

THALES CASSEMIRO ALVES

**OTIMIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO
DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NA CAFEICULTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agronomia –
Doutorado, área de concentração em Fitotecnia,
para obtenção do título de “Doutor”.

Orientador

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2020

THALES CASSEMIRO ALVES

OTIMIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO
DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NA CAFEICULTURA

Tese apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Doutorado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2020.

Prof. Dr. Carlos Alberto Alves de Oliveira IFTM

Prof. Dr. Sérgio Macedo Silva UFVJM

Prof^a. Dr^a. Mariana Rodrigues Bueno UFVJM

Prof. Dr. Fernando Juari Celoto UFU



Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha

ICIAG-UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia
 Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppga.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese de Doutorado, 006/2020 PPGAGRO				
Data:	Vinte e um de fevereiro de dois mil e vinte	Hora de início:	08:30	Hora de encerramento:	12:10
Matrícula do Discente:	11613AGR020				
Nome do Discente:	Thales Cassemiro Alves				
Título do Trabalho:	Otimização da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal e Áreas de Cerrado				

Reuniu-se no Anfiteatro do bloco 4K, Campus Umuarama, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Fernando Juari Celoto - UFU; Carlos Alberto Alves de Oliveira - IFTM; Sérgio Macedo Silva - UFVJM; Mariana Rodrigues Bueno - UFVJM; João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 12:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento



no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Juari Celoto, Professor(a) do Magistério Superior**, em 21/02/2020, às 12:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **SÉRGIO MACEDO SILVA, Usuário Externo**, em 21/02/2020, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mariana Rodrigues Bueno, Usuário Externo**, em 21/02/2020, às 12:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Alberto Alves de Oliveira, Usuário Externo**, em 29/02/2020, às 18:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1840310** e o código CRC **159B9301**.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

A474o
2020 Alves, Thales Casseiro, 1983-
 Otimização da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na
 cafeicultura [recurso eletrônico] / Thales Casseiro Alves. - 2020.

 Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha.
 Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de
 Pós-Graduação em Agronomia.
 Modo de acesso: Internet.
 Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3905>
 Inclui bibliografia.
 Inclui ilustrações.

 1. Agronomia. I. Cunha, João Paulo Arantes Rodrigues da, 1976-,
 (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-
 Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU:631

Gloria Aparecida - CRB-6/2047

*À minha querida esposa, Fabiana Queiroz Barbosa,
pelo carinho e apoio, principalmente nos momentos mais difíceis;
aos meus estimados pais, José Carlos Alves e Divina Cassemira Alves,
meus exemplos de dedicação e hombridade, por me ensinarem
o verdadeiro valor de uma família...*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **DEUS**, por me conceder o dom da vida e da sabedoria, por estar sempre presente ao meu lado, dando-me forças e perseverança para concluir mais uma etapa e nunca desistir de meus sonhos e objetivos.

Aos meus estimados pais, **José Carlos Alves** e **Divina Cassemira Alves**. Se há algo que faz diferença na formação da personalidade e na vida de uma pessoa, é o amor que ela recebe. Vocês me ensinaram a buscar a felicidade através do trabalho e ser grato às pessoas que nos ajudam a alcançar nossos objetivos. Vocês fizeram de mim a pessoa que hoje sou, me incentivaram nas minhas escolhas, e eu só tenho motivos para agradecer.

À minha querida esposa, **Fabiana Queiroz Barbosa**, uma grande companheira, inteligente, astuta, dedicada, uma ótima profissional. Tem uma dignidade inabalável, que a caracteriza como responsável e competente.

À minha irmã, **Thaliane Cassemira Alves**, apaixonada pela vida, pelos amigos e pela família. Tem a capacidade louvável de renunciar a si pelo bem de outras pessoas.

Aos meus queridos avós, **Adão Severino Alves** e **Iolanda Martins Alves**, bem como **Geraldo Gonsalves de Freitas** (*in memoriam*) e **Abigail Cassemira de Jesus**, sem os quais eu não estaria aqui.

Ao meu orientador, **João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha**, grande exemplo de profissional e pessoa, em quem sempre me espelharei, por todos os ensinamentos transmitidos, pela paciência e dedicação, pelos conselhos e ajudas e, principalmente, por me orientar sempre com muita seriedade e confiança. O meu eterno “*Muito Obrigado!*”.

Aos membros da banca, professores **Carlos**, **Sérgio**, **Mariana** e **Fernando**, por aceitarem o convite, dedicarem o seu tempo e contribuir para a melhoria deste trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, eternos companheiros do **Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMEC)** – Rafael Marcão, Mariana Bueno, Guilherme, João Eduardo, Sérgio, Jorge, César Henrique, Olinto, Thiago Landim, Matheus Sirqueira (Goiano), Mateus Oliveira, Rodrigo (Pastor), Matheus Gregório, Arthur Oliveira, Heli Heros, Saulo Brockes, Roxanna e Ernane, por toda amizade e ajuda. Com vocês me diverti e aprendi muito.

À professora **Denise Garcia de Santana**, por contribuir imensamente para a execução deste trabalho.

A todos os meus colegas de pós-graduação, que caminharam comigo durante esse período tão importante na minha vida, agregando aos meus conhecimentos e contribuindo

para a minha formação profissional. Em especial, aos colegas Daniel, Diego, Erick, Igor e Thiago Prudente, dentre muitos outros que tive o prazer de conhecer.

Aos funcionários da Fazenda Experimental do Glória, em especial ao Sr. “**Zé Tobata**” e ao **Marcelo**, por ajudarem na realização das aplicações.

À minha segunda família, **José Alcides Barbosa** e **Mirza Aparecida de Queiroz Barbosa**, pelo acolhimento, carinho e consideração. É uma bênção ter a amizade de vocês e saber que posso contar com ela em todos os momentos. Espero corresponder também da melhor forma sempre que precisarem.

À **Universidade Federal de Uberlândia**, pela minha formação desde a graduação, e ao CNPq, por todo o apoio financeiro para a execução do doutorado.

Enfim, o meu muito obrigado a **todos**, inclusive àqueles que indiretamente contribuíram para a minha formação e para a execução deste trabalho.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANOVA	Análise de Variância (do inglês, Analysis of Variance)
API	<i>Application Programming Interface</i> (Interface de Programação de Aplicações)
AppMA	Aplicativo Móvel Agrícola
ASF	Apache Software Foundation
BPA	Boas Práticas Agrícolas
AR	Amplitude relativa
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
D	Distância, densidade
DMV/Dv0,5	Diâmetro da mediana volumétrica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EUA	Estados Unidos da América
FD&C	Food, Drug & Cosmetic
H	Altura
IAF	Índice de área foliar
IDE	Integrated Development Environment (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
ICIAG	Instituto de Ciências Agrárias
IV	Índice de volume
JVM	Java Virtual Machine (Máquina Virtual Java)
L	Litro, largura
LAMEC	Laboratório de Mecanização Agrícola
MG	Minas Gerais
M	Massa média
N	Número
P	Significância
PDA	Personal digital assistant
QMR	Quadrado médio dos resíduos
rpm	Rotações por minuto
TICs	Tecnologias de Informação e Comunicação
TRV	Tree-Row Volume (volume da copa)
U.R.	Unidade relativa
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
VI	Volume index
3D	Tridimensional

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
CAPÍTULO I	1
Introdução Geral	1
2 Objetivo Geral	5
2.1 Objetivos Específicos	5
Referências.....	6
CAPÍTULO II: Deposição de calda pulverizada em folhas de cafeeiro em função de diferentes taxas de aplicação e volumes de copa	10
Resumo	11
Abstract.....	12
1 Introdução	13
2 Material e Métodos	15
2.1 Caracterização da área experimental	21
2.2 Preparo da calda	23
2.3 Características avaliadas	24
2.4 Análise laboratorial para quantificação do marcador depositado	26
2.5 Análise estatística	27
3 Resultados e Discussão.....	27
3.1 Maturação – Região externa	27
3.2 Maturação – Região interna	30
3.3 Pós-colheita dos frutos – Região externa	32
3.4 Pós-colheita dos frutos – Região interna	34
3.5 Enchimento dos grãos – Região externa.....	36
3.6 Enchimento dos grãos – Região interna.....	38
3.7 Perda de calda para o solo	40
3.8 Índice de volume para o cafeeiro	43
4 Conclusões	46
Referências	47
CAPÍTULO III: Desenvolvimento e avaliação de um aplicativo móvel (SprayCafé) para regulação de pulverizadores na cafeicultura	54
Resumo	55
Abstract.....	56
1 Introdução	57
2 Material e Métodos	59
2.1 Ferramentas utilizadas - construção	59
2.2 Funcionalidades	60
2.3 Avaliação.....	65
3 Resultados e Discussão	65
4 Conclusões	70
Referências	71
APÊNDICE.....	76

RESUMO GERAL

ALVES, THALES CASSEMIRO. **Otimização da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura.** 2020. 80f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.¹

A utilização de produtos fitossanitários na cafeicultura possibilita a manutenção do potencial produtivo e da qualidade dos grãos comercializados. No entanto, a cultura apresenta grandes desafios em termos de tecnologia de aplicação, principalmente no que se refere à deposição da calda. O fato de as plantas de café apresentarem ramos, densa folhagem, e variações de tamanho e formato de copa dificulta a chegada da calda aos alvos. Os objetivos deste trabalho foram: (i) estudar a deposição de calda pulverizada em folhas do cafeeiro proporcionada por distintas taxas de aplicação, considerando principalmente que essas plantas apresentam diferentes volumes de copa; (ii) determinar índices de volume de pulverização específicos para a cultura; e (iii) desenvolver e avaliar um aplicativo para sistema operacional Android que fornece os dados necessários para uma correta regulagem e calibração de pulverizadores hidropneumático. Dividiu-se a pesquisa em duas partes. Na primeira, as atividades de campo e as laboratoriais foram realizadas, respectivamente, no Setor de Cafeicultura da Fazenda Experimental do Glória e no Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMEC), ambos pertencentes à Universidade Federal de Uberlândia. Os ensaios de deposição foram realizados em talhões de café arábica, cultivares Topázio MG 1190 e Catuaí Vermelho IAC 99, nos meses de maio, julho e dezembro de 2017, momentos em que os estádios conferiam diferentes densidades foliares. Avaliaram-se cinco taxas de aplicação (200, 300, 400, 600 e 800 L ha⁻¹) e três volumes de copa do cafeeiro – variando de 8.572 a 16.200 m³ ha⁻¹, obtidos a partir do cálculo do TRV (*Tree-Row Volume*) em 20 plantas localizadas em áreas previamente selecionadas. Inicialmente, analisou-se cada experimento (TRV) de forma isolada, adotando-se um delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições; posteriormente, realizou-se uma análise conjunta em esquema fatorial 3 x 5, sendo três TRVs e cinco taxas de aplicação. Adicionou-se à calda um marcador composto de Azul Brillante, na dose de 300 g ha⁻¹, para ser detectado por espectrofotometria. Pelos resultados, conclui-se que o volume da copa das plantas (TRV) e, se possível, a densidade foliar devem ser considerados na definição da taxa de aplicação para a cultura do café. É possível reduzir as taxas de aplicação de produtos fitossanitários para valores próximos a 200 L ha⁻¹, inclusive com incremento de deposição em algumas condições operacionais na cultura do café e redução das perdas para o solo. Definiram-se índices de volume (*IV*) para distintos estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura de café, de forma a permitir molhamento adequado do dossel e menor perda para o solo. Na segunda parte da pesquisa, desenvolveu-se um aplicativo móvel agrícola, o SprayCafé, para a plataforma Android, utilizando a linguagem Java e o IDE (*Integrated Development Environment*, ou seja, ambiente de desenvolvimento integrado) Android Studio. Avaliou-se o aplicativo por meio da aplicação de um questionário junto a 139 usuários, avaliação essa que incluiu quesitos como: facilidade de uso, tempo de carregamento, adequação à resolução da tela, relevância dos dados, sequência das informações e aplicabilidade. O sistema mostrou-se simples e robusto, tendo sido avaliado como adequado à realidade do campo e de grande valia para os técnicos e os cafeicultores, principalmente por permitir aplicações de produtos fitossanitários mais adequadas e seguras. A interface gráfica é interativa e de fácil utilização, requerendo pouco conhecimento técnico em agricultura digital.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, *Tree-Row Volume*, SprayCafé.

¹ Orientador: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – UFU.

GENERAL ABSTRACT

ALVES, THALES CASSEMIRO. **Optimization of pesticide application technology in coffee crop**. 2020. 80f. Thesis (Doctorate in Agronomy/Plant Science) – Institute of Agrarian Sciences, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.²

Pesticides are used in coffee planting to maintain both productive capacity and grain quality. However, the coffee plant poses great challenges to the application technology, especially when it comes to spray forming. Its branches, dense foliage, and canopy's varied size and shape prevent most of the spray to reach its targets. This thesis aims to 1) study the spray forming on coffee leaves as a result of different application rates, considering the plants' different canopy volumes, 2) determine specific spray volume indices for coffee planting, and 3) develop and assess an Android app that provides the necessary data for correct regulation and calibration of hydropneumatic sprayers. The study was developed in two stages. In the first stage, the field activities and the laboratory activities were carried out in the Coffee Planting Sector (Gloria Experimental Farming) and in the Laboratory of Agricultural Meccanization (LAMEC), respectively, both at Universidade Federal de Uberlandia. Spray forming assays were performed in arabica coffee plots (Topázio MG 1190 and Catuaí Vermelho IAC 99 varieties) in May, July and December 2017, as different growth stages provided different leaf densities in these periods. It involved five application rates (200, 300, 400, 600, and 800 L ha⁻¹) and three coffee canopy volumes (ranging from 8,572 to 16,200 m³ ha⁻¹) obtained from calculating the TRV (Tree-Row Volume) for 20 plants in previously selected areas. Initially, each experiment (TRV) was analyzed separately in a randomized block design with five replications; subsequently, a combined analysis was performed in a 3 x 5 factorial design with three TRVs and five application rates. A marker with 300 g ha⁻¹ Brilliant Blue was added into the spray for spectrophotometry. The results pointed out that the TRV and, if possible, the leaf density should be considered to define the application rate for coffee planting. It is possible to reduce the application rates of pesticides to approximately 200 L ha⁻¹, while also increasing deposition in some operational conditions and reducing losses to the soil. Volume indices (*VI*) were defined for different growth stages aiming at adequate canopy wetting and reduced loss to the soil. In the second stage, an agricultural mobile app, SprayCafé, was developed for the Android platform by using the Java programming language and the IDE (Integrated Development Environment) Android Studio. The app was assessed through a questionnaire answered by 139 users, who responded to such questions as: ease of use, loading time, adequate screen resolution, relevance of data, sequence of information, and applicability. The system proved to be simple and robust, as it was assessed as adequate to the field and valuable for both technicians and coffee growers, especially for allowing safer and more appropriate pesticides applications. The graphical user interface is interactive and easy to use, requiring little technical knowledge of digital agriculture.

KEYWORDS: *Coffea arabica*, *Tree-Row Volume*, SprayCafé.

² Supervisor: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha – UFU.

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do café (*Coffea arabica* L.) ocupa posição de destaque no cenário agrícola brasileiro. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café (EMBRAPA, 2019; CONAB, 2019), sendo a mesorregião do sul e sudoeste de Minas Gerais a responsável pela maior parcela da produção de café no país (DUARTE, 2019). Em razão de sua grande extensão territorial e condições climáticas diversificadas, o Brasil apresenta uma extensa faixa apta à produção de café, o qual apresenta características próprias e específicas de cada localidade (GITIRANA NETO *et al.*, 2016). Por conseguinte, torna-se necessária a adoção de manejos diferenciados nas distintas regiões produtoras de café (FERREIRA; LEITE; LASMAR, 2013).

A utilização de produtos fitossanitários nas lavouras de café possibilita a manutenção do potencial produtivo e da qualidade dos grãos comercializados. O manejo fitossanitário é muito importante nos cultivos em escala comercial, pois é somente com o manejo eficaz de pragas, microrganismos fitopatogênicos e plantas infestantes que a cultura passa a expressar seu potencial genético (SILVA, 2013; ALVES, 2014). Portanto, são de interesse para os agricultores a máxima efetividade, a sustentabilidade das operações e a redução dos custos na aplicação dos produtos fitossanitários (FERREIRA; LEITE; LASMAR, 2013; FRANÇA *et al.*, 2015). Contudo, é importante que o manejo fitossanitário seja empregado de forma racional, dentro do conceito mais amplo do manejo integrado (MINGUELA; CUNHA, 2010).

Os produtos fitossanitários, embora desempenhem papel fundamental dentro do sistema de produção agrícola vigente, têm sido alvo de crescente preocupação entre os diversos segmentos da sociedade, em virtude de seu potencial de risco ambiental (CASALI *et al.*, 2015). Cada vez mais se exige do produtor rural a utilização correta e criteriosa desses insumos agrícolas. Entretanto, o que se vê no campo é a falta de informação a respeito da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.

As aplicações podem, muitas vezes, produzir o efeito desejado, mas de forma ineficiente, porque não se utilizou da melhor técnica ou do melhor equipamento, o que determinaria o emprego de menor quantidade de ingrediente ativo na obtenção dos mesmos resultados (CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011). Na prática, a dose de produto empregada muitas vezes é superior ou inferior à requerida (ERTHAL JUNIOR, 2011).

Tradicionalmente, os pulverizadores hidropneumáticos (turboatomizadores) são os mais utilizados nas pulverizações em lavouras de café. Utilizam pontas de jato cônico vazio, com gotas finas, que são posicionadas para culturas que apresentam ampla massa foliar, nas quais a penetração e a cobertura são essenciais para um bom manejo fitossanitário (SAYINCI; BASTABAN, 2011; ALVARENGA *et al.*, 2012; ALVES; CUNHA, 2014).

No entanto, muitas vezes as pulverizações realizadas por esses equipamentos resultam em aplicações ineficientes (HIGASHIBARA *et al.*, 2013; ALVARENGA *et al.*, 2014), além do elevado risco de deriva ocasionado pela corrente de ar gerada, que pode resultar em baixa eficácia biológica dos tratamentos e contaminação ambiental (SILVA; CUNHA; NOMELINI, 2014). A deriva de produtos fitossanitários é um dos maiores problemas da agricultura moderna (NUYTTENS *et al.*, 2011).

As plantas de café trazem diversos desafios em termos de tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, em especial no que se refere à penetração da calda pulverizada sobre o dossel da cultura e à redução da deriva (SILVA; CUNHA; NOMELINI, 2014). A cultura apresenta desenvolvimento vegetativo com densa folhagem e diferentes alvos biológicos de controle, cada qual com localizações específicas. Isso resulta, mesmo com o uso de produtos sistêmicos, na necessidade de aplicações com grande penetração no dossel para o controle, aplicações essas em muitos casos dificultadas em função da arquitetura da planta e do grande índice de área foliar (ROSELL POLO *et al.*, 2009; CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011).

Nesse contexto, uma variável de difícil determinação é a taxa de aplicação. Ela deve ser ajustada de forma a permitir um ótimo molhamento da planta e um mínimo de perda por escorrimento de gotas para o solo. No entanto, grande parte dos produtos recomendados para pulverização foliar na cultura do café arábica apresenta imprecisão e vagueza sobre esse dado em sua recomendação de aplicação e, em momento algum, faz menção ao estágio da cultura (SIRQUEIRA NETO, 2017).

Taxas de aplicação fixas e predefinidas têm sido frequentemente usadas por produtores em aplicações cujos alvos se localizam nas folhas do cafeeiro. Contudo, como já mencionado, existe grande variabilidade no tamanho e volume da copa das árvores dos cafeeiros, o que demanda uma metodologia mais apurada para se adequar a taxa a cada situação.

Algumas tecnologias têm sido pesquisadas e incorporadas à pulverização, visando auxiliar na aplicação correta. Recentemente, o uso de sensores para a caracterização das copas, em conjunto com a aplicação em taxa variada, pode vir a produzir deposição e

cobertura de calda satisfatórias em culturas arbóreas, bem como reduzir a deriva (SILVA, 2017).

Uma alternativa para melhorar a aplicação dos produtos fitossanitários no cafeeiro é o uso da metodologia do TRV (do inglês, *Tree-Row Volume*, ou seja, volume da copa das plantas), desenvolvida por Byers, Hikey e Hills (1971) e introduzida por Sutton e Unrath (1988). Esse método apresenta bons resultados quando empregado na calibração de pulverizadores hidropneumáticos para aplicações em culturas arbóreas (RÜEGG; VIRET; RAISIGL, 1999; GIL *et al.*, 2007; SIEGFRIED *et al.*, 2007).

O método baseia-se na mensuração da copa das plantas a partir de um índice de volume, a fim de determinar a taxa de aplicação adequada a cada situação. O método tem sido usado com êxito na fruticultura em toda a Europa, mas seu emprego praticamente inexistente no Brasil, sobretudo na cafeicultura. Em se tratando de *Citrus*, alguns trabalhos já foram realizados no Brasil (SCAPIN *et al.*, 2015; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016) e mostraram o potencial da metodologia.

Para utilização do referido método, é necessário conhecer o índice de volume (*IV*), que é específico para cada cultivo. No entanto, esse índice inexistente para as diferentes condições da cafeicultura, seja ela no Brasil ou no exterior (*e.g.*, Colômbia, Vietnã). Nos trabalhos realizados em *Citrus* no Brasil (SCAPIN *et al.*, 2015; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016), também não há clareza quanto à forma como foi determinado esse índice.

Chama a atenção o fato de que o uso do TRV é uma prática comum na Europa há vários anos, mas praticamente desconhecida no Brasil. Nesse ponto, há de se ressaltar que a tecnologia de aplicação para cultivos arbóreos não acompanhou o progresso observado para os cultivos anuais. Na cafeicultura, esse fato é ainda mais marcante, pois a pulverização não evoluiu: em geral, as taxas de aplicação são altas; não há regulagem da corrente de ar; e as pontas hidráulicas são, muitas vezes, inadequadas. Em outras palavras, a tecnologia de aplicação em café (*i.e.*, aspectos relacionados aos turboatomizadores) é muito carente de informações técnicas. Dada a falta de pesquisa nessa área, boa parte dos agricultores acaba por utilizar “receitas” antigas.

Outro fator que contribui para a não adoção do TRV é o fato de que a metodologia se mostra complicada na perspectiva do cafeicultor. Disso decorre que, após a adequação da metodologia às condições da cafeicultura, é ainda necessário buscar uma forma de simplificar seu uso.

Nesse contexto, pode ser uma alternativa interessante e com grande potencial de sucesso o desenvolvimento de um aplicativo móvel agrícola (AppMA) para celular que disponibilize os principais dados necessários a uma correta regulagem e calibração de pulverizadores hidropneumáticos (turboatomizadores) para aplicações de produtos fitossanitários na cafeicultura. O cafeicultor, de posse das medidas das plantas dos seus talhões, poderia, assim, ingressar os dados no aplicativo e obter, de forma rápida e simples, a taxa de aplicação (L ha⁻¹) ideal para as distintas condições de trabalho. Além disso, podem-se incluir outras recomendações, como pontas hidráulicas e pressão de trabalho. Essa ferramenta pode auxiliar no conceito das Boas Práticas Agrícolas (BPA), que devem ser realizadas nas distintas atividades agrícolas, principalmente no que tange à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários.

Quanto melhor a tecnologia de aplicação, menor é a dose necessária para controle efetivo, menor é a quantidade de produto que atinge outros alvos e mais eficaz é o controle; logo, menor pode ser o número de aplicações necessárias. Todos esses fatores contribuem para maior conservação ambiental, além de considerável economia com o uso de insumos agrícolas (BAESSO *et al.*, 2014).

2 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo central melhorar a eficiência das técnicas de aplicação de produtos fitossanitários na cultura do café (*Coffea arabica* L.).

2.1 Objetivos Específicos

- estudar a deposição de calda aplicada em folhas de cafeeiro, com árvores com diferentes volumes de copa ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), e a perda de calda para o solo proporcionadas por diferentes taxas de aplicação (L ha^{-1});
- determinar o índice de volume (*IV*) de pulverização ($\text{L } 1000 \text{ m}^{-3}$) para a cultura do café (*Coffea arabica* L.); e
- desenvolver um aplicativo móvel agrícola (AppMA), visando disponibilizar as principais informações necessárias a uma correta regulação e calibração de pulverizadores hidropneumáticos (turboatomizadores) – principalmente no que tange à taxa de aplicação (L ha^{-1}) – para aplicações de produtos fitossanitários na cafeicultura.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Air and liquid volumetric distribution in vertical in a hydropneumatic sprayer. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 7, n. 1, p. 71-79, jan./apr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5935/PAeT.V7.N1.08>. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/2649/2245>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- ALVARENGA, C. B.; TEXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Efficiency of the spray tip using hydraulic hollow cone from the spectral analysis of the droplets. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 5, n. 3, p. 41-50, set./dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v5i3.1919>. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/download/1919/1960>. Acesso em: 2 jul. 2018.
- ALVES, G. S. **Seleção de marcadores e deriva nas aplicações foliares de produtos fitossanitários na cultura do café (*Coffea arabica* L.)**. 2014. 67f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12194>. Acesso em: 29 jun. 2018.
- ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Field data and prediction models of pesticide spray drift on coffee crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, p. 622-629, ago. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000800006>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014000800622&lng=en&tlng=en. Acesso em: 15 ago. 2018.
- BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RUAS, R. A. A.; BAESSO, R. C. E. Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, supl., p. 780-785, nov./dez. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461000003>. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/4062/1898>. Acesso em: 25 ago. 2018.
- BYERS, R. E.; HICKEY, K. D.; HILL, C. H. Base gallonage per acre. **Virginia Fruit**, Virginia, v. 60, p. 19-23, 1971.
- CASALI, A. L.; SCHLOSSER, J. F.; GANDOLFO, M. A.; UHRY, D.; RODRIGUES, A. A. Nível de capacitação e informação dos operadores de máquinas para a aplicação de agrotóxicos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 3, p. 425-431, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20121099>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000300425&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 10 jan. 2018.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira: café. Safra 2019. Quarto Levantamento. **CONAB**, Brasília, DF, v. 5. n. 4, dez. 2019. 44 p. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/30013_fd482acd14be48dead737ef00acb2e75. Acesso em: 20 dez. 2019.

