utilizando uma colhedora automotriz Jacto modelo K3, obteve resultados para eficiência de colheita de 85% a 97%, realizando a colheita com velocidade de deslocamento da colhedora variando de 500 a 1500 m h<sup>-1</sup>, os resultados obtidos com o presente experimento mostram conformidade com a literatura uma vez que, variando a velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> a 1000 m.h<sup>-1</sup> a eficiência de derrça variou de 82,38% a 98,75%.

As tabelas a seguir mostram as análises de variância ao nível de 5% de probabilidade pelo de Tukey para os fatores de variação velocidade de deslocamento da colhedora e frequência das hastes vibratórias.

Tabela 4.5: Análise de variância do volume de frutos de café colhidos para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora.

Velocidade (m.h <sup>-1</sup> )	Frutos de Café Colhidos (L.planta <sup>-1</sup> )
600	7,65 a
800	7,73 a
1000	8,26 a
CV	16,28 %

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4.6: Análise de variância do volume de frutos de café colhidos para as diferentes frequências nas hastes vibratórias.

Frequência (Hz)	Frutos de Café Colhidos (L.planta <sup>-1</sup> )
15	7,00 a
16,7	8,56 a b
18,3	8,08 b
CV	16,28 %

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4.7: Análise de variância do desdobramento do efeito das velocidades dentro de cada frequência de vibração nas hastes.

Velocidade (m.h <sup>-1</sup> )	Frequência (Hz)	Frutos de Café Colhidos (L.planta <sup>-1</sup> )
600	15	6,79 a
800	15	6,40 a
1000	15	7,80 a
600	16,7	8,61 a
800	16,7	8,24 a
1000	16,7	8,82 a
600	18,3	7,55 a
800	18,3	8,54 a
1000	18,3	8,15 a
CV	16,28 %	

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4.8: Análise de variância do desdobramento do efeito das frequências de vibração das hastes derrçadoras para cada velocidade de deslocamento da colhedora.

Frequência (Hz)	Velocidade (m.h <sup>-1</sup> )	Frutos de Café Colhidos (L.planta <sup>-1</sup> )
15	600	6,79 a
16,7	600	8,61 a
18,3	600	7,55 a
15	800	6,40 a
16,7	800	8,24 a
18,3	800	8,54 a
15	1000	7,80 a
16,7	1000	8,82 a
18,3	1000	8,14a
CV	16,28 %	

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na tabela 4.6 analisando apenas a influência da frequência de vibração nota-se que as frequências de 16,7 Hz e 18,3 Hz diferiram significativamente da frequência de 15 Hz influenciando no volume de frutos de café colhidos pela máquina.

Observando a tabela 4.5, verifica-se que as velocidades de deslocamento durante a colheita não influenciaram significativamente a quantidade de frutos de café colhidos, já na tabela 4.6, analisando o efeito das frequências de vibração usadas na derrça, nota-se que a frequência de 15 Hz foi a que proporcionou o menor volume de frutos de café colhidos.

Na tabela 4.7, tem-se que o desdobramento do efeito das velocidades de deslocamento da colhedora dentro de cada frequência de vibração das hastes não interferiu na quantidade de frutos de café colhidos, enquanto o desdobramento da frequência de vibração dentro de cada velocidade de deslocamento da colhedora mostra que a velocidade de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração das hastes igual a 16,7 Hz apresentou o maior volume de frutos de café colhidos mas diferindo significativamente das demais frequências.

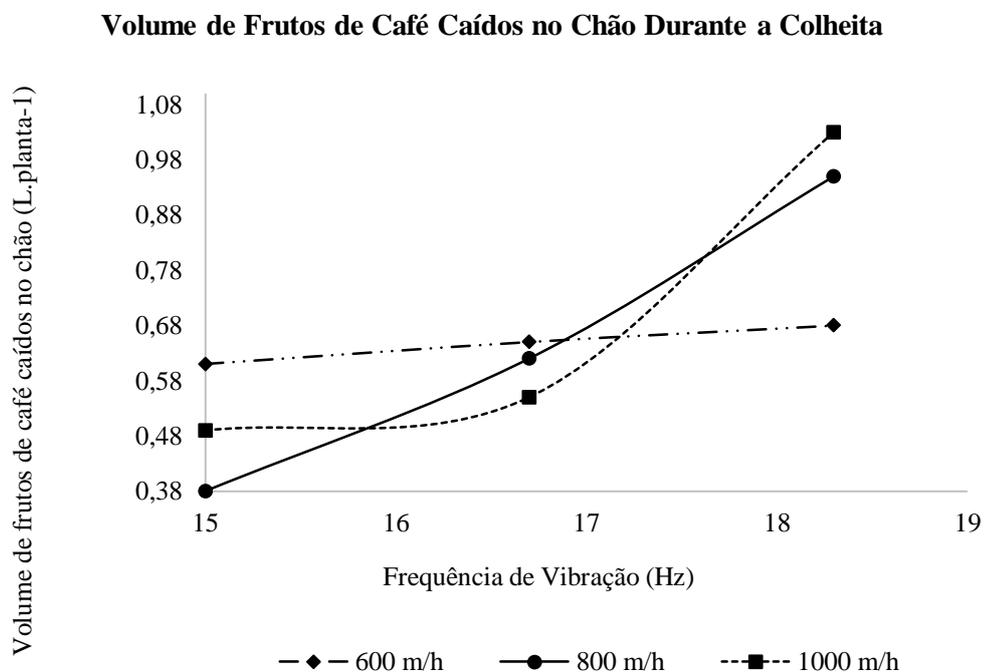
#### 4.4 Volume de frutos de café caídos no chão durante a colheita

Realizando a colheita com velocidade média de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 15 Hz, 16,7 Hz e 18,3 Hz, o volume médio de frutos de café caídos no chão durante a colheita foi de 0,61 L.planta<sup>-1</sup>, 0,65 L.planta<sup>-1</sup>, 0,68 L.planta<sup>-1</sup>, o que representa aproximadamente 8,98%, 7,54% e 9% do volume

de frutos de café colhidos pela máquina respectivamente. Para a velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e os mesmos valores de variação da frequência de vibração nas hastes derriçadoras, obteve-se um volume médio de frutos de café caídos no chão igual 0,38 L.planta<sup>-1</sup> para a frequência de 15 Hz, para a frequência de 16,7 Hz o volume obtido foi de 0,62 L.planta<sup>-1</sup> e para 18,3 Hz foi de 0,95 L.planta<sup>-1</sup> ou seja, 5,93%, 7,52% e 11,12% do volume de frutos de café colhidos respectivamente.

