

MATHEUS VILHENA PARENTI

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO MANEJO POPULACIONAL DA  
BROCA-DO-CAFÉ, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL

2020

MATHEUS VILHENA PARENTI

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO MANEJO POPULACIONAL DA  
BROCA-DO-CAFÉ, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em  
Agronomia – Mestrado, área de concentração em Produção  
Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga

Coorientador

Prof. Dr. Fernando Juari Celoto

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2020

MATHEUS VILHENA PARENTI

MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO MANEJO POPULACIONAL DA  
BROCA-DO-CAFÉ, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae)

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

APROVADA em 7 de fevereiro de 2020

Prof. Dr. Fernando Juari Celot  
(coorientador)

UFU

Prof. Dr. João Paulo Arantes Rodrigues Da Cunha

UFU

Prof. Dr. Renato Adriane Alves Ruas

UFV

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga  
ICIAG - UFU  
(orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL

2020

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

---

P228m      Parenti, Matheus Vilhena, 1988-  
2020          Métodos de aplicação de inseticida no manejo populacional da  
broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera:  
scolytidae) [recurso eletrônico] / Matheus Vilhena Parenti. - 2020.

Orientador: Cleyton Batista de Alvarenga.

Coorientador: Fernando Juari Celoto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.3623>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Agronomia. I. Alvarenga, Cleyton Batista de, 1981-, (Orient.). II.  
Celoto, Fernando Juari, 1979-, (Coorient.). III. Universidade Federal de  
Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

---

CDU: 631

Nelson Marcos Ferreira - CRB-6/3074



**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:	Dissertação de Mestrado, 002/2020 PPGAGRO				
Data:	Sete de fevereiro de dois mil e vinte	Hora de início:	08:00	Hora de encerramento:	11:20
Matrícula do Discente:	11812AGR019				
Nome do Discente:	Matheus Vilhena Parenti				
Título do Trabalho:	Métodos de aplicação de inseticida no manejo populacional da broca-do-café <i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari, 1867) (coleoptera: scolytidae)				
Área de concentração:	Fitotecnia				
Linha de pesquisa:	Produção Vegetal em áreas de Cerrado				

Reuniu-se na sala 212, bloco 1CCG, Campus Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha - UFU; Fernando Juari Celoto - UFU; Renato Adriane Alves Ruas - UFV; Cleyton Batista de Alvarenga - UFU orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Cleyton Batista de Alvarenga, 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 Mestre.

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 **Cleyton Batista de Alvarenga, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/02/2020, às 11:30, 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 **João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha, Membro de Comissão**, em 07/02/2020, às 11:31, 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 07/02/2020, às 11:52, 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 **Renato Adriane Alves Ruas, Usuário Externo**, em 12/02/2020, às 17:09, 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](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1799980** e o código CRC **0685C3A8**.

Ao Divino Pai Eterno.

Aos meus amados pais, João Batista Parenti e Vilma Elizete Vilhena Parenti.

À minha esposa Nádia Gomes Barboza Parenti.

Aos meus familiares.

Aos amigos.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por permitir a realização de um sonho da minha vida profissional.

À Universidade Federal de Uberlândia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de aprendizado e aprimoramento.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e FAPEMIG (Fundação e amparo a pesquisa do Estado de Minas Gerais) pelos investimentos que corroboraram pela condução de todo trabalho.

À Syngenta Proteção de Cultivos pela continua motivação para meu desenvolvimento profissional e também como pessoa, além do subsídio ao projeto.

Aos meus gestores Giorla Moraes e Lenildo Pereira por apoiarem integralmente essa minha formação acadêmica concomitante ao meu trabalho na Syngenta.

Às empresas, Jacto S. A. E Sistema de Pulverização Eletrostático – SPE, pela disponibilização de materiais e equipamentos para a realização do trabalho.

Aos meus professores orientadores Cleyton Batista de Alvarenga e Fernando Juari Celoto pela paciência e atenção ao me orientar durante todo mestrado, contrinuindo muito com essa jornada de aperfeiçoamentos, e pelo exemplo de dedicação e profissionalismo.

Ao Professor João Paulo Rodrigues da Cunha, o qual além das importantes contribuições antes e durante a banca, sempre me motivou a não desistir de ingressar no mestrado.

Ao Professor Renato Adrienes Alves Ruas, que nos atendeu prontamente para compor a banca e trouxe importantes contribuições para o tabalho.

Aos meus colegas Renan Zampiroli, Rafael de Freitas e Caio Cunha, pela amizade e grande colaboração na execução deste trabalho.

Ao Sr. Daniel Nunes, nobre cafeicultor, que nos cedeu sua lavoura e seu trator para condução do trabalho sem medir esforços.

À toda minha família, especialmente, aos meus pais, padrinhos e irmão Lucas Villhena Parenti, por sempre me apoiarem e estarem presentes.

À minha digníssima esposa Nádia Gomes Barboza Parenti por todo amor e carinho, estando sempre ao meu lado em todos instantes.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de carga de gotas de pulverização por indução eletrostática, com eletrificação indireta.....	6
Figura 2 – Croqui da área experimental .....	9
Figura 3 – Conjunto trator pulverizador utilizado durante experimento .....	12
Figura 4 – Bico hidráulico com sistema de indução de carga elétrica.....	13
Figura 5 – Ilustração dos pontos de amostragem.....	15
Figura 6 – Acondicionamento das amostras coletadas a campo.....	16
Figura 7 – Extração do corante, repouso do líquido por 24h.....	17
Figura 8 – Espectrofotômetro empregados no estudo de deposição.....	18
Figura 9 – Medidor de área foliar Licor LI 3100C.....	18
Figura 10 – Proveta volumétrica para medição de volume dos frutos .....	19
Figura 11 – Amostragem de frutos e posterior contagem de danos da broca-do-café .....	20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados.....	9
Tabela 2 – Planilha para amostragem da broca-do-café em cada parcela experimental, segundo metodologia adaptada de Souza <i>et al.</i> (2015).....	10
Tabela 3 – Calibrações das pulverizações e cada tratamento .....	14
Tabela 4 – Resumo da análise de variância para deposição de calda nas folhas, frutos e solo	23
Tabela 5 – Deposição de corante nas folhas do terço, Estrela do Sul, 2019 .....	24
Tabela 6 – Deposição de corante nos frutos do terço médio em função da ponta de pulverização, Estrela do Sul, 2019.....	25
Tabela 7 – Deposição de corante nos frutos do terço médio em função do volume de calda, Estrela do Sul, 2019.....	26
Tabela 8 – Deposição de corante nas placas de Petri posicionadas no solo no interior da projeção da copa, em função da ponta de pulverização, Estrela do Sul, 2019.....	26
Tabela 9 – Deposição de corante nas placas de Petri posicionadas no solo no interior da projeção copa em função do volume de calda, Estrela do Sul, 2019 .....	27
Tabela 10 – Resumo da análise de variância para o controle da broca-do-café aos 20 e 40 dias após pulverização .....	27
Tabela 11 – Eficácia de controle em frutos danificados em diferentes pontas hidráulicas e volumes de calda aos 20 dias após aplicação, Estrela do Sul, 2019.....	28
Tabela 12 – Eficácia de controle em frutos danificados em diferentes pontas hidráulicas e volumes de calda aos 40 dias após aplicação, Estrela do Sul, 2019.....	28

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	8
<b>3.1 Área experimental</b> .....	8
<b>3.3 Descrição dos tratamentos</b> .....	8
<b>3.4 Delineamento e esquema experimental</b> .....	9
<b>3.5 Monitoramento da broca-do-café</b> .....	10
<b>3.6 Caracterização do volume de planta e dados climáticos</b> .....	11
<b>3.7 Descrição dos conjuntos tratores pulverizadores</b> .....	12
<b>3.8 Fonte de captação de água e preparo da calda</b> .....	14
<b>3.9 Avaliação de deposição de calda</b> .....	14
<b>3.10 Avaliação da eficácia biológica</b> .....	20
<b>3.11 Análise de dados</b> .....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	22
<b>4.1 Deposição de calda</b> .....	22
<b>4.2 Eficácia biológica</b> .....	27
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	30
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	31

PARENTI, M. V. **MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE INSETICIDAS NO MANEJO POPULACIONAL DA BROCA-DO-CAFÉ, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae)** 2020. 47p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal )–<sup>1</sup> Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

## RESUMO

A broca-do-café é considerada uma das principais pragas da cafeicultura no Brasil. Os danos causados pelo inseto afetam a quantidade e a qualidade da produção dos grãos. Colheitas mal feita e sem a realização da operação de repasse contribuem para a manutenção do ciclo da broca, aumentando os índices populacionais a cada safra. O controle químico, fundamental para um manejo eficiente, necessita garantir ao máximo que o inseto-alvo seja atingido pelo inseticida de uma forma segura para o ambiente. Novos inseticidas, mais modernos e seguros, vêm sendo desenvolvidos, porém com custos mais altos, requerendo uma pulverização mais assertiva. A pulverização é um fator crucial para a sustentabilidade da produção, principalmente no que se refere à penetração da calda no dossel da cultura e à redução de perdas por deriva. Esta investigação teve como objetivo analisar a eficácia agrônômica e a deposição de calda pulverizada em frutos e folhas do cafeeiro e estimar a perda para o solo, proporcionada pela aplicação com diferentes taxas e pontas de pulverização. O experimento foi conduzido no esquema fatorial  $2 \times 2 + 1$  adicional e seis repetições, sendo os fatores pontas de pulverização (jato cônico vazio – JA1 – e jato cônico vazio com indução de ar – TVI) e taxas de aplicação de calda (200 e 400 L ha<sup>-1</sup>) e um adicional com pontas SPE2 com sistema eletrostático (200L ha<sup>-1</sup>). As aplicações foram realizadas com um pulverizador hidropneumático e o marcador Azul Brilhante, o qual foi quantificado por espectrofotometria. Para a avaliação de depósito, foram coletados frutos e folhas dos terços das plantas e também placas de Petri já posicionadas junto à superfície do solo. A eficácia foi avaliada por meio da contagem da incidência de frutos danificados pela praga vinte e quarenta dias após a aplicação. Houve um incremento significativo na deposição de calda nos frutos do terço médio e na placa ao solo pelo bico com indução de ar e com maior volume de calda, os quais também demonstraram superioridade no controle.