CUNHA, J. P. A. R.; GITIRANA NETO, J.; BUENO, M. R. Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.) **Interciencia**, Caracas, v. 36, n. 4, p. 312-316, abr. 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917994012>. Acesso em: 15 out. 2018.

DUARTE, A. S. **Estudo atuarial do seguro agrícola no estado de Minas Gerais**. 2019. 34f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Atuariais) – Universidade Federal de Alfenas, Varginha, 2019. Disponível em: https://www.unifal-mg.edu.br/lar/system/files/imce/TCC___ALICE_DUARTE___SEGURO_AGR_COLA%20%283%29.pdf. Acesso em: 29 jun. 2020.

FERREIRA, L. T.; SANTOS, J. Brasil – maior produtor mundial de café – exporta 35,15 milhões de sacas com média mensal de 2,92 milhões de sacas em 2018. EMBRAPA: **Estudos Socioeconômicos e Ambientais**, Brasília, DF, 22 fev. 2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/41551077/brasil---maior-produtor-mundial-de-cafe---exporta-3515-milhoes-de-sacas-com-media-mensal-de-292-milhoes-de-sacas-em-2018>. Acesso em: 10 jan. 2018.

ERTHAL JUNIOR, M. Controle biológico de insetos pragas. *In*: SEMINÁRIO MOSAICO AMBIENTAL: OLHARES SOBRE O AMBIENTE, 1., 2011, Campos dos Goytacazes. **Anais** [...]. Campos dos Goytacazes: UFRJ, 2011. p. 1-16.

FERREIRA, M. C.; LEITE, G. J.; LASMAR, O. Cobertura e depósito de calda fitossanitária em plantas de café pulverizadas com equipamento original e adaptado para plantas altas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, supl. 1, p. 1539-1548, nov. 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/112738>. Acesso em: 29 jun. 2020.

FRANÇA, J. A. L.; GONÇALVES, W. S.; ROMEIRO, B. P.; BENETT, C. G. S.; SILVA, A. R. Desenvolvimento e avaliação de um pulverizador hidráulico de barras rígidas horizontais de baixo custo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 1, p. 17-23, jan./mar. 2015. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v2i1.246>. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/246>. Acesso em: 4 jan. 2018.

GIL, E.; ESCOLÀ, A.; ROSELL, J. R.; PLANAS, S.; VAL, L. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. **Crop Protection**, Surrey, v. 26, n. 8, p. 1287-1297, Aug. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219406003528>. Acesso em: 10 jan. 2018.

GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; LASMAR, O.; BORGES, E. B. Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 267-275, apr./jun. 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8071>. Acesso em: 10 fev. 2018.

HIGASHIBARA, L.; DUTRA, V.; ABI SAAB, O.J.G.; TAKAHASHI, H. W.; NEVES, C. S. V. J. Turboatomizador e repasse com pistola manual na cobertura de pulverização de agrotóxicos em caquizeiro (*Diospyros kaki* L.f.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 5, p. 845-849, maio 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000039>. Disponível

em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000500014&lang=pt. Acesso em: 20 jan. 2018.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. R. A. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010.

NUYTTENS, D.; SCHAMPHELEIRE, M. de; BAETENS, K.; BRUSSELMAN, E.; DEKEYSER, D.; VERBOVEN, P. Drift from field crop sprayers using an integrated approach: results of a five-year study. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 54, p. 403-408, 2011. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=36442>. Acesso em: 15 jan. 2018.

ROSELL POLO, J.R.; SANZ, R.; LLORENS, J.; ARNÓ, J.; ESCOLÀ, A.; RIBES-DASI, M.; MASIP, J.; CAMP, F.; GRÀCIA, F.; SOLANELLES, F.; PALLEJÀ, T.; VAL, L.; PLANAS, S.; GIL, E.; PALACÍN, J. A tractor mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: a comparison with conventional and destructive measurements. **Biosystems Engineering**, Bedford, v. 102, n. 2, p. 128-134, fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.10.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511008003231>. Acesso em: 17 jan. 2018.

RÜEGG, J.; VIRET, O.; RAISIGL, U. Adaptation of spray dosage in stone-fruit orchards on the basis of the tree row volume. **EPP0 Bulletin**, [s.l.], v. 29, n. 1-2, p. 103-110, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1999.tb00803.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2338.1999.tb00803.x>. Acesso em: 12 dez. 2018.

SAYINCI, B.; BASTABAN, S. Spray distribution uniformity of different types of nozzles and its spray deposition on potato plant. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 6, n. 2, p. 352-362, Jan. 2011. DOI: 10.5897/AJAR10.480. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR10.480>. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/429F26D37894>. Acesso em: 10 maio. 2018.

SCAPIN, M.S.; BEHLAU, F.; SCANDELAI, L. H. M.; FERNANDES, R. S.; JÚNIOR, G. J. S.; RAMOS, H. H. Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. **Crop Protection**, Surrey, v. 77, p. 119-126, nov. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.07.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219415300636?via%3Dihub>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SIEGFRIED, W.; VIRET, O.; HUBER, B.; WOHLHAUSER, R. Dosage of plant protection products adapted to leaf area index in viticulture. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 73-82, Feb. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.04.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261219406000950?via%3Dihub>. Acesso em: 15 jan. 2018.

SILVA, J. E. R. **Deposição de calda aplicada em folhas de cafeeiro com diferentes volumes e pontas de pulverização**. 2013. 49f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –

Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em:
<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/12189>. Acesso em: 29 jun. 2018.

SILVA, J. E. R. **Evaluation of variable-rate spray Application on tree crop**. 2017. 59f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/24653>. Acesso em: 29 jan. 2020.

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NOMELINI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1302-1306, dez. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001200015&lng=pt&tlng=pt . Acesso em: 15 jan. 2018.

SILVA JÚNIOR, G. J.; SCAPIN, M. da S.; SILVA, F. P.; SILVA, A. R. P.; BEHLAU, F. RAMOS, H. H. Spray volume and fungicide rates for citrus black spot control based on tree canopy volume. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 85, p. 38-45, jul. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026121941630045X>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SIRQUEIRA NETO, M. A. **Volúmetria de copa do cafeeiro por processamento digital de imagens aéreas**. 2017. 16f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25274>. Acesso em: 29 jan. 2020.

SUTTON, T. B.; UNRATH, C. R. Evaluation of the tree-row-volume model for full season pesticide application on apples. **Plant Disease**, Madison, v. 72, n. 7, p. 629-632, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-72-0629>. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1988Abstracts/PD_72_629.htm. Acesso em: 29 jun. 2019.

CAPÍTULO II

DEPOSIÇÃO DE CALDA PULVERIZADA EM FOLHAS DE CAFEIRO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES TAXAS DE APLICAÇÃO E VOLUMES DE COPA

DEPOSIÇÃO DE CALDA PULVERIZADA EM FOLHAS DE CAFEIEIRO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES TAXAS DE APLICAÇÃO E VOLUMES DE COPA

RESUMO

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) apresenta grandes desafios em se tratando da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, principalmente no que se refere à deposição uniforme da calda em todo o dossel da cultura. As plantas apresentam densa folhagem e variações de copa que dificultam a chegada dos produtos ao seu interior. Objetivou-se com o presente trabalho estudar a deposição de calda pulverizada em folhas do cafeeiro proporcionada por distintas taxas de aplicação e determinar índices de volume específicos para a cultura, considerando-se que as árvores têm diferentes volumes de copa. As atividades de campo e as laboratoriais foram realizadas, respectivamente, no Setor de Cafeicultura da Fazenda Experimental do Glória e no Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMEC), ambos pertencentes ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. Os ensaios de deposição foram realizados em talhões de café arábica, cultivares Topázio MG 1190 e Catuaí Vermelho IAC 99 (com 11 e 15 anos de idade, respectivamente), nos meses de maio, julho e dezembro de 2017, momentos em que os estádios conferiam diferentes densidades foliares. Avaliaram-se cinco taxas de aplicação (200, 300, 400, 600 e 800 L ha⁻¹) e três volumes de copa do cafeeiro para cada estádio fenológico – variando de 8.572 a 16.200 m³ ha⁻¹, conforme obtido a partir do cálculo do TRV (*Tree-Row Volume*) em 20 plantas localizadas em áreas previamente selecionadas. Inicialmente, analisou-se cada experimento (TRV) de forma isolada, adotando-se um delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições; posteriormente, realizou-se uma análise conjunta em esquema fatorial 3 x 5, sendo três TRVs e cinco taxas de aplicação. Adicionou-se à calda o marcador Azul Brilhante, na dose de 300 g ha⁻¹, para ser detectado por espectrofotometria. Após as aplicações, coletaram-se aleatoriamente 10 folhas correspondentes ao terceiro par de folhas mais novas e ao primeiro par de folhas em relação ao eixo do ramo ortotrópico de cada terço da planta (superior, mediano e inferior) por parcela, bem como placas de Petri posicionadas sobre solo, sob a projeção da copa das árvores, para determinação de perdas para o solo. Os resultados mostraram que o volume da copa das plantas (TRV) e, se possível, a densidade foliar devem ser considerados na definição da taxa de aplicação para a cultura do café. É possível reduzir as taxas de aplicação de produtos fitossanitários para valores próximos a 200 L ha⁻¹, inclusive com incremento de deposição em algumas condições operacionais na cultura do café e redução das perdas para o solo. Definiram-se índices de volume (*IV*) para distintos estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura de café, de forma a permitir molhamento adequado do dossel e menor perda para o solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, tecnologia de aplicação, *Tree-Row Volume*.

CANOPY VOLUME AND APPLICATION RATE INTERACTION ON SPRAY DEPOSITION FOR DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES OF COFFEE CROP

ABSTRACT

Coffee planting (*Coffea arabica* L.) poses great challenges for pesticide application technology, especially when it comes to uniform spray forming on the canopy. The coffee plants' dense foliage and varied canopy volumes prevent a considerable amount of pesticide from reaching its targets. This study aimed to investigate the spray forming on coffee leaves against different application rates and define specific volume indices for coffee planting, while also accounting for different canopy volumes. The field activities and laboratory activities were carried out in the Coffee Planting Sector (Gloria Experimental Farm) and the Laboratory for Agricultural Mechanization (LAMEC), respectively – both belonging to the Institute of Agrarian Sciences in Universidade Federal de Uberlândia. Spray forming assays were carried out in arabica coffee plots, cultivars Topázio MG 1190 and Catuaí Vermelho IAC 99 (aged 11 and 15 years old, respectively), in May, July and December 2017, assuming that different growth stages provided different leaf densities. It included five application rates (200, 300, 400, 600, and 800 L ha⁻¹) and three canopy volumes for each growth stage (ranging from 8,572 to 16,200 m³ ha⁻¹) as obtained from calculating the TRV (Tree-Row Volume) for 20 plants in previously selected areas. Initially, each experiment (TRV) was analyzed separately in a randomized block design with five replications; subsequently, a combined analysis was carried out in a 3 x 5 factorial design with three TRVs and five application rates. A marker with 300 g ha⁻¹ Brilliant Blue was added into the spray for spectrophotometry. Upon the applications, a random collection targeted 10 leaves from both the third pair of young leaves and the first pair of leaves as found from the axis of the orthotropic branch of each third (upper, middle and lower) per parcel; it also included Petri dishes placed on the ground under trees' canopy projection (to determine losses to the soil). The results pointed out that the TRV and, if possible, the leaf density should be considered when defining the application rate for coffee planting. It is possible to reduce the application rates to approximately 200 L ha⁻¹, while also increasing spray forming in some operational conditions and reducing losses to the soil. Volume indices (*VI*) were defined for different growth stages aiming at adequate canopy wetting and reduced loss to the soil.

KEY WORDS: *Coffea arabica*, application technology, Tree-Row Volume.

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura destaca-se como uma das principais atividades agrícolas do Brasil, apresentando grande importância social e econômica. Cultivam-se basicamente duas espécies, *Coffea arabica* Linnaeus e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (VITÓRIA *et al.*, 2018). Em 2018, o parque cafeeiro do país totalizou 2,16 milhões de hectares, com uma produção de 61,7 milhões de sacas beneficiadas (CONAB, 2018). O Estado de Minas Gerais é destaque nacional na produção cafeeira, haja vista que é o maior produtor de café arábica, com produção de 32,97 milhões de sacas beneficiadas – o correspondente a 69,43% da produção nacional – em 1,2 milhões de hectares (CONAB, 2018).

Um dos problemas habituais enfrentados pelos cafeicultores é a suscetibilidade da cultura à ação de insetos e microrganismos fitopatogênicos. Dentre as pragas, destacam-se a broca-do-café (*Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867)) e o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville e Perrottet, 1842)) – este é de importância primária nas principais regiões produtoras de café, onde exige constante manejo químico (SCALON *et al.*, 2011); aquela está presente em todas as regiões cultiváveis do mundo e é considerada a praga mais importante da cafeicultura mundial (INFANTE; PÉREZ; VEJA, 2012). Dentre as doenças foliares fúngicas, destacam-se a cercóspora (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke) e a ferrugem (*Hemileia vastatrix*) – esta última é considerada a mais importante, pois reduz tanto a produção quanto a qualidade dos frutos de café comercializados em todo o território brasileiro (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012; CARRÉ-MISSIO *et al.*, 2012).

Por conseguinte, é imprescindível que as técnicas de aplicação de produtos fitossanitários sejam empregadas corretamente, de modo que o ingrediente ativo seja depositado nos alvos biológicos no momento mais adequado, na quantidade correta e com o mínimo de desperdício (CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011; MATTHEWS, 2008). Nesse contexto, torna-se necessário conhecer bem o equipamento de pulverização e a arquitetura da planta, para a obtenção da máxima eficiência (ALVES; CUNHA, 2014).

É importante que o equipamento utilizado seja submetido a uma correta regulagem e calibração (RUAS *et al.*, 2015). A realização correta dessas etapas pode melhorar a qualidade das aplicações de produtos fitossanitários na cafeicultura, promovendo maior segurança e efetividade no manejo de pragas e doenças (VIANA *et al.*, 2010; ALVARENGA *et al.*, 2014).

Tradicionalmente, os pulverizadores hidropneumáticos são os mais utilizados nas pulverizações de produtos fitossanitários na parte aérea de culturas arbóreas (ALVARENGA,

2012). O princípio de funcionamento desse tipo de pulverizador baseia-se na fragmentação do líquido pressurizado através de pontas hidráulicas e do fluxo de ar (RUAS *et al.*, 2015). As pontas de jato cônico vazio são as mais empregadas e promovem gotas finas que são posicionadas para culturas que apresentam ampla massa foliar, nas quais a penetração e a cobertura são essenciais para um bom manejo fitossanitário (SAYINCI; BASTABAN, 2011; ALVARENGA *et al.*, 2012; ALVES; CUNHA, 2014).

As taxas de aplicação em culturas arbóreas são elevadas, muitas vezes no intuito de compensar as perdas por exoderiva e endoderiva, bem como fazer com que o produto atinja os alvos de difícil acesso (TACHIBANA; ANTUNIASSI, 2008). As taxas empregadas nas lavouras de café variam, em geral, entre 400 e 800 L ha⁻¹, podendo chegar a 1000 L ha⁻¹, independentemente do volume de vegetação (MATIELLO *et al.*, 2010). Contudo, essa taxa precisa ser ajustada de forma a permitir um molhamento do dossel da planta de forma satisfatória e com mínimo de perda por escoamento para o solo (MIRANDA *et al.*, 2012).

Uma alternativa para melhorar a aplicação dos produtos fitossanitários no cafeeiro é o uso da metodologia do TRV (do inglês, *Tree-Row Volume*, ou seja, volume de copas das plantas), desenvolvida por Byers, Hickey e Hill (1971) e introduzida por Sutton e Unrath (1988). Esse método apresenta bons resultados quando empregado na calibração de pulverizadores hidropneumáticos para aplicações em culturas arbóreas (SUTTON; UNRATH, 1988; RÜEGG; VIRET; RAISIGL, 1999; GIL *et al.*, 2007; SIEGFRIED *et al.*, 2007; PERGHER; PETRIS, 2008; CHEN *et al.*, 2013). Em videiras, a adoção desse método proporcionou a redução do uso de fitossanitários em até 57%, mantendo a cobertura e a penetração semelhantes àsquelas providas pela pulverização convencional (GIL *et al.*, 2007). No caso da cultura do tomate, essa redução pode chegar a 30% (SÁNCHEZ-HERMOSILLA *et al.*, 2013).

O referido método baseia-se na mensuração da copa das árvores e, a partir de um índice de volume (*IV*), determina-se a taxa de aplicação adequada a cada situação. Tem sido usado com êxito na fruticultura em toda a Europa (MIRANDA-FUENTES *et al.*, 2016), mas seu emprego em campo praticamente inexistente no Brasil. No país, alguns trabalhos já foram realizados em *Citrus* (SCAPIN *et al.*, 2015; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016), o que é indicativo do potencial da metodologia. Entretanto, são escassos os registros na literatura sobre esse tipo de calibração para as lavouras de café.

Recomendações genéricas acerca do *IV*, usadas na Europa, oscilam entre 10 e 125 L de calda para cada 1000 m³ de vegetação (MINGUELA; CUNHA, 2010). Trata-se de uma

grande variabilidade que dificulta o uso da metodologia no Brasil. Nos trabalhos realizados no país para *Citrus* (SCAPIN *et al.*, 2015; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016) e café (SOUSA JÚNIOR *et al.*, 2017), ainda restam dúvidas em relação a esse índice de volume.

Em lavoura de café, há certas limitações quanto ao ajuste do *IV* em razão da variação do volume vegetativo das plantas, que se dá em razão de diversos fatores, como: desfolha decorrente da colheita mecanizada e idade da planta (SANTINATO *et al.*, 2014; SANTINATO *et al.*, 2015); ataque de insetos e microrganismos fitopatogênicos (MATIELLO *et al.*, 2010); realização de podas (FERNANDES *et al.*, 2012; NASCIMENTO; SPEHAR; SANDRI, 2014); variações sazonais de temperatura e disponibilidade hídrica (MATTA *et al.*, 2007; EMILIO *et al.*, 2008). Essas variações resultam em alterações na densidade foliar, tendo influência direta na eficiência das pulverizações, sobretudo na penetração, distribuição e deposição da calda sobre o dossel da planta (SILVA, J.; CUNHA; NOMELENI, 2014).

O objetivo do trabalho foi estudar a deposição de calda pulverizada em folhas do dossel do cafeeiro (*C. arabica* L.) e as perdas para o solo proporcionadas por cinco taxas de aplicação (200, 300, 400, 600 e 800 L ha⁻¹) em três volumes de copa (variando de 8.572 a 16.200 m³ ha⁻¹) em diferentes estádios fenológicos. Objetivou-se também determinar índices de volume (*IV*) específicos para distintas condições de desenvolvimento da cultura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades de campo e as laboratoriais foram realizadas, respectivamente, no Setor de Cafeicultura da Fazenda Experimental do Glória e no Laboratório de Mecanização Agrícola (LAMEC), ambos pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), na cidade de Uberlândia, Minas Gerais.

Segundo a classificação de Köppen e Geiger (1928), o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido com inverno frio e seco. A área agrícola tem uma altitude de 912 m, com coordenadas geográficas 18°58'52"S de latitude e 48°12'24"O de longitude. O solo, de textura argilosa, apresenta uma topografia levemente ondulada e é classificado como latossolo vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013).

Os estudos de deposição de calda foram realizados em três áreas, com diferentes volumes de vegetação (TRV). Foram repetidos integralmente nos estádios fenológicos de maturação, pós-colheita e enchimento dos grãos, nos meses de maio, julho e dezembro de

2017, respectivamente (cf. Tabela 1 e Figura 1). As plantas de café, com 11 e 15 anos de idade, estavam espaçadas em 3,5 x 0,7 m, entre linhas de cultivo e entre plantas.

TABELA 1 - Descrição dos talhões de café utilizados no presente estudo.

Talhões	Cultivares	Idade (anos)	Volumetria da copa do cafeeiro ($m^3 ha^{-1}$)		
			Maturação	Pós-colheita dos frutos	Enchimento dos grãos
TRV - 1	Topázio MG 1190	11	10.230	8.572	9.375
TRV - 2	Catuaí vermelho IAC 99	15	12.453	9.241	10.398
TRV - 3	Topázio MG 1190	11	16.200	11.622	13.212

Fonte: o autor.



FIGURA 1 - Fazenda experimental do Glória, Setor de Cafeicultura, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG.

Fonte: SIRQUEIRA NETO, 2017.

Nas aplicações para o estudo de deposição, foi utilizado um pulverizador hidropneumático (turboatomizador), modelo ARBO 360, da empresa Montana (cf. Figura 2). Trata-se de um pulverizador montado, que tem seis porta-bicos em cada um dos dois arcos laterais (totalizando 12 porta-bicos), tanque de pulverização confeccionado em polietileno com capacidade de calda de 300 L, bomba de pulverização do tipo de membrana com vazão de $40 L min^{-1}$, controle de sessões manual e ventilador de nove pás de ângulo fixo com

615 mm de diâmetro. Para acioná-lo, empregou-se um trator Massey Ferguson 4 x 2, modelo 265E, com potência de 47,8 kW (65 cv).



FIGURA 2 - Pulverizador montado, marca Montana, modelo ARBO 360, acoplado a um trator Massey Ferguson 265E, aplicando calda contendo marcador + água em lavoura de café arábica.

Fonte: o autor.

As pontas de pulverização utilizadas no ensaio foram de jato cônico vazio confeccionadas em cerâmica com ângulo de 80° (Magnojet[®], Brasil), comumente posicionadas para a cafeicultura brasileira. Utilizaram-se cinco modelos de pontas MAG (02, 03, 04, 05 e 06), para serem obtidas as cinco taxas de aplicação estudadas (200, 300, 400, 600 e 800 L ha⁻¹), respectivamente (cf. Figura 3).



FIGURA 3 - Pontas hidráulicas de pulverização do tipo jato cônico vazio (Magnojet[®]) empregadas nos ensaios.

Fonte: o autor.

A fim de caracterizar melhor as pontas de pulverização empregadas nas diferentes condições operacionais, procedeu-se a um estudo que levou em conta o espectro de gotas

produzidas nas pressões empregadas nos ensaios a campo. Foram tomados os seguintes parâmetros: $Dv_{0,5}$ ou DMV (diâmetro da mediana volumétrica); percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a $100\ \mu\text{m}$ ($Dv < 100\ \mu\text{m}$) e amplitude relativa (AR) (cf. Equação 1 e Tabela 2).

$$AR = \frac{Dv_{0,9} - Dv_{0,1}}{Dv_{0,5}} \quad \text{Equação (1)}$$

em que:

AR: amplitude relativa;

$Dv_{0,1}$: diâmetro de gota tal que 10% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor;

$Dv_{0,5}$: diâmetro de gota tal que 50% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor; e

$Dv_{0,9}$: diâmetro de gota tal que 90% do volume do líquido pulverizado é constituído de gotas de tamanho menor que esse valor.

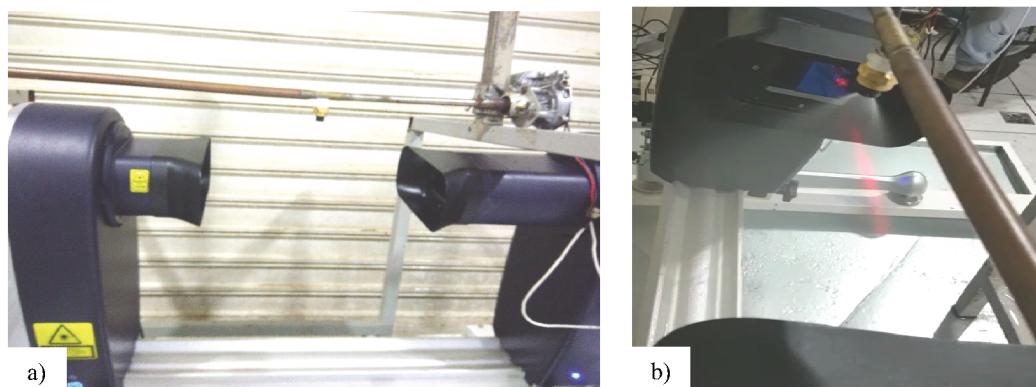


FIGURA 4 - a) Equipamento Spraytec® (Malvern Spraytec Real Time Droplet Sizing System, Worcestershire, England). b) Leitura do jato de pulverização sobre o feixe luminoso.

Fonte: cedida por Thiago Nunes Landim.

As determinações foram realizadas de forma direta no Laboratório de Mecanização Agrícola do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Utilizou-se um analisador de gotas em tempo real, baseado na análise da difração do raio *laser*. Empregou-se o equipamento Spraytec® (Spraytec Real Time Droplet Sizing System,

Malvem Instruments Limited) (cf. Figura 4a), com diâmetro do feixe do laser de 10 mm, lente focal de 200 mm, comprimento de onda do *laser* de 670 nm e ponte óptica de base longa. As pontas foram montadas em um sistema giratório, de forma que todo o jato pulverizado passasse pelo feixe luminoso, como mostrado na Figura 4b.

TABELA 2 - Espectro de gotas das pontas de pulverização empregadas nas condições do ensaio a campo.

Tratamentos	Taxa de aplicação L ha ⁻¹	Ponta (MAG)	Pressão de pulverização (kPa)	DMV* (µm)	Dv <100µm*	AR*
1	200	2	413	149,86	30,5%	1,73
2	300	3	517	163,81	27,3%	1,82
3	400	4	413	216,76	17,1%	1,70
4	600	5	551	203,04	16,9%	1,64
5	800	6	620	232,31	12,4%	1,60

*DMV: diâmetro da mediana volumétrica; Dv < 100 µm: percentagem do volume de gotas com diâmetro inferior a 100 µm; AR: amplitude relativa.

Fonte: o autor.

TABELA 3 - Condições meteorológicas médias dos ensaios de deposição de calda nas folhas do dossel do cafeeiro, ensaios esses referentes aos estádios fenológicos da cultura em relação ao volume de copa.