Analisando a maior velocidade de deslocamento da colhedora 1000 m.h<sup>-1</sup> e as mesmas variações de frequência de vibração, o volume médio de frutos de café caídos no chão foi de 0,49 L.planta<sup>-1</sup> para a frequência de 15 Hz, 0,55 L.planta<sup>-1</sup> para a frequência de 16,7 Hz e 1,03 L.planta<sup>-1</sup> para a frequência de 18,3 Hz, representando respectivamente 6,28%, 6,24% e 12,38% do volume de frutos colhidos. O gráfico 4.4 mostra as variações de volume de frutos de café lançados ao chão durante a colheita para cada velocidade de deslocamento da colhedora e para cada frequência de vibração das hastes.

Gráfico 4.4: Volume de frutos de café caídos no chão durante o processo de colheita mecanizada para cada velocidade de deslocamento da colhedora e para cada frequência de vibração das hastes derriçadoras.



Observa-se que ao aumentar a frequência de vibração das hastes derriçadoras aumentou-se o volume de frutos lançados ao chão, isso ocorre devido à sobrecarga de frutos de café no sistema de transporte horizontal da colhedora. As tabelas abaixo mostram as análises estatísticas

para os seguintes fatores de variação: velocidade de deslocamento da colhedora e frequência das hastes vibratórias.

Estudos de Santinato et al. (1998b) onde foi realizada a colheita com duas passadas da colhedora na linha de plantio, trabalhando com velocidade de 1,2 km.h<sup>-1</sup> e vibração de 10, 13,33 e 16,67 Hz, obteve-se os seguintes resultados, para a frequência de 10 Hz colheu-se 57,3% da carga pendente na primeira passada e 19,3% na segunda passada da colhedora, com 14,9% de frutos de café caídos no chão e 8,5% de repasse. Para a frequência de 13,33 Hz colheu-se 78,6% da carga de frutos presentes na planta durante a primeira passada e 11,18% durante a segunda passada da colhedora com 6,4% de café caído no chão e 3,2% de repasse. Para a frequência de 16,67 Hz foi colhido 76,9% da carga de frutos na primeira passada e 7,6% na segunda passada, com e 13,4% de café caído no chão e repasse de 2,1%.

No presente trabalho para a velocidade de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz colheu-se 87,97% da carga inicial de frutos presente nas plantas com 5,58% de frutos caídos no chão e repasse de 6,45%. Para a frequência de 16,7 Hz foram colhidos 90,84% da carga inicial, com 5,74% de frutos caídos no chão durante a colheita gerando um repasse de 3,42%. Os resultados para a frequência de 18,3 Hz foram 85,82% de frutos colhidos com relação a carga inicial, 10,75% de frutos caídos no chão e 3,43% de repasse. As tabelas a seguir mostram os resultados das análises estatísticas para cada tratamento.

Tabela 4.9: Análise de variância do volume de frutos de café caídos no chão para as diferentes velocidades de deslocamento da colhedora.

Velocidade (m/h)	Frutos de café caídos no chão (L.planta-1)
600	0,65 a
800	0,65 a
1000	0,69 a
CV	48,59%

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4.10: Análise de variância do volume de frutos de café caídos no chão para as diferentes frequências nas hastes vibratórias.

Frequência (Hz)	Frutos de café caídos no chão (L.planta-1)
15	0,49 a
16,7	0,65 a b
18,3	0,84 b
CV	48,59%

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Considerando apenas os valores de velocidade de deslocamento da colhedora não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey, para os volumes de frutos de café caídos no chão no momento da colheita. Porém, para os valores de frequência de vibração nas hastes derriçadoras nota-se que as frequências de 15 e 18,3 Hz diferiram entre si ao nível de 5% de significância segundo o teste de Tukey.

Tabela 4.11: Análise de variância do desdobramento do efeito das velocidades para cada frequência de vibração nas hastes derriçadoras.

Velocidade (m/h)	Frequência (Hz)	Frutos de café caídos no chão (L.planta-1)
600	15	0,61 a
800	15	0,38 a
1000	15	0,49 a
600	16,7	0,78 a
800	16,7	0,62 a
1000	16,7	0,55 a
600	18,3	0,53 a
800	18,3	0,95 a
1000	18,3	1,03 a
CV		48,59%

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 4.12: Análise de variância do desdobramento do efeito das frequências de vibração nas hastes derrçadoras para cada velocidade de deslocamento da colhedora.

Frequência (Hz)	Velocidade (m/h)	Frutos de café caídos no chão (L.planta-1)
15	600	0,61 a
16,7	600	0,78 a
18,3	600	0,53 a
15	800	0,38 a
16,7	800	0,62 a b
18,3	800	0,95 b
15	1000	0,49 a
16,7	1000	0,55 a
18,3	1000	1,03 a

\* Os resultados seguidos de mesma letra em cada linha, para cada fator, não diferem entre si ao nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Analisando apenas a variação da velocidade de deslocamento da colhedora, verifica-se que não houve diferença significativa segundo o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade no o volume de frutos de café caídos no chão durante a colheita para cada frequência de vibração utilizada. Observa-se na tabela 4.12 que nas velocidades de 600 m.h<sup>-1</sup> e 1000 m.h<sup>-1</sup> a frequência de vibração das hastes não interferiu no volume de frutos de café caídos no chão durante a colheita, entretanto, na velocidade de deslocamento de 800 m.h<sup>-1</sup> a frequência de 15 Hz foi a que proporcionou menor perda de frutos. Nessa mesma velocidade as frequências de 16,7 e 18,3 Hz resultaram em maior volume de frutos de frutos caídos no chão durante a colheita, porém não diferindo significativamente entre si.

A tabela a seguir mostra os valores médios encontrados para a eficiência de derraça e de colheita com apenas uma passada da colhedora em cada linha de plantio.

Tabela 4.13: Resultados da avaliação preliminar e do desempenho operacional da colheita mecanizada com apenas uma passada da colhedora na linha de plantio.