**Palavras-chave:** Tecnologia de Aplicação, Controle Químico, Pulverização Eletrostática.

---

<sup>1</sup>Comitê Orientador: Cleyton Batista de Alvarenga–UFU (Orientador), Fernando Juari Celoto – UFU (Coorientador), João Paulo Rodrigues da Cunha – UFU

PARENTI, M. V. **INSECTICIDES APPLICATION METHODS IN COFFE BORER (*Hypothenemus hampei*) POPULATION MANAGEMENT** 2020. 47p. Thesis (Master degree in Agronomy) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

## ABSTRACT

The coffee borer is considered one of the major coffee pests in Brazil. Damage caused by the insect affects the quantity and quality of grain production. Due to inefficient harvesting, fruits left unharvested and on the ground contribute to the maintenance of the borer life-cycle, increasing its presence at each harvest. Chemical control, essential for efficient management, needs to ensure the insect is contaminated by the insecticide in a safe way for the environment. Nowadays, more modern and safer insecticides are being developed, but at higher costs, requiring more assertive spraying, crucial for production sustainability especially regarding the penetration of the syrup canopy and the reduction of drift losses. This study aimed at analyzing the agronomic efficacy and the deposition of sprayed syrup on coffee fruits and leaves and to estimate the soil loss due to the use of different rates and spray tips. The experiment was carried out in an additional 2 x 2 + 1 factorial scheme and six replications, with the spray tip factors (JA1 empty conical jet and TVI empty conical jet) and spray application rates (200 and 400 L ha<sup>-1</sup>), and an additional SPE2 tip with electrostatic system (200L ha<sup>-1</sup>). The applications were performed using a hydropneumatic spray and the Bright Blue marker, which was quantified by spectrophotometry. Fruits and leaves were collected from the thirds of the plants and also Petri dishes positioned near the soil surface were used for deposit evaluation. The efficacy evaluation counted the incidence of damaged fruits twenty-four days after application. There was a significant increase in the deposition of syrup in the fruits of the middle third and in the soil plate by the air-induced nozzle, which also demonstrated superiority in control.

**Keywords:** Application Technology, Chemical Control, Electrostatic Spraying.

---

<sup>1</sup> Steering Committee: Cleyton Batista de Alvarenga–UFU (Advisor), Fernando Juari Celoto – UFU (Co-advisor), João Paulo Rodrigues da Cunha – UFU

## 1 INTRODUÇÃO

Líder mundial na produção e na exportação de café, o Brasil colheu, na safra 2017-2018, 61,7 milhões de sacas de café, das quais 47,5 e 14,2 milhões são, respectivamente, das espécies de arábica (*Coffea arabica* L.) e robusta (*Coffea canephora* Pierre). Garantindo o abastecimento mundial e contribuindo para os desenvolvimentos econômico e social do país (CONAB, 2019).

O cafeicultor, de modo geral, tem buscado a sustentabilidade do processo produtivo, reduzindo custos, otimizando operações mecanizadas e insumos, agregando valor ao produto comercializado, por meio de certificações para o comércio e a exportação, que aplicam normas rigorosas para o processo de produção – produção essa que encara ininterruptos desafios abióticos, como secas ou geadas, e desafios biológicos, como doenças e pragas. É essencial a busca por novas estratégias e por melhorias das atuais ferramentas, de forma que sejam ambiental e economicamente viáveis (ARISTIZÁBAL; LARA; ARTHURS, 2012).

Na cafeicultura no Brasil a broca-do-café – *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), originária da África, é uma praga de extrema importância, tendo sido descrita em 1867 pelo entomologista austríaco Ferrari. Os danos causados pelo inseto afetam tanto a quantidade quanto a qualidade da produção dos grãos. Atualmente, o adensamento das linhas de plantio, que favorece o microclima úmido, e a colheita mecanizada, que deixa frutos não colhidos e que não foram repassados, contribuem para a manutenção do ciclo da broca, aumentando sua incidência a cada safra. Além disso, as infestações da broca-do-café podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como sombreamento, espaçamento e altitude (SOUZA; REIS, 1997).

O controle químico de tal praga com Endosulfan foi utilizado por muitos anos e reconhecido como o mais eficiente. Porém, devido à sua toxicologia, certificadoras e, posteriormente, o governo brasileiro proibiram seu uso, gerando ainda mais desafios para o manejo, além do desenvolvimento de resistência do inseto (BRUN *et al.*, 1989; DAMON, 2000). Após a proibição desse inseticida no Brasil no ano de 2013, os níveis de infestação da broca-do-café aumentaram nas principais regiões produtoras (MOTA *et al.*, 2017).

Novos inseticidas, com seletividade, vieram substituir, com menor impacto ambiental, o Endosulfan. Os principais inseticidas usados para controle químico são do grupo Diamida Antranílica – Clorantianiliprole e Ciantraniliprole –, além de outros como Acetamiprido e Metaflumizone. Esses inseticidas e a eficiência na pulverização para que o inseticida chegue ao alvo, de forma a garantir o controle e a reduzir custos.

Nesse contexto, um dos principais entraves é a pulverização. Os problemas mais comuns relacionam-se à seleção correta exigem um manejo estratégico, em que é necessário o monitoramento constante dos talhões pontas e ao volume de calda empregados. A eficácia do tratamento não está apenas ligada ao inseticida ou a qualquer outro defensivo agrícola, mas também à qualidade da pulverização, que é influenciada por fatores como: tipo de ponta, pressão de trabalho, ângulo de pulverização e volume de calda (MATTHEWS, 2000).

A pulverização eletrostática e outras pontas hidráulicas de pulverização têm sido apresentadas como alternativas para o manejo fitossanitário; porém, faltam resultados aplicados, e suas vantagens e desvantagens ainda são desconhecidas por parte dos cafeicultores. Logo, a busca por melhorias na tecnologia necessita ser alvo de investigações nas instituições de pesquisa brasileiras.

A pesquisa em tecnologia de aplicação no cafeeiro ainda é pouco aprofundada, carecendo de muitas informações. Diante do quadro que se apresenta aos produtores de café, cabe à pesquisa apresentar alternativas viáveis sob os pontos de vista técnico, econômico e ambiental, pois o cafeicultor sozinho não consegue obter as respostas necessárias para a tomada de decisão no que concerne à tecnologia e ao método a serem adotados no controle de pragas na produção de café. Nesse panorama, este trabalho fornece conhecimento científico aplicado às lavouras cafeeiras do cerrado mineiro para o técnico extensionista ou o próprio cafeicultor fazer uso imediato.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar parâmetros pertinentes à tecnologia de aplicação, com a avaliação da eficácia de controle da broca-do-café, utilizando pulverização hidropneumática e eletrostática, além de diferentes volumes de calda e pontas de pulverização.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A cafeicultura, em todos os países produtores, tem significativa importância econômica, sendo uma das principais *commodities* agrícola. Com um rendimento anual estimado de mais de 70 bilhões de dólares, com 115 milhões de sacas de café de 60 kg ao ano. Além disso, gera impacto social pois, aproximadamente 20 milhões de famílias em todo o mundo dependem dessa cultura para sua subsistência (VEGA; INFANTE; JOHNSON, 2015).

Nesse mercado, o Brasil é o maior produtor e exportador do mundo e o segundo maior consumidor do produto. A produção estimada de café no país atingiu 51,37 milhões de sacas de 60 kg (arábica e conilon), com cerca de 2,22 milhões de hectares de área plantada. A produção obtida em Minas Gerais, em 2016, foi estimada em 30,72 milhões sacas, sendo 30,42 milhões de *Coffea arabica* L, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019).

A espécie *C. arabica* representa 84,4% da área produtiva no Brasil (CONAB, 2019). Sua produção ocorre em áreas com condições de clima tropical de altitude, com umidade e temperaturas amenas. Adapta-se à topografia tanto de relevos planos, como na região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro que são propícia ao uso da mecanização e tecnologias buscando melhorar a maior produtividade da área, quanto de terrenos declivosos, como no sul de Minas Gerais (MATIELLO *et al.*, 2015).

A produção de café enfrenta dificuldades devido à suscetibilidade da cultura a patógenos e insetos (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012). Os insetos-praga são um entrave na produção, podendo reduzir a produtividade e a qualidade da bebida quando influenciam na integridade estrutural dos grãos. Um dos principais insetos praga é a broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), que pode causar danos aos frutos em qualquer estágio de granação, desde frutos verdes pequenos, no início do enchimento, até frutos secos (GALLO *et al.*, 2002). Segundo Oliveira *et al.* (2012), os prejuízos econômicos causados por esse inseto, que causam danos diretos ao grão, são estimados em 287 milhões de dólares anuais, apenas no território brasileiro.

A fase adulta da broca-do-café caracteriza-se por um coleóptero com corpo tendendo ao formato cilíndrico. Os machos não voam e são menores em relação às fêmeas, estas medindo de 1,4 a 1,78 mm, com capacidade de voo, sendo as responsáveis pela perfuração do fruto (COMPENDIUM, 2017).