Estádios fenológicos da cultura	TRV* m ³ ha ⁻¹	Médias das condições meteorológicas		
		Temperatura °C	Velocidade do vento km h ⁻¹	U.R. do ar* (%)
Maturação	1 – 10.230	27,1	3,6	56,5
	2 – 12.453	26,2	4,4	57,6
	3 – 16.200	25,3	4,2	55,6
Pós-colheita dos frutos	1 – 8.572	21,2	6,1	55,2
	2 – 9.241	20,7	3,1	58,2
	3 – 11.622	22,2	4,4	53,9
Enchimento dos grãos	1 – 9.375	29,3	3,6	50,1
	2 – 10.398	28,0	3,9	54,2
	3 – 13.212	27,1	5,1	71,2

*TRV: *Tree-Row Volume*; U.R. do ar: Umidade relativa do ar.

Fonte: o autor.

Para a regulagem do pulverizador, inicialmente se determinou a rotação do motor do trator necessária para que se obtivessem 540 rpm na tomada de potência. Para tanto, utilizou-se um tacômetro digital Minipa, modelo MDT 2238A. Dessa forma, o trator trabalhou a uma rotação fixa do motor de 1900 rpm, operando em primeira marcha simples, desenvolvendo

uma velocidade de 6,2 km h⁻¹ em todos os tratamentos, o que se mostrou compatível com a área do ensaio. Para obtenção das vazões necessárias nos tratamentos, foram feitos ajustes na pressão a fim de se obterem as taxas de aplicação desejadas, variando de 413 a 620 kPa (cf. Tabela 2).

Utilizou-se um termo-higro-anêmetro digital (Kestrel® – 4000) para medir as condições meteorológicas, com o intuito de atender aos critérios de Boas Práticas Agrícolas (BPA) de aplicação de produtos fitossanitários. Mediram-se a velocidade do vento, a temperatura e a umidade relativa do ar durante as aplicações em cada tratamento, como indicado na Tabela 3.

Foram avaliados três diferentes volumes de copas do cafeeiro (TRV-1, TRV-2 e TRV-3, m³ ha⁻¹), calculados a partir de 20 plantas em áreas previamente selecionadas, em diferentes talhões. Com auxílio de uma fita métrica, mediram-se a altura, a largura nos terços (inferior, mediano e superior do dossel da planta) e o espaçamento entre linhas de cultivo, conforme Byers, Hickey e Hill (1971) (cf. Equação 2), nos três estádios fenológicos (cf. Figura 5 e Tabela 4).

$$TRV = \frac{HxLx10000}{D} \quad \text{Equação (2)}$$

em que:

TRV: volume da copa (m³ ha⁻¹);

H: altura das plantas (m);

L: largura média dos terços das plantas (m); e

D: distância entre linhas da cultura (m).

Adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, com cinco repetições. Cada parcela foi constituída de quatro linhas de café de 18 m de comprimento, com 25 plantas. Utilizou-se uma linha de cada lado como quebra-vento e bordadura; e consideraram-se as duas linhas centrais como área útil, desprezando-se 2,0 m, no início e no final da linha, relativos também à bordadura. Empregaram-se 40 plantas centrais na área útil da parcela.

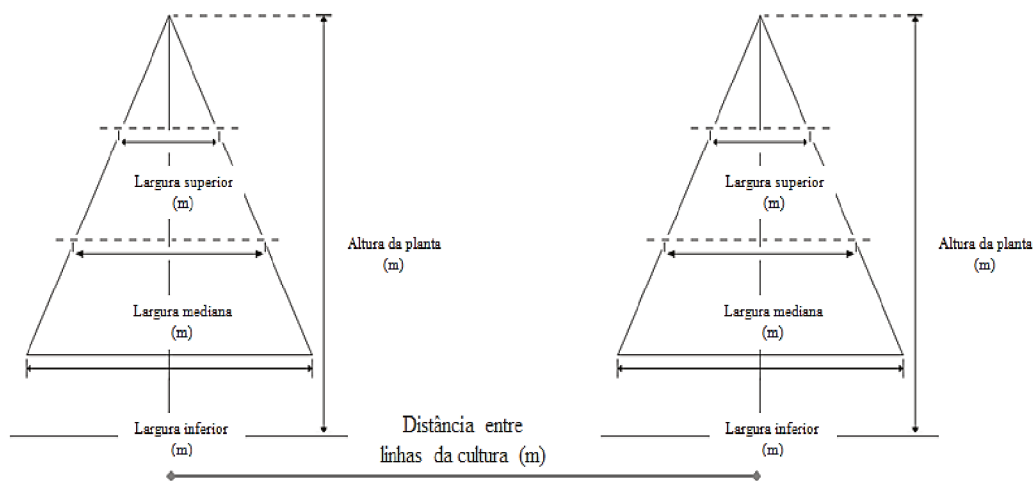


FIGURA 5 - Ilustração de medidas para determinação do TRV das plantas de café, em diferentes talhões e estádios fenológicos.

Fonte: o autor.

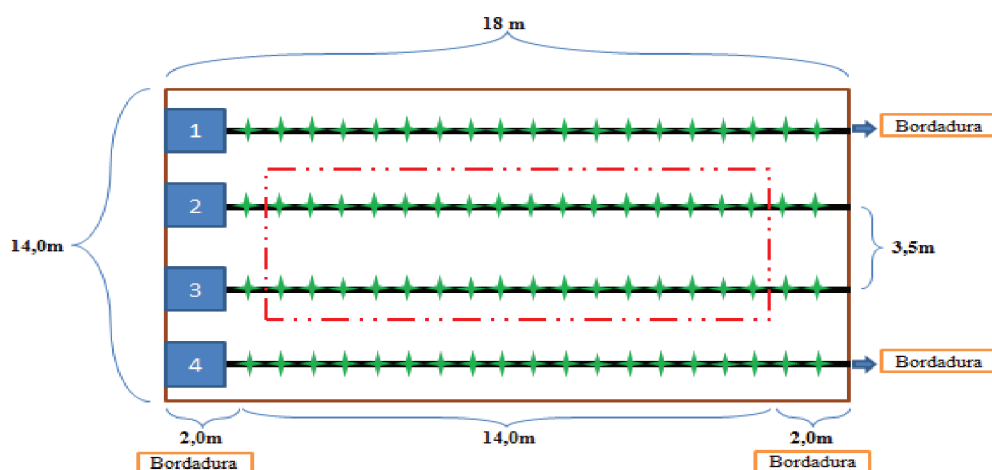


FIGURA 6 - Detalhe da parcela experimental.

Fonte: o autor.

2.1 Caracterização da área experimental

Nos meses de maio, julho e dezembro de 2017, correspondentes aos três estádios de desenvolvimento avaliados, realizaram-se a derriça manual e a pesagem de todas as folhas de três plantas em cada talhão pré-selecionado, ações essas realizadas fora da área útil das parcelas. Assim, de posse das massas médias e do volume da copa das plantas ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) e conhecendo-se a população de plantas por hectare, determinou-se a densidade foliar de cada um dos talhões (cf. Equação 3 e Tabela 4).

$$D = \frac{M}{(TRV / N)}$$

Equação (3)

em que:

D: densidade foliar (kg m^{-3} planta);

M: massa média de folhas por planta (kg);

TRV: volume da copa ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$); e

N: número de plantas por hectare (plantas ha^{-1}).

TABELA 4 - Caracterização dos talhões utilizados no presente estudo.

Talhões	Volumetria da copa do cafeeiro ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)			Densidade foliar (kg m^{-3} planta)			Nº de plantas por hectare
	Maturação	Pós-colheita dos frutos	Enchimento dos grãos	Maturação	Pós-colheita dos frutos	Enchimento dos grãos	
TRV - 1	10.230	8.572	9.375	1,181	0,881	1,803	4082
TRV - 2	12.453	9.241	10.398	1,084	0,571	2,449	4082
TRV - 3	16.200	11.622	13.212	1,208	0,477	3,148	4082

Fonte: o autor.



FIGURA 7 - Detalhe da derriça manual das folhas do pé de café, no estágio de maturação, TRV - 1.

Fonte: o autor.

O índice de área foliar (IAF) do cafeeiro foi determinado de maneira direta, através da derriça manual das folhas e medição da área foliar por meio de um medidor de bancada (LICOR 3100C Area Meter, Lincoln, Nebraska, EUA). Essa leitura foi efetuada, fora da parcela útil, em três plantas de café nos distintos talhões. O IAF foi determinado nos meses de maio, julho e dezembro de 2017, correspondendo aos três estádios de desenvolvimento, como ilustrado na Figura 7. Os valores do *IAF* encontram-se na Tabela 5.

TABELA 5 - Índice de área foliar do cafeeiro.

Talhões	Cultivares	Idade (Anos)	Índice de área foliar do cafeeiro		
			Maturação	Pós-colheita dos frutos	Enchimento dos grãos
TRV - 1	Topázio MG 1190	11	8,39	5,96	17,02
TRV - 2	Catuaí vermelho IAC 99	15	9,45	4,64	22,8
TRV - 3	Topázio MG 1190	11	13,5	4,81	14,36

Fonte: o autor.

2.2 Preparo da calda

Para as avaliações de deposição de calda pulverizada no dossel do cafeeiro e perdas para o solo, utilizou-se um marcador composto do corante alimentício azul catalogado internacionalmente pela “Food, Drug & Cosmetic” como FD&C Blue n.1 (Azul Brillhante), na dose de 300 g ha⁻¹. Esse marcador foi aplicado para ser detectado por absorvância em espectrofotometria.

No preparo da calda de pulverização nos tratamentos com 200, com 300 e com 400 L ha⁻¹, colocaram-se, com um balde graduado, 100 L de água no reservatório do tanque do pulverizador. Já para os tratamentos com 600 e com 800 L ha⁻¹, colocaram-se 200 L de água, também usando um balde graduado. O corante foi previamente pesado em laboratório e acondicionado em sacos plásticos identificados, para que fosse mantida a dose em toda a área experimental. A quantidade de marcador utilizada foi de 150, 100, 75, 100 e 75 g, para as taxas de 200, 300, 400, 600 e 800 L ha⁻¹, respectivamente.

Na troca da calda, o tanque foi alijado através de uma abertura no fundo e lavado com água. Isso foi feito para evitar que resíduos do marcador das caldas não interferissem na concentração da calda subsequente.

2.3 Características avaliadas

Após a passagem do pulverizador pelas unidades experimentais, avaliaram-se a deposição de calda no dossel da cultura e as perdas para o solo. Estudaram-se sete características: deposição de calda pulverizada em folhas do dossel da planta de café, nos estratos dos terços (superior, mediano e inferior) e em duas regiões (externa e interna), bem como escorrimento de calda da planta para o solo, tal qual ilustrado na Figura 8.

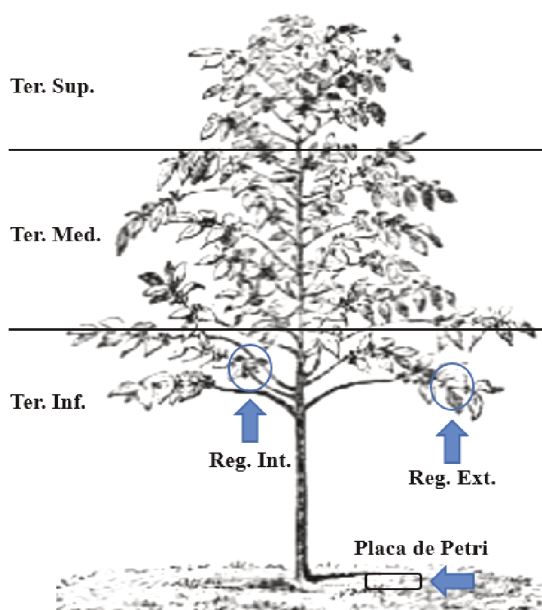


FIGURA 8 - Ilustração dos estratos e regiões avaliadas quanto ao depósito de calda no cafeeiro.

Fonte: o autor.

Para a avaliação da deposição, coletaram-se, nas duas linhas centrais que formam as ruas, 10 folhas em seis pontos (três terços e duas profundidades) da parcela útil, sendo amostradas de forma casualizada. Nesses pontos, as folhas foram coletadas da seguinte forma: terceiro par de folhas a partir da extremidade do ramo situado no lado da pulverização e primeiro par de folhas a partir do ramo ortotrópico no interior no dossel das plantas (cf. Figura 9). Essas folhas foram acondicionadas em sacos plásticos (separadamente para cada extrato da planta), armazenadas em caixa térmicas e posteriormente levadas ao laboratório para análise.

A fim de verificar as perdas de calda para o solo na unidade experimental, colocou-se – de forma aleatória no chão, sob a copa das plantas de café da parcela útil (duas linhas

centrais), dentro da área de projeção da copa da planta, a 0,2 m do caule – um conjunto de placas de Petri compostas por capa e fundo, como exibido na Figura 10. O fundo do conjunto, com 149,57 cm², e a capa, com 169,72 cm², foram dispostos de forma aleatória na área útil das parcelas. As placas ficaram paralelas à linha de plantio do cafeeiro. Após a passagem do pulverizador, foram recolhidas, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em caixas térmicas para posterior quantificação do marcador no laboratório.



FIGURA 9 - Ilustração dos pontos de coleta regiões (externa e interna) do cafeeiro.
Fonte: o autor.



FIGURA 10 - Placa de Petri junto ao solo, sob a projeção da copa da planta de café.
Fonte: o autor.

De posse dos dados de deposição de calda e perda para o solo, procedeu-se ao estudo para determinação dos *IVs*. Empregando-se a Equação 4, calculou-se o *IV* para cada tratamento realizado, correlacionando o resultado com os valores de deposição e perda encontrados. Empregou-se a deposição de calda média por planta, considerando as posições interna e externa, bem como os três terços da planta. A partir daí, buscou-se o *IV* que proporcionou a maior deposição e a menor perda para o solo, nos distintos estádios de desenvolvimento da cultura.

$$IV = \frac{Q \times 1000}{TRV} \quad \text{Equação (4)}$$

em que:

IV: índice de volume de pulverização (L 1000 m⁻³);

Q: taxa de aplicação (L ha⁻¹); e

TRV: volume da copa (m³ ha⁻¹).

2.4 Análise laboratorial para quantificação do marcador depositado

Em laboratório, adicionaram-se 100 mL de água destilada aos sacos plásticos contendo as folhas. Eles foram, então, agitados por 30 s, para extração do marcador. Nas placas de Petri, foram adicionados 10 mL de água destilada, prosseguindo com uma cuidadosa lavagem para remoção do marcador. Em seguida, o líquido foi retirado e depositado em copos plásticos, os quais foram acondicionados em local refrigerado provido de isolamento luminoso por 24 h, para posterior leitura de absorvância no espectrofotômetro.

Utilizou-se um espectrofotômetro com lâmpada de tungstênio-halogênio (Biospectro, Espectrofotômetro Digital SP-22, Curitiba/PR, Brasil). Para tanto, retirou-se do líquido contido nos copos plásticos uma alíquota de 3 mL com auxílio de uma micropipeta, quantidade essa que foi colocada em uma cubeta de vidro, na qual se realizou a leitura. A quantificação da coloração foi medida por absorvância em 630 nm (cf. Figura 11a). A área das folhas do café foi aferida com um medidor de bancada (LI-COR 3100C Area Meter, Lincoln, Nebraska, EUA), conforme mostra a Figura 11b.

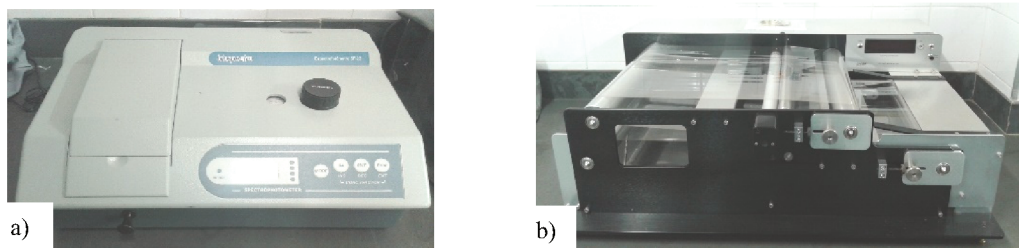


FIGURA 11 - a) Espectrofotômetro. b) Medidor de área foliar.
Fonte: o autor.

Por meio da utilização de curvas de calibração, obtidas com soluções-padrão do marcador, os dados de absorvância foram transformados em concentração (mg L^{-1}). De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se a massa do corante retida nas folhas de café coletadas nas parcelas. O depósito total foi dividido pela área foliar de cada amostra, obtendo-se assim a quantidade em nanograma (ng) do corante por cm^2 de folha.

2.5 Análise estatística

Inicialmente foram realizadas as análises individuais de variância (ANOVA), considerando cada TRV, isoladamente para cada época de aplicação, por meio do programa estatístico SISVAR, versão 5.7 (FERREIRA, D., 2014). Posteriormente, realizou-se uma análise de variância conjunta (após atendida a homogeneidade das variâncias residuais, ou seja, $F \leq 7$, através da divisão do maior quadrado médio dos resíduos (QMR) pelo menor QMR, em esquema fatorial 3×5 , sendo três TRVs e cinco taxas de aplicação. Quando foram observadas, pelo teste F ($P < 0,05$), diferenças no efeito dos tratamentos, utilizaram-se o teste de Tukey, a 0,05 de significância, para a comparação de TRVs, e regressão para o fator taxa de aplicação, considerando cada um dos três estádios fenológicos do café. Todos os ajustes das regressões foram feitos com o *software* SigmaPlot, versão 12.0 (Systat Software Inc.).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Maturação – Região externa

Para a variável resposta deposição de calda no estrato do terço superior, não houve interação entre os fatores TRV (*Tree Row-Volume*) e taxas de aplicação (cf. Tabela 6). No

maior TRV (16.200 m³ ha⁻¹), ocorreu o menor depósito de calda pulverizada. Isso pode ser explicado pelo fato de haver maior sobreposição dos ramos e folhas, formando uma barreira à penetração e deposição de calda (MATTA *et al.*, 2007). Outro aspecto que pode explicar essa menor deposição é o fato de que essas plantas eram maiores em altura e, conseqüentemente, a distância da saída do jato das pontas de pulverização ao terço superior da planta também era maior. Em função disso, as gotas pulverizadas tornam-se mais sujeitas às perdas, podendo evaporar ou ser carreadas pelo vento, ocasionando menor deposição (ALVARENGA *et al.*, 2014).

A interação entre os fatores volume vegetativo e taxas de aplicação foi significativa nas folhas do terço mediano da copa do cafeeiro, indicando dependência entre esses fatores. Em geral, o maior TRV proporcionou os menores depósitos de calda (cf. Tabela 6), mas não houve diferença em relação à deposição na maior taxa de aplicação.

Não houve interação entre os fatores em estudo para o terço inferior (cf. Tabela 6). Os TRVs não diferiram entre si quando se analisou a deposição do marcador na região externa. Esses resultados corroboram aqueles reportados por Miranda *et al.* (2012) e por J. Silva, Cunha e Nomelini (2014).

TABELA 6 - Deposição do marcador Azul Brilhante no dossel de plantas de café, em $\mu\text{g cm}^{-2}$, no estágio fenológico de maturação, em função da taxa de aplicação e do TRV, na região externa, Uberlândia/MG, 2019.

Taxa de aplicação L ha ⁻¹	Terço superior externo			Terço mediano externo			Terço inferior externo		
	¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹		
	10.230	12.453	16.200	10.230	12.453	16.200	10.230	12.453	16.200
	$\mu\text{g cm}^{-2}$								
200	1112,8	1060,8	625,2	1549,0 A	1306,0 B	922,8 C	1273,2	1143,6	1.234,0
300	977,8	943,8	686,8	1025,8 AB	1224,8 A	846,8 B	1120,2	1079,8	1.062,0
400	711,0	916,4	657,6	955,8 B	1293,8 A	784,8 B	1038,8	966,0	1.168,0
600	633,0	878,4	645,2	961,8 B	1257,2 A	742,2 C	831,8	785,2	949,0
800	525,8	747,0	551,8	818,8 A	743,2 A	666,8 A	698,6	705,8	690,4
Média	792,1 A	909,3 A	633,3 B				936,1 A	992,5 A	1.020,7 A
	DMS _{TRV} = 149,55			DMS _{TRV} = 211,02			DMS _{TRV} = 192,95		
CV (%)	28,08			13,7			28,68		
F _{TRV}	10,04*			48,59*			0,58 ^{ns}		
F _{Taxa de aplicação}	5,10*			26,50*			7,95*		
F _{TRV x Taxa de aplicação}	1,40 ^{ns}			5,92*			0,22 ^{ns}		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem com base no teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. DMS_{TRV}: diferença mínima para *Tree-Row Volume* (TRV). CV: coeficiente de variação. *Significância em $\alpha = 0,05$. ^{ns}Não significativo. F_{TRV}, F_{Taxa de aplicação}, F_{TRV x Taxa de aplicação}: valor de F para TRV, Taxa de aplicação e interação entre ambos os fatores, respectivamente.

Fonte: o autor.

A deposição de calda na região externa do dossel das plantas do cafeeiro, independentemente do terço, geralmente diminuiu com o aumento da taxa de aplicação, como

exibido na Figura 12. As taxas de 200 e 300 L ha⁻¹, em geral, apresentaram maiores deposições de calda, o que indica a capacidade de aumentar a cobertura foliar. Embora as taxas de aplicação tenham sido distintas, a dose do corante empregada por área foi a mesma, havendo variação apenas na concentração.

Analisando a deposição resultante das diferentes taxas de aplicação nos diferentes volumes de copa da planta, verifica-se que é possível utilizar menores taxas de aplicação dentro de cada grupo sem prejudicar a qualidade e a distribuição de depósitos no dossel da planta de café. Em Decaro Júnior *et al.* (2015), o emprego de taxas de aplicação em torno de 400 L ha⁻¹ não trouxe, em relação àquelas de 200 L ha⁻¹, benefícios ao depósito de calda em plantas de café, o que foi corroborado pelos resultados ora obtidos.

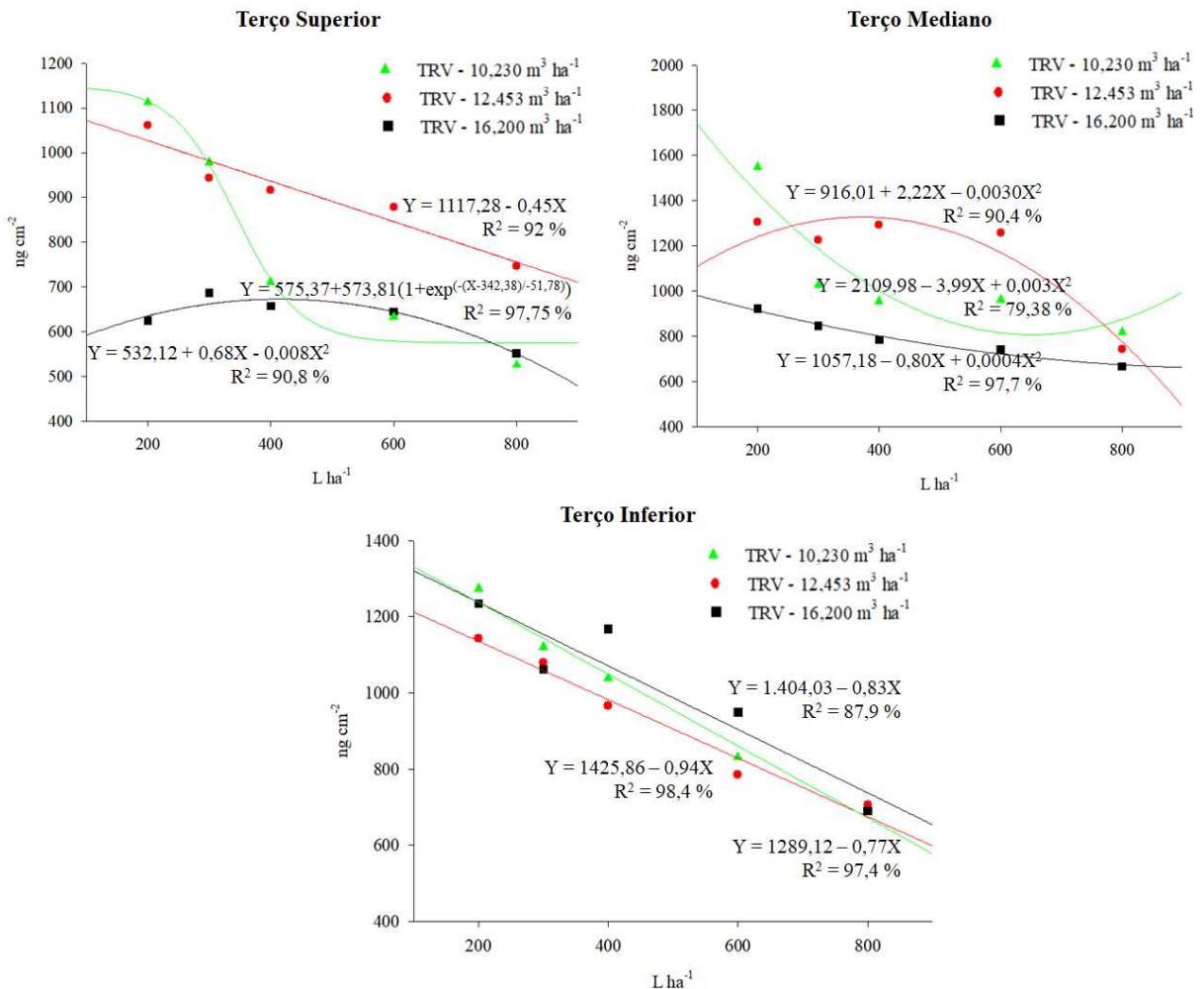


FIGURA 12 - Deposição de marcador (ng cm⁻²), em função da taxa de aplicação e do volume de copa do cafeeiro, na região externa da planta, no estágio fenológico de maturação, Uberlândia/MG, 2019.

Fonte: o autor.