Velocidade	Frequência	Perda de Pré Colheita	Frutos de Café Colhidos	Eficiência de Colheita	Frutos de café caídos no chão durante a colheita	Eficiência de Derrça	Desfolha	Repasse
( m.h <sup>-1</sup> )	(Hz)	(L.planta <sup>-1</sup> )	(L.planta <sup>-1</sup> )	(%)	(L.planta <sup>-1</sup> )	(%)	(Kg.planta <sup>-1</sup> )	(L.planta <sup>-1</sup> )
<b>600</b>	15	0,140	6,79	87,63	0,61	96,47	0,93	0,29
	16,7	0,134	8,62	88,35	0,65	96,75	1,21	0,28
	18,3	0,169	7,55	89,63	0,68	96,81	1,26	0,34
<b>800</b>	15	0,101	6,40	82,19	0,38	87,32	0,66	0,92
	16,7	0,105	8,24	87,48	0,62	94,02	0,89	0,75
	18,3	0,207	8,54	88,64	0,95	95,66	1,39	0,39
<b>1000</b>	15	0,181	7,80	88,96	0,49	94,27	0,81	0,56
	16,7	0,141	8,82	90,44	0,55	97,51	1,11	0,34
	18,3	0,158	8,15	88,80	1,03	96,62	1,28	0,33

#### 4.5 Consumo de combustível durante a colheita

Analisando o consumo de combustível da colhedora para cada tratamento T1 (V1, V2, V3) e T2 (F1, F2 e F3) obteve-se o seguinte resultado por meio do medidor de fluxo (fluxômetro).

Tabela 4.14: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 15 Hz.

Tratamentos	Consumo L.h <sup>-1</sup>	Consumo L.ha <sup>-1</sup>
V1F1R1	5,97	25,51
V1F1R2	5,97	27,21
V1F1R3	11,95	54,42
V1F1R4	8,96	38,26
<b>Média de consumo</b>	<b>8,22</b>	<b>36,35</b>

V1F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz;

No primeiro tratamento V1F1 onde a velocidade de deslocamento no momento da colheita foi de 600 m.h<sup>-1</sup> e a frequência de vibração nas hastes dos cilindros derrçadores foi de 15 Hz houve um consumo médio de combustível de 8,22 L.h<sup>-1</sup> e 36,35 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derrça foi de 96,47%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 6,79 L.plantas<sup>-1</sup>, sendo assim, a máquina colheu 88,46% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 8,22 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.15: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 16,7 Hz.

Tratamentos	Consumo L.h <sup>-1</sup>	Consumo L.ha <sup>-1</sup>
V1F2R1	9,56	40,82
V1F2R2	10,16	46,26
V1F2R3	7,17	32,65
V1F2R4	11,35	48,47
<b>Média de consumo</b>	<b>9,56</b>	<b>42,05</b>

V1F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz.

Para o tratamento V1F2, a velocidade de deslocamento no momento da colheita foi de 600 m.h<sup>-1</sup> e a frequência de vibração nos cilindros foi de 16,7 Hz, nesse tratamento houve um consumo médio de combustível de 9,56 L.h<sup>-1</sup> e 42,05 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derrça foi de 96,75%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 8,74 L.plantas<sup>-1</sup>, foram colhidos então

89,04% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 9,56 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.16: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrificadoras de 18,3 Hz.

Tratamentos	Consumo L.h <sup>-1</sup>	Consumo L.ha <sup>-1</sup>
V1F3R1	10,76	45,91
V1F3R2	13,15	59,86
V1F3R3	13,75	62,59
V1F3R4	10,76	45,92
<b>Média de consumo</b>	<b>12,10</b>	<b>53,57</b>

V1F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz.

No tratamento V1F3 em que a colheita foi realizada com velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nos cilindros de 18,3 Hz, o consumo médio de combustível foi de 12,10 L.h<sup>-1</sup> e 53,57 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derriça nesse tratamento foi de 96,83%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 7,64 L.plantas<sup>-1</sup>, colhendo 90,34% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 12,10 L.h<sup>-1</sup> de combustível para realização da colheita trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.17: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrificadoras de 15 Hz.

Tratamentos	Consumo L.h <sup>-1</sup>	Consumo L.ha <sup>-1</sup>
V2F1R1	12,79	40,82
V2F1R2	11,99	36,01
V2F1R3	8,79	32,07
V2F1R4	7,99	22,68
<b>Média de consumo</b>	<b>10,39</b>	<b>32,89</b>

V2F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz.

No tratamento V2F1 a velocidade de deslocamento da colhedora no momento da colheita foi de 800 m.h<sup>-1</sup>, considerando a frequência de vibração nos cilindros de 15 Hz houve um consumo médio de combustível de 10,39 L.h<sup>-1</sup> e 32,89 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derriça foi de 87,32%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 6,40 L.plantas<sup>-1</sup>, ou seja, nessas condições a máquina colheu 83,58% da carga inicial presente nas plantas com um consumo de

10,39 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.18: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 16,7 Hz.

<b>Tratamentos</b>	<b>Consumo L.h<sup>-1</sup></b>	<b>Consumo L.ha<sup>-1</sup></b>
V2F2R1	16,78	53,57
V2F2R2	12,79	38,42
V2F2R3	8,79	34,54
V2F2R4	8,79	32,07
<b>Média de consumo</b>	<b>11,79</b>	<b>39,65</b>

V2F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz.

Analisando o tratamento V2F2 onde a velocidade de deslocamento da colhedora no momento da colheita foi de 800 m.h<sup>-1</sup> e a frequência de vibração nos cilindros de 16,7 Hz houve um consumo médio de combustível de 11,79 L.h<sup>-1</sup> e 39,65 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derraça foi de 94,02%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 8,24 L.plantas<sup>-1</sup>, ou seja, nessas condições a máquina colheu 85,6% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 11,79 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.19: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 18,3 Hz.

<b>Tratamentos</b>	<b>Consumo L.h<sup>-1</sup></b>	<b>Consumo L.ha<sup>-1</sup></b>
V2F3R1	16,79	71,43
V2F3R2	11,99	47,10
V2F3R3	11,99	38,27
V2F3R4	11,99	61,22
<b>Média de consumo</b>	<b>13,19</b>	<b>54,50</b>

V2F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz.