A posição de entrada geralmente é a região da coroa do fruto, local onde são encontradas as perfurações. Imediatamente após a fase da construção de galerias inicia-se a postura; uma fêmea oviposita de dois a três ovos por dia durante um período de 20 dias, fazendo uma postura de 30 a 50 ovos. Após quatro a dez dias de postura, eclodem as primeiras larvas, que iniciam a alimentação do tegumento (COMPENDIUM, 2017). Em geral, os machos vivem, em média, 40 dias, enquanto as fêmeas vivem, em média, 157 dias (JARAMILLO; BORGEMEISTER; BAKER, 2006).

O manejo da broca-do-café baseia-se no monitoramento prévio da população do inseto a fim de determinar o momento em que se deve adotar medidas de controle, como a pulverização. Os métodos mais empregados, atualmente, são o cultural, com a eliminação de restos de frutos que ficam na área após a colheita da safra anterior, o controle químico com a utilização de produtos fitossanitários e, mais recentemente, o uso de inseticidas biológicos e o uso de armadilhas olfativas, que vêm ganhando espaço nas áreas produtoras (SOUZA *et al.*, 2013; FERNANDES *et al.*, 2015).

O uso de novas moléculas e metodologias de aplicação visando à cobertura adequada do alvo em conjunto com o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é fundamental para o controle da broca-do-café, sendo utilizado em algumas propriedades como um modo mais eficiente e economicamente viável de controle (CARVALHO; BARCELLOS, 2012).

A planta terá condição de alcançar seu potencial produtivo apenas se houver eficácia no controle fitossanitário. A busca pela melhor deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea é dependente de vários fatores, tais como densidade de plantio, tamanho e formato da planta, tamanho de gota, volume de calda, velocidade de trabalho, velocidade do vento e vazão de ar produzida pelo ventilador (SILVA, 2013). Dentre esses aspectos, o uso de pontas adequadas para a melhor cobertura do alvo é fundamental no que diz respeito à tecnologia de aplicação visando à eficiência da aplicação, à eficácia de controle do inseto e à redução dos impactos ambientais, seja por deriva seja por escorrimento da calda ocasionada pela escolha incorreta de pontas e volume de calda.

Há muito tempo um grande número de cafeicultores utilizam as mesmas pontas de jato cônico para a aplicação de produtos fitossanitários nos cafeeiros. Essas pontas são empregadas, sobretudo, na aplicação de inseticidas e fungicidas em pulverizadores hidropneumáticos dotados de assistência de ar (turboatomizadores). Dentro do grupo de jato cônico destacam-se as de jato cônico vazio, recomendadas para trabalhar com pressões de dois a dez bar, ângulos de abertura do jato entre 70° a 80° e produção de gotas finas, o que propicia melhores valores

de cobertura e chegada do produto no alvo desejado, apesar de as gotas finas serem mais sujeitas à deriva (MINGUELA; CUNHA, 2010).

Já o sistema de indução de ar nas pontas de jato cônico é considerado eficiente em diversos tratamentos fitossanitários em pulverizadores hidráulicos de barra horizontal; onde o sistema, por meio de uma pré-câmara e turbilhonamento, com um ou dois orifícios no corpo da ponta e um venturi, injeta ar na gota, gerando-a com maior diâmetro e peso, com consequente redução da deriva e perda para o ambiente. Esse maior peso permite uma maior penetração e ao se chocar com a planta, divide-se em gotas de menor diâmetro. Ocorrendo assim, um possível incremento da área de contato, aumentando seu potencial de uso em aplicações de inseticidas e fungicidas (BUENO; CUNHA; ROMAN, 2013).

Uma tecnologia alternativa à aplicação hidropneumática convencional na cafeicultura é a aplicação eletrostática. Essa tecnologia consiste em um sistema de indução eletrostática das gotas, as quais recebem cargas positivas ou negativas; com isso, há uma diferença de potencial elétrico entre as gotas e o alvo, promovendo a atração das gotas pela planta devido a seu aterramento. Os três métodos e a viabilidade da pulverização eletrostática estão relacionados ao processo utilizado para eletrificar as gotas, descritos por Chaim (2006).

Uma das formas de carregamento da gota é chamada de "efeito corona". Nesse caso, um eletrodo pontiagudo submetido a tensões elevadíssimas ioniza o ar, e as cargas livres chocam-se com as gotas produzidas pelo bico, tornando-as eletricamente carregadas. Esse processo é mais adequado para eletrificar gotas com tamanhos inferiores a 20 micrômetros, pois gotas maiores não adquirem carga com intensidade suficiente para aumentar a eficiência da aplicação. No sistema de carga por efeito corona, é necessária a utilização de tensões extremamente elevadas, com corrente elétrica na ordem de alguns miliampéres, o que pode ocasionar descargas perigosas, comprometendo sua adoção na agricultura.

Outro método é o sistema de indução com eletrificação direta, em que o líquido ou o bico recebe a ação da alta tensão e um eletrodo aterrado tem a função de promover a estabilização de um campo eletrostático. Essa concepção foi utilizada num pulverizador eletrohidrodinâmico desenvolvido na Unesp, no campus de Jaboticabal, entre 1980 e 1984. Esse equipamento utilizava caldas oleosas de baixa condutividade elétrica, em que a própria alta tensão pulverizava o líquido em gotas extremamente uniformes, mas tinha a desvantagem de necessitar de formulações especiais de alto custo de desenvolvimento. Essas especificidades também comprometeram a utilização da tecnologia no campo.

Por fim, o último método de aplicação foi viabilizado somente com o processo de carga por indução com eletrificação indireta, em que o líquido é mantido aterrado, com voltagem igual a zero. Nesse processo, as gotas adquirem a carga na presença de um intenso campo eletrostático, formado entre o eletrodo de indução mantido em alta voltagem e o jato de gotas (FIGURA 1). O eletrodo de indução deve ser posicionado na região da borda do jato, onde as gotas se formam, em uma distância mínima suficiente para evitar centelhas de descarga entre o eletrodo e o líquido. O sistema de carga por indução com eletrificação indireta apresenta grandes vantagens, pois o líquido no tanque e tubulações ficam submetidos à voltagem zero, e o sistema necessita de voltagens relativamente baixas para eletrificação das gotas.

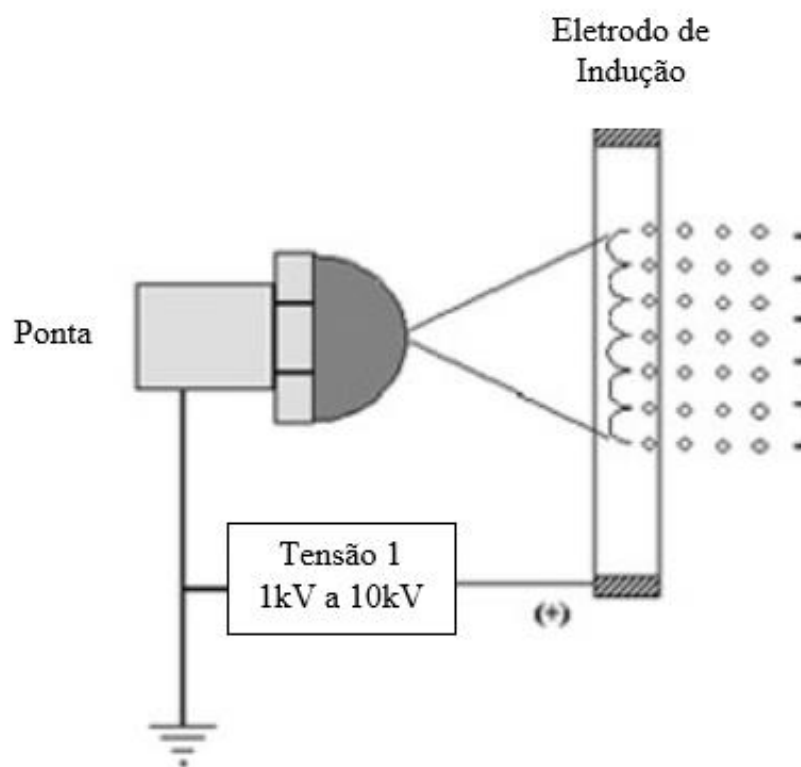


Figura 1 – Sistema de carga de gotas de pulverização por indução eletrostática, com eletrificação indireta  
Fonte: Chaim, 2006.

Como foi demonstrado por Sasaki *et al.* (2015) a aplicação eletrostática aumentou a deposição da calda nas folhas no cafeeiro em 37% em relação à hidropneumática. Devido a isso, é possível estudar a redução do volume de calda aplicado, diminuir perdas por deriva, aumentar a uniformidade de distribuição das gotas na planta. Minguela e Cunha (2010) consideram que gotas finas (150  $\mu\text{m}$ ), por permitirem maior razão carga/massa, apresentam um melhor potencial para serem utilizadas nesse sistema. Também é importante ressaltar que há

trabalhos demonstrando que a aplicação eletrostática não possibilitou incrementos na deposição e na eficácia da aplicação de produtos fitossanitários, como evidenciado por Zampiroli (2019), em que a aplicação eletrostática não proporcionou aumento na deposição de calda na cultura do café, tampouco na eficácia para o controle de bicho mineiro.