3.2 Maturação – Região interna

Não houve interação entre os fatores volume vegetativo e taxas de aplicação para a deposição de calda nos distintos terços da planta de café na região interna do dossel (cf. Tabela 7). Em geral, no maior TRV (16.200 m³ ha⁻¹) ocorreu o menor depósito de calda pulverizada. Isso pode ser explicado pelo fato de haver maior sobreposição dos ramos plagiotrópicos e das folhas, formando uma barreira à penetração e deposição de calda pulverizada (MATTA *et al.*, 2007). Esse resultado corrobora o trabalho conduzido por Mewes *et al.* (2011), no qual a densidade, a arquitetura e a altura da copa reduziram, pelo efeito parede das folhas no dossel, a deposição da calda em eucalipto.

O volume vegetativo intermediário (12.453 m³ ha⁻¹) proporcionou os maiores depósitos de calda pulverizada na região interna, nos distintos terços. Isso se deve, possivelmente, ao fato de apresentar uma densidade de 1,084 kg m⁻³ planta⁻¹, como indicado na Tabela 4. Essa maior deposição em razão da menor densidade pode ser atribuída ao fato de que uma menor quantidade de folhas (*i.e.*, menor sobreposição entre elas) aumenta o depósito de calda por unidade de área foliar (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007). Souza Júnior *et al.* (2017) verificaram que a densidade foliar de 1,0 kg m⁻³ planta proporcionou depósito de calda maior que as densidades de 1,5 e 2,0 kg m⁻³ planta nas posições superior, mediana e inferior, em ordem decrescente. Esse resultado é reforçado por aquele obtido no presente estudo.

TABELA 7 - Deposição do marcador Azul Brillante no dossel de plantas de café, em ng cm⁻², no estágio fenológico de maturação, em função da taxa de aplicação e do TRV, na região interna, Uberlândia/MG, 2019.

Taxa de aplicação L ha ⁻¹	Terço superior interno			Terço mediano interno			Terço inferior interno		
	¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹		
	10.230	12.453	16.200	10.230	12.453	16.200	10.230	12.453	16.200
	ng cm ⁻²								
200	597,2	670,2	547,2	724,4	833,2	706,6	603,8	750,0	682,0
300	566,2	652,4	459,8	603,8	720,8	545,8	510,0	743,2	512,0
400	550,4	647,4	409,8	571,6	715,8	478,8	352,2	653,2	437,0
600	487,8	634,6	354,8	560,6	680,6	473,6	432,4	698,4	508,6
800	459,8	649,2	343,6	503,8	772,2	683,8	432,8	813,2	573,0
Média	532,3 B	647,2 A	423,0 C	592,8 B	744,5 A	577,7 B	466,2 B	731,6 A	542,2 B
	DMS _{TRV} = 69,12			DMS _{TRV} = 81,10			DMS _{TRV} = 96,12		
CV (%)	18,91			18,57			24,22		
F _{TRV}	30,78*			15,14*			23,64*		
F Taxa de aplicação	3,86*			5,58*			4,07*		
F _{TRV x Taxa de aplicação}	0,63 ^{ns}			1,23 ^{ns}			1,45 ^{ns}		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem com base no teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. DMS_{TRV}: diferença mínima para *Tree-Row Volume* (TRV). CV: coeficiente de variação. *Significância em $\alpha = 0,05$. ^{ns}Não significativo. F_{TRV}, F Taxa de aplicação, F_{TRV x Taxa de aplicação}: valor de F para TRV, Taxa de aplicação e interação entre ambos os fatores, respectivamente.

Fonte: o autor.

A taxa de aplicação é um fator que interfere na qualidade das aplicações. A quantidade de líquido de pulverização depositada na região interna do dossel das plantas do cafeeiro, com exceção do terço superior, via de regra aumentou com o incremento da taxa de aplicação quando se utilizaram taxas acima de 400 L ha⁻¹. No entanto, principalmente as taxas de aplicação de 200 L ha⁻¹ ensejaram deposição similar, ou até superior, àquela das taxas de 800 L ha⁻¹ nos estratos mediano e inferior, como mostra a Figura 13.

Gitirana Neto *et al.* (2016) observaram que o aumento da taxa de aplicação de 200 para 400 L ha⁻¹ não proporcionou incrementos de depósito de calda no ponteiro. Vitória *et al.* (2018) obtiveram depósitos equivalentes, no terço superior, quando variaram as taxas de aplicação entre 498 a 782 L ha⁻¹.

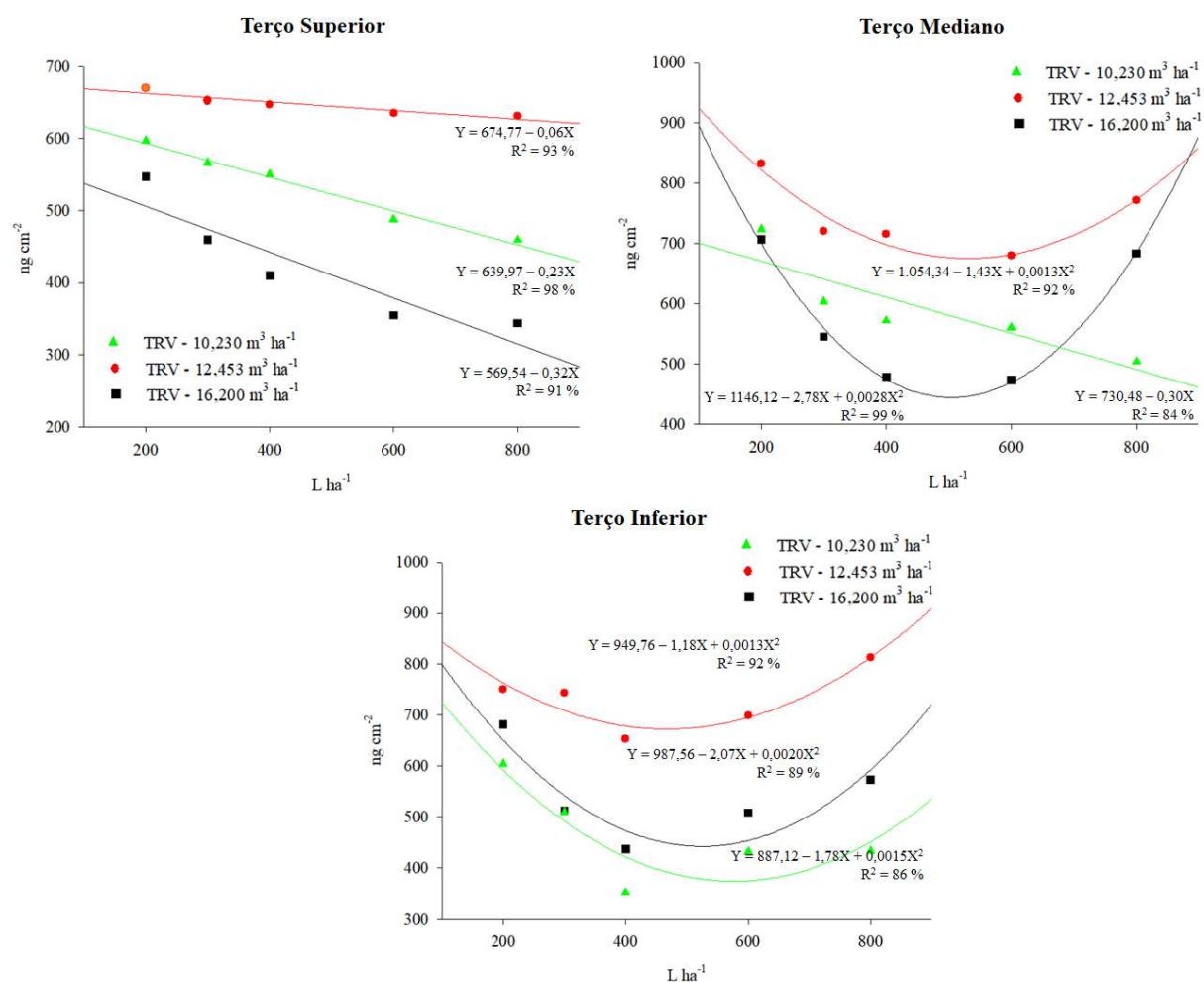


FIGURA 13 - Deposição de marcador (ng cm⁻²), em função da taxa de aplicação e do volume de copa do cafeeiro, na região interna da planta, no estágio fenológico de maturação, Uberlândia/MG, 2019.

Fonte: o autor.

Fernandes, Ferreira e Oliveira (2010) concluíram que a deposição no terço inferior de plantas de café mostrou-se crescente com o aumento na taxa aplicada, dentro do intervalo de 250 a 700 L ha⁻¹. Esse resultado é parcialmente reforçado por este trabalho.

3.3 Pós-colheita dos frutos – Região externa

Em relação às aplicações feitas nos estádios fenológicos de pós-colheita, a interação entre os fatores volume vegetativo e taxa de aplicação foi significativa nas folhas dos distintos estratos da copa do cafeeiro, indicando dependência entre esses fatores. Em geral, no maior TRV (11.622 m⁻³ ha⁻¹) foram obtidos os maiores depósitos de calda (cf. Tabela 8); contudo, não houve diferença em relação à deposição na maior taxa de aplicação (800 L ha⁻¹), na região externa, para o estrato do terço superior.

TABELA 8 - Deposição do marcador Azul Brilhante no dossel de plantas de café, em ng cm⁻², no estágio fenológico de pós-colheita dos frutos de café, em função da taxa de aplicação e do TRV, na região externa, Uberlândia/MG, 2019.

Taxa de aplicação L ha ⁻¹	Terço superior externo			Terço mediano externo			Terço inferior externo		
	¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹		
	8.572	9.241	11.622	8.572	9.241	11.622	8.572	9.241	11.622
	ng cm ⁻²								
200	687,2 B	764,6 AB	962,6 A	1207,4 B	1371,4 B	2211,2 A	1130,6 AB	1008,8 B	1406,2 A
300	662,4 B	860,8 B	1178,2 A	1240,6 B	1238,2 B	1958,6 A	1326,2 B	1010,0 C	1829,8 A
400	653,6 B	844,2 B	1207,2 A	1080,4 B	1175,8 B	1761,2 A	1065,8 B	1009,8 B	1914,2 A
600	636,2 B	841,0 B	1125,4 A	1066,8 B	1102,4 B	1546,0 A	913,2 B	901,0 B	1861,8 A
800	620,6 A	818,6 A	750,2 A	1021,0 B	967,2 B	1370,6 A	765,4 B	839,8 B	1322,4 A
	DMS _{TRV} = 226,98			DMS _{TRV} = 315,03			DMS _{TRV} = 283,52		
CV (%)	17,64			15,20			15,18		
F _{TRV}	43,9*			76,4*			110,2*		
F _{Taxa de aplicação}	3,7*			12,6*			11,1*		
F _{TRV x Taxa de aplicação}	2,5*			2,1*			3,9*		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem com base no teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. DMS_{TRV}: diferença mínima para *Tree-Row Volume* (TRV). CV: coeficiente de variação. *Significância em $\alpha = 0,05$. ^{ns}Não significativo. F_{TRV}, F_{Taxa de aplicação}, F_{TRV x Taxa de aplicação}: valor de F para TRV, Taxa de aplicação e interação entre ambos os fatores, respectivamente.

Fonte: o autor.

A densidade foliar do maior TRV (11.622 m⁻³ ha⁻¹) foi inferior àquela dos demais TRVs (9.241 e 8.572 m⁻³ ha⁻¹) (cf. Tabela 4). Esse efeito da redução da densidade foliar se dá pelo fato de que, no estágio de pós-colheita dos frutos, tem-se a ação mecânica de desfolha provocada pela ação das hastes da colhedora (SANTINATO *et al.*, 2014). Essa maior deposição em razão da menor densidade pode ser atribuída ao fato de que havia menor quantidade de folhas, ou seja, menor sobreposição entre elas (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007), configurando-se assim como uma menor barreira física à penetração da calda pulverizada. Esse resultado fica mais evidente quando se analisa o valor 2211,2 obtido,

para o maior TRV, no estrato mediano da copa do cafeeiro. A deposição na pós-colheita é mais que o dobro em relação à fase fenológica de maturação quando se utiliza a menor taxa de aplicação.

Souza Júnior *et al.* (2017) avaliaram a influência das características do dossel na distribuição de calda pulverizada na cultura do café. Os autores verificaram que a densidade foliar de $1,0 \text{ kg m}^{-3}$ planta proporcionou depósito de calda maior que as densidades de $1,5$ e $2,0 \text{ kg m}^{-3}$ planta nas posições superior, mediana e inferior, em ordem decrescente.

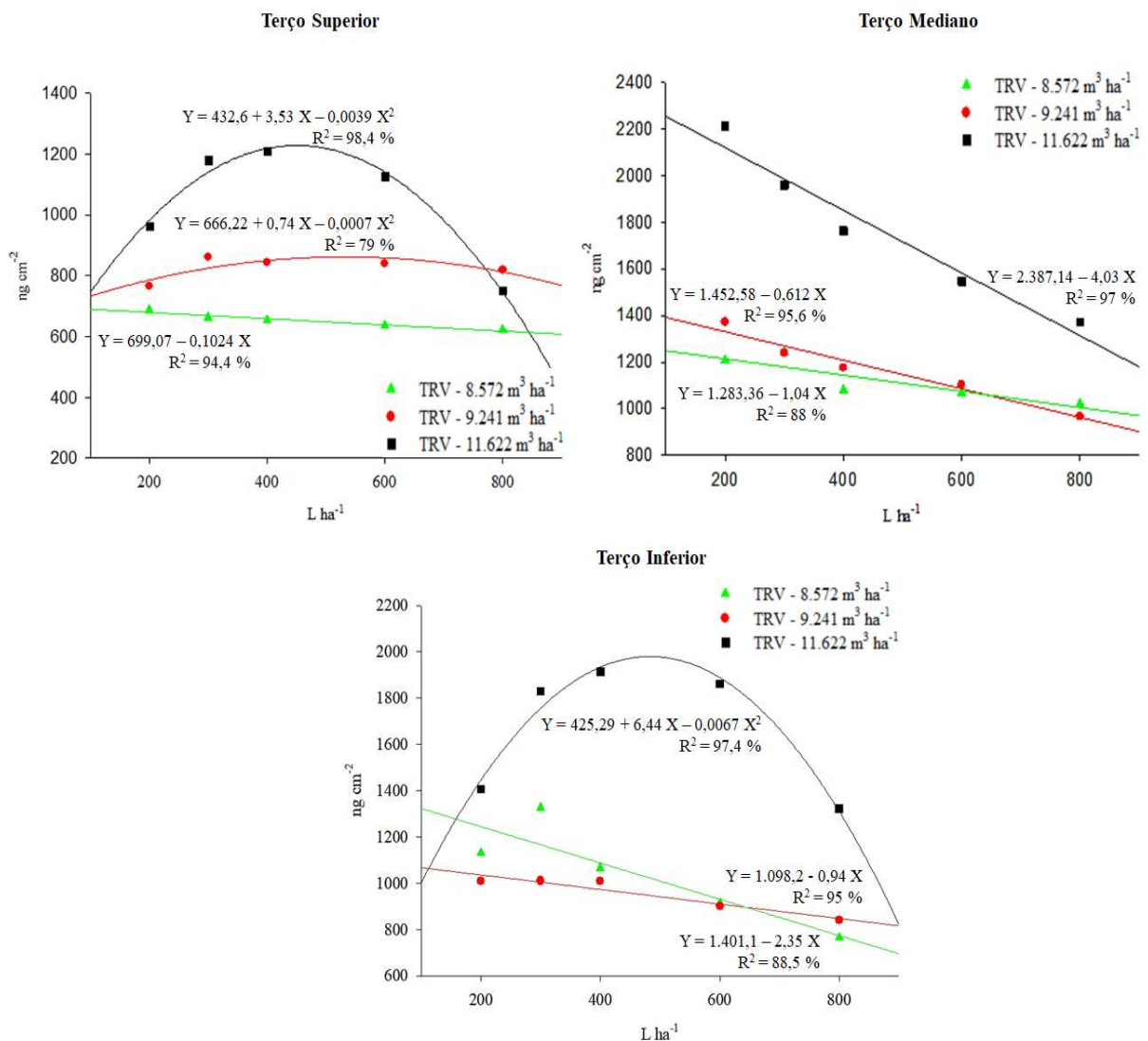


FIGURA 14 - Deposição de marcador (ng cm^{-2}), em função da taxa de aplicação e do volume de copa do cafeeiro, na região externa da planta, no estágio fenológico de pós-colheita dos frutos de café, Uberlândia/MG, 2019.

Fonte: o autor.

A deposição de calda na região externa do dossel das plantas do cafeeiro, independentemente do terço, em geral diminuiu ligeiramente com o aumento da taxa de aplicação, como exibido na Figura 14. Contudo, no maior volume vegetativo, essa tendência não foi muito clara, principalmente nos estratos superior e inferior.

As taxas de 200 e 300 L ha⁻¹, em geral, apresentaram maiores deposições de calda, mostrando a capacidade dessas taxas de aumentar a cobertura foliar. Verifica-se que é possível utilizar menores taxas de aplicação dentro de cada grupo sem prejudicar a qualidade e distribuição de depósitos no dossel da planta de café. Esse resultado corrobora aqueles obtidos por Miranda *et al.* (2012), M. Ferreira, Leite e Lasmar (2013) e Vitória *et al.* (2018), segundo os quais o emprego de taxas de aplicação superiores a 400 L ha⁻¹ proporcionaram depósitos equivalentes em comparação com aqueles propiciados pelas menores taxas.

3.4 Pós-colheita dos frutos – Região interna

Em relação à parte interna do dossel, a interação entre os fatores TRV e taxa de aplicação também foi significativa nas folhas do terço superior e inferior da copa do cafeeiro, indicando dependência entre esses fatores. Em geral, no maior TRV foram obtidos os maiores depósitos de calda (cf. Tabela 9); porém, não houve diferença em relação à deposição quando da maior taxa de aplicação no que tange à região interna do terço superior.

TABELA 9 - Deposição do marcador Azul Brilhante no dossel de plantas de café, em ng cm⁻², no estágio fenológico de pós-colheita dos frutos de café, em função da taxa de aplicação e do TRV, na região interna, Uberlândia/MG, 2019.

Taxa de aplicação L ha ⁻¹	Terço superior interno			Terço mediano interno			Terço inferior interno		
	¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹		
	8.572	9.241	11.622	8.572	9.241	11.622	8.572	9.241	11.622
	ng cm ⁻²								
200	528,4 B	680,2 B	1089,8 A	700,4	1057,0	1241,0	862,2 B	910,6 B	1219,4 A
300	454,4 B	646,2 B	1028,8 A	1104,8	925,6	1336,4	847,0 B	948,0 B	1630,4 A
400	394,4 B	573,6 B	935,8 A	741,8	797,0	1319,6	777,0 B	909,0 B	1535,0 A
600	465,6 B	616,6 B	902,0 A	600,8	783,4	1151,6	743,8 B	810,6 B	1478,4 A
800	625,0 A	532,0 A	691,8 A	543,4	689,4	1025,0	710,4 B	665,8 B	1220,0 A
Média				688,8 C	850,5 B	1214,7 A			
	DMS _{TRV} = 256,83			DMS _{TRV} = 125,47			DMS _{TRV} = 225,98		
CV (%)	24,77			19,98			14,48		
F _{TRV}	45,3*			53,9*			136,2*		
F _{Taxa de aplicação}	1,9 ^{ns}			6,2*			6,7*		
F _{TRV x Taxa de aplicação}	2,1*			0,8 ^{ns}			2,5*		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem com base no teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. DMS_{TRV}: diferença mínima para *Tree-Row Volume* (TRV). CV: coeficiente de variação. *Significância em $\alpha = 0,05$. ^{ns}Não significativo. F_{TRV}, F_{Taxa de aplicação}, F_{TRV x Taxa de aplicação}: Valor de F para TRV, Taxa de aplicação e interação entre ambos os fatores, respectivamente.

Fonte: o autor.

Não houve interação entre os fatores em estudo para o terço mediano (cf. Tabela 9). Observa-se que o menor TRV ($8.572 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) proporcionou o menor depósito de calda na região interna.

Essa maior deposição em razão da menor densidade foliar (cf. Tabela 4) novamente pode ser atribuída ao fato de haver menor quantidade de folhas, ou seja, menor sobreposição dos ramos plagiotrópicos dos terços superiores aos terços inferiores. O formato da arquitetura da planta também aumenta o depósito de calda por unidade de área foliar (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007). Esse resultado corrobora aqueles obtidos por Souza Júnior *et al.* (2017) ao estudarem a influência das características do dossel na distribuição de calda pulverizada na cultura do café. Essa comprovação fica mais evidente quando se analisa o terço médio.

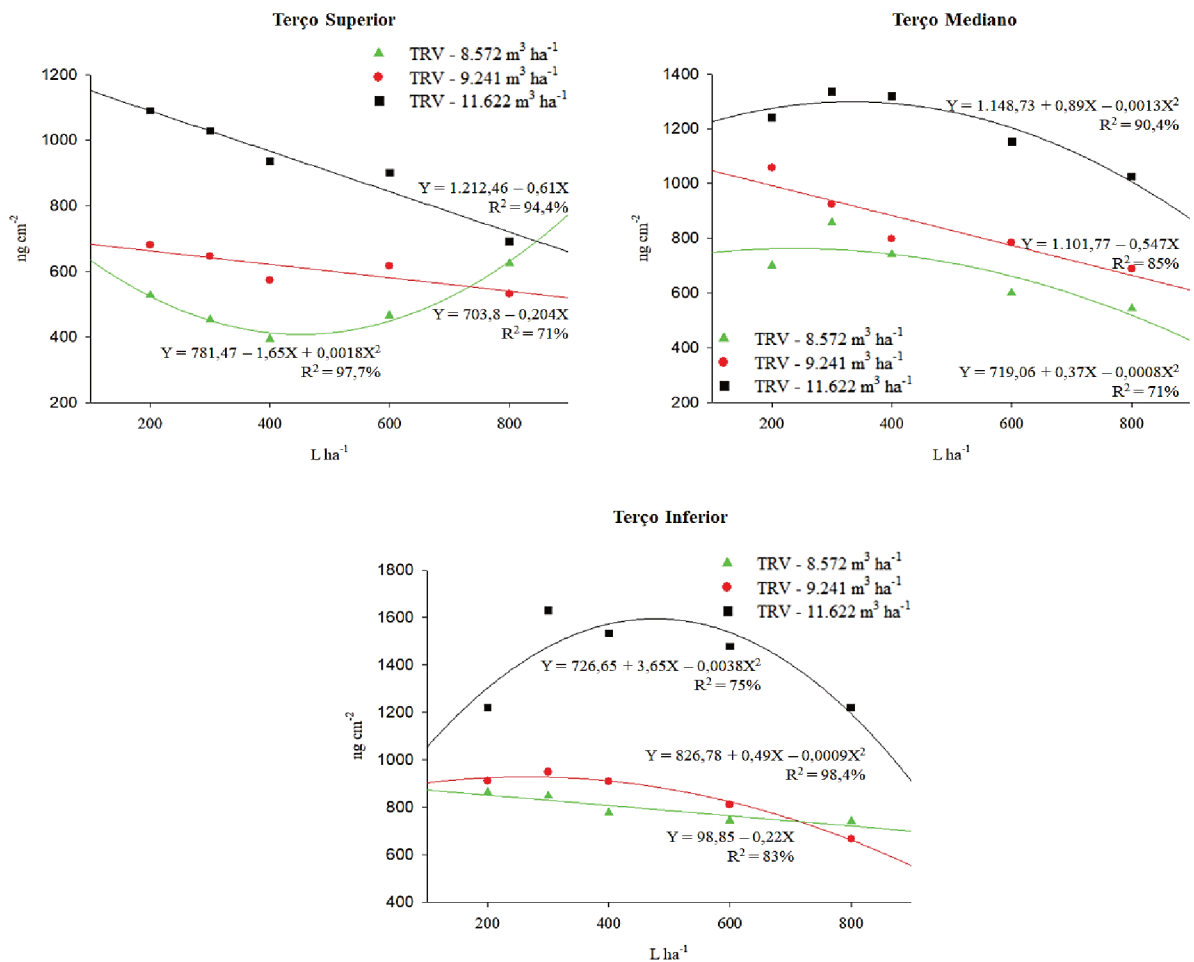


FIGURA 15 - Deposição de marcador (ng cm^{-2}), em função da taxa de aplicação e do volume de copa do cafeeiro, na região interna da planta, no estágio fenológico de pós-colheita dos frutos de café, Uberlândia/MG, 2019.

Fonte: o autor.

A deposição de calda na região interna do dossel das plantas do cafeeiro, independentemente do terço, em geral diminuiu com o aumento da taxa de aplicação. A taxa de aplicação é um fator que apresenta interferência na qualidade das aplicações, como demonstrado na Figura 15.

Conforme relatado anteriormente, Fernandes, Ferreira e Oliveira (2010) concluíram que a deposição no terço inferior de plantas de café mostrou-se crescente com o aumento na taxa aplicada, dentro do intervalo de 250 a 700 L ha⁻¹. Contudo, isso não foi verificado neste trabalho, o que pode ter ocorrido pela diferença do enfolhamento da cultura, que, conforme demonstrado no presente trabalho, interfere na deposição da calda.

As menores taxas de aplicação (200 e 300 L ha⁻¹), em geral, proporcionaram maiores depósitos de calda na região interna da planta, o que demonstra a capacidade dessas taxas de aumentar a cobertura foliar. A redução da taxa de aplicação de produtos fitossanitários tem sido bastante discutida para a cultura do cafeeiro (FERNANDES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2010; MIRANDA *et al.*, 2012; DECARO JUNIOR *et al.*, 2014). Segundo Viana *et al.* (2010), seria possível, obtendo-se uma distribuição uniforme com determinado diâmetro e número de gotas, lograr sucesso em uma aplicação mesmo com uma taxa de aplicação menor.