Para o terceiro tratamento V2F3 onde a velocidade de deslocamento da colhedora no momento da colheita se manteve em 800 m.h<sup>-1</sup> e a frequência de vibração nos cilindros foi de 18,3 Hz houve um consumo médio de combustível de 13,19 L.h<sup>-1</sup> e 54,50 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derraça foi de 95,66%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 8,54 L.plantas<sup>-1</sup>, ou

seja, nessas condições a máquina colheu 87,25% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 13,19 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.20: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 15 Hz.

Tratamentos	Consumo L.h <sup>-1</sup>	Consumo L.ha <sup>-1</sup>
V3F1R1	8,97	22,96
V3F1R2	9,97	29,15
V3F1R3	13,96	35,71
V3F1R4	15,96	46,65
<b>Média de consumo</b>	<b>12,22</b>	<b>33,62</b>

V3F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz.

Analisando agora o tratamento V3F1 onde a velocidade de deslocamento da colhedora no momento da colheita foi de 1000 m.h<sup>-1</sup> e a frequência de vibração nos cilindros de 15 Hz houve um consumo médio de combustível de 12,22 L.h<sup>-1</sup> e 33,62 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derrça foi de 92,41%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 5,92 L.plantas<sup>-1</sup>, ou seja, nessas condições a máquina colheu 87,97% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 12,22 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.21: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derrçadoras de 16,7 Hz.

Tratamentos	Consumo L.h <sup>-1</sup>	Consumo L.ha <sup>-1</sup>
V3F2R1	10,97	34,54
V3F2R2	14,96	43,73
V3F2R3	11,97	32,65
V3F2R4	10,97	29,93
<b>Média de consumo</b>	<b>12,22</b>	<b>35,21</b>

V3F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz.

No segundo tratamento V3F2 onde a velocidade de deslocamento da colhedora no momento da colheita se manteve em 1000 m.h<sup>-1</sup> e a frequência de vibração nos cilindros foi de 16,7 Hz houve um consumo médio de combustível de 12,22 L.h<sup>-1</sup> e 35,21 L.ha<sup>-1</sup>. A eficiência de derriça foi de 97,63%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 8,82 L.plantas<sup>-1</sup>, sendo assim, nessas condições a máquina colheu 90,84% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 12,22 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

Tabela 4.22: Consumo de combustível na velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração nas hastes derriçadoras de 18,3 Hz.

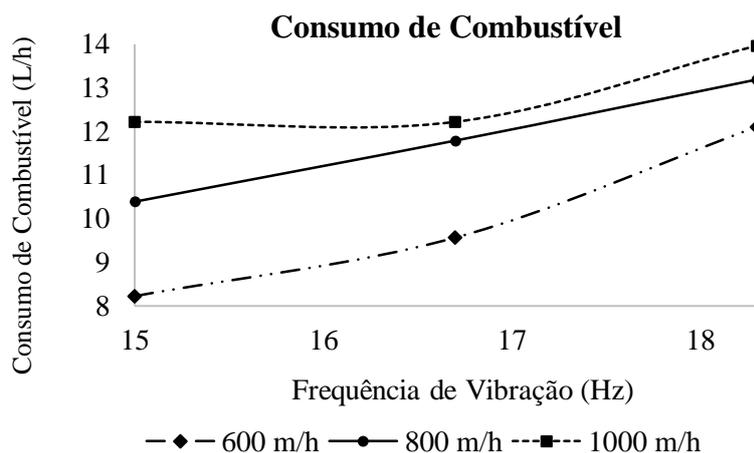
Tratamentos	Consumo L.h <sup>-1</sup>	Consumo L.ha <sup>-1</sup>
V3F3R1	11,97	34,99
V3F3R2	15,96	50,24
V3F3R3	12,96	40,82
V3F3R4	14,96	47,10
<b>Média de consumo</b>	<b>13,96</b>	<b>43,28</b>

V3F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz.

No último tratamento onde a velocidade de deslocamento no momento da colheita foi de 1000 m.h<sup>-1</sup> e a frequência de vibração nos cilindros foi de 18,3 Hz houve um consumo médio de combustível de 13,96 L.h<sup>-1</sup> e 43,28 L.ha<sup>-1</sup> considerando também os 40 m trabalhados nesse tratamento da área experimental. A eficiência de derriça foi de 96,62%, o volume médio de frutos de café colhidos foi de 7,15 L.plantas<sup>-1</sup>, portanto, a máquina colheu 85,82% da carga inicial presente nas plantas com um consumo médio de 13,96 L.h<sup>-1</sup> trabalhando na marcha de colheita e rotação no motor de aproximadamente 2.200 rpm.

O gráfico abaixo, mostra as curvas de consumo horário de combustível para cada velocidade de deslocamento da colhedora e para nível de frequência de vibração utilizados no momento da colheita.

Gráfico 4.5: Consumo horário de combustível em cada velocidade de deslocamento da colhedora e frequência de vibração nos cilindros.



O menor consumo de combustível foi obtido na velocidade de  $600 \text{ m.h}^{-1}$  como era esperado, a melhor eficiência de derrça  $97,51\%$  foi encontrada na velocidade de deslocamento de  $1000 \text{ m.h}^{-1}$  e na frequência de vibração de  $16,7 \text{ Hz}$  gerando um volume de frutos de café colhidos de  $8,82 \text{ L.planta}^{-1}$  e uma perda de frutos durante a colheita de  $0,55 \text{ L.planta}^{-1}$ .

Na velocidade de  $1000 \text{ m.h}^{-1}$  apesar do consumo de combustível ter sido maior, para ambas as frequências de vibração  $16,7$  e  $18,3 \text{ Hz}$  obteve-se boa eficiência de derrça, variando de  $96,62\%$  a  $97,51\%$ , com um volume de frutos de café colhidos variando de  $8,15$  a  $8,82 \text{ L.planta}^{-1}$  e uma perda de frutos durante a colheita variando de  $0,45$  a  $2,08 \text{ L.planta}^{-1}$ .

#### 4.6 Capacidade de Campo Efetiva

Segundo Mialhe (1974) de acordo com as características da operação é possível analisar a capacidade de trabalho das máquinas agrícolas podendo esta ser de campo, de produção e de manipulação. Como o processo de colheita consiste no deslocamento da colhedora sobre uma determinada área cobrindo totalmente o espaço a ser colhido, torna-se possível, determinar a

sua capacidade de campo efetiva, analisando a área trabalhada de acordo com o tempo efetivo de produção.