Segundo Silva, Cunha e Nomelini (2014) além dos tipos de pontas, outro fator relevante para a pulverização é o volume de calda que deve efetuar o molhamento das folhas com mínimas perdas por escoamento para o solo. Não há muitas informações sobre a quantidade e a distribuição da calda aplicada necessárias para um controle satisfatório de pragas e doenças na cafeicultura. Segundo Viana *et al.* (2010) pode-se obter uma distribuição uniforme de calda com determinado diâmetro e número de gotas, obtendo sucesso em aplicações, mesmo com volume aplicado menor em relação aos convencionais. Estudos com redução da taxa de aplicação em culturas arbóreas, como café e citros, vêm demonstrando resultados interessantes (FERNANDES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2010; SILVA; CUNHA; NOMELINI, 2014). Decaro Júnior *et al.* (2015), trabalhando com volumes de calda reduzidos no controle do bicho-mineiro do café, constataram que o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, considerado reduzido para a cultura, aplicado em pulverizador convencional hidropneumático, apresentou 80% de controle.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Área experimental**

O experimento foi conduzido em área comercial localizada na fazenda Japão, situada no município de Estrela do Sul, Minas Gerais, nas coordenadas 18°43'01.42"S e 47°47'11,30"O, com altitude aproximada de 997 metros, e nas dependências do Laboratório de Máquinas e Mecanização (LAMM), vinculado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo, situadas no município de Monte Carmelo, Minas Gerais.

#### **3.2 Descrição das parcelas**

O talhão é formado pelo cultivar Topázio, com sete anos de implantação, com espaçamento de plantio de 3,8 x 0,7 metros, em uma região de monocultivo cafeeira próxima a uma reserva florestal, com histórico de perdas de produção devido à broca-do-café.

A área útil do experimento foi composta por oito linhas de plantio, sendo consideradas seis linhas úteis, ou seja, duas linhas funcionam como bordadura entre experimento e a área comercial. O solo da área foi caracterizado como latossolo vermelho distrófico (EMBRAPA, 2013). De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw – tropical quente úmido, com inverno frio (15/16 °C) e seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1.400 mm e 23 °C, respectivamente, segundo o Instituto Nacional de Metrologia (EMBRAPA, 2019).

As parcelas experimentais foram constituídas por 57 plantas (40 m), sendo as 25 plantas centrais consideradas úteis e as parcelas estavam distanciadas entre 40 metros na linha e sete metros entre linhas. A área útil de cada parcela foi de 66,6 m<sup>2</sup>; a área total da parcela foi de 152 m<sup>2</sup>; em função de haver seis repetições por tratamento, totalizando 30 parcelas, a área total do experimento foi de 4.560 m<sup>2</sup>.

#### **3.3 Descrição dos tratamentos**

Os tratamentos foram dois volumes de calda, 200 e 400 L ha<sup>-1</sup>; duas pontas de pulverização marca Jacto S.A, modelos JA-01, TVI 80-075, juntamente com um tratamento

adicional de aplicação eletrostática com uso de volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, formando um esquema fatorial 2x2+1 (TABELA 1).

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos utilizados

Tratamento	Pulverização	Fator 1: Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Fator 2:Ponta	Tamanho de gota*
1	hidropneumática	400	TVI 80-075	Grossa
2	hidropneumática	400	JA-01	Fina
3	hidropneumática	200	JA-01	Fina
4	hidropneumática	200	TVI 80-075	Grossa
5	eletrostática	200	SPE2	Muito fina

Fonte: O autor.

Legenda: \*Informado pelo fabricante, segundo a norma ASAE S572.

### 3.4 Delineamento e esquema experimental

O experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x2+1 e seis repetições (FIGURA 2).

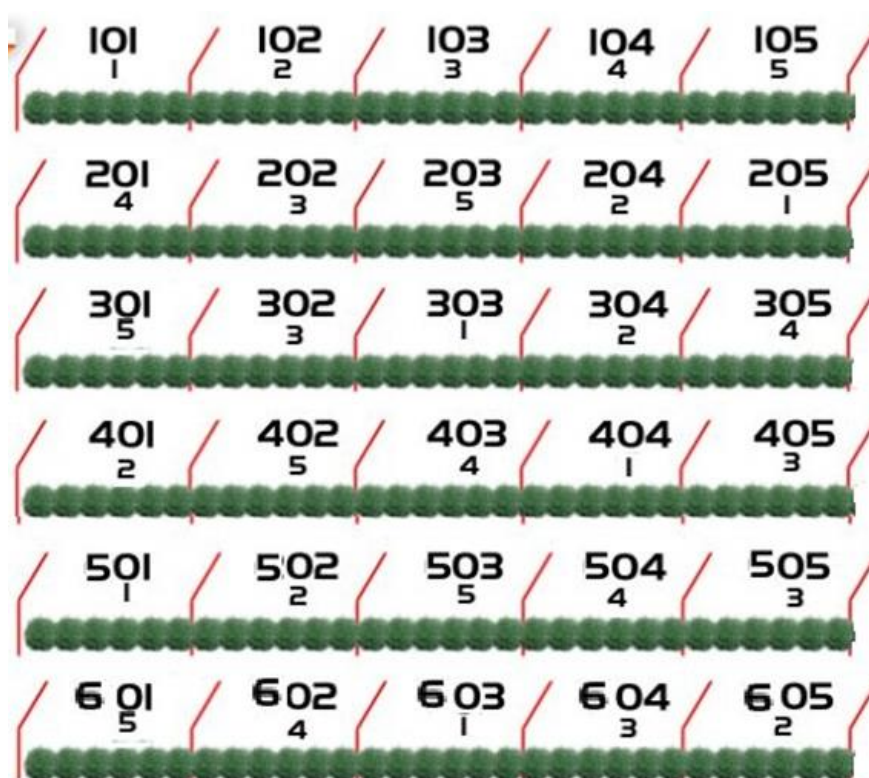


FIGURA 2 – Croqui da área experimental

Fonte: O autor.

### 3.5 Monitoramento da broca-do-café

O monitoramento da broca-do-café, iniciado 60 dias após a florada, foi realizado semanalmente seguindo metodologia adaptada de Souza *et al.* (2015). Para isso, foram avaliados frutos desde o estágio frutos verdes chumbões aquosos, nas posições norte e sul nos níveis inferior, mediano e superior do dossel da planta; cada nível do dossel constituiu um ponto de amostragem e, em cada ponto, foram avaliados dez frutos e seis pontos por planta, sendo 30 plantas no talhão, totalizando 1080 frutos analisados. O método adotado foi o não destrutivo, ou seja, os frutos não foram destacados da planta (TABELA 2).

Tabela 2 – Planilha para amostragem da broca-do-café em cada parcela experimental, segundo metodologia adaptada de Souza *et al.* (2015)

Universidade Federal de Uberlândia (UFU) – <i>campus</i> Monte Carmelo						
Monitoramento da broca-do-café						
Planilha de campo para amostragem de frutos						
Fazenda:	Gleba/quadra:				Talhão:	
Avaliador:					Data: ____/____/____	
Horário de início:			Horário de término:			
Amostra de dez frutos observados em diversos ramos e rosetas por ponto						
Planta	Número de frutos perfurados em dez frutos por ponto amostrado					
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6
1						
. . .						
30						
Subtotal						
TFB						

Fonte: O autor.

Com os dados coletados em cada tratamento, foi obtida o índice populacional da broca, a fim de determinar o momento de entrada da pulverização. Para tal determinação, foram usados todos os subtotais de frutos broqueados das colunas, cujo resultado foi o total de frutos furados (TFB) no total de plantas observadas. O valor observado na planilha foi expresso em percentagem de infestação da broca-do-café no talhão (SOUZA *et al.*, 2015) (EQUAÇÃO 1).

$$PI = \frac{TFB}{1080} \quad (1)$$

Em que:

PI = Porcentagem de infestação (%);

TFB = Total de frutos broqueados.

### 3.6 Caracterização do volume de planta e dados climáticos

As condições psicrométricas – temperatura, umidade relativa, velocidade do vento – foram monitoradas durante todo o experimento por um termo-higro-anemômetro digital portátil modelo AD-250, fabricante INSTRUTHERM.

A altura, o diâmetro da planta e o espaçamento entre linhas foram utilizados para a determinação do volume médio de copa (ALVARENGA *et al.*, 2013) (EQUAÇÃO 2).

$$VC = \frac{H D}{E} 10.000 \quad (2)$$

Em que:

VC = Volume da copa das plantas (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);

H = Altura da planta (m);

D = Diâmetro da copa (m); e

E = Espaçamento entre linhas (m).

O índice volumétrico, influenciado pelo nível de infestação e pelas condições psicrométricas no momento da pulverização, foi determinado por meio da razão entre o volume de calda recomendado para o controle da broca-do-café e o volume da copa (ALVARENGA *et al.*, 2013). Entretanto, este deve ser selecionado, principalmente, com base no conhecimento do histórico da área e do volume de calda suficiente para proporcionar uma boa cobertura no dossel das plantas (EQUAÇÃO 3).

$$IV = \frac{VP}{VC} 1.000 \quad (3)$$

Em que:

IV = Índice volumétrico (mL m<sup>3</sup>);

VP = Volume de pulverização (L ha<sup>-1</sup>); e

VC = Volume da copa (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>).



### 3.7 Descrição dos conjuntos tratores pulverizadores

As pulverizações foram realizadas utilizando um pulverizador hidropneumático (turbo-atomizador) montado, modelo Arbo 360, marca Montana (São José dos Pinhais, Brasil) (FIGURA 3), acionado por um trator marca Massey Ferguson (Canoas, Brasil) 4x2, modelo 275, com potência de 55,16 kW (75 cv). O pulverizador possui seis porta-bicos em cada um dos dois arcos laterais, tanque com capacidade de 300 L, bomba de pulverização do tipo membrana com vazão de  $40 \text{ L min}^{-1}$  e ventilador com 615 mm de diâmetro e nove pás de ângulo fixo, além de 107 cm de altura do chão ao centro do ventilador. A rotação na tomada de potência (TDP) do trator foi de 540 rpm aferida por um tacômetro foto/contato digital, marca Minipa, modelo MDT2238A. Para evitar influência do ventilador, devido a posição das pás, utilizou-se apenas uma lateral do pulverizador, padronizando o direcionamento do ar.