3.5 Enchimento dos grãos – Região externa

Em relação às aplicações no estágio fenológico de enchimento dos grãos de café, a interação entre os fatores TRV e taxa de aplicação foi significativa nas folhas dos distintos terços da copa, indicando a dependência entre esses fatores. Em geral, o menor TRV (9.375 m⁻³ ha⁻¹) proporcionou os maiores depósitos de calda (cf. Tabela 10); contudo, não houve diferença entre as taxas de aplicação de 300, 400, 600 e 800 L ha⁻¹ para o terço superior e entre as taxas 200 e 800 L ha⁻¹ para o terço mediano na região externa. Essa maior deposição em razão da menor densidade pode ser atribuída ao fato de que havia menor quantidade de folhas, ou seja, menor sobreposição entre elas (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007).

Souza Júnior *et al.* (2017) avaliaram a influência das características do dossel na distribuição de calda pulverizada nas plantas de café. Observaram que a densidade foliar de 1,0 kg m⁻³ planta proporcionou depósito de calda maior que aquele propiciado pelas densidades de 1,5 e 2,0 kg m⁻³ planta nas posições superior, mediana e inferior, em ordem decrescente.

TABELA 10 - Deposição do marcador Azul Brillhante no dossel do cafeeiro, em ng cm^{-2} , no estágio fenológico de enchimento dos grãos de café, em função da taxa de aplicação e do TRV, na região externa, Uberlândia/MG, 2019.

Taxa de aplicação L ha^{-1}	Terço superior externo			Terço mediano externo			Terço inferior externo		
	$^1\text{TRV m}^3 \text{ ha}^{-1}$			$^1\text{TRV m}^3 \text{ ha}^{-1}$			$^1\text{TRV m}^3 \text{ ha}^{-1}$		
	9.375	10.398	13.212	9.375	10.398	13.212	9.375	10.398	13.212
	ng cm^{-2}								
200	635,0 AB	393,4 B	761,2 A	1.451,4 A	1.531,8 A	1.670,0 A	1.294,4 A	848,8 B	693,0 B
300	653,8 A	404,2 A	593,0 A	1.443,6 AB	1.644,2 A	1.198,0 B	945,2 A	885,0 A	548,0 B
400	667,2 A	521,2 A	451,8 A	1.433,6 A	1.361,0 A	1.092,2 B	891,6 A	951,6 A	508,8 B
600	655,8 A	488,8 A	424,0 A	1.292,6 A	1.040,0 AB	1.000,0 B	826,6 A	903,4 A	455,0 B
800	642,2 A	566,2 A	426,0 A	1.074,6 A	980,8 A	1.063,4 A	669,6 B	847,2 A	422,4 B
	DMS $\text{TRV} = 264,33$			DMS $\text{TRV} = 267,14$			DMS $\text{TRV} = 232,11$		
CV (%)	31,28			13,59			19,46		
F TRV	6,7*			4,2*			52,9*		
F Taxa de aplicação	0,4 ^{ns}			22,4*			7,8*		
F $\text{TRV} \times$ Taxa de aplicação	2,1*			3,9*			3,3*		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem com base no teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. DMS TRV : diferença mínima para *Tree-Row Volume* (TRV). CV: coeficiente de variação. *Significância em $\alpha = 0,05$. ^{ns}Não significativo. F TRV , F Taxa de aplicação, F $\text{TRV} \times$ Taxa de aplicação: valor de F para TRV, Taxa de aplicação e interação entre ambos os fatores, respectivamente. Fonte: o autor.

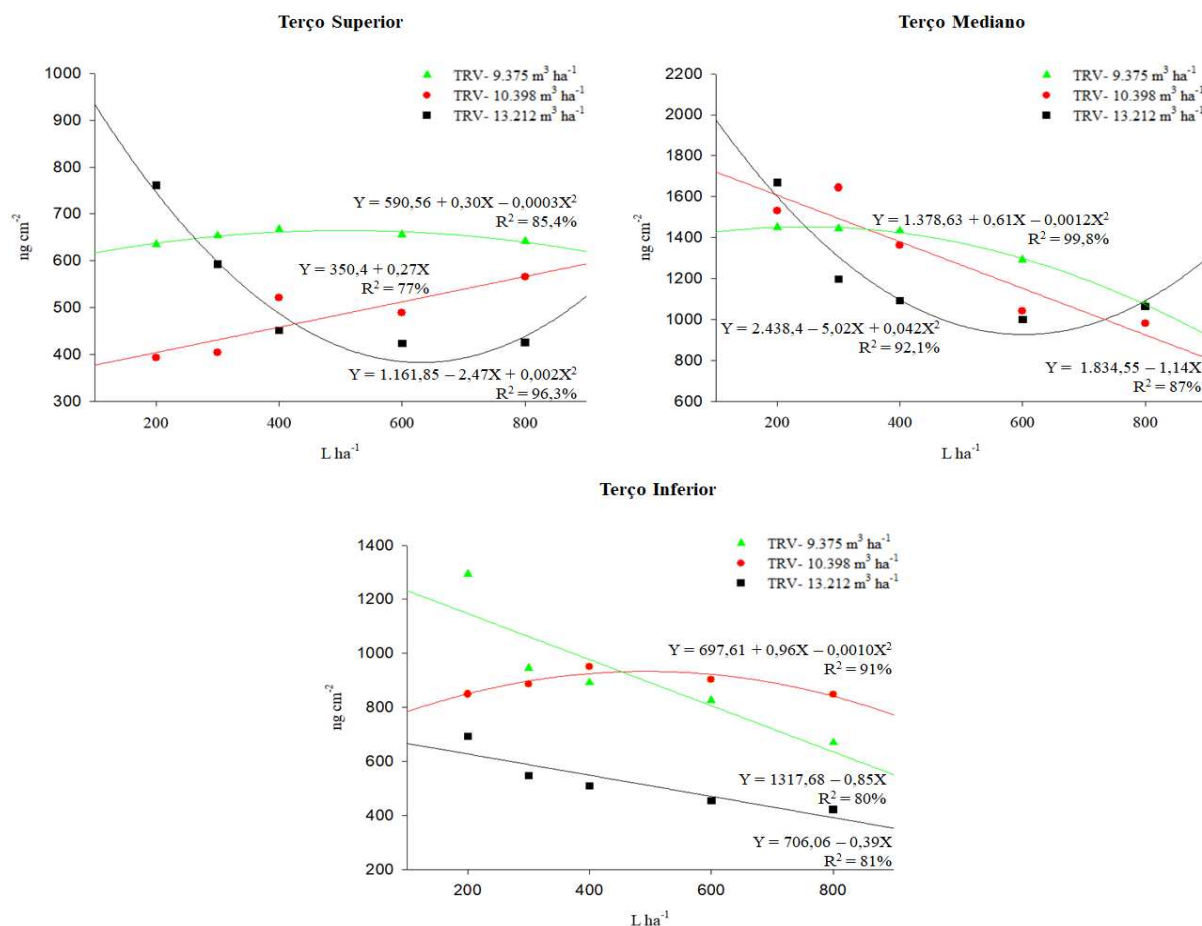


FIGURA 16 - Deposição de marcador (ng cm^{-2}), em função da taxa de aplicação e do volume de copa do cafeeiro, na região externa da planta, no estágio fenológico de enchimento dos grãos de café, Uberlândia/MG, 2019.

Fonte: o autor.

O maior TRV ($13.212 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) proporcionou o menor depósito de calda pulverizada na região externa do terço inferior da planta de café (cf. Tabela 10). Isso se deve ao fato de a região apresentar maior densidade foliar (Tabela 4), ou seja, maior sobreposição dos ramos plagiotrópicos e folhas, formando uma barreira física à penetração da calda nesse ponto.

A deposição de calda pulverizada na região externa do dossel das plantas do cafeeiro, com exceção do terço superior, em geral diminuiu com o aumento da taxa de aplicação. Isso fica claro na Figura 16.

Gitirana Neto *et al.* (2016) observaram que o aumento da taxa de aplicação de 200 para 400 L ha^{-1} não proporcionou incrementos de depósito de calda no ponteiro. Os resultados obtidos no presente estudo contrariam os dos referidos autores e de Vitória *et al.* (2018), que obtiveram depósitos equivalentes ao variarem as taxas de aplicação.

As taxas de 200 e 300 L ha^{-1} , em geral, apresentaram maiores deposições de calda, mostrando a capacidade dessas taxas de aumentar a cobertura foliar. Altas taxas de aplicação oneram a operação, considerando que uma fração dos produtos fitossanitários pode atingir locais que não são alvos, resultando em um manejo com pouca eficiência e elevado risco de contaminação ambiental, o que, por sua vez, coloca em xeque o desempenho operacional (CUNHA *et al.*, 2012).

3.6 Enchimento dos grãos – Região interna

Em relação à parte inferior do dossel, a interação entre os fatores volume vegetativo e taxa de aplicação não foi significativa para a variável resposta deposição de calda nas folhas internas do cafeeiro, indicando não dependência entre esses fatores (Tabela 11). No terço superior, ocorreu o menor depósito de calda pulverizada no maior TRV ($13.212 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Essa menor deposição ocorreu em razão da maior densidade foliar (cf. Tabela 3).

No terço mediano do cafeeiro, em geral o menor TRV ($9.375 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) proporcionou os maiores depósitos de calda na região interna (cf. Tabela 11); contudo, não houve diferença em relação à deposição para a taxa de aplicação de 300 L ha^{-1} . A possível proximidade das pontas do pulverizador com o estrato mediano da copa do cafeeiro pode auxiliar a explicar os resultados obtidos. Outro aspecto que pode explicar essa maior deposição é o fato de que a densidade foliar do menor TRV ($9.375 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) foi inferior àquela dos demais TRVs, como indicado na Tabela 4. Essa maior deposição em razão da menor densidade pode ser atribuída

ao fato de haver menor quantidade de folhas, ou seja, menor sobreposição entre elas (SOUZA; VELINI; PALLADINI, 2007).

TABELA 11 - Deposição do marcador Azul Brillhante no dossel de plantas de café, em $\mu\text{g cm}^{-2}$, no estágio fenológico de enchimento dos grãos, em função da taxa de aplicação e do TRV, na região interna, Uberlândia/MG, 2019.

Taxa de aplicação L ha ⁻¹	Terço superior interno			Terço mediano interno			Terço inferior interno		
	¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹		
	9.375	10.398	13.212	9.375	10.398	13.212	9.375	10.398	13.212
	$\mu\text{g cm}^{-2}$								
200	1.294,4 A	868,8 B	693,0 B	424,0 B	417,2 B	578,6 A	485	535	513
300	945,2 A	885,0 A	548,0 B	527,4 A	386,6 A	506,6 A	383,2	455	397,4
400	891,6 A	1.055,6 A	508,8 B	537,2 A	317,6 B	431,2 AB	294,8	375,4	297,4
600	826,6 A	823,4 A	455,0 B	600,4 A	268,6 B	380,0 B	326	232,2	299
800	669,6 B	929,2 A	422,4 C	740,0 A	294,4 C	463,0 B	390,4	392,2	319
Média							375,9 A	398,0 A	365,2 A
	DMS _{TRV} = 239,23			DMS _{TRV} = 152,13			DMS _{TRV} = 86,41		
CV (%)	19,85			21,7			33,26		
F _{TRV}	52,8*			33,5*			0,4 ^{ns}		
F Taxa de aplicação	7,4*			1,8 ^{ns}			7,2*		
F _{TRV x Taxa de aplicação}	3,7*			4,9*			0,5 ^{ns}		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem com base no teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. DMS_{TRV}: diferença mínima para *Tree-Row Volume* (TRV). CV: coeficiente de variação. *Significância em $\alpha = 0,05$. ^{ns}Não significativo. F_{TRV}, F Taxa de aplicação, F_{TRV x Taxa de aplicação}: valor de F para TRV, Taxa de aplicação e interação entre ambos os fatores, respectivamente.

Fonte: o autor.

Não houve interação entre os fatores em estudo para o terço inferior (cf. Tabela 11). Os TRVs não diferiram entre si quando se analisou a deposição do corante na região interna. Estes resultados corroboram aqueles obtidos por Miranda *et al.* (2012) e J. Silva, Cunha e Nomelini (2014).

A deposição de calda na região interna, independentemente do terço, em geral diminuiu com o aumento da taxa de aplicação até certo ponto, após o qual voltou a aumentar. Esse aumento do depósito fica evidente quando se utilizaram taxas de aplicação acima de 600 L ha⁻¹, como demonstrado na Figura 17.

Esforços têm sido feitos para reduzir as taxas de aplicação de produtos fitossanitários, visando reduzir custos e contaminação ambiental, bem como manter ou aumentar a eficiência da pulverização. Dessa maneira, aumenta-se a capacidade operacional dos pulverizadores, permitindo realização de trabalho em áreas maiores sob condições climáticas mais favoráveis (DECARO JUNIOR *et al.*, 2014).

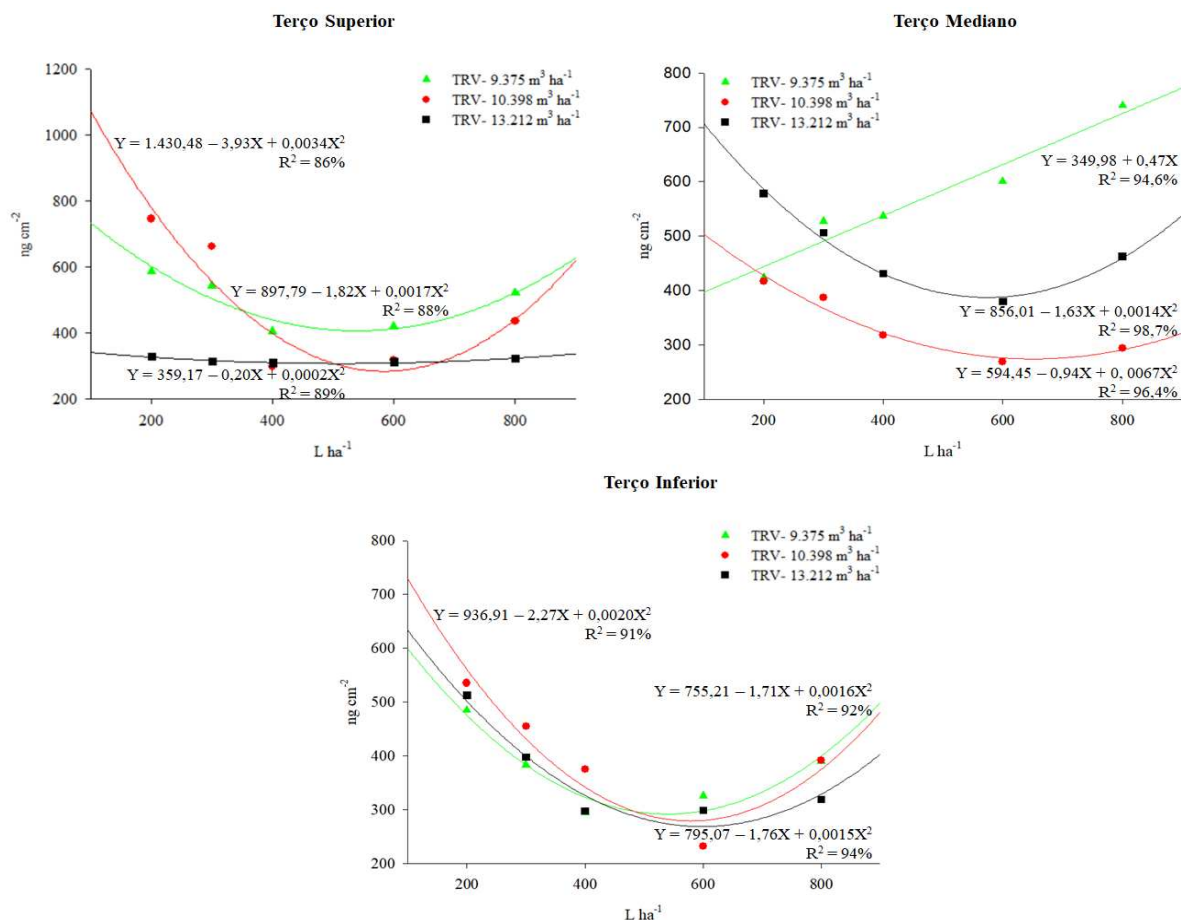


FIGURA 17 - Deposição de marcador (ng cm⁻²), em função da taxa de aplicação e do volume de copa do cafeeiro, na região interna da planta, no estágio fenológico de enchimento dos grãos de café, Uberlândia/MG, 2019.

Fonte: o autor.

3.7 Perda de calda para o solo

As perdas de calda para o solo foram estudadas pela deposição nas placas de Petri localizadas sobre o solo, sob a área de projeção da copa do cafeeiro. Observou-se que não houve interação entre os fatores TRV e taxas de aplicação nos distintos estádios fenológicos da cultura do café (cf. Tabela 12).

O DMV médio proporcionado nas cinco taxas de aplicação foi de 193 µm (cf. Tabela 2). Assim, de forma geral, tem-se uma menor propensão ao escorrimento de gotas, o que em geral ocorre com gotas mais grossas (CUNHA *et al.*, 2004). Czacyk, Kruger e Hewitt (2012) afirmam que gotas grandes podem ressaltar, quebrar e escorregar das folhas ou outros alvos.

Nos maiores TRVs (16.200 e 11.622 m³ ha⁻¹), foram obtidas as maiores perdas de calda nas placas de Petri, nos estádios fenológicos de maturação e pós-colheita dos frutos,

respectivamente (cf. Tabela 12). As variações de densidades foliares têm influência direta na penetração e deposição de calda de produtos fitossanitários no cafeeiro (J. SILVA; CUNHA; NOMELINI, 2014; SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2017). Esse efeito da redução da densidade foliar se dá pelo fato de que, no estágio de pós-colheita, têm-se a ação mecânica de desfolha provocada pela ação das hastes da colhedora (SANTINATO *et al.*, 2014) e variações sazonais que ocorrem em função da disponibilidade hídrica e da variação na temperatura (MATTA *et al.*, 2007).

TABELA 12 - Deposição do marcador Azul Brilhante em placas de Petri no solo, em $\mu\text{g cm}^{-2}$, nos três estádios fenológico na cultura do café, em função da taxa de aplicação e do TRV, Uberlândia/MG, 2019.

Taxa de aplicação L ha ⁻¹	Maturação do café			Pós colheita dos frutos			Enchimento dos grãos		
	¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹			¹ TRV m ³ ha ⁻¹		
	10.230	12.453	16.200	8.572	9.241	11.622	9.375	10.398	13.212
	$\mu\text{g cm}^{-2}$								
200	334,6	610,6	497,4	1.063,8	1.219,4	2.285,50	1.063,8	1.010,2	735,4
300	483,0	770,0	747,4	1.568,1	1.228,6	2.393,21	1.568,0	1.211,2	751,4
400	683,6	846,2	1061,8	1.800,5	1.467,3	2.465,39	1.800,4	1.325,8	972,8
600	737,0	1057,0	1071,6	1.754,9	1.624,9	2.569,55	1.915,0	1.282,2	1.085,8
800	856,8	1426,2	1104,6	1.916,4	1.994,2	2.592,35	1.916,4	1.344,8	1.320,8
Média	942,0 A	619,0 B	896,6 A	1.620,7 B	1.506,8 B	2.461,2 A	1.652,7 A	1.234,8 B	973,2 C
	DMS _{TRV} = 253,96			DMS _{TRV} = 363,78			DMS _{TRV} = 229,76		
CV (%)	45,31			28,54			26,09		
F _{TRV}	5,54*			24,03*			26,04*		
F Taxa de aplicação	6,92*			3,23*			7,28*		
F _{TRV x Taxa de aplicação}	0,40 ^{ns}			0,44 ^{ns}			0,95 ^{ns}		

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem com base no teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade. DMS_{TRV}: diferença mínima para *Tree-Row Volume* (TRV). CV: coeficiente de variação. *Significância em $\alpha = 0,05$. ^{ns}Não significativo. F_{TRV}, F Taxa de aplicação, F_{TRV x Taxa de aplicação}: valor de F para TRV, Taxa de aplicação e interação entre ambos os fatores, respectivamente.

Fonte: o autor.

A adequação das taxas de aplicações, para que satisfaçam às necessidades do molhamento foliar, com o mínimo de desperdício de calda pulverizada, requer estudos para viabilizar e otimizar a aplicação de produtos fitossanitários, principalmente para culturas arbóreas (ALVES; CUNHA, 2014; SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2017). O excesso da calda que a folha não comporta escorre, concorrendo para a contaminação do solo (SILVA, A.; LEITE; FERREIRA, 2008).

A deposição de calda nas placas de Petri, independentemente do TRV, nos distintos estádios fenológicos da cultura, via de regra, aumenta com o incremento da taxa de aplicação, como demonstrado na Figura 18. As taxas de aplicação de 200 e 300 L ha⁻¹, em geral, apresentaram menores perdas de calda para o solo e maiores deposições no dossel, mostrando a capacidade dessa taxa de aumentar a cobertura foliar e diminuir o escorrimento.

Segundo Gitirana Neto *et al.* (2016), o emprego de diferentes taxas e técnicas de aplicação de produtos fitossanitários no café não influenciou as perdas de calda para o solo. Esse resultado é corroborado por aqueles obtidos por Vitória *et al.* (2018), segundo os quais as perdas de calda para o solo foram equivalentes quando se variaram as taxas de aplicação entre 498 e 782 L ha⁻¹. Esses resultados, não obstante, são contrários àqueles obtidos no presente estudo, o que pode estar ligado à arquitetura das plantas ou às densidades foliares.

De forma geral, a pulverização de produtos fitossanitários, empregando taxas de aplicação acima de 400 L ha⁻¹, não se mostrou condizente com os critérios de Boas Práticas Agrícolas (BPA), além de aumentar os custos operacionais (DECARO JUNIOR *et al.*, 2014; MIRANDA *et al.*, 2012).

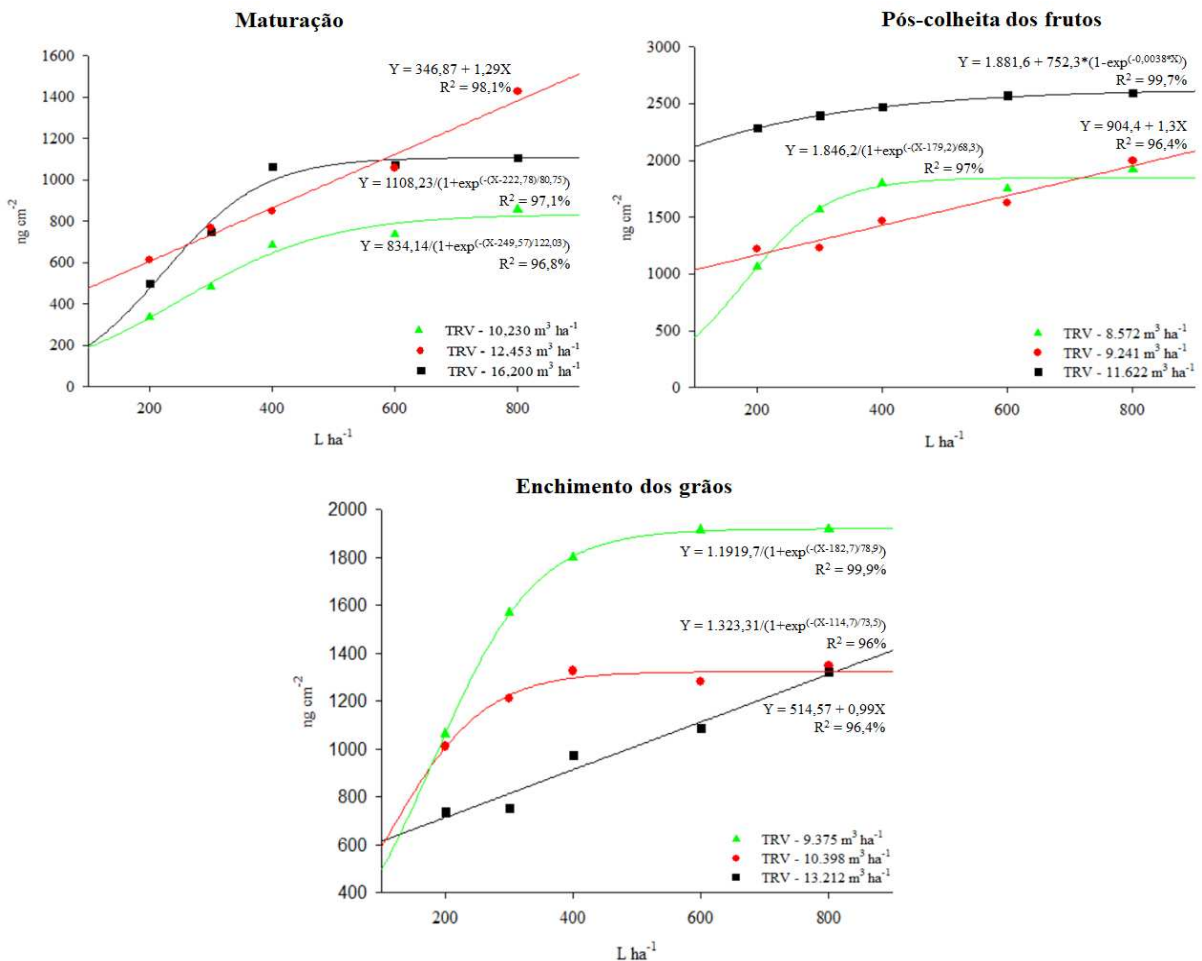


FIGURA 18 - Deposição de marcador no solo (ng cm⁻²), em função da taxa de aplicação e do volume de copa do cafeeiro, nos distintos estádios fenológicos da planta de café, Uberlândia/MG, 2019.

Fonte: o autor.

3.8 Índice de volume para o cafeeiro

O uso de produtos fitossanitários nas lavouras de café possibilita a manutenção dos potenciais produtivos e da qualidade dos produtos comercializado. O manejo fitossanitário é muito importante nos cultivos em escala comercial, pois, somente ao se manejar com eficácia pragas, microrganismos fitopatogênicos e plantas infestantes, a cultura passa a expressar seu potencial genético (SILVA, 2013; ALVES, 2014).