A capacidade de campo efetiva foi maior para a maior velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> que apresentou o menor tempo de colheita. Segue na tabela 4.23 os resultados para cada tratamento.

Tabela 4.23: Capacidade de campo efetiva para cada tratamento analisado.

Tratamentos	CcE (ha.h <sup>-1</sup> )	Tratamentos	CcE (ha.h <sup>-1</sup> )	Tratamentos	CcE (ha.h <sup>-1</sup> )
V1F1	0,210	V2F1	0,280	V3F1	0,350
V1F1	0,207	V2F1	0,268	V3F1	0,341
V1F1	0,210	V2F1	0,280	V3F1	0,350
V1F1	0,200	V2F1	0,274	V3F1	0,332
V1F2	0,210	V2F2	0,263	V3F2	0,350
V1F2	0,203	V2F2	0,280	V3F2	0,350
V1F2	0,210	V2F2	0,268	V3F2	0,350
V1F2	0,210	V2F2	0,280	V3F2	0,341
V1F3	0,207	V2F3	0,280	V3F3	0,350
V1F3	0,210	V2F3	0,274	V3F3	0,332
V1F3	0,203	V2F3	0,280	V3F3	0,341
V1F3	0,210	V2F3	0,280	V3F3	0,341

CcE: Capacidade de campo efetiva; V1F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz; V1F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz; V1F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz; V2F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz; V2F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz; V2F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz; V3F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz; V3F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz; V3F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz.

#### 4.7 Determinação dos custos da colheita mecanizada e manual

Segue nas tabelas abaixo o custo horário efetivo determinado para as condições de trabalho avaliada no presente experimento. Analisando os custos operacionais da colhedora, custos fixos e custos variáveis chegou-se aos seguintes resultados:

Tabela 4.24: Determinação da carga de frutos de café pendente nas plantas, do volume de frutos de café caídos durante a colheita e do volume de frutos de café recolhidos pela colhedora no tratamento V1, safra 2018.

Tratamentos	Ci (L.ha <sup>-1</sup> )	Ci (md.ha <sup>-1</sup> )	Cr (L.ha <sup>-1</sup> )	Cr (md.ha <sup>-1</sup> )	Cc (L.ha <sup>-1</sup> )	Cc (md.ha <sup>-1</sup> )
V1F1	43427,92	723,80	39885,49	664,76	2142,825	35,71
V1F1	25928,18	432,14	22071,95	367,87	2571,39	42,86
V1F1	32142,38	535,71	27233,55	453,89	3714,23	61,90
V1F1	35108,04	585,13	31645,68	527,43	2285,68	38,09
V1F2	47085,01	784,75	43857,88	730,96	2428,535	40,48
V1F2	36570,88	609,51	31951,67	532,53	3428,52	57,14
V1F2	39599,41	659,99	35375,48	589,59	2857,10	47,62
V1F2	47999,28	799,99	41301,82	688,36	5142,78	85,71
V1F3	25999,61	433,33	23059,43	384,32	1999,97	33,33
V1F3	36213,74	603,56	33667,75	561,13	1714,26	28,57
V1F3	33428,07	557,13	30216,63	503,61	2285,68	38,09
V1F3	36085,17	601,42	32064,45	534,41	2571,39	42,86

Ci: Carga de frutos de café inicialmente nas plantas; Cc: Frutos de café caídos no chão durante a colheita; Cr: Frutos de café recolhidos pela colhedora durante a colheita; V1F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz; V1F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz; V1F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz.

Tabela 4.25: Custo Horário específico da colheita de café mecanizada e estimativa do custo com a colheita manual para o tratamento V1.

Tratamentos	Colheita							Manual			
	Mecanizada							CeP	ChE	Na	ChE
	TeP (h.ha <sup>-1</sup> )	CeP (md.h <sup>-1</sup> )	CpD (md.dia <sup>-1</sup> )	Ch (R\$.h <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.ha <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.md <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.dia <sup>-1</sup> )	(md.h <sup>-1</sup> )	(R\$.md <sup>-1</sup> )		(R\$.dia <sup>-1</sup> )
V1F1	4,76	152,00	1215,98	367,57	1750,33	2,42	2940,56	1,5	12,00	101,33	14591,80
V1F1	4,84	89,26	714,09	367,57	1779,50	4,12	2940,56			59,51	8569,06
V1F1	4,76	112,50	899,99	397,51	1892,90	3,53	3180,08			75,00	10799,85
V1F1	5,00	117,03	936,22	382,51	1912,55	3,27	3060,08			78,02	11234,59
V1F2	4,76	164,80	1318,38	385,52	1835,81	2,34	3084,16			109,87	15820,58
V1F2	4,92	123,87	990,95	388,53	1911,81	3,14	3108,24			82,58	11891,45
V1F2	4,76	138,60	1108,78	373,54	1778,76	2,70	2988,32			92,40	13305,41
V1F2	4,76	168,00	1343,98	394,5	1878,57	2,35	3156,00			112,00	16127,77
V1F3	4,84	89,51	716,06	391,54	1895,55	4,37	3132,32			59,67	8592,67
V1F3	4,76	126,75	1013,99	403,53	1921,57	3,18	3228,24			84,50	12167,83
V1F3	4,92	113,22	905,79	406,54	2000,43	3,59	3252,32			75,48	10869,53
V1F3	4,76	126,30	1010,39	391,54	1864,47	3,10	3132,32			84,20	12124,63

TeP: Tempo efetivo de produção; CeP: Capacidade efetiva de produção; Ch: Custo horário; ChE: Custo horário específico; CpD: Capacidade de produção diária; Na: Número de apanhadores de frutos de café; V1F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz; V1F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz; V1F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz.

O custo específico obtido para realizar a colheita mecanizada com velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup> variou de R\$ 1.833, 82.ha<sup>-1</sup> a R\$ 1.920, 51.ha<sup>-1</sup>. Para a frequência de vibração nas hastes igual a 15 Hz a capacidade média de produção foi de 941,57 md.dia<sup>-1</sup> a um custo de R\$ 3.030, 32.dia<sup>-1</sup>, todavia, de acordo com os resultados para se obter a mesma eficiência realizando uma derriça manual seriam necessários aproximadamente 78 apanhadores gerando um custo de R\$ 11.298, 82.dia<sup>-1</sup>.