FIGURA 3 – Conjunto trator pulverizador durante experimento.

Fonte: O autor.

O manômetro utilizado para controle da pressão de trabalho do sistema de pulverização foi da marca Jacto, com fundo de escala de zero a 3922,66 kPa (zero a 569 psi), aferido em mesa-padrão, utilizando um gerador de pressão hidráulica, equipada com manômetro Salcas, classe A3, com precisão de  $\pm 0,25\%$  e divisão de 10 kPa, segundo a norma NBR-12446/1992.

A aplicação hidropneumática foi realizada com dois modelos de pontas da marca Jacto (Pompeia, Brasil), TVI 80-075 e JA-01, para ambos necessitou-se utilizar duplicadores nas saídas dos pulverizadores para chegar na regulagem das vazões requeridas, totalizando portando 12 bicos.

A aplicação eletrostática foi realizada pelo mesmo conjunto do pulverizador hidropneumático, mas equipado com um kit de pulverização eletrostática composto por seis bicos no ramal direito, desenvolvido e comercializado pela empresa Sistema de Pulverização Eletrostático (SPE). As pontas utilizadas foram os modelos SPE-2 (FIGURA 4), tipo jato cônico vazio de material cerâmico, desenvolvidas pela própria empresa, sendo que o campo elétrico gerado por esse sistema ocorre na base do jato produzido devido à eletrificação do anel presente no bico (TABELA 3).

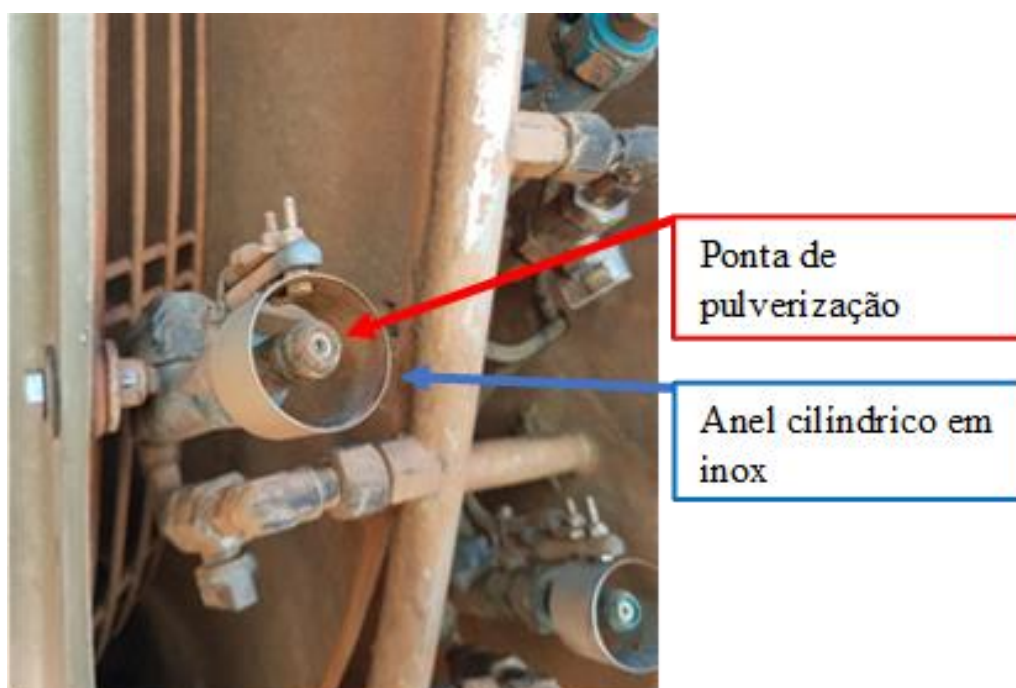


FIGURA 4. Bico hidráulico com sistema de indução de carga elétrica.

Fonte : Zampiroli, 2019.

Tabela 3 – Calibrações das pulverizações e cada tratamento

Tratamento	Marcha	Caixa de marcha	Vazão Ponta (L min <sup>-1</sup> )	Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Pressão (kPa)
1	Terceira	Reduzida	0,517	4,6	931
2	Terceira	Reduzida	0,521	4,6	1034
3	Quarta	Reduzida	0,337	5,8	414
4	Primeira	Simples	0,389	6,9	517
5	Primeira	Simples	0,710	6,9	861

Fonte: O autor.

### 3.8 Fonte de captação de água e preparo da calda

A água utilizada para a aplicação foi a mesma para todos os tratamentos, provinda de um poço artesiano da própria fazenda e armazenada em reservatório de metal no formato taça.

A água e a calda de aplicação tiveram seu pH aferido por um pHmetro portátil modelo Kr22, marca Akrom (São Leopoldo, Brasil) no momento da adição da água ao depósito do pulverizador e após a adição dos produtos fitossanitários em todos os tratamentos. O pH manteve-se entre 5 e 5,4, sem necessidade de adicionar condicionadores na calda.

### 3.9 Avaliação de deposição de calda

Para a avaliação da deposição de calda no dossel do cafeeiro, foi adicionada à calda de aplicação um marcador composto pelo corante alimentício Azul Brilhante, catalogado internacionalmente pela Food, Drug & Cosmetic como FD&C Blue n.1, na dose fixa de 500 g ha<sup>-1</sup> (1,25 e 2,5 g L<sup>-1</sup> na taxa de 400 e 200 L ha<sup>-1</sup>, respectivamente), para ser detectado por absorbância em espectrofotometria, tal metodologia foi adaptada de Miranda *et al.* (2012).

No estudo de deposição de calda, após a pulverização, foram coletadas aleatoriamente duas folhas e cinco frutos entre da haste principal extremidade dos ramos, separadamente, em cada terço da planta: terço superior a 2,4 m de altura; terço médio a 1,2 m de altura; e terço inferior a 0,6 m de altura. Tais metodologias foram adaptadas de Sasaki *et al.* (2015) e Miranda *et al.* (2012) para folhas e frutos, respectivamente.

Além da parte aérea da planta, foram posicionadas duas placas de Petri sobre ao solo na projeção da saia do cafeeiro para avaliar perdas por escorrimento. A determinação de perdas para o solo foi feita utilizando a metodologia adaptada de Gitirana Neto *et al.* (2016), em que

foram utilizadas duas placas de Petri, com 63,59 cm<sup>2</sup> cada, dentro da área de projeção da copa, uma a 0,25 e outra 0,5m do caule (FIGURA 5).

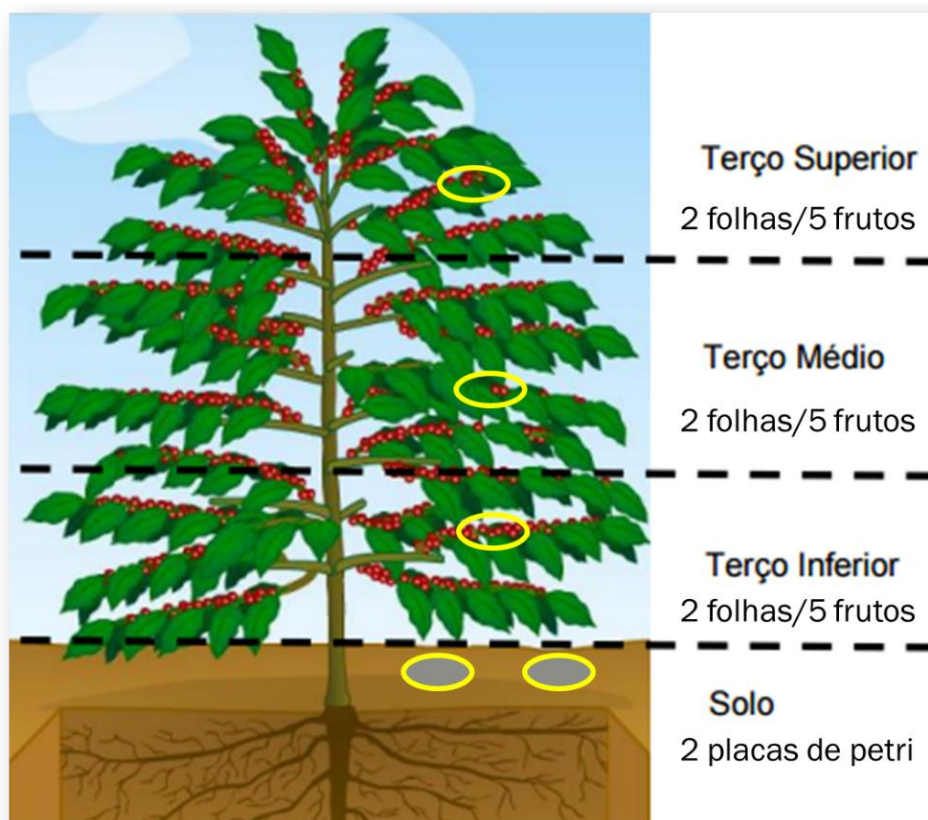


FIGURA 5 – Ilustração dos pontos de amostragem de deposição  
Fonte: Adaptado de Fundação Procafé

Após a aplicação, as amostras foram devidamente etiquetadas e acondicionadas em sacos plásticos, sendo transportadas em caixas de isopor, providas de isolamento térmico e luminoso, para o Laboratório (FIGURA 6).



FIGURA 6 – Acondicionamento das amostras coletadas a campo

Fonte: O autor.