A cafeicultura mineira, principalmente na região do Cerrado, conta com boa aceitação no mercado externo. Os cafês comercializados que são oriundos dessa região necessitam de critérios para acreditação. Dentre os critérios, destaca-se a racionalização do uso de agrotóxicos (SOUSA JÚNIOR *et al.*, 2017). Por conseguinte, é fundamental que as técnicas de aplicação sejam empregadas corretamente (CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011), de modo que o ingrediente ativo seja depositado nos alvos biológicos no momento mais adequado, na quantidade correta e com o mínimo de desperdício e contaminação ambiental (MATTHEWS, 2008).

Torna-se necessário conhecer bem o equipamento de pulverização e a arquitetura da planta, a fim de obter máxima eficiência (ALVES; CUNHA, 2014). Nesse contexto, é imprescindível que os equipamentos utilizados para as pulverizações sejam submetidos a uma correta regulagem e calibração (RUAS *et al.*, 2015). Contudo, o uso do método do TRV nesse processo requer o conhecimento do índice de volume (*IV*), que corresponde ao volume necessário para cobrir adequadamente 1 m³ do dossel da planta. O ajuste da taxa de aplicação em relação ao volume de vegetação da copa das espécies arbóreas tem-se mostrado uma forma de tornar as aplicações de produtos fitossanitários mais eficientes.

Os volumes de copa do cafeeiro, no presente estudo, variaram de 8.572 a 16.200 m³ ha⁻¹ em diferentes estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura; e o *IV*, de 12,3 a 93,3 L 1000 m⁻³. Analisando-se os fatores taxa de aplicação e TRV, foi possível convertê-los em *IV* (cf. Tabela 13). Em seguida, construíram-se gráficos relacionando o *IV* às variáveis deposição de calda média por planta e perda para o solo. Contudo, não foi possível estabelecer modelos matemáticos significativos, haja vista o comportamento dos dados (Figura 19).

A partir dos dados de depósito de calda e perda para o solo, inferiu-se, para cada estágio de desenvolvimento do cafeeiro, o *IV* adequado a cada situação. Esse *IV* foi ajustado

de forma a permitir maior molhamento da planta e menor perda por escoamento de gotas para o solo.

No período de maturação, o índice de volume de 19,5 L 1000 m⁻³ proporcionou os maiores depósitos no dossel e a menores perdas de calda para o solo. Já no período de pós-colheita, o índice de volume de 25,8 L 1000 m⁻³ proporcionou o maior depósito no dossel. Por sua vez, no período de enchimento dos grãos, o índice de volume de 21,3 L 1000 m⁻³ possibilitou a maior deposição.

TABELA 13 - Índices de volume de pulverização (*IV*) calculados para diferentes condições de aplicação empregadas nos ensaios a campo, Uberlândia/MG, 2019.

Estádios fenológicos	Taxa de aplicação (L ha ⁻¹)	TRV		
		1*	2**	3***
		10.230 (m ³ ha ⁻¹)	12.453 (m ³ ha ⁻¹)	16.200 (m ³ ha ⁻¹)
		<i>IV</i> (L 1000 m ⁻³)		
Maturação	200	19,5	16,0	12,3
	300	29,3	24,0	18,5
	400	39,1	32,1	24,7
	600	58,6	48,2	37,0
	800	78,2	64,2	49,4
		8.572 (m ³ ha ⁻¹)	9.241 (m ³ ha ⁻¹)	11.622 (m ³ ha ⁻¹)
		<i>IV</i> (L 1000 m ⁻³)		
Pós-colheita dos frutos	200	23,3	21,6	17,2
	300	34,9	32,4	25,8
	400	46,6	43,3	34,4
	600	70,0	64,9	51,6
	800	93,3	86,5	68,8
		9.375 (m ³ ha ⁻¹)	10.398 (m ³ ha ⁻¹)	13.212 (m ³ ha ⁻¹)
		<i>IV</i> (L 1000 m ⁻³)		
Enchimento dos grãos	200	21,3	19,2	15,1
	300	32,0	28,8	22,7
	400	42,6	38,5	30,3
	600	64,0	57,7	45,4
	800	85,3	76,9	60,5

*Talhão 1 - Cultivado com a cultivar Topázio MG 1190; ** Talhão 2 - Cultivado com a cultivar Catuaí vermelho IAC 99; ***Talhão 3 - Cultivado com a cultivar Topázio MG 1190.

Fonte: o autor.

O volume da copa das plantas de café influencia o depósito da calda pulverizada sobre as folhas do dossel do cafeeiro; portanto, precisa ser considerado na definição da taxa de aplicação. Todavia, verificou-se que não há uma relação definida entre depósito e volume de copa. Maiores volumes ora estão atrelados a maiores deposições de calda nas folhas; ora, a

menores. Em muitos casos, notou-se que a densidade foliar ajuda a explicar essa relação e, por isso, também deve ser considerada na definição das taxas de aplicação.

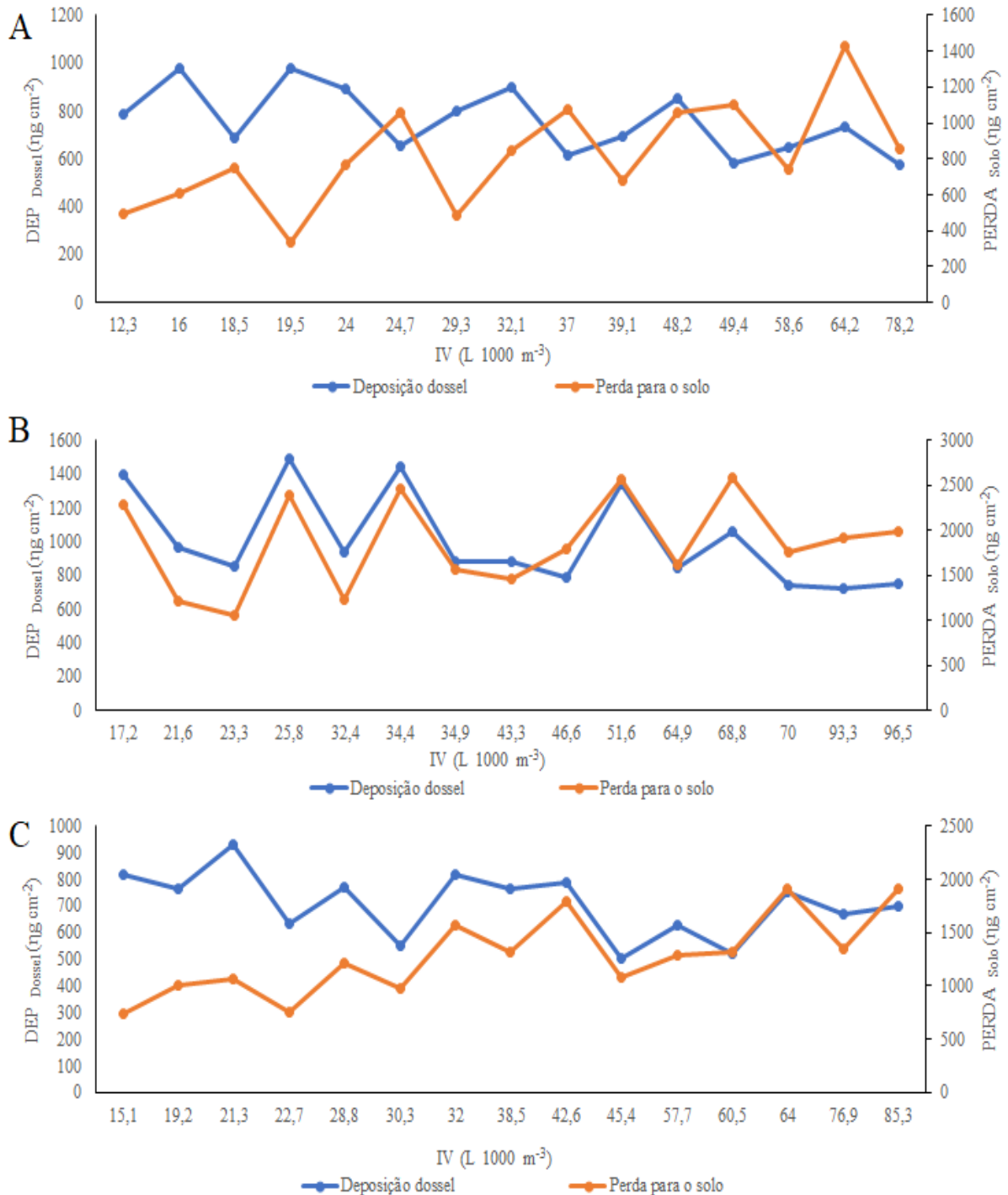


FIGURA 19 - Deposição de calda no dossel da planta (ng cm⁻²) e perda para o solo (ng cm⁻²) em função do índice de volume (IV) para a cultura do café, nos estádios de maturação (A), pós-colheita (B) e enchimento dos grãos (C).

Fonte: o autor.

A mensuração do volume de copa a campo é relativamente simples; contudo, o mesmo não ocorre para a densidade foliar, cuja avaliação é morosa. Logo, novos métodos para definir a densidade foliar precisam ser desenvolvidos para proporcionar uma determinação mais prática e exequível.

4 CONCLUSÕES

O volume da copa das plantas e, se possível, a densidade foliar devem ser considerados na definição da taxa de aplicação para a cultura do café.

É possível reduzir as taxas de aplicação de produtos fitossanitários para valores próximos a 200 L ha⁻¹, inclusive com incremento de deposição em algumas condições operacionais na cultura do café e com redução das perdas para o solo.

Foram definidos índices de volume (*IV*) para distintos estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura de café, de forma a permitir molhamento adequado do dossel e menor perda para o solo.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, C. B. **Automatização de um pulverizador hidropneumático visando o controle do espectro de gotas em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar.** 2012. 128f. Tese (Doutorado em Ciência) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em: <http://locus.ufv.br/handle/123456789/717>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- ALVARENGA, C. B.; TEXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Efficiency of the spray tip using hydraulic hollow cone from the spectral analysis of the droplets. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava, v. 5, n. 3, p. 41-50, set./dec. 2012. DOI: <https://doi.org/10.5777/paet.v5i3.1919>. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1919>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Air and liquid volumetric distribution in vertical in a hydropneumatic sprayer. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava, v. 7, n. 1, p. 71-79, jan./abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5935/PAeT.V7.N1.08>. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/2649/2245>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Field data and prediction models of pesticide spray drift on coffee crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, p. 622-629, ago. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000800006>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X20140008000622&lng=en&tlng=en. Acesso em: 15 ago. 2018.
- BYERS, R. E.; HICKEY, K. D.; HILL, C. H. Base gallonage per acre. **Virginia Fruit**, Virginia, v. 60, p. 19-23, 1971.
- CARRÉ-MISSIO, V.; RODRIGUES, F. Á.; SCHURT, D.A.; MOREIRA, W.R.; REZENDE, D.C.; KORNODÖRFER, G.H.; ZAMBOLIM, L. Proteção local, não sistêmica, do silicato de potássio reduz os sintomas da ferrugem do cafeeiro. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 275-280, jul./ago. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-56762012000400007>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-56762012000400007&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 17 set. 2018.
- CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeeiro, **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, jan./apr. 2012. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/7886>. Acesso em: 20 set. 2018.
- CHEN, Y.; OZKAN, H. E.; ZHU, H.; DERKSEN, R. C.; KRAUSE, C. R. Spray deposition inside tree canopies from a newly developed variable-rate air-assisted sprayer. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 56, n. 6, p. 1263-1272, 2013. DOI: 10.13031/trans.56.9839. Disponível em: <https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=44134&t=3&dabs=Y&redir=&redirType=>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira: café. Safra 2018. Quarto Levantamento. **CONAB**, Brasília, DF, v. 5. n. 4, dez. 2018. 80 p.

Disponível em:

https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/24571_eec1a3f8fdc30883717a497a09f7d159. Acesso em: 31 dez. 2018.

CUNHA, J. P. A. R.; CHUECA, P.; GARCERÁ, C.; MOLTO, E. Risk assessment of pesticide spray drift from citrus applications with air-blast sprayers in Spain. **Crop Protection**, [s.l.], v. 42, p. 116-123, dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.06.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026121941200169X?via=ihub>. Acesso em: 21 dez. 2019.

CUNHA, J. P. A. R.; GITIRANA NETO, J.; BUENO, M. R. Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.) **Interciencia**, Caracas, v. 36, n. 4, p. 312-316, abr. 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917994012>. Acesso em: 15 out. 2018.

CUNHA, J. P. A. R. TEXEIRA, M. M.; VIEIRA, R. F.; FERNANDES, H. C.; COURY, J. R. Espectro de gotas de bico de pulverização hidráulicos de jato plano e de jato cônico vazio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 10, p. 977-985, out. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001000005>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-204X2004001000005&script=sci_arttext. Acesso em: 16 out. 2018.

CZACZYK, Z.; KRUGER, G.; HEWITT, A. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, Poznan, v. 52, p. 415-420, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2478/10045-012-0068-6>. Disponível em: <http://www.plantprotection.pl/Droplet-size-classification-of-air-induction-flat-fan-nozzles,93687,0,2.html>. Acesso em: 29 jun. 2019.

DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; FOUQUET, G. Reducing spray volume for the control of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) in coffee plants. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 491-498, out./dez. 2015. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8152>. Acesso em: 12 ago. 2019.

DECARO JUNIOR, S. T.; FERREIRA, M. C.; LASMAR, O.; CAMPOS, H. B. N. Relationship among variables of sprays applied at reduced volumes in a coffee plantation. **Aspects of Applied Biology**, Oxford, v. 122, p. 415-422, jan. 2014. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143073862>. Acesso em: 10 ago. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. 3. ed. Brasília, 2013.

EMILIO, S. K.; EMILIO, S.; SILVA, E. A.; ARRUDA, F. B.; SILVEIRA, J. M. C.; SOUZA, P. S.; PIRES, R. C. M. Variação sazonal do potencial da água nas folhas de cafeeiro em Mococa, SP, **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 421-428, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90867218>. Acesso em: 21 out. 2018.

FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, R.; MICHELIM, V. Condução das podas do cafeeiro irrigado por gotejamento cultivado no Cerrado de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 110-19, 2012. Disponível em:

<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/ciencias%20agrarias/conducao%20das%20podas.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2018.

FERNANDES, A. P.; FERREIRA, M. C.; OLIVEIRA, C. A. L. Eficiência de diferentes ramais de pulverização e volumes de calda no controle de *Brevipalpus phoenicis* na cultura do café. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 54, n. 1, p. 130-135, mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000100018>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0085-56262010000100018&script=sci_arttext. Acesso em: 15 dez. 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um guia dos seus procedimentos de comparações múltiplas Bootstrap. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, mar.-abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542014000200001. Acesso em: 08 ago. 2019.

FERREIRA, M. da C.; LEITE, G. J.; LASMAR, O. Cobertura e depósito de calda fitossanitária em plantas de café pulverizadas com equipamento original e adaptado para plantas altas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, Supl. 1, p. 1539-1548, nov. 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15220>. Acesso em: 22 jul. 2019.

GIL, E.; ESCOLÀ, A.; ROSELL, J. R.; PLANAS, S.; VAL, L. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors. **Crop Protection**, Surrey, v. 26, n. 8, p. 1287-1297, ago. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.11.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219406003528>. Acesso em: 10 jan. 2018.

GITIRANA NETO, J; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; LASMAR, O.; BORGES, E. B. Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 267-275, apr./jun. 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8071>. Acesso em: 01 jan. 2019.

INFANTE, F., PÉREZ, J.; VEGA, F.E. Redirect research to control coffee pest. **Nature**, [s.l.], v. 489, p. 502-502, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1038/489502a>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/489502a.pdf?origin=ppub>. Acesso em: 22 fev. 2020.

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

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. G.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010.

MATTA, F. M. da.; RONCHI, C. P.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 4, p. 485-510, out./dez. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202007000400014>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-04202007000400014&lng=en&tlng=en. Acesso em: 10 jan. 2019.

MATTHEWS, G. A. Developments in application technology. **Environmentalist**, Paris, v. 28, n. 1, p. 19-24, mar. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10669-007-9039-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10669-007-9039-2>. Acesso em: 30 jun. 2019.

MEWES, W. L. C.; TEXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; CECON, P. R.; ALVARENGA, C. B. Deposição de calda em eucalipto, utilizando pulverização pneumática. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 283-288, mar./apr. 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7621>. Acesso em: 12 jan. 2019.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. R. A. **Manual de aplicação de produtos fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010.

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; SILVA, V. C.; CUNHA, M. D. Q.; CARVALHO, R. H.; PINHEIRO, J. M.; GONÇALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; ARAÚJO, D. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes taxas de aplicação. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, abr. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v4n12012369>. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/369>. Acesso em: 21 jan. 2019.

MIRANDA-FUENTES, A.; LIORENS, J.; RODRÍGUEZ-LIZANA, A.; CUENCA, A.; GIL, E.; BLANCO-ROLDÁN, G. L.; GIL-RIBES, J. A. Assessing the optimal liquid volume to be sprayed on isolated olive trees according to their canopy volumes. **Science of The Total Environment**, [s.l.], v. 568, s/n., p. 296-305, out. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969716311846?via=ihub>. Acesso em: 26 mar. 2019.

NASCIMENTO, L. M.; SPEHAR, C. R.; SANDRI, D. Produtividade de cafeeiro orgânico no cerrado após a poda sob diferentes regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 354-365, jul./set. 2014. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8060>. Acesso em: 12 dez. 2018.

PERGHER, G.; PETRIS, R. Pesticide dose adjustment in vineyard spraying and potential for dose reduction. Manuscript ALNARP 08 011. **Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal**, [s.l.], v. 10, p. 1-9, maio. 2008. Disponível em: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1254>. Acesso em: 20 jan. 2019.

RUAS, R. A. A.; SICHOKI, D.; DEZORDI, L. R.; CARVALHO FILHO, A.; GOD, P. I. V. G. Proposta de método para a inspeção em pulverizadores hidropneumáticos. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 76-82, jan./mar. 2015. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8106>. Acesso em: 15 jan. 2019.

RÜEGG, J.; VIRET, O.; RAISIGL, U. Adaptation of spray dosage in stone-fruit orchards on the basis of the tree row volume. **EPP0 Bulletin**, v. 29, n. 1-2, p. 103-110, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2338.1999.tb00803.x>. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2338.1999.tb00803.x>. Acesso em: 12 dez. 2018.

SÁNCHEZ-HERMOSILLA, J.; PÁEZ, F.; RINCÓN, V.; PÉREZ-ALONSO, J. Volume application rate adapted to the canopy size in greenhouse tomato crops. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 70, n. 6, p. 390-396, nov./dez. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000600003>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162013000600003&lng=en&tlng=en. Acesso em: 22 dez. 2018.

SANTINATO, F.; SILVA, R. P.; CASSIA, M. T.; SANTINATO, R. Análise qualitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 495-505, out./dez. 2014. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8091>. Acesso em: 14 jan. 2019.

SANTINATO, F.; SILVA, C. D.; SILVA, R. P.; RUAS, R. A. A.; FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R. Colheita mecanizada do café em lavouras de primeira safra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1215-1219, nov. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n12p1215-1219>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015001201215&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 30 jun. 2020. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/10550>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SAYINCI, B.; BASTABAN, S. Spray distribution uniformity of different types of nozzles and its spray deposition on potato plant. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 6, n. 1, p. 352-362, jan. 2011. DOI: 10.5897/AJAR10.480. Disponível em: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/429F26D37894>. Acesso em: 10 dez. 2018.

SCALON, J. D.; ALVES, G. F.; AVELAR, M. B. L.; ZACARIAS, M. S. Spatial distribution of the coffee leaf-miner (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville & Perrottet, 1842)) in an organic coffee (*Coffea arabica* L.) field in formation. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 226-232, set./dez. 2011. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/7936>. Acesso em: 28 out. 2018.

SCAPIN, M.S.; BEHLAU, F.; SCANDELAI, L. H. M.; FERNANDES, R. S.; JÚNIOR, G. J. S.; RAMOS, H. H. Tree-row-volume-based sprays of copper bactericide for control of citrus canker. **Crop Protection**, Surrey, v. 77, p. 119-126, nov. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.07.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219415300636>. Acesso em: 20 fev. 2018.

SIEGFRIED, W.; VIRET, O.; HUBER, B.; WOHLHAUSER, R. Dosage of plant protection products adapted to leaf area index in viticulture. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 73-82, fev. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.04.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219406000950>. Acesso em: 15 jan. 2018.

SILVA, A. R.; LEITE, M. T.; FERREIRA, M. C. Estimativa da área foliar e capacidade de retenção de calda fitossanitária em cafeeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 66-73, jul./set. 2008. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6872>. Acesso em: 25 jan. 2019.

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NOMELINI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1302-1306, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306>. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/10536>. Acesso em: 30 jun. 2020. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014001200015&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 15 jan. 2019.

SILVA JÚNIOR, G. J.; SCAPIN, M. da S.; SILVA, F.P.; SILVA, A.R.P.; BEHLAU, F. RAMOS, H.H. Spray volume and fungicide rates for citrus black spot control based on tree canopy volume. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 85, p. 38-45, jul. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.03.014>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026121941630045X>. Acesso em: 15 jan. 2019.

SOUZA, R. T.; VELINI, E. D.; PALLADINI, L. A. Aspectos metodológicos para análise de depósitos de pulverizações pela determinação dos depósitos pontuais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 195- 202, jan./mar. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582007000100022>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-83582007000100022&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 27 jan. 2019.

SOUSA JÚNIOR, J. M.; RUAS, R. A. A.; SILVA, C. D.; FARIA, V. R.; FILHO, A. C.; VIEIRA, L. C. Determinação do índice de volume de pulverização para a cultura do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 82-90, jan./mar. 2017. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8264>. Acesso em: 25 jan. 2019.

SOUZA JÚNIOR, J. M. de; RUAS, R. A. A.; DUARTE, L. O.; FARIA, V. R.; CARVALHO FILHO, A.; SANTOS JÚNIOR, C.R. Influência da densidade foliar na distribuição de calda no dossel do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 216-222, apr./jun. 2017. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8647>. Acesso em: 28 jan. 2018.

SUTTON, T. B.; UNRATH, C. R. Evaluation of the tree-row-volume model for full season pesticide application on apples. **Plant Disease**, Madison, v. 72, n. 7, p. 629-632, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-72-0629>. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1988Abstracts/PD_72_629.htm. Acesso em: 1º jul. 2019.

TACHIBANA, A.; ANTUNIASSI, U. R. Avaliação de sistemas de aplicação de defensivos para a citricultura. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 1-17, 2008.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, M. C.; TEIXEIRA, M. M.; ROSELL, J. R.; TUFFI SANTOS, L. D.; MACHADO, A. F. L. Distribuição volumétrica e espectro de gotas

de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, abr./jun. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000200024>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-83582010000200024&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 15 jan. 2018.

VITÓRIA, E. L.; RODRIGUES, J. P.; SIMON, C. P.; PEREIRA, R. C. Pulverização hidropneumática usando equipamentos com e sem assistência eletrostática em cafeeiro Conilon. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 217-228, maio/jun. 2018. DOI: <https://doi.org/10.13083/reveng.v26i3.845>. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/755>. Acesso em: 25 abr. 2019.

CAPÍTULO III

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM APLICATIVO MÓVEL (SprayCafé) PARA REGULAGEM DE PULVERIZADORES NA CAFEICULTURA

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM APLICATIVO MÓVEL (SprayCafé) PARA REGULAGEM DE PULVERIZADORES NA CAFEICULTURA

RESUMO

O avanço no desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, tem permitido aos agricultores a tomada de decisões mais assertivas na gestão do agronegócio. Este artigo aborda o desenvolvimento e a avaliação de um aplicativo para sistema operacional Android, aplicativo esse destinado a pessoas que lidam com a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura e também ao uso como ferramenta didática para o ensino da referida área. O aplicativo disponibiliza os principais dados necessários a uma correta regulagem e calibração de pulverizadores hidropneumáticos (turboatomizadores) para as aplicações de produtos fitossanitários em cafezais. Dentre as funcionalidades, realiza o cálculo da taxa de aplicação adequada a cada situação ($L\ ha^{-1}$), a partir da inserção de dados obtidos em campo, como volumetria da copa das árvores. O aplicativo, intitulado SprayCafé, foi desenvolvido para a plataforma Android utilizando a linguagem Java e o IDE (*Integrated Development Environment*) Android Studio. Sua avaliação foi realizada por meio da aplicação de um questionário aplicado junto a 139 usuários que aferiram quesitos como: facilidade de uso, tempo de carregamento, adequação à resolução da tela, relevância dos dados, sequência das informações e aplicabilidade. O sistema mostrou-se simples e robusto, tendo sido avaliado como adequado à realidade do campo e de grande valia à cafeicultura, principalmente por permitir aplicações de fitossanitários mais adequadas e seguras. A interface gráfica é interativa e de fácil utilização, requerendo pouco conhecimento técnico em agricultura digital.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica*, SprayCafé, tecnologia de aplicação.

DEVELOPMENT AND ASSESSMENT OF A MOBILE APP (SprayCafé) TO CALIBRATE SPRAYERS IN COFFEE PLANTING

ABSTRACT

Mobile app development advances, particularly for smartphones and tablets, have allowed farmers to make more assertive decisions in their agrobusiness management. This article addresses the development and assessment of an Android app aimed at pesticide application in coffee planting and teaching in this domain. The mobile app provides the main data necessary for correct calibration of hydropneumatic sprayers to apply pesticide in coffee planting. Its functionalities include calculating the application rate for each situation ($L\ ha^{-1}$) based on data obtained in the field, such as canopy volume. The app, entitled SprayCafé, was developed for the Android platform using the Java programming language in the IDE (Integrated Development Environment) Android Studio. The assessment was based on a questionnaire answered by 139 users, who ranked the following requirements: ease of use, loading time, adequacy of screen resolution, relevance of data, sequence of information and applicability, among others. The system proved to be simple and robust; it was assessed as adequate to the field and of great value for coffee planting, especially because it allows safer and more adequate pesticide applications. The graphical user interface is interactive and easy to use, requiring little technical knowledge of digital agriculture.