Para a mesma velocidade de deslocamento da colhedora, porém, para a frequência de vibração de 16,7 Hz obteve-se uma capacidade média de produção de 1190,53 md.dia<sup>-1</sup> a um custo de R\$ 3.084, 18.dia<sup>-1</sup> comparando com a colheita manual seriam necessários 99 apanhadores totalizando um custo de R\$ 14.286,30.dia<sup>-1</sup> e para a frequência de vibração de 18,3 Hz a capacidade de produção foi de 911,56 md.dia<sup>-1</sup> a um custo de R\$ 3.186, 30.dia<sup>-1</sup> optando pelo processo de colheita manual seriam necessários cerca de 76 apanhadores e R\$ 10.938,66.dia<sup>-1</sup>.

Ao comparar a colheita mecanizada com a colheita manual buscando alcançar os mesmos rendimentos em ambos os processos nota-se que para a velocidade de deslocamento

da colhedora a  $600 \text{ m.h}^{-1}$  e variação de frequência de 15Hz, 16,7 Hz e 18,3 Hz tem-se em média uma redução de custos de 74,15% utilizando a colheita mecanizada.

Na tabela 4.27 temos os custo horário considerando a velocidade de deslocamento da colhedora igual a  $800 \text{ m.h}^{-1}$ .

Tabela 4.26: Determinação da carga de frutos de café pendente nas plantas, do volume de frutos de café caídos durante a colheita e do volume de frutos de café recolhidos pela colhedora no tratamento V2, safra 2018.

Tratamentos	Ci (L.ha <sup>-1</sup> )	Ci (md.ha <sup>-1</sup> )	Cc (L.ha <sup>-1</sup> )	Cc (md.ha <sup>-1</sup> )	Cr (L.ha <sup>-1</sup> )	Cr (md.ha <sup>-1</sup> )
V2F1	31542,38	525,71	1999,97	33,33	25137,48	418,96
V2F1	43713,63	728,56	1714,26	28,57	37019,44	616,99
V2F1	28799,57	479,99	1999,97	33,33	22174,67	369,58
V2F1	39599,41	659,99	1142,84	19,05	35730,34	595,51
V2F2	36570,88	609,51	2142,83	35,71	27985,29	466,42
V2F2	48570,70	809,51	2857,10	47,62	42999,36	716,66
V2F2	38999,42	649,99	2571,39	42,86	34957,64	582,63
V2F2	39599,41	659,99	2857,10	47,62	34222,87	570,38
V2F3	31713,81	528,56	2285,68	38,09	27522,70	458,71
V2F3	38999,42	649,99	2571,39	42,86	35289,27	588,15
V2F3	45256,46	754,27	3428,52	57,14	41261,66	687,69
V2F3	28228,15	470,47	4857,07	80,95	21742,63	362,38

Ci: Carga de frutos de café inicialmente nas plantas; Cc: Frutos de café caídos no chão durante a colheita; Cr: Frutos de café recolhidos pela colhedora durante a colheita; V2F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de  $800 \text{ m.h}^{-1}$  e frequência de vibração de 15Hz; V2F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de  $800 \text{ m.h}^{-1}$  e frequência de vibração de 16,7Hz; V2F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de  $800 \text{ m.h}^{-1}$  e frequência de vibração de 18,3Hz.

Tabela 4.27: Custo Horário específico da colheita de café mecanizada e estimativa do custo com a colheita manual para o tratamento V2.

Tratamentos	Colheita								Manual		
	TeP (h.ha <sup>-1</sup> )	CeP (md.h <sup>-1</sup> )	CpD (md.dia <sup>-1</sup> )	Ch (R\$.h <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.ha <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.md <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.dia <sup>-1</sup> )	CeP (md.h <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.md <sup>-1</sup> )	Na	ChE (R\$.dia <sup>-1</sup> )
V2F1	3,57	147,20	1177,58	401,72	1434,71	2,73	3213,76	1,5	12,00	98,13	14130,96
V2F1	3,73	195,32	1562,53	397,71	1498,48	2,06	3181,68			130,21	18750,36
V2F1	3,57	134,40	1075,18	381,66	1434,71	2,99	3053,28			89,60	12902,16
V2F1	3,65	180,78	1446,24	377,65	1466,60	2,22	3021,20			120,52	17354,89
V2F2	3,81	160,00	1279,98	421,73	1530,36	2,51	3373,84			106,67	15359,76
V2F2	3,57	226,66	1813,31	401,72	1434,71	1,77	3213,76			151,11	21759,72
V2F2	3,73	174,25	1394,02	381,66	1498,48	2,31	3053,28			116,17	16728,24
V2F2	3,57	184,80	1478,38	381,66	1434,71	2,17	3053,28			123,20	17740,56
V2F3	3,57	148,00	1183,98	421,73	1434,71	2,71	3373,84			98,67	14207,76
V2F3	3,65	178,04	1424,33	397,66	1466,60	2,26	3181,28			118,69	17091,96
V2F3	3,57	211,20	1689,58	397,66	1434,71	1,90	3181,28			140,80	20274,96
V2F3	3,57	131,73	1053,85	397,66	1434,71	3,05	3181,28			87,82	12646,20

TeP: Tempo efetivo de produção; CeP: Capacidade efetiva de produção; Ch: Custo horário; ChE: Custo horário específico; CpD: Capacidade de produção diária; Na: Número de apanhadores de frutos de café; V2F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15Hz; V2F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7Hz; V2F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3Hz.

Para realizar a colheita com velocidade de deslocamento da colhedora igual a 800 m.h<sup>-1</sup> em uma breve análise considerando as frequências de vibração de 15 Hz, 16,7 Hz e 18,3 Hz respectivamente temos que o custo horário específico varia de R\$ 1442,68.ha<sup>-1</sup> a R\$ 1474,57.ha<sup>-1</sup> com uma capacidade de produção efetiva variando de 1315,39 md.dia<sup>-1</sup> a 1491,42 md.dia<sup>-1</sup>, com essa produção o custo médio diário varia de R\$ 3117,48.dia<sup>-1</sup> a R\$ 3229,42.dia<sup>-1</sup>, contudo, para realizar todo o processo com colheita manual precisaria de 110 a 124 apanhadores para se obter a mesma eficiência gerando um custo médio diário variando de R\$ 15784,62.dia<sup>-1</sup> a 17897,08.dia<sup>-1</sup>.