Em laboratório, foram adicionados 30 mL de água destilada em cada saco plástico com as folhas. Os sacos foram fechados e agitados por 30 segundos para a homogeneização do corante presente nas amostras. Em seguida, o líquido foi retirado e transferido para copos plásticos, os quais foram acondicionados em local refrigerado provido de isolamento luminoso por 24 horas, para posterior leitura de absorbância no espectrofotômetro (FIGURA 7).





FIGURA 7 – Extração do corante, repouso do liquido por 24h  
Fonte: O autor.

Posteriormente, foi determinada a absorbância da solução com auxílio de um espectrofotômetro modelo 600 Plus<sup>®</sup>, marca Femto (São Paulo, Brasil) com cubetas de vidro de 3,5 mL e caminho óptico de 10 mm, com lâmpada de tungstênio-halogênio para a realização das leituras. A quantificação da coloração foi feita por absorbância em 630 nm, faixa de detecção do corante azul utilizado (FIGURA 8).



Figura 8 – Espectrofotômetro empregados no estudo de deposição  
Fonte: O autor.

A área das folhas foi medida com um medidor de área foliar modelo Licor LI 3100C (Lincoln, USA). Em cada amostra, as áreas das duas folhas foram somadas, para posterior determinação dos depósitos (FIGURA 9). Já os frutos foram medidos através dos seus volumes; para isso, foi utilizada a metodologia de deslocamento de água em proveta graduada com a inserção dos frutos em volume de água (densidade  $0,9977 \text{ g mL}^{-1}$ ) conhecido, quantificados através de provetas de 25 mL (FIGURA 10).



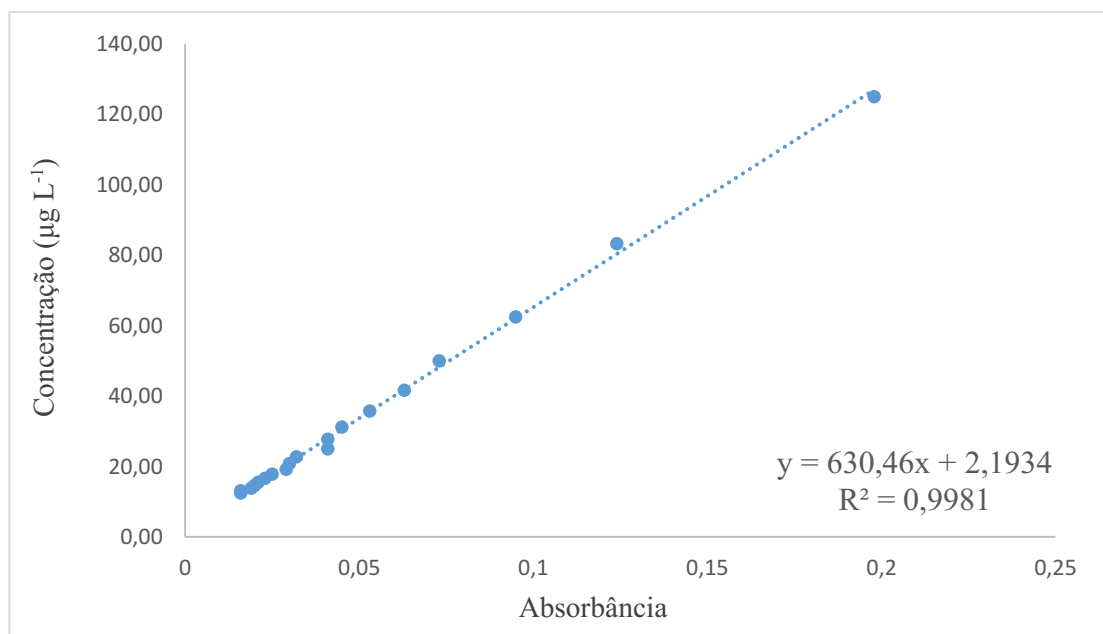
Figura 9 – Medidor de área foliar Licor LI 3100C  
Fonte: O autor.



Figura 10 – Proveta volumétrica para medição de volume dos frutos  
 Fonte: O autor.

Através de curva de calibração, originada por meio de soluções-padrão de corante, foram obtidas a equação (GRÁFICO 1) .

Gráfico 1 – Curva de calibração



Fonte: O autor.



Os dados de absorvância foram transformados em concentração ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). De posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, foi determinada a massa de corante retida nas folhas de café coletadas nas parcelas. O depósito total foi dividido pela área foliar de cada amostra para obtenção da quantidade, de corante por área foliar, da área da placa de Petri ou por volume de frutos.

### 3.10 Avaliação da eficácia biológica

Para a avaliação de eficácia de controle da broca-do-café, foi adicionado à calda o inseticida, composto por um ingrediente ativo em desenvolvimento pela Syngenta Proteção de Cultivos, cujo código experimental é SYN200 ( $200 \text{ g L}^{-1}$ ), na dose de  $200 \text{ mL ha}^{-1}$ . Trata-se de um produto sistêmico de contato e ingestão, de um grupo químico recém-descoberto cujo sítio de ação são os moduladores alostéricos de canais de cloro, mediados pelo GABA (IRAC, 2018) e de formulação em Suspensão Concentrada (SC).

A eficácia de controle foi determinada pela contagem do número de frutos brocados seguindo metodologia adaptada de Souza *et al.* (2015). Assim, em cada parcela foi colhido um litro de frutos ao acaso dentro da área útil; em de cada amostragem, foram avaliados 500 frutos, os quais foram cortados para chegar à porcentagem de frutos danificados pela broca (FIGURA 11). Foram realizadas duas avaliações, 20 e 40 dias após a aplicação. A porcentagem de controle foi calculada pela fórmula de Abbott (ABBOTT, 1925).



Figura 11 – Amostragem de frutos e posterior contagem de danos da broca-do-café

Fonte: O autor.

### 3.11 Análise de dados

Os dados foram submetidos à análise de variância, considerando o teste F ao nível de 5% de significância. Em seguida, foram realizadas as análises de pressuposições.

As análises foram empreendidas com o auxílio do *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2019), versão gratuita disponibilizada pelo desenvolvedor. Os dados analisados atenderam aos testes de pressuposições de normalidade dos resíduos, pelo teste de Shapiro-Wilk (W), e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Anscombe e Tukey, considerando, para ambos, o nível de significância de 5%. Também foi aplicado o teste de Tukey e Dunnett entre os dados dos tratamentos fatoriais com o adicional.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições meteorológicas foram monitoradas durante a aplicação dos tratamentos. A temperatura variou entre 25 a 31 °C, a umidade relativa entre 60 a 67%; e a velocidade do vento entre 3 a 7 km h<sup>-1</sup>. Ocorreu uma chuva de aproximadamente 15 mm cinco horas após a aplicação. O monitoramento da broca-do-café indicou, na véspera da pulverização, 6,7% de infestação, estando ligeiramente acima da porcentagem de infestação máxima recomendada para aplicação entre 3% a 5% (SOUZA *et al.*, 2013). Os frutos para prévia foram coletados no terço médio das plantas.

Os índices volumétricos calculados para os volumes de 200 e 400 L ha<sup>-1</sup> foram, respectivamente, 16,43 e 32,85 mL m<sup>-3</sup>. Souza Júnior *et al.* (2017) e Zampiroli (2019), em trabalhos com diferentes volumes de caldas e volumes vegetativos na cultura do cafeeiro, obtiveram valores de índice volumétrico próximos aos encontrados neste trabalho. Os mesmos autores ressaltam que a utilização do índice volumétrico pode ser uma ferramenta em favor da redução do volume de calda aplicado em lavouras de café.

### 4.1 Deposição de calda

Pela avaliação de deposição do corante nas folhas, nos frutos e nas placas de Petri posicionadas no solo, foram identificadas diferenças significativas entre os tratamentos amostrados nas folhas do terço superior, nos frutos do terço médio e nas placas posicionadas no solo no interior da projeção da copa do cafeeiro (TABELA 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para deposição de calda nas folhas, frutos e solo. Estrela do Sul, 2019

F.V.	GL	Quadrados médios							
		Folhas do terço			Frutos do terço			Placas no solo	
		Superior	Médio	Inferior	Superior	Médio	Inferior	Externo	Interno
Volume	1	0,7329 <sup>ns</sup>	1,8593 <sup>ns</sup>	0,8547 <sup>ns</sup>	1341,2243 <sup>ns</sup>	2748,0382*	1521,6975 <sup>ns</sup>	4,0838 <sup>ns</sup>	20,2970*
Ponta	1	0,2002 <sup>ns</sup>	11,3163 <sup>ns</sup>	28,1688 <sup>ns</sup>	692,0641 <sup>ns</sup>	4791,1722*	1285,5677 <sup>ns</sup>	5,2997 <sup>ns</sup>	24,6625*
Ponta x Volume	1	1,1590 <sup>ns</sup>	48,5642 <sup>ns</sup>	43,3225 <sup>ns</sup>	25,4987 <sup>ns</sup>	293,8530 <sup>ns</sup>	745,1101 <sup>ns</sup>	0,0883 <sup>ns</sup>	0,4163 <sup>ns</sup>
Fatorial x Adicional	1	20,42865*	3,598 <sup>ns</sup>	9,8940 <sup>ns</sup>	815,4383 <sup>ns</sup>	136,4202 <sup>ns</sup>	150,1921 <sup>ns</sup>	6,6561 <sup>ns</sup>	4,3255 <sup>ns</sup>
Blocos	5	2,6841 <sup>ns</sup>	15,984 <sup>ns</sup>	20,5230 <sup>ns</sup>	341,0021 <sup>ns</sup>	621,6488 <sup>ns</sup>	645,5232 <sup>ns</sup>	4,5804 <sup>ns</sup>	11,9933*
Tratamentos	4	5,6307*	16,3346 <sup>ns</sup>	20,5597 <sup>ns</sup>	718,5502 <sup>ns</sup>	1992,3968*	925,6499 <sup>ns</sup>	4,0319 <sup>ns</sup>	12,4260*
Resíduo	20	2,9498	19,2642	18,0015	586,2262	327,8716	1109,9956	2,9976	2,6160
Total	30								
C.V(%)		97,8	99,8	75,4	55,7	38,0	40,8	45,1	38,6

Legenda: \* Significativo a 5% pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F (p>0,05).