KEYWORDS: *Coffea arabica*, SprayCafé app, application technology.

1 INTRODUÇÃO

O rápido avanço tecnológico e as melhorias de *hardware* dos dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*) permitiram o desenvolvimento de sistemas operacionais mais avançados. Com isso, foi possível desenvolver aplicativos (*apps*) com cada vez mais recursos e serviços ao usuário (SERRANO; HERNANTES; GALLARDO, 2013; M. SILVA; SANTOS, 2014; PRESSMAN; MAXIM, 2016). Devido a essa evolução tecnológica, o mercado de aplicativos para dispositivos móveis apresenta uma demanda crescente por novos produtos e serviços, pressionando tanto empresas como organizações a desenvolverem *apps* para as distintas áreas da sociedade, a fim de atender às suas necessidades específicas (TIBES; DIAS; ZEM-MASCARENHAS, 2014; LUIZ FILHO *et al.*, 2017; FELICIANO; FROGERI, 2018; MORAIS *et al.*, 2018; MARTINS FILHO; CORSO, 2019).

A agricultura pode se beneficiar intensamente da mobilidade e acesso remoto às informações proporcionados por tais dispositivos móveis (LOPES, 2019). O setor agrícola, em particular, está entre os setores empresariais mais importantes do mundo, já que é o principal fornecedor de alimentos. No entanto, o desenvolvimento de aplicativos móveis agrícolas, comumente chamados de AppMAs, têm sido negligenciados em termos de aplicações de novas tecnologias (KARETSOS; NTALIANI; COSTOPOULOU, 2014; JAIN; KUMAR; SINGLA, 2015).

Costopoulou, Ntalian e Karetos (2016), ao estudarem a disponibilidade de AppMAs existentes em escala mundial, verificaram que o número de aplicativos dedicados ao setor agrícola é escasso em relação ao real significado que a atividade exerce em todo o globo. Os 1140 aplicativos para a agricultura identificados se enquadram em 10 categorias: (i) dados comerciais e financeiros; (ii) produção animal; (iii) gestão agrícola; (iv) pragas e doenças; (v) tecnologia e inovação; (vi) máquinas agrícolas; (vii) atividades relacionadas a pulverização; (viii) previsão do tempo; (ix) treinamento; e (x) notícias agrícolas.

Um dos sistemas operacionais mais populares no Brasil é o Android. Trata-se de um sistema de código aberto para desenvolvimento, o qual conta com uma comunidade de desenvolvedores ativa e funciona em diversos dispositivos, como *smartphones* e *tablets* (PEREIRA; SILVA, 2009; LECHETA, 2013; MONTEIRO, 2014). O Android é um sistema operacional livre, desenvolvido pela empresa Google e lançado em 2007.

O sistema Android foi baseado no kernel 2.6 do Linux, que utiliza a linguagem Java como desenvolvimento; no entanto, atualmente a Google fornece algumas APIs (*Application*

Programming Interface, ou seja, Interface de Programação de Aplicações) para esse sistema, permitindo a programação em outras linguagens. Esse sistema é responsável pelo gerenciamento da memória, redes, *drivers* e banco de dados, além de possuir uma interface gráfica de fácil manuseio (LECHETA, 2013). O Android é a primeira plataforma para aplicações móveis inteiramente livre e de código aberto (*open source*); sua arquitetura é bastante flexível e pode ser customizada. Atualmente, o Android é a plataforma móvel mais popular do mundo: em julho de 2019, a parcela de dispositivos vendidos com esse sistema operacional foi de 75% (STATCOUNTER, 2019).

Esse contexto de elevados avanços tecnológicos muitas vezes contrasta com a realidade da cafeicultura nacional, principalmente no que tange à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. O setor tem grande importância econômica e social para o Brasil, mas ainda necessita de aprimoramentos em seu sistema produtivo (SILVA, J.; CUNHA; NOMELINI, 2014; VITÓRIA; CAMPANHARO, 2016; SILVEIRA; MENDES; FERRARI, 2017).

O cafeeiro (*Coffea arabica* L.) apresenta desenvolvimento vegetativo com densa folhagem e variações de copa que dificultam a chegada uniforme dos produtos fitossanitários ao interior da planta, além de diferentes alvos biológicos de controle com localizações específicas. Isso resulta, mesmo com o uso de produtos sistêmicos, na necessidade de aplicações com grande penetração no dossel para o controle de pragas e microrganismos fitopatogênicos, o que em muitos casos é dificultado em função da arquitetura da planta e do grande índice de área foliar (ROSELL POLO *et al.*, 2009; CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011; GITIRANA NETO *et al.*, 2016).

Sendo assim, é imprescindível que as técnicas de aplicação de produtos fitossanitários sejam empregadas corretamente, de modo que o ingrediente ativo seja depositado nos alvos biológicos no momento mais adequado, na quantidade correta e com o mínimo de desperdício (CUNHA; GITIRANA NETO; BUENO, 2011). Nesse contexto, para a obtenção da máxima eficiência, torna-se necessário conhecer bem o equipamento de pulverização e a arquitetura da planta (ALVES; CUNHA, 2014).

Uma variável de difícil determinação é a taxa de aplicação. As taxas empregadas nas lavouras de café variam, em geral, entre 400 e 800 L ha⁻¹, podendo chegar a 1000 L ha⁻¹, independentemente do volume de vegetação (MATIELLO *et al.*, 2010). Portanto, essa taxa precisa ser ajustada para permitir um molhamento do dossel da planta de forma satisfatória e com mínimo de perda por escorrimento para o solo (MIRANDA *et al.*, 2012). No entanto,

grande parte dos produtos utilizados na pulverização foliar na cultura do café arábica apresenta imprecisão e vagueza quanto a esse dado em sua recomendação de aplicação, além de não apontar qualquer tipo de adequação dessa taxa de aplicação ao estágio vegetativo das plantas (SIRQUEIRA NETO, 2017).

Taxas de aplicação fixas e predefinidas têm sido frequentemente usadas por produtores em aplicações cujos alvos se localizam nas folhas do cafeeiro. Contudo, como existe grande variabilidade no que diz respeito ao volume da copa das árvores dos cafeeiros, faz-se necessária uma metodologia mais apurada para se adequar essa taxa a cada situação. O ajuste da taxa de aplicação em relação à volumetria da copa tem-se mostrado uma forma de tornar as aplicações mais eficientes.

Diante disso, o presente trabalho objetivou desenvolver e avaliar um aplicativo móvel para Android, destinado a pessoas que lidam com a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura (mais especificamente, regulagem e calibração de pulverizadores) e ao uso didático em cursos de Agronomia. O aplicativo visou disponibilizar aos cafeicultores os principais dados necessários a uma correta regulagem e calibração de pulverizadores hidropneumáticos (turboatomizadores).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ferramentas Utilizadas – Construção

A plataforma tecnológica Android Studio, versão 2.1.1, disponibilizada pela Android, foi empregada para o desenvolvimento do projeto do aplicativo móvel agrícola. A programação foi desenvolvida especificamente para atender às necessidades dos produtores rurais e técnicos, no tocante à tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários para a cafeicultura.

Optou-se por não utilizar funções extras, como acesso à internet móvel, renderização em 3D e imagens de alta resolução. O intuito disso foi incluir o maior número de dispositivos compatíveis e reduzir a demanda por processamento.

A linguagem Java foi utilizada dentro da plataforma Android Studio como forma de implementação do aplicativo para Android. A versão de API recomendada pela Android Studio foi a versão 16 – Android 4.1 (Jelly Bean), lançado em junho de 2012.

O Android Studio é um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) criado para que se possa elaborar novos projetos para a plataforma Android. Disponibilizado gratuitamente sob a licença Apache 2.0, é uma ferramenta completa que oferece vários recursos, como editor de layouts, que permite que usuários arrastem componentes de interface, e pré-visualização de layouts em várias configurações de tela (cf. Figura 1).

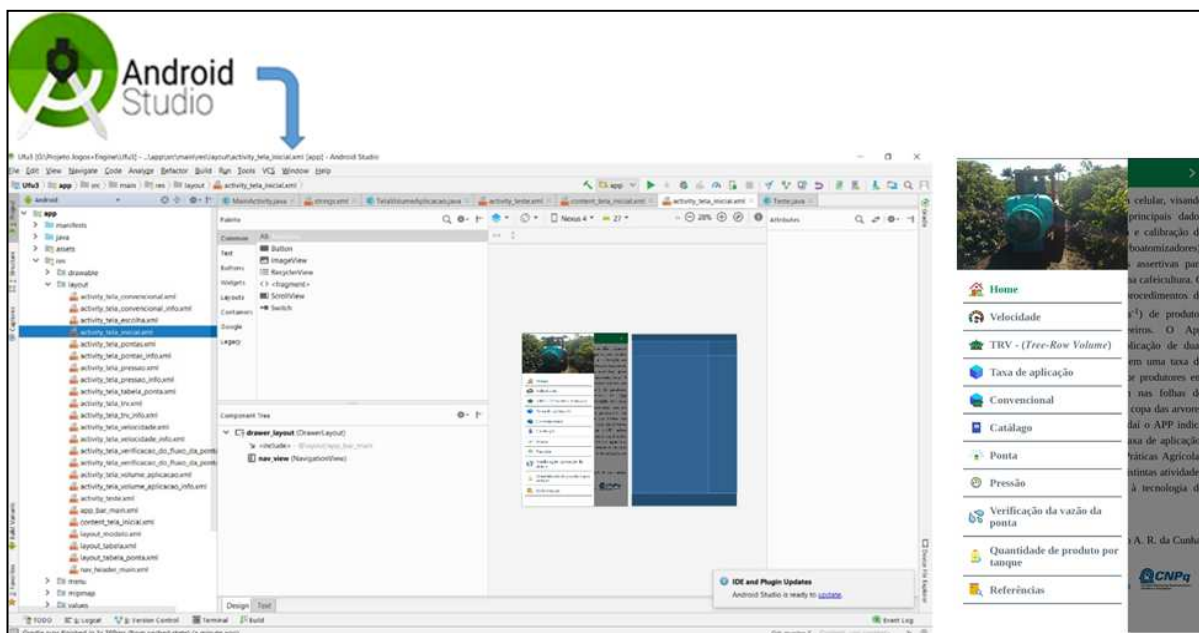


FIGURA 1 - Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) do *Android Studio*.

Fonte: o autor.

2.2 Funcionalidades

O AppMA, denominado SprayCafé, engloba procedimentos de cálculos de taxa de aplicação de produtos fitossanitários para distintos tipos de cafeeiros. Possibilita o cálculo da taxa de aplicação de duas maneiras: a primeira se baseia nas taxas de aplicação fixas e predefinidas usadas por produtores em aplicações cujos alvos se localizam nas folhas do cafeeiro; e a segunda leva em conta as características do cultivo e o volume da copa das árvores, aferido pelo *Tree-Row Volume* (TRV), desenvolvido por Byers, Hickey e Hill (1971) e introduzido por Sutton e Unrath (1988). Para isso, foram utilizadas as informações de índice de volume (*IV*) obtidas previamente (cf. Capítulo II desta tese).

A rotina operacional foi adaptada do programa computacional DOSAVIÑA. Esse programa fora desenvolvido por Gil (2008) para a calibração de pulverizadores em videiras.

O aplicativo *SprayCafé* foi criado para que, a partir de dados coletados em distintos talhões de café, fosse possível regular e calibrar os pulverizadores hidropneumáticos (turboatomizadores), permitindo assim a tomada de decisões mais assertivas. Na Figura 2, é possível observar a interface inicial do aplicativo, que mostra ao usuário as informações principais do propósito do aplicativo e a sequência de como regular e calibrar o pulverizador.



FIGURA 2 - Interface inicial do Aplicativo *SprayCafé*, o menu inicial e a tela de cálculo de velocidade de trabalho, com o informe de como proceder ao cálculo.

Fonte: o autor.

Após determinar a velocidade de trabalho do pulverizador nas condições de campo ou informar diretamente a velocidade (cf. Figura 2), o usuário é direcionado a uma tela em que escolhe um dos métodos para regular e calibrar o pulverizador: (i) convencional, baseado em uma taxa de aplicação predefinida; ou (ii) a partir do volume da copa das árvores (*Tree-Row Volume* – TRV). Na Figura 3, é possível observar a tela onde o usuário define qual método vai utilizar.

Caso não opte pelo cálculo da taxa de aplicação ($L\ ha^{-1}$) pelo método do TRV, o produtor e/ou técnico pode inserir uma taxa de aplicação preestabelecida. A partir desse dado, o aplicativo indica opções de pontas de pulverização para atender às necessidades da aplicação na lavoura.

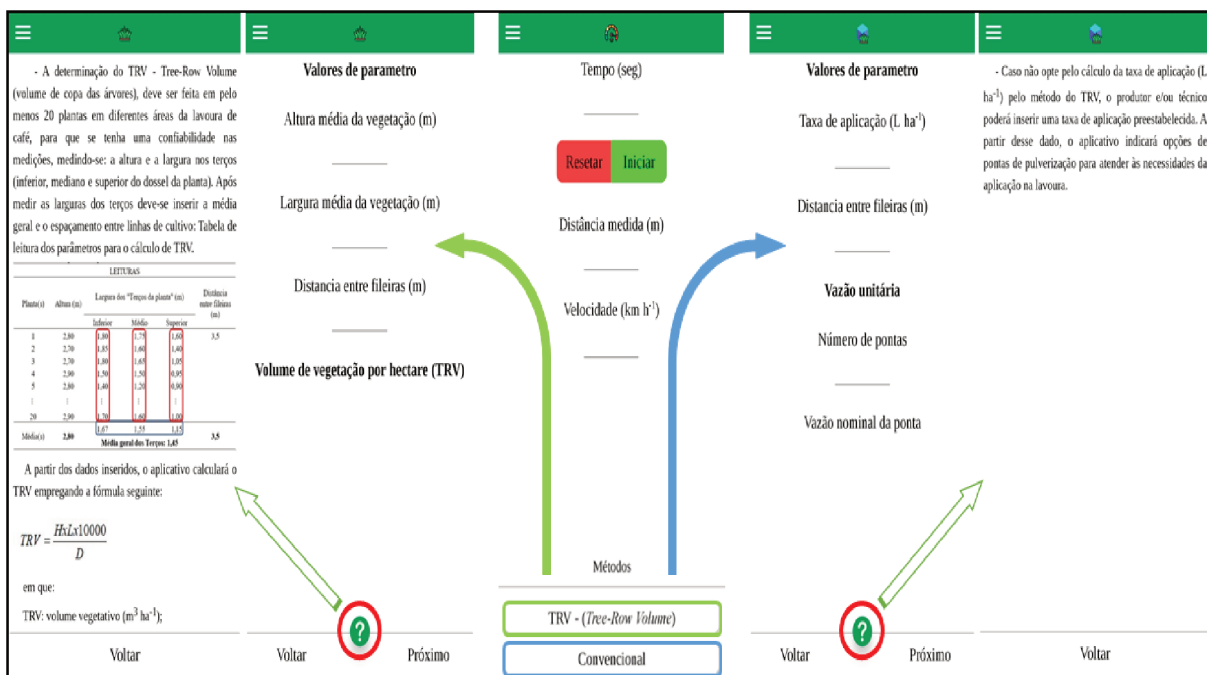


FIGURA 3 - Tela da escolha dos métodos convencional (taxa de aplicação predefinida) ou baseado no volume da copa das árvores (TRV).

Fonte: o autor.

Se o responsável técnico optar pelo método do TRV, é preciso inserir os dados dimensionais da copa das árvores coletados nos distintos talhões, de forma que o sistema determine o volume da copa das plantas de café (m³ ha⁻¹). Posteriormente, o aplicativo direciona o usuário para a tela de cálculo da taxa de aplicação, para os distintos talhões, com base em índices de volume (*IVs*) específicos para a cultura do café, com o objetivo de adequar a taxa de aplicação a cada situação distinta em que se encontra o cultivo. Em seguida, é possível calcular a vazão (L min⁻¹), para a escolha da ponta de pulverização, como mostra a Figura 4.

Para a determinação da taxa de aplicação (L ha⁻¹), o aplicativo SprayCafé baseia-se na seguinte fórmula: (cf. Equação 1).

$$TA = \frac{TRV \times IV}{1000} \quad \text{Equação (1)}$$

em que:

TA: taxa de aplicação (L ha⁻¹);

TRV: volume vegetativo (m³ ha⁻¹); e

IV: índice de volume (L 1000 m⁻³).



FIGURA 4 - Tela de obtenção da taxa de aplicação e vazão nominal das pontas.

Fonte: o autor.

A partir da determinação da vazão, o programa oferece opções de modelos de pontas de pulverização. Há um banco de dados com diferentes marcas de pontas de pulverização de jato cônico vazio. Focou-se nesse modelo de ponta em razão de seu uso majoritário na cafeicultura. Futuramente, se houver demanda, há a possibilidade de incluir novos modelos e marcas de pontas de pulverização. Dentre as opções fornecidas, deve-se buscar aquela que atende à vazão (L min⁻¹) calculada, mas levando-se em consideração que essa vazão deverá ocorrer com a pressão mais adequada às condições de trabalho (cf. Figura 5). A unidade de pressão empregada foi o bar, também escolhido em função de seu uso bastante disseminado.

Como vários modelos de pontas de pulverização não utilizam a norma ISO 10625 de codificação de cores em função da vazão, optou-se por colocar os dados de vazão para cada modelo e fabricante. No entanto, também há uma opção de uso da codificação de cores pela norma ISO, conferindo a possibilidade de escolha pelo usuário.

Uma vez selecionada a ponta hidráulica que melhor atende às condições de trabalho, o aplicativo calcula a nova pressão de trabalho (cf. Figura 6), que deverá ser ajustada para aplicar a vazão (L min⁻¹) definida na etapa anterior. O aplicativo utiliza a fórmula: (cf. Equação 2).



FIGURA 5 - Tela de banco de dados de pontas de pulverização hidráulicas.
Fonte: o autor.

$$\frac{Vazão\ 1}{Vazão\ 2} = \frac{\sqrt{Pressão1}}{\sqrt{Pressão2}} \quad \text{Equacção (2)}$$

em que:

Vazão₁: vazão da ponta conhecida (L min⁻¹);

Vazão₂: vazão da ponta calculada pelo aplicativo (L min⁻¹);

√Pressão₁: pressão da ponta conhecida (bar); e

√Pressão₂: nova pressão de trabalho para a vazão requerida (bar).

Uma vez ajustada a nova pressão de trabalho do pulverizador, deve-se proceder à verificação da vazão da ponta. É necessário que seja coletado o líquido, na rotação de trabalho do motor (540 rpm na tomada de potência) e no tempo conhecido, preferencialmente de 1 min. Se as variações de vazão forem superiores a 10% em relação à vazão calculada da ponta hidráulica, as pontas devem ser trocadas.

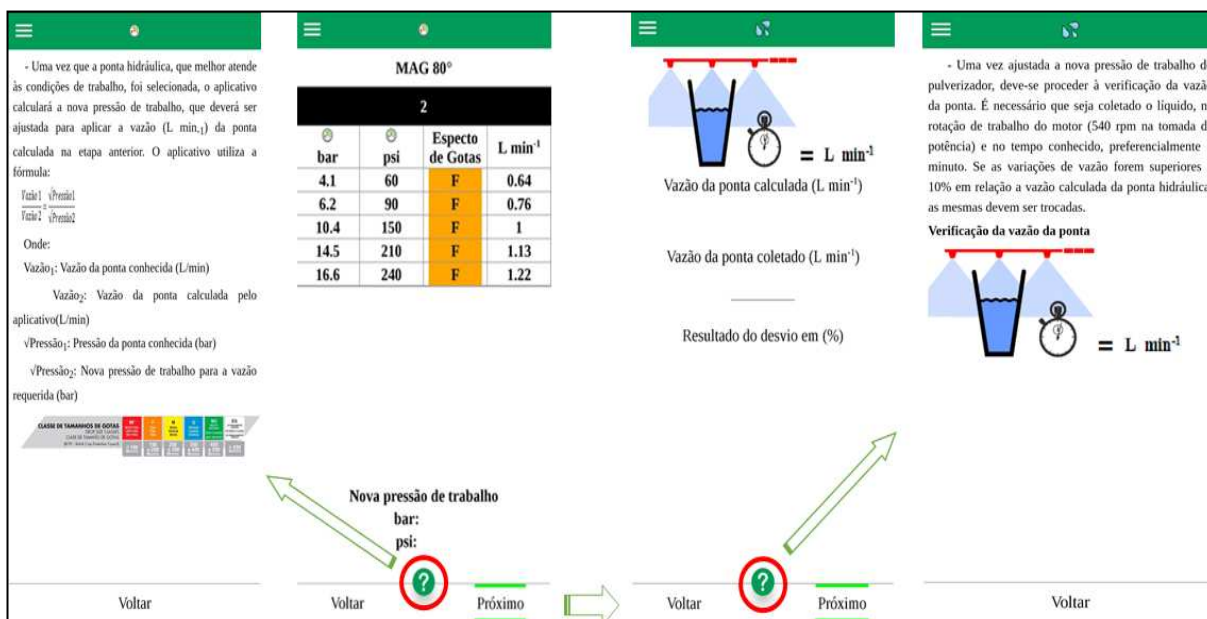


FIGURA 6 - Tela de cálculo da pressão de trabalho e verificação da vazão da ponta.

Fonte: o autor.

2.3 Avaliação

O aplicativo foi submetido à avaliação de uso por voluntários com diferentes modelos de aparelhos móveis. Focou-se em usuários com ligação com o setor agrícola, como agrônomos, técnicos agrícolas, estudantes de Ciências Agrárias e agricultores.

Inicialmente foi disponibilizada a instalação do aplicativo no *smartphone* dos voluntários que demonstraram interesse em conhecê-lo. Posteriormente, uma avaliação, na forma de um questionário, foi proposta aos usuários da versão final do aplicativo. A indicação era avaliar a usabilidade (BASTIEN, 2010) sob os aspectos: facilidade de uso, tempo de carregamento, adequação da resolução de tela, sequência das informações e relevância dos dados. Sexo, idade e escolaridade foram também solicitados, dentre outras informações.

A compilação dos dados foi realizada empregando-se estatística descritiva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O conteúdo do aplicativo SprayCafé foi disponibilizado por meio de um arquivo executável de instalação. Após o uso, foram retornados 139 questionários. O perfil dos usuários foi composto de ambos os sexos, com predominância do masculino (62,59%). Quanto aos níveis de escolaridade, 43,88% estavam cursando ou já tinham concluído o ensino

superior na área de Ciências Agrárias. Dos usuários, 84,17% tinham entre 15 e 29 anos (cf. Tabela 1).

TABELA 1 - Distribuição das respostas sobre os dados sociodemográficos dos avaliadores do aplicativo SprayCafé.

Características	Quantidade	
	Absoluta	(%)
Sexo:		
Masculino	87	62,59
Feminino	52	37,41
Escolaridade:		
Pós-graduação (Ciências Agrárias)	12	8,63
Pós-graduação (outras áreas)	2	1,44
Ensino Superior completo / em curso (Ciências Agrárias)	61	43,88
Ensino Superior completo / em curso (outras áreas)	1	0,72
Ensino Médio completo técnico (Ciências Agrárias)	32	23,02
Ensino Médio completo técnico / em curso	23	16,55
Ensino Fundamental completo / incompleto	8	5,76
Faixa de idade (anos):		
15-29	117	84,17
30-40	15	10,79
41-50	4	2,88
>50	3	2,16

Fonte: o autor.

Maia e Cunha (2011) desenvolveram e avaliaram um programa (*software*) para *desktop* denominado Pulverizar, destinado ao ensino a distância sobre tecnologia de aplicação. Os autores obtiveram resultados semelhantes aos ora registrados quanto aos dados sociodemográficos.

De modo geral, o aplicativo atendeu aos objetivos dos usuários (cf. Tabela 2), tendo grande relevância de dados (74,82%), fácil utilização (86,33%), sequência das informações coerente (88,49%) e boa aplicabilidade (76,98%). Com isso, tanto os estudantes quanto os profissionais que lidam com a tecnologia de aplicação têm uma ferramenta adicional para desenvolver melhor suas atividades – principalmente no que se refere à aplicação de produtos fitossanitários na cafeicultura – através do emprego de diferentes recursos tecnológicos e fontes de informação. Os resultados obtidos demonstraram também a relevante contribuição do aplicativo para o processo de ensino e aprendizagem.

Dessa forma, a agricultura pode se beneficiar do uso dessas novas ferramentas tecnológicas, como os dispositivos portáteis. Com isso, a tomada de decisões se torna mais assertiva, otimizando o trabalho (RÉQUIA, 2013).

TABELA 2 - Distribuição das respostas às perguntas sobre o ambiente, concepção pedagógica e relevância do aplicativo SprayCafé.

Características	Quantidade	
	Absoluta	(%)
Relevância dos dados:		
Relevância à prática	104	74,82
Parcialmente relevante à prática	20	14,39
Irrelevante à prática	0	0,00
Não opinou	15	10,79
O aplicativo é de fácil utilização? (Autoexplicativo):		
Simples	120	86,33
Complicado	5	3,60
Não opinou	14	10,07
A sequência das informações apresentadas é adequada?		
Sim	123	88,49
Não	0	0,00
Não opinou	16	11,51
Aplicabilidade (na empresa / na organização / no dia a dia / no campo):		
Grande aplicação	107	76,98
Sem aplicação	8	5,76
Não opinou	24	17,26

Fonte: o autor.

Maia e Cunha (2011), que desenvolveram o programa Pulverizar, para ensino de tecnologia de aplicação, relataram que o programa se mostrou simples, robusto e prático no complemento ao ensino para a formação de profissionais do setor de Ciências Agrárias ligados à área de aplicação de agroquímicos. De forma semelhante ao presente aplicativo, os autores mostraram o potencial desse tipo de ferramenta ao lograrem sucesso no emprego de tecnologias digitais para o setor agrícola.