Pode-se notar uma redução de custos da colheita manual para a colheita mecanizada de aproximadamente 81%, as comparações entre os tipos de colheita considera a quantidade de mão de obra necessária para realizar a mesma quantidade de trabalho que a máquina.

Tabela 4.28: Determinação da carga de frutos de café pendente nas plantas, do volume de frutos de café caídos durante a colheita e do volume de frutos de café recolhidos pela colhedora no tratamento V3, safra 2018.

Tratamentos	Ci (L.ha <sup>-1</sup> )	Ci (md.ha <sup>-1</sup> )	Cc (L.ha <sup>-1</sup> )	Cc (md.ha <sup>-1</sup> )	Cr (L.ha <sup>-1</sup> )	Cr (md.ha <sup>-1</sup> )
V3F1	29256,70	487,61	2285,68	38,09	23677,20	394,62
V3F1	35999,46	599,99	1571,41	26,19	32565,37	542,76
V3F1	45713,60	761,89	2857,10	47,62	39982,74	666,38
V3F1	39999,40	666,66	1714,26	28,57	36578,52	609,64
V3F2	38570,85	642,85	1677,12	27,95	34269,04	571,15
V3F2	37142,30	619,04	1568,55	26,14	34841,02	580,68
V3F2	40713,68	678,56	2785,67	46,43	36717,91	611,97
V3F2	41427,95	690,47	3024,24	50,40	37574,20	626,24
V3F3	41999,37	699,99	3142,81	52,38	37520,02	625,33
V3F3	33428,07	557,13	2857,10	47,62	29507,00	491,78
V3F3	37142,30	619,04	1784,26	29,74	33949,67	565,83
V3F3	31570,96	526,18	7714,17	128,57	22728,06	378,80

Ci: Carga de frutos de café inicialmente nas plantas; Cc: Frutos de café caídos no chão durante a colheita; Cr: Frutos de café recolhidos pela colhedora durante a colheita; V3F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15Hz; V3F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7Hz; V3F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3Hz.

Tabela 4.29: Custo Horário específico da colheita de café mecanizada e estimativa do custo com a colheita manual para o tratamento V3.

Tratamentos	Colheita										
	Mecanizada							Manual			
	TeP (h.ha <sup>-1</sup> )	CeP (md.h <sup>-1</sup> )	CpD (md.dia <sup>-1</sup> )	Ch (R\$.h <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.ha <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.md <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.dia <sup>-1</sup> )	CeP (md.h <sup>-1</sup> )	ChE (R\$.md <sup>-1</sup> )	Na	ChE (R\$.dia <sup>-1</sup> )
V3F1	2,86	170,66	1365,31	382,97	1094,20	2,24	3063,76	1,5	12,00	113,78	16383,77
V3F1	2,94	204,32	1634,57	387,58	1138,13	1,90	3100,64			136,21	19614,84
V3F1	2,86	266,66	2133,30	407,59	1164,54	1,53	3260,72			177,78	25599,60
V3F1	3,02	221,05	1768,40	417,62	1259,49	1,89	3340,96			147,37	21220,80
V3F2	2,86	225,00	1799,97	392,59	1121,68	1,74	3140,72			150,00	21599,64
V3F2	2,86	216,66	1733,31	412,60	1178,86	1,90	3300,80			144,44	20799,72
V3F2	2,86	237,50	1899,97	397,61	1136,03	1,67	3180,88			158,33	22799,64
V3F2	2,94	235,13	1881,05	392,59	1152,84	1,67	3140,72			156,75	22572,60
V3F3	2,86	245,00	1959,97	397,61	1136,03	1,62	3180,88			163,33	23519,64
V3F3	3,02	184,73	1477,87	417,62	1259,49	2,26	3340,96			123,16	17734,44
V3F3	2,94	210,81	1686,46	402,57	1182,15	1,91	3220,56			140,54	20237,52
V3F3	2,94	179,19	1433,49	412,60	1211,60	2,30	3300,80			119,46	17201,88

TeP: Tempo efetivo de produção; CeP: Capacidade efetiva de produção; Ch: Custo horário; ChE: Custo horário específico; CpD: Capacidade de produção diária; Na: Número de apanhadores de frutos de café; V3F1: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz; V3F2: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz; V3F3: Velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 18,3 Hz.

Para a velocidade de deslocamento de  $1000 \text{ m.h}^{-1}$  variando as frequências de vibração entre 15 Hz, 16,7 Hz e 18,3 Hz respectivamente, o custo horário médio variou de R\$ 1.147,  $35.\text{ha}^{-1}$  a 1.197,  $32.\text{ha}^{-1}$ , a capacidade de produção efetiva variou de  $1.639,45 \text{ md.dia}^{-1}$  a  $1.828,58 \text{ md.dia}^{-1}$  gerando um custo de R\$ 3.190,  $78.\text{dia}^{-1}$  a R\$ 3.260,  $80.\text{dia}^{-1}$ , todavia, para realizar a colheita de forma manual seriam necessários de 137 a 152 apanhadores, um custo diário de R\$ 19673,  $41.\text{dia}^{-1}$  a 21942,  $94.\text{dia}^{-1}$ . A colheita mecanizada nessas condições gerou uma redução média nos custos de aproximadamente 84%.

A colheita de café realizada de forma inteiramente manual eleva o custo da produção de forma significativa para se obter a mesma eficiência da colheita mecanizada. Além disso, outra questão importante seria a redução do tempo de colheita pois segundo Oliveira (2006) são gastos aproximadamente 47 dias para colher manualmente um hectare, outrora colhendo mecanicamente o tempo médio para colher um hectare nos tratamentos V1, V2 e V3 foi de 4,82, 3,63 e 2,91  $\text{h.ha}^{-1}$  respectivamente. No presente trabalho não foi considerado o tempo e o custo com o repasse que aumentaria o custo final.

Segundo estudos de Kashima (1985), a colheita mecânica com repasse apresentou uma redução de 48% nos custos de colheita se comparada com a colheita manual. Em estudos realizados por Grossi (1996) o sistema de colheita mecanizada apresentou uma redução de custos na operação de colheita de 39% utilizando máquinas próprias e 26% utilizando colhedoras alugadas em relação a colheita manual.