Fonte: O autor.

De acordo com a análise de variância para deposição de calda em folhas nas posições do dossel de plantas de cafeeiro, não houve efeito significativo na interação entre ponta de pulverização e volume de calda. Somente nas folhas do terço superior houve efeito significativo na interação entre os fatoriais de pulverização hidropneumática com o adicional de pulverização eletrostática que proporcionaram maior deposição de calda (TABELA 5).

Tabela 5 – Deposição de corante nas folhas do terço superior do cafeeiro em função da ponta de pulverização, Estrela do Sul, 2019

Ponta	Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	
	200	400
	Deposição (µL cm <sup>-2</sup> )	
TVI-800075	1,8 β	1,0 β
JA-1	1,2 β	1,3β
SPE2	3,4 α	
CV (%)	97,7%	
DMS	2,0	

Fonte: O autor.

Nota: Médias seguidas de letras iguais gregas em relação ao adicional não diferem entre si pelo teste Dunnet (p>0,05).

O sistema de pulverização eletrostática tem como característica a produção de gotas extremamente finas, classificadas pelo catálogo do fabricante segundo a norma ASAE S572 (ASAE, 2000), com cargas que as atraem para o alvo. Observou-se que terço superior das plantas detém a maior distância em relação a saída de calda pulverizada do turbo atomizador, em comparação aos outros terços da planta. Isso pode explicar o diferencial na deposição encontrada: houve 38% mais deposição, em média, em comparação a outros tratamentos. Esse número é muito próximo ao encontrado por Sasaki *et al.* (2013); porém, vale ressaltar que, no presente trabalho, esse incremento ocorreu apenas nas folhas do terço superior, e não no principal alvo do inseticida, o fruto, que exigem maior penetração da calda.

Em outros trabalhos realizados, em que os alvos exigiam melhor penetração da calda de aplicação, a pulverização eletrostática também não proporcionou melhoria, como os realizados por Bayer *et al.* (2011) na cultura do arroz. Tais autores verificaram menor penetração de gotas no interior da cultura e menores densidades de gotas, em relação a outros sistemas convencionais de pulverização. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Magno Júnior *et al.* (2011), que em citros a pulverização eletrostática não proporcionou aumento na deposição da calda de aplicação.

Nos frutos do terço médio da planta, onde se concentra maior parte da produção e, consequentemente, maior ataque da broca-do-café, foi constatado que a ponta TVI-800075 apresentou maior deposição média, com incremento de deposição superior a 80% (TABELA 6).

Tabela 6 – Deposição de corante nos frutos do terço médio do cafeeiro em função da ponta de pulverização, Estrela do Sul, 2019

<b>Ponta</b>	<b>Deposição (<math>\mu\text{L cm}^{-3}</math>)</b>
TVI - 80075	60,8 a
JA-1	32,5 b
C.V.(%)	38,0
DMS	26,6

Legenda: Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem-se entre si pelo teste F ( $p>0,05$ ).

Fonte: O autor.

O maior diâmetro de gota produzido pela indução de ar na ponta TVI-800075, classificados como gotas grossas pelo catálogo do fabricante, segundo a norma ASAE S572 (ASAE, 2000), possivelmente garantiu boa capacidade de penetração, com auxílio do fluxo de ar gerado pela turbina do pulverizador. Gotas maiores, com maior massa, deslocam-se com maior velocidade entre a ponta de pulverização e o alvo, de forma a ficarem menos tempo expostas à ação do ambiente (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011). Como evidenciado por Matthews (2000), gotas geradas com indução de ar reduzem o risco de respingo para outra superfície foliar.

Também nos frutos do terço médio da planta foi constatado que o volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup> promoveu aumento da deposição em cerca de 60%, diferindo em relação ao volume de 200 L ha<sup>-1</sup> (TABELA 7). Os dados encontrados corroboram com os resultados encontrados por Zampiroli (2019), porém se diferem dos encontrados por Souza Júnior *et al.* (2017), que não identificaram diferença para a deposição de calda em diferentes volumes na cultura do cafeeiro. Provavelmente essas divergências se devem às diferentes densidades das folhas ou à diferente arquitetura dos ramos na planta (FAVARIN, 2002). Vale ressaltar que esses dois trabalhos citados foram realizados com deposição somente em folhas, não em frutos.

Tabela 7 – Deposição de corante nos frutos do terço médio do cafeeiro em função do volume de calda, Estrela do Sul, 2019

<b>Volume de calda (L ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Deposição (µL cm<sup>-3</sup>)</b>
200	35,9 b
400	57,3 a
C.V.(%)	38,0
DMS	26,6

Fonte: O autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem-se entre si pelo teste F (p>0,05).

Com relação às perdas para o solo, a deposição nas placas de Petri posicionadas no interior da projeção copa foi maior quando foi utilizada a ponta com indução de ar (TABELA 8).

Tabela 8 – Deposição de corante nas placas de Petri posicionadas no solo no interior da projeção da copa, em função da ponta de pulverização, Estrela do Sul, 2019

<b>Ponta</b>	<b>Deposição (µL cm<sup>-2</sup>)</b>
TVI - 80075	5,4 a
JA-1	3,4 b
C.V.(%)	38,64
DMS	2,0

Fonte: O autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem-se entre si pelo teste F (p>0,05).

O mesmo resultado foi encontrado por Silva, Cunha e Nomelini (2014) que compararam perdas para o solo entre pontas com indução de ar e jato cônico convencional na cultura do café. Wenneker *et al* (2008) afirmam que as gotas com indução de ar, devido ao seu tamanho, apresentam um caimento vertical mais rápido, tendendo a se acumularem no solo próximo ao local de aplicação. Tal afirmação ajuda a elucidar o resultado obtido nesta investigação, considerando que foi encontrada melhor deposição nos frutos do terço médio, os quais se encontram no interior da planta, na mesma direção da placa de Petri posicionada ao solo. Também Czaczyk, Kruger e Hewitt (2012) afirmam que gotas grandes podem ressaltar, quebrar e escorrer das folhas ou outros alvos.

No entanto, é necessário considerar que, neste experimento, não foi mensurada a deriva para a atmosfera. De fato, gotas menores que 100 µm, que são mais propensas à deriva (Cunha *et al.*, 2005), podem ter sido produzidas em maior quantidade nas pontas tipo jato cônico convencional (gotas mais finas), o que geraria uma perda não quantificada.

Considerando ainda a avaliação de deposição nas placas de Petri posicionadas no solo no interior da projeção da copa, mas em relação ao volume de calda, houve maior deposição nas placas de Petri no maior volume aplicado (TABELA 9). Esse resultado é diferente do encontrado por Silva, Cunha e Nomelini (2014); porém, essa discordância pode ser explicada pela baixa umidade relativa do ar, que esteve entre 32 e 51%, conforme registrado pelos autores, favorecendo sistema

Tabela 9 – Deposição de corante nas placas de Petri posicionadas no solo no interior da projeção copa em função do volume de calda, Estrela do Sul, 2019

Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Deposição (µL cm <sup>-2</sup> )
200	3,5 b
400	5,3 a
C.V.(%)	38,6
DMS	2,0

Fonte: O autor.

Nota: Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna diferem-se entre si pelo teste F (p>0,05).

#### 4.2 Eficácia biológica

Nas avaliações de eficácia biológica realizadas aos 20 e 40 dias após a pulverização, foram identificadas diferenças entre os tratamentos fatoriais com o adicional (TABELA 10).

Tabela 10 – Resumo da análise de variância para a eficácia de controle da broca-do-café aos 20 e 40 dias após pulverização

F.V.	GL	Quadrados Médios	
		Dias após Aplicação	
		20	40
Volume	1	319,813 <sup>ns</sup>	246,0801 <sup>ns</sup>
Ponta	1	514,9487*	891,9423*
Ponta x Volume	1	0,4401 <sup>ns</sup>	16,3515 <sup>ns</sup>
Fatorial x Adicional	1	1891,229*	2081,75*
Blocos	5	134,3342 <sup>ns</sup>	179,8491*
Tratamentos	4	350,0132*	432,5312*
Resíduo	20	93,51743	59,75822
Total	30		
C.V.(%)		14,72	13,11

Legenda: \* Significativo a 5% pelo teste F. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F (p>0,05).

Fonte: O autor.



Não foi constatada diferença para a eficácia do controle da broca-do-café entre os volumes de calda estudados. Já a média observada para a eficácia obtida na ponta TVI-800075 demonstrou superioridade em relação à apresentada pela ponta JA-1, independente dos volumes de calda, 200 ou 400 L ha<sup>-1</sup>, nas duas datas avaliadas.

Já no comparativo com o adicional com ponta eletrostática, somente a ponta TVI-800075 diferenciou-se: na primeira avaliação, aos 20 dias, somente no volume de 400 L ha<sup>-1</sup> e, posteriormente, aos 40 dias, nos dois volumes (TABELA 11 e 12).