Segundo Reinaldo *et al.* (2016), as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) influenciam diretamente os métodos educacionais pela introdução de recursos digitais, pois afetam não só o processo de ensino-aprendizagem, mas também a aquisição e transferência de conhecimento. Na concepção dos referidos autores, os *smartphones* não devem ser vistos como “salvadores” do ensino, mas, sim, como recursos a serem utilizados racionalmente visando à modernização e diversificação dos métodos educacionais.

A inclusão dos *smartphones* fornece um recurso pedagógico moderno e atraente, possibilitando explorar novas oportunidades de aprendizado, com a integração da tecnologia (COLMAN, 2019). O uso de dispositivos móveis em sala de aula como ferramenta pedagógica é possível e está longe de esgotar as suas possibilidades de uso; no entanto, essa

tecnologia deve ser utilizada com responsabilidade, comprometimento e empenho para transformar informação e conhecimento (COLMAN, 2019).

A interoperabilidade foi alcançada. Evidências disso foram: a resolução da tela se mostrou apropriada para os diferentes dispositivos móveis, o tempo de carregamento foi adequado para a maioria dos usuários e não se registrou um número considerável de falhas técnicas durante o uso (cf. Tabela 3).

O leiaute simples e intuitivo da interface do SprayCafé teve como principal objetivo facilitar a utilização do dispositivo e atendeu às expectativas dos diversos usuários. Resultados similares foram alcançados por Oliveira, Assis e Sasaki (2018), ao analisarem um aplicativo que avalia a qualidade de pulverização em condições de campo, o que sugere a necessidade de adaptação das tecnologias à realidade do público.

A agricultura pode se beneficiar intensamente da mobilidade dos *smartphones* (LOPES, 2019). O aplicativo SprayCafé permite a utilização do programa em dispositivos móveis com baixa capacidade de processamento, necessitando apenas do sistema operacional Android. Esse sistema revolucionou o uso de equipamentos inteligentes em diversas áreas, inclusive na agricultura; e seu uso vem se tornando cada vez mais comum entre os produtores rurais (RÉQUIA, 2013). Isso aponta que inevitavelmente o futuro da agricultura passará por ferramentas digitais.

Os dispositivos móveis estão cada vez mais acessíveis. O mercado de AppMAs é crescente (MASSRUHÁ; LEITE, 2017). De acordo com Regasson, Senger e Lautert (2018), os aplicativos voltados à área de pulverização e atividades relacionadas representam 3,54% de um montante de 621 aplicativos voltados à área agrícola. Um aplicativo somente será significativo e relevante se apresentar uma solução perceptível (*i.e.*, se, além de funcionar corretamente, saciar uma necessidade ou um desejo). Os autores concluíram que a quantidade de aplicativos voltados à área agrícola não satisfaz todas as necessidades e desejos existentes, tendo-se assim uma ampla oportunidade para novos projetos como o desenvolvido neste trabalho.

A adoção de Boas Práticas Agrícolas (BPA) na aplicação de produtos fitossanitários, que favoreçam o depósito no alvo desejado, é uma das formas para o aumento da eficiência das aplicações, além de diminuir as perdas e evitar a contaminação ambiental. É primordial também conhecer bem o equipamento de pulverização e a arquitetura da planta (VAN ZYL; FOURIE; SCHUTTE, 2013; ALVES; CUNHA, 2014). Nesse contexto, o aplicativo se insere muito bem, pois permite ajustar a taxa de aplicação ($L\ ha^{-1}$) ao volume da copa das plantas de café ($m^3\ ha^{-1}$), proporcionando uma aplicação adequada a cada situação.

TABELA 3 - Distribuição das respostas às perguntas sobre o funcionamento e interatividade do aplicativo SprayCafé.

Características	Quantidade	
	Absoluta	(%)
Tempo de carregamento / abertura do aplicativo (eficiência):		
Adequado	117	84,17
Inadequado	2	1,44
Não opinou	20	14,39
Adequação da resolução da tela do dispositivo móvel – Estética e qualidade gráfica:		
Excelente	70	50,36
Bom	42	30,22
Regular	10	7,19
Fraco	3	2,16
Ruim	0	0,00
Não opinou	14	10,07
Ocorreram problemas técnicos durante o uso?		
Sim	6	4,32
Não	133	95,68
Satisfação de suas expectativas em relação ao aplicativo de tecnologia de aplicação:		
Satisfeito	120	86,33
Insatisfeito	2	1,44
Não opinou	17	12,23
Quanto à formatação das telas (construção do leiaute):		
Excelente	39	28,05
Bom	61	43,88
Regular	17	12,23
Fraco	2	1,45
Ruim	0	0,00
Não opinou	20	14,39
Em sua opinião, o aplicativo pode ser usado por qualquer profissional ou estudante da área de Ciências Agrárias?		
Sim	124	89,21
Não	5	3,60
Não opinou	10	7,19
Quando você teve dúvidas, recorreu aos informes?		
Sim	69	49,64
Não	66	47,48
Não opinou	4	2,88
Avaliação geral do aplicativo SprayCafé:		
Excelente	59	42,45
Bom	68	48,92
Regular	2	1,44
Fraco	0	0,00
Ruim	0	0,00
Não opinou	10	7,19

Fonte: o autor.

Diante da grande portabilidade e facilidade no uso do aplicativo SprayCafé, o responsável técnico pode obter melhorias no que diz respeito à tecnologia de aplicação de

produtos fitossanitários no campo, em especial na cultura do café, através de decisões mais assertivas na regulagem e calibração de pulverizadores hidropneumáticos (turboatomizadores).

4 CONCLUSÕES

O aplicativo desenvolvido, denominado SprayCafé, mostrou-se simples e robusto, permitindo a seus usuários a tomada de decisões mais assertivas a campo, no que diz respeito à regulagem e calibração de pulverizadores para aplicação de produtos fitossanitários na cultura do café. Tem portabilidade e interface gráfica interativa e de fácil utilização, requerendo pouco conhecimento técnico em agricultura digital.

A avaliação do aplicativo por usuários revelou que sua concepção foi adequada à realidade do campo. Apresenta, pois, grande aplicabilidade e potencial para otimizar as pulverizações em cafeeiros.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S.; CUNHA, J. P. A. R. Field data and prediction models of pesticide spray drift on coffee crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 8, p. 622-629, ago. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2014000800006>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2014000800622&lng=en&tlng=en. Acesso em: 10 jan. 2019.
- BASTIEN, J. M. C. Usability testing: a review of some methodological and technical aspects of the method. **Int J Med Inform.**, [s.l.], v. 79, n. 4, p. 18-23, abr. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.12.004>. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1009.5918>. Acesso em: 15 dez. 2018.
- BYERS, R. E.; HICKEY, K. D.; HILL, C. H. Base gallonage per acre. **Virginia Fruit**, Virginia, v. 60, p. 19-23, 1971.
- COLMAN, C. B. **Utilização do aplicativo QR code no Ensino de Ciências**. 2019. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Informática Instrumental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Novo Hamburgo, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/197080>. Acesso em: 1º jul. 2019.
- COSTOPOULOU, C.; NTALIAN, M.; KARETOS, S. Studying mobile apps for agriculture. **IOSR Journal of Mobile Computing & Application (IOSR-JMCA)**, Athens, v. 3, n. 6, p. 44-49, nov./dez. 2016. DOI: 10.9790/0050-0304XXXX. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sotiris_Karetsos/publication/313868513_Studying_Mobile_Apps_for_Agriculture/links/58ad4a2e4585155ae77aef24/Studying-Mobile-Apps-for-Agriculture.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.
- CUNHA, J. P. A. R.; GITIRANA NETO, J.; BUENO, M. R. Evaluation of a device for the application of pesticides on mechanized coffee crops (*Coffea arabica* L.). **Interciencia**, Caracas, v. 36, n. 4, p. 312-316, abr. 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33917994012>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- FELICIANO, A. P.; FROGERI, R. F. Dinâmica de uso dos aplicativos móveis bancários: uma análise sob a perspectiva da população idosa. **Revista de Sistemas e Computação**, Salvador, v. 8, n. 2, p. 298-314, jul./dez. 2018. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/rsc/article/view/5699>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- GIL, M. E. **Tratamientos em viña**: equipos y técnicas de aplicación. 2. ed. Barcelona: Edicions UPC, 2008.
- GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R.; MARQUES, R. S.; LASMAR, O.; BORGES, E. B. Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 267-275, apr./jun. 2016. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br:80/handle/123456789/8071>. Acesso em: 01 jan. 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10625:2018**: equipment for crop protection: sprayer nozzles: colour coding for identification. [s.l.]. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/70624.html>. Acesso em: 8 ago. 2019.

JAIN, L.; KUMAR, H.; SINGLA R. K. Assessing mobile technology usage for knowledge dissemination among farmers in Punjab. **Information Technology for Development**, London, v. 21, n. 4, p. 668-676, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02681102.2013.874325>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/02681102.2013.874325?needAccess=true>. Acesso em: 21 ago. 2019.

KARETSOS, S.; NTALIANI, M.; COSTOPOULOU, C. Mobile learning: An Android app using certified content. E-democracy, security, privacy and trust in a digital world. **Communications in Computer and Information Science**, Cham, v. 441, p. 123-131, out. 2014. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-11710-2_12. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-11710-2_12. Acesso em: 20 ago. 2019.

LECHETA, R. R. **Google Android**: aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK. 3. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2013.

LOPES, T. G. **Comportamento de um sistema híbrido GNSS incorporado a dispositivos móveis na obtenção de levantamentos planimétricos com fins agrícolas**. 2019. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2019. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/17234>. Acesso em: 17 jul. 2020.

LUIZ FILHO, M.; BATISTA, J. O.; CACHO, A. N. B.; SOARES, A. L. V. Aplicativos móveis e turismo: um estudo quantitativo aplicado a teoria do comportamento planejado. **Revista Rosa dos Ventos – Turismo e Hospitalidade**, Caxias do Sul, n. 9, v. 2, p. 179-199, abr./jun. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18226/21789061.v9i2p179>. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/rosadosventos/article/view/4787>. Acesso em: 1º maio. 2019.

MAIA, B.; CUNHA, J. P. A. R. Computer program for distance learning of pesticide application technology, **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v. 93, n. 4, p. 1413-1420, dez. 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652011005000038>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652011000400028&lng=en&tlng=en. Acesso em: 17 abr. 2019.

MARTINS FILHO, G. L.; CORSO, L. L. Aplicativo móvel para a gestão de uma empresa de transporte rodoviário. **Scientia Cum Industria**, Caxias do Sul, v. 7, n. 2, p. 102-107, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p102>. Disponível em: <http://www.ucs.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/7289/pdf>. Acesso em: 15 abr. 2019.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. A. Agro 4.0 – Rumo a agricultura digital. **Revista Controle & Instrumentação**, São Paulo, v. 21, n. 235, p. 56-59, 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1073150>. Acesso em: 14 jun. 2019.

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

MIRANDA, G. R. B.; RAETANO, C. G.; SILVA, V. C.; CUNHA, M. D. Q.; CARVALHO, R. H.; PINHEIRO, J. M.; GONÇALVES, M. P.; REINATO, C. H. R.; PAIVA, L. C.; ARAÚJO, D. Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes taxas de aplicação. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, abr. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v4n12012369>. Disponível em: <https://agrogeoambiental.ifsuldeminas.edu.br/index.php/Agrogeoambiental/article/view/369>. Acesso em: 21 jan. 2019.

MONTEIRO, J. B. **Google Android: crie aplicações para celulares e tablets**. São Paulo: Editora Casa do Código, 2014.

MORAIS, R.S.; PEREIRA, R.G.; SANTOS, C.A.N.; LOUREIRO, V.D.A.; CORDEIRO, J.J.R.; OLIVEIRA, F.B.M. Use of mobile application in the teaching of Nursing praxis, **Revista Ciência & Saberes – Facema**, São Luiz, v. 4, n. 2, p. 1074-1082, abr./jun. 2018. Disponível em: <https://www.facema.edu.br/ojs/index.php/ReOnFacema/article/view/428>. Acesso em: 22 ago. 2019.

OLIVEIRA, B. A. S.; ASSIS, S.; SASAKI, R. S. Aplicativo Android para avaliar a qualidade da pulverização em condições de campo. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada**, Guarulhos, v. 2, n. 1, p 15-23, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.33947/2595-6264-v2n1-3617>. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/engenhariaetecnologia/article/view/3617>. Acesso em: 25 janeiro 2019.

PEREIRA, L. C. O.; SILVA, M. L. **Android para desenvolvedores**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.

PRESSMAN, R.S.; MAXIM, B.R. **Engenharia de software**. 8. ed. Porto Alegre: McGraw Hill Brasil, 2016.

REGASSON, C. A. L.; SENGER, I.; LAUTERT, R. K. Panorama brasileiro de aplicativos móveis para a agricultura. *In*: SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO, 6., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: CEPAN, 2018. p. 304-313.

REINALDO, F.; MAGALHÃES, D. R.; REIS, L. P.; GAFFURI, S.; FREDDO, A.; HALLAL, R. Uso de smartphones na educação: Avaliação por grupos focais. **Atas – Investigação Qualitativa em Educação**, v. 1, p. 769-778, abr. 2016. Disponível em: <https://proceedings.ciaiq.org/index.php/ciaiq2016/article/view/668/657>. Acesso em: 25 out. 2019.

RÉQUIA, G. H. **Desenvolvimento de aplicativos CR Campeiro Móbile – caso de teste: sistema operacional ANDROID**. 2013. 70f. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/4799>. Acesso em: 1º ago. 2019.

ROSELL POLO, J. R.; SANZ, R.; LLORENS, J.; ARNÓ, J.; ESCOLÀ, A.; RIBES-DASI, M.; MASIP, J.; CAMP, F.; GRÀCIA, F.; SOLANELLES, F.; PALLEJÀ, T.; VAL, L.; PLANAS, S.; GIL, E.; PALACÍN, J. A tractor mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: a comparison with conventional and destructive measurements. **Biosystems Engineering**, Bedford, v.102, n. 2, p.128-134, fev. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.10.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511008003231>. Acesso em: 25 ago. 2019.

SERRANO, N.; HERNANTES, J.; GALLARDO, G. Mobile web apps. **Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE Software**, [s.l.], v. 30, n. 5, p. 22-27, set./out. 2013.

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NOMELINI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de cafeeiro e perdas para o solo com diferentes taxas de aplicação e pontas de pulverização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 12, p. 1302-1306, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306>. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/10536>. Acesso em: 25 jun. 2019.

SILVA, M. M.; SANTOS, M. T. P. Os paradigmas de desenvolvimento de aplicativos para aparelhos celulares. **Revista T.I.S.**, São Carlos, v. 3, n. 2, p. 162-170, maio/ago. 2014. Disponível em: <http://revistatis.dc.ufscar.br/index.php/revista/article/view/86>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SILVEIRA, P. D. N.; MENDES, V.F.; FERRARI, J.L. Aplicativo com processamento em tempo real para levantamento topográfico testado em área de produção cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 297-306, jul./set. 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/9120>. Acesso em: 25 ago. 2019.

SIRQUEIRA NETO, M. A. **Volumetria de copa do cafeeiro por processamento digital de imagens aéreas**. 2017. 16f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/25274>. Acesso em: 19 jul. 2019.

STATCOUNTER. **Mobile operating system market share worldwide**, jul. 2019. Disponível em: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>. Acesso em: 12 ago. 2019.

SUTTON, T. B.; UNRATH, C. R. Evaluation of the tree-row-volume model for full season pesticide application on apples. **Plant Disease**, Madison, v. 72, n. 7, p. 629-632, 1988. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-72-0629>. Disponível em: https://www.apsnet.org/publications/PlantDisease/BackIssues/Documents/1988Abstracts/PD_72_629.htm. Acesso em: 29 jun. 2020.

TIBES, C.M.S.; DIAS, J.D.; ZEM-MASCARENHAS, S.H. Mobile applications developed for the health sector in Brazil: An integrative literature review, **Revista Mineira de**

Enfermagem, Belo Horizonte, v. 18, n. 2, p. 479-486, abr./jun. 2014. DOI:
<http://www.dx.doi.org/10.5935/1415-2762.20140035>. Disponível em:
<http://www.reme.org.br/artigo/detalhes/940>. Acesso em: 25 maio 2019.

VAN ZYL, J. G.; FOURIE, P. H.; SCHUTTE, G. C. Spray deposition assessment and benchmarks for control of *Alternaria brown* spot on mandarin leaves with copper oxychloride. **Crop Protection**, Guildford, v. 46, p. 80-87, abr. 2013. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.12.005>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219412003444?via%3Dihub>. Acesso em: 25 maio 2019.

VITÓRIA, E. L.; CAMPANHARO, A. Amostra de etiquetas de papel hidrossensíveis para determinação de espectro de gotas em pulverização no cafeeiro canephora. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 368 - 374, jul./set. 2016. Disponível em:
<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8032>. Acesso em: 20 abril 2019.

APÊNDICE

Ação executável - Operação única executada por um processador e definida por um conjunto de instruções.

Algoritmo - Sequência finita de ações executáveis que visam obter uma solução para determinado tipo de problema.

Android - Sistema operativo ou operacional (*Operating System* – OS); é um programa ou um conjunto de programas cuja função é gerenciar os recursos do sistema (definir qual programa recebe atenção do processador, gerenciar memória, criar um sistema de arquivos etc.), fornecendo uma interface entre o computador e o usuário.

Android 4.1 - Jelly Bean - Baseado no kernel Linux 2.6, foi uma atualização incremental com o objetivo principal de melhorar a funcionalidade e desempenho da interface do usuário. Foi liberado para o Android Open Source Project em 9 de julho de 2012.

Aplicativo móvel - Conhecido normalmente por seu nome abreviado *app*, é um *software* desenvolvido para ser instalado em um dispositivo eletrônico móvel, como um *personal digital assistant* (PDA), smartphone ou um leitor de MP3.

Application Programming Interface - Conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um *software* para a utilização das suas funcionalidades por aplicativos que não pretendem envolver-se em detalhes da implementação do *software*, mas apenas usar seus serviços.

Android Studio - Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) para a plataforma Android.

Bytecode - Estágio intermediário entre o código-fonte (escrito numa linguagem de programação específica) e a aplicação final. Como exemplo de plataformas que geram *bytecode*, temos o Java.

Ciência da computação - Ciência que estuda as técnicas, metodologias, instrumentos computacionais e aplicações tecnológicas que automatizem os processos e desenvolvam soluções de processamento de dados de entrada e saída com base no computador, de forma que se transformem em informação.

Código-fonte - Conjunto de palavras ou símbolos escritos de forma ordenada, contendo instruções, de maneira lógica, em uma das linguagens de programação existentes. Existem linguagens que são compiladas e as que são interpretadas. As linguagens compiladas, após compilação do código-fonte, transformam-se em *software*, ou seja, programas executáveis. Esse conjunto de palavras que formam linhas de comandos deverá estar dentro da padronização da linguagem escolhida, obedecendo a critérios de execução. Atualmente, com a

diversificação de linguagens, o código pode ser escrito de forma totalmente modular, podendo um mesmo conjunto de códigos ser compartilhado por diversos programas e, até mesmo, linguagens.

Código-nativo - Código executado diretamente pelo computador. No contexto das linguagens de programação interpretadas, é o termo utilizado para designar a implementação das funcionalidades e bibliotecas dessa linguagem, que são dependentes de plataforma.

Compilador - Programa de computador (ou grupo de programas) que, a partir de um código-fonte escrito em uma linguagem compilada, cria um programa semanticamente equivalente, porém escrito em outra linguagem.

Desktop - Termo utilizado para nomear o ambiente principal do computador; durante muito tempo foi usado também para fazer referência ao computador de mesa no sentido de diferenciá-lo do portátil, o *laptop*.

Executável - Um programa executável ou arquivo executável, às vezes chamado simplesmente de executável, é, em informática, um programa de computador que, segundo o Merriam-Webster's Online Dictionary, “executa as tarefas indicadas de acordo com as instruções”, devendo ser interpretado por um sistema operacional como um programa, por oposição a um arquivo de dados, que deve ser analisado por um programa para ser significativo.

Implementação - Fase do ciclo de vida de um *software* (programa computacional, documentação e dados), no contexto de um sistema de informação, que corresponde à elaboração e preparação dos módulos necessários à sua execução.

Integrated Development Environment ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado - Programa de computador que reúne características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de *software* com o objetivo de agilizar esse processo.

Interface - Conceito amplo, que pode expressar a presença de ferramentas para o uso e movimentação de qualquer sistema de informações, seja ele material ou virtual. O dicionário define interface como o conjunto de meios dispostos de forma planejada, sejam eles físicos ou lógicos, com vistas a fazer a adaptação entre dois sistemas para se obter certo fim cujo resultado possui partes comuns aos dois sistemas, ou seja, o objeto final apresenta características dos dois sistemas.

Instrução (informática) - Em ciência da computação, é uma operação única executada por um processador e definida por um conjunto de instruções. Num sentido amplo, pode ser qualquer representação de um elemento num programa executável, tal como um *bytecode*.

Java (linguagem de programação) - Diferente das linguagens de programação modernas, que são compiladas para código nativo, a linguagem Java é compilada para um *bytecode* que é interpretado por uma máquina virtual (Java Virtual Machine, mais conhecida pela sua abreviação JVM). É a linguagem convencional da Plataforma Java, mas não é a sua única linguagem.

kernel - Componente central do sistema operativo da maioria dos computadores; serve de ponte entre aplicativos e o processamento real de dados em nível de *hardware*. As responsabilidades do núcleo incluem gerenciar os recursos do sistema (a comunicação entre componentes de *hardware* e *software*). Geralmente como um componente básico do sistema operativo, um núcleo pode oferecer a camada de abstração de nível mais baixo para os recursos (especialmente processadores e dispositivos de entrada/saída) que *softwares* aplicativos devem controlar para realizar sua função. Tipicamente torna essas facilidades disponíveis para os processos de aplicativos através de mecanismos de comunicação entre processos e chamadas de sistema.

Leiaute ou Layout - Processo de calcular a posição de objetos no espaço desde que respeitadas várias restrições. Pode ser parte de uma aplicação ou empacotado como um componente ou biblioteca reutilizável.

Licença Apache ou Apache License (em inglês) - Licença de *software* livre permissiva de autoria da Apache Software Foundation (ASF). Todo *software* produzido pela ASF ou qualquer um dos seus projetos e subprojetos é licenciado de acordo com os termos da licença Apache.

Linguagem C++ - Linguagem de programação compilada multiparadigma (seu suporte inclui linguagem imperativa, orientada a objetos e genérica) e de uso geral.

Linguagem compilada - Linguagem de programação em que o código-fonte é executado diretamente pelo sistema operacional ou pelo processador, após ser traduzido, por meio de um processo chamado compilação (usando um programa de computador chamado compilador), para uma linguagem de baixo nível, como linguagem de montagem.

Linguagem de programação - Método padronizado, formado por um conjunto de regras sintáticas e semânticas, de implementação de um código-fonte – que pode ser compilado e transformado em um programa de computador, ou usado como *script* interpretado – que informará instruções de processamento ao computador. Permite que um programador especifique precisamente quais os dados em que o computador irá atuar, como esses dados serão armazenados ou transmitidos e quais ações devem ser tomadas de acordo com as circunstâncias. Pode ser usada para expressar algoritmos com precisão.

Linguagem de script ou scripting - É uma linguagem de programação que suporta *scripts*, programas escritos para um sistema de tempo de execução especial que automatiza a execução de tarefas que poderiam alternativamente ser executadas uma por vez por um operador humano. Linguagens de *script* são frequentemente interpretadas (em vez de compiladas).

Linguagem interpretada - Linguagem de programação em que o código-fonte é executado por um programa de computador chamado interpretador.

Plataforma Java - Ambiente computacional, ou plataforma, criada pela empresa estadunidense Sun Microsystems e vendida para a Oracle depois de alguns anos. Permite desenvolver programas utilizando a linguagem de programação Java. Uma grande vantagem da plataforma é o fato de não estar presa a um único sistema operacional ou *hardware*, pois seus programas rodam através de uma máquina virtual que pode ser emulada em qualquer sistema que suporte a linguagem C++.

Processador - Também conhecido como unidade central de processamento ou CPU (*Central Processing Unit*), é a parte de um sistema computacional que realiza as instruções de um programa de computador, para executar aritmética básica, lógica, bem como entrada e saída de dados.

Processamento de dados - Série de atividades executadas ordenadamente, que resultará em uma espécie de arranjo de informações.

Programa - Um programa de computador ou programa informático é um conjunto de instruções que descrevem uma tarefa a ser realizada por um computador. O termo pode ser uma referência ao código-fonte, escrito em alguma linguagem de programação, ou ao arquivo que contém a forma executável desse código-fonte.

Sistema operativo - Programa ou conjunto de programas cuja função é gerenciar os recursos do sistema (definir qual programa recebe atenção do processador, gerenciar memória, criar um sistema de arquivos etc.), fornecendo uma interface entre o computador e o usuário.

Smartphone - Celular que combina recursos de computadores pessoais com funcionalidades avançadas que podem ser estendidas por meio de programas aplicativos executados pelo seu sistema operacional (*SO - sistema operativo*, ou *OS - operating system*), chamados simplesmente de aplicações. Os sistemas operacionais dos *smartphones* permitem que desenvolvedores criem milhares de programas adicionais, com diversas utilidades, agregados em lojas *on-line* como o Google Play para Android e a Apple App Store para iOS.

Software - Trata-se de um programa de computador; é composto por uma sequência de instruções, que é interpretada e executada por um processador ou por uma máquina virtual.

Em um programa correto e funcional, essa sequência segue padrões específicos que resultam em um comportamento desejado.

Software aplicativo, aplicativo ou aplicação (app) - *Software* projetado para executar um grupo de funções, tarefas ou atividades coordenadas para o benefício do usuário. Os aplicativos criados para plataformas móveis são chamados de aplicativos móveis.

Usuário ou utilizador - pessoas ou organizações que utilizam determinado tipo de serviço e podem ser classificadas segundo a área de interesse. Em sistemas de informação, são agentes externos ao sistema que usufruem da tecnologia para realizar determinado trabalho. Podem ser desde os usuários comuns do sistema até administradores, programadores ou analistas de sistemas.