Em estudos realizados por Kashima (1985) para a colhedora K-3, o rendimento desejável é acima de 32 med/h. Para realizar o repasse e a varrição no período de 1 h, seria necessário 12 homens. Incluindo o operador, tem-se um total de 13 homens, os quais, nessa condição, colheram em média 43,5 medidas por hora, já realizando o repasse e a varrição, isso é equivalente a 58 homens no processo manual, o que representa uma redução de 75% no uso de mão de obra.

## 5 CONCLUSÃO

- O menor volume de desfolha das plantas foi obtido ao realizar a colheita com frequência de vibração de 15 Hz para ambas as velocidades de deslocamento da colhedora 800 m.h<sup>-1</sup> e 1000 m.h<sup>-1</sup>.
- A maior eficiência de derrça foi obtida utilizando a velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz. A frequência de vibração das hastes influenciaram no resultado da eficiência de colheita e de derrça, além de influenciar diretamente no volume de café colhido pela máquina.
- Com velocidade de deslocamento da colhedora de 1000 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 16,7 Hz colheu-se o maior volume de frutos de café pendente nas plantas.
- O menor volume de frutos de café caídos no chão durante a colheita ocorreu no tratamento V1F1 com velocidade de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e frequência de vibração de 15 Hz.
- O menor custo horário durante a colheita mecanizada para as presentes condições foi gerado ao realizar a colheita com velocidade de deslocamento da colhedora de 600 m.h<sup>-1</sup>, uma média de R\$ 387, 53.h<sup>-1</sup>. Nas velocidades de deslocamento da colhedora de 800 m.h<sup>-1</sup> e 1000 m.h<sup>-1</sup> os valores médios de custo horário obtidos foram R\$ 396, 69.h<sup>-1</sup> e R\$ 401, 80.h<sup>-1</sup> respectivamente.
- Ao realizar a colheita de forma mecanizada considerando as condições do presente experimento e colhendo com velocidade de deslocamento de 1000 m.h<sup>-1</sup>, pode-se obter uma redução de custos de aproximadamente 84% com relação a colheita manual.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO Estatístico do Café 2000-2001. Coffee Business: Rio de Janeiro, 6a- edição, 2002, 161p. BLISKA, F. M. M. et al. Dinâmica fitotécnica e socioeconômica da cafeicultura brasileira. Informações Econômicas, São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, v.39, n.1, jan. 2009, p. 15-18.

BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M. **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./abr. 2005.

BÁRTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. **Cuidados na colheita e preparo do café.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 18, n. 187, p. 33-42, 1997.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Safra 2008/2009.**

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Safra 2008/2009. Consultado em janeiro de 2009. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Consultado em janeiro de 2009.

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

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

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

FERREIRA, D. F. **SISVAR: Sistema de análise de variância para dados balanceados.** Versão 4.0. Lavras: UFLA, 1999. Software.

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

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

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

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

KOPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928.

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

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387 p.

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

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

MIALHE, L. G. **Manual de Mecanização Agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301 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, v.27, p.714-721, 2007.

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

OLIVEIRA, E. et al. **Custos operacionais da colheita mecanizada do cafeeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, n. 6, p. 827-831, jun. 2007a.

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

PEDROSO, S. A. **A lavoura, história e agronegócios no Brasil**. Disponível em: <http://www.nucleoestudo.ufla.br/necaf/homepagenecaf.html>. Acesso em 05 ago 2018.

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

SALES, R. S. **Avaliação da regulagem do freio dos vibradores de colhedoras na eficiência de derriça do café**. 2011. 52 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

SANTINATO, R.; CORREIA, J. P.; JUNIOR, L. Z. **Número e modo de passada da colhedora K3-Jacto e seu efeitos na produção do cafeeiro**. Congresso Brasileiro De Pesquisas Cafeeiras, 24., 1998, Poços de Caldas. Anais... Rio de Janeiro: MAA/PROCAFÉ, 1998a. p. 60-61.

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

SANTINATO, F.; RUAS, R. A. A.; SILVA, R. P.; CARVALHO FILHO, A.; SANTINATO, R. **Análise econômica da colheita mecanizada do café utilizando repetidas operações da colhedora**. Coffee Science, v.10, p.213233, 2014a.

SANTOS, F. L. **Simulação e avaliação do comportamento dinâmico de frutos do cafeeiro na derriça**. 2008. 136 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

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, 2010.

SESSIZ, A.; ÖZCAN, M. T. **Olive removal with pneumatic branch shaker and abscission chemical**. Journal of Food Engineering, Essex, v. 76, n. 2, p. 148153, Sept. 2006.

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

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

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

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

SILVA, F. M.; RODRIGUES, R. F.; SALVADOR, N.; TOURINO, E. S., SILVA, S. S. S. **Custo da colheita mecanizada de café com colhedoras automotrizes no Sul de Minas.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 54-60, jan./mar. 2000a.

SILVA, F. M.; SALVADOR, N.; RODRIGUES, R. F.; MARTIN, W. G. **Desempenho operacional da colheita mecanizada com varias passadas da colhedora de café.** In. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 26., 2000, Marília. Anais... Rio de Janeiro: MA/PROCAFÉ, 2000b. p. 345-347.

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

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

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

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

SILVA, F. M. da et al. **Desempenho operacional da colhedora de café Dragão Eco.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 33., 2007, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2007. p. 1-3.

SILVA, F. C. **Efeito da força de desprendimento e da maturação dos frutos de cafeeiros na colheita mecanizada.** 2008. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SOUZA, C. M. A. **Desenvolvimento e modelagem de sistemas de derriça e de abanação de frutos do cafeeiro.** 2004. 123 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

STEVANATO, S. G.; STEVANATO, R. G.; ARAÚJO, C. H. C. **Controle da broca do cafeeiro com diversos inseticidas e seus efeitos na qualidade do café.** Congresso Brasileiro De Pesquisas Cafeeiras, 28. 2002, Caxambu. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p.74-75.

THOMAZIELLO, R. A. et al. **Cultura do café.** 3. ed. Campinas: CATI, 1997. 75 p. (Boletim Técnico, 193).

VIANA, A. S.; SOUZA, T. **Efeito do tempo de permanência do café derriçado na lavoura, com e sem previa varrição, na qualidade final do produto.** Congresso Brasileiro De Pesquisas Cafeeiras, 28., 2002, Caxambu. Anais... Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. p. 65-67.

WITNEY, B. D. **Choosing and using farm machines.** Scotland: Land Tec, 1995. 412p.