Tabela 11 – Eficácia de controle sobre frutos danificados em diferentes pontas hidráulicas e volumes de calda aos 20 dias após aplicação, Estrela do Sul, 2019

Ponta	Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )		Média
	200	400	
	Eficácia de Controle (%)		
TVI-800075	69,0 $\alpha$	76,0 $\beta$	72,5 A
JA-1	59,4 $\alpha$	67,0 $\alpha$	63,2 B
SPE2	57 $\alpha$		
C.V. (%)	14,7%		
DMS	14,1		

Fonte: O autor.

Nota: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna e gregas em relação ao adicional, não diferem entre si pelos testes F e Dunnett, respectivamente ( $p > 0,05$ ).

Tabela 12 – Eficácia de controle sobre frutos danificados em diferentes pontas hidráulicas e volumes de calda aos 40 dias após aplicação, Estrela do Sul, 2019

Ponta	Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )		Média
	200	400	
	Eficácia de Controle (%)		
TVI-800075	64,9 $\beta$	69,6 $\beta$	67,3 A
JA-1	51,0 $\alpha$	59,0 $\alpha$	55,1 B
SPE2	50,0 $\alpha$		
C.V. (%)	13,1%		
DMS	11,1		

Fonte: O autor.

Nota: Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna e gregas em relação ao adicional, não diferem entre si pelos testes F e Dunnett, respectivamente ( $p > 0,05$ ).

Mesmo com alta incidência de frutos danificados no talhão próximo, atingindo de sete a nove vezes o limiar de dano econômico (SOUZA *et al*, 2013) em torno de 18%, na avaliação de 20 dias após a aplicação, e de 27%, na avaliação de 40 dias, o controle médio observado pode ser considerado satisfatório devido à alta pressão do inseto-praga (REIS, 2007).

É necessário destacar, a ponta TVI-800075, que se sobressaiu também em eficácia. Essa ponta diferiu-se em comparação aos tratamentos pulverizados com ponta JA-1, por ter ocorrido melhor penetração do inseticida, protegendo melhor os frutos, muitas vezes de difícil alcance devido às folhas no interior da planta. Esse resultado corrobora com os dados de deposição obtidos neste trabalho, em que essa ponta com indução de ar apresentou melhor cobertura nos frutos do terço médio.

Outro ponto é a maior deposição encontrada na placa posicionada no solo no interior da planta, onde se encontram os frutos remanescentes de safras passadas, fonte de reinfestação da broca-do-cafeeiro. Esse fator também pode ter colaborado para o melhor controle do inseto, devido ao contato do inseticida nesses frutos. Embora possa representar perdas para o solo, o que carece maiores investigações.

Os resultados sugerem que o uso de pontas que produzem gotas grossas pode ser uma boa alternativa aos cafeicultores para o manejo da broca, devido sua melhor eficácia de controle apresentada e também segurança, visto que com redução da deriva devido aos menores diâmetros de gota citada por Bueno *et al* (2013), diminuiu a exposição do inseticida ao ambiente e ao aplicador.

## 5 CONCLUSÕES

1. A ponta TVI, com indução de ar, é uma alternativa viável para o controle da broca-do-café nos volumes de 200 e 400 L ha<sup>-1</sup>.
2. O volume de 200 L ha<sup>-1</sup> de calda, combinado com o uso de gota fina não é eficiente no manejo da broca-do-café.
3. A aplicação eletrostática não é eficiente no manejo da broca-do-café.

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.18, n.1, p. 265-267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>
- ALVARENGA, *et al.*. Déficit de pressão de vapor d'água no ar na distribuição de líquido utilizando um pulverizador hidropneumático. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v. 56, n. 2, p. 81-87, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4322/rca.2013.013>
- ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Botucatu: Fedaf, 2011. 279 p.
- ASAE S572. Spray nozzle classification by droplet spectra. In: **ASAE Standards** aug. 99. St. Joseph, 2000. p.389-391.
- ARISTIZÁBAL, L. F.; LARA, O.; ARTHURS, S. P. Implementing an integrated pest management program for coffee berry borer in a specialty coffee plantation in Colombia. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 3, n. 1, p. 1-5, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1603/IPM11006>
- BAYER, T. *et al.* Equipamentos de pulverização aérea e taxas de aplicação de fungicida na cultura do arroz irrigado. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p. 192-198, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000200007>
- BUENO, M. R.; CUNHA, J. P. A. R.; ROMAN, R. A. A. Tamanho de gotas de pontas de pulverização em diferentes condições operacionais por meio da técnica de difração do raio laser. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 5, p. 976-985, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000500009>
- BRUN, L. O. *et al.*. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. **Journal of Economic Entomology**, v. 82, n. 5, p. 1311-1316, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/82.5.1311>
- CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5902/223611704204>
- 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, 2012.
- CHAIM, A. **Pulverização eletrostática**: principais processos utilizados para eletrificação de gotas. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 17p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, n. 57). DOI: <https://doi.org/10.5380/pes.v17i0.3181>

COMPENDIUM. Cookies On Invasive Species. **Invasive Species Compendium:**

*Hypothenemus hampei* (coffee berry borer). 2017. Disponível em:

<https://piln.sprep.org/content/82259>. Acesso em: 20 dez. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, v. 5, n. 2, p. 1-61, maio 2019.

CUNHA, J. P. A. R. *et al.* Deposição e deriva de calda fungicida aplicada em feijoeiro, em função de bico de pulverização e de volume de calda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 9, p. 133-138, 2005. DOI:<https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100021>

CZACZYK, Z.; KRUGER, G.; HEWITT, A. Droplet size classification of air induction flat fan nozzles. **Journal of Plant Protection Research**, v. 52, p. 415-420, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10045-012-0068-6>

DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 90, p. 453-465, 2000.

DECARO JÚNIOR, S. T. *et al.* Reducing spray volume for the control of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) in coffee plants. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 491-498, 2015.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Recife: Embrapa, 2013.

EMBRAPA. **Centro de Pesquisas Florestais**. Clima. 2019. Disponível em: <http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 10 nov. 2019.

FAVARIN, José Laércio *et al.* Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, 2002. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2002000600005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2002000600005&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 27 dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600005>

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, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000100018>

FERNANDES, F. L.; *et al.* A new and highly effective sampling plan using attractant-baited traps for the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*). **Journal of Pest Science**, v. 88, n. 2, p. 289-299, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0622-2>

GALLO, D. *et al.* **Entomologia Agrícola**. 5. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002.

GITIRANA NETO, J. *et al.* Deposição de calda promovida por pulverizadores empregados na cafeicultura de montanha. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 267-275, 2016.

IRAC. **Classificação do modo de ação dos inseticidas**, Versão 9.1, 2018. Disponível em: [https://92813ac4-b3b4-47f4-a8b3-43c4292d561c.filesusr.com/ugd/2bed6c\\_286bc69768d7411aad20682dc95a99e2.pdf](https://92813ac4-b3b4-47f4-a8b3-43c4292d561c.filesusr.com/ugd/2bed6c_286bc69768d7411aad20682dc95a99e2.pdf). Acesso em: 10 dez. 2019.

JARAMILLO, J.; BORGEMEISTER, C.; BAKER, P. S. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. **Bulletin of Entomological Research**, v. 96, p. 223-233, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1079/BER2006434>

MAGNO JÚNIOR, R.G. *et al.* Desenvolvimento de um dispositivo eletrônico para atração de gotas da aplicação eletrostática em plantas cítricas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 798-804, 2011.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R. **Cultura do Café no Brasil: Manual de Recomendações**. Varginha: Fundação Procafé, 2015.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470760130>

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de Aplicação de Produtos Fitossanitários**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010.

MIRANDA, G. R. B. *et al.* Avaliação dos depósitos da pulverização em frutos de cafeeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, 2012. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v4n12012369>

MOTA, L. H. C. *et al.* Autoinoculation trap for management of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) with *Beauveria bassiana* (Bals.) in coffee crops, **Biological Control**, v. 111, p. 32-39, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.05.007>

OLIVEIRA, C. M. *et al.* Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p.1-15, nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/jen.12018>

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2019. Disponível em <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 27 DE JULHO DE 2019.

REIS, P. R. Controle químico no manejo integrado da broca-do-café. *In*: HOMANN, C. L. (org.). **Manejo da broca-do-café**. Londrina: IAPAR, 2007. p. 151-175.

SASAKI, R. S. *et al.* Deposição e uniformidade de distribuição da calda de aplicação em plantas de café utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 9, p. 1605-1609, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000900011>

SASAKI, R. S. *et al.* Adjuvantes nas propriedades físicas da calda, espectro e eficiência de eletrificação das gotas utilizando a pulverização eletrostática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 274-279, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131604>

SILVA, J. E. R. **Deposição de calda aplicada em folhas de café com diferentes volumes e pontas de pulverização**. 2013. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013. Disponível em: [http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5856/Dissertacao\\_Joao Eduardo Ribeiro da Silva.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/5856/Dissertacao_Joao%20Eduardo%20Ribeiro%20da%20Silva.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 10 jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306>

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. P. A. R.; NOMELINI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de café 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.

SOUZA, J.C; P.R. REIS. **Broca-do-café: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, monitoramento e controle**. Belo Horizonte, Epamig, 2ª ed., 40p. (Bol. Téc., 50),1997.

SOUZA, J. C. *et al.* Controle químico da broca-do-café com cyantraniliprole. **Coffee Science**, v. 8, n. 4, p. 404-410, 2013.

SOUZA, J. C. *et al.* **Cafeicultor**: Saiba como monitorar e controlar a broca-do-café com eficiência. Belo Horizonte: Epamig, 2015.

SOUZA JÚNIOR, J. M. *et al.* Influência da densidade foliar na distribuição de calda no dossel do café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 216-222, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25186/cs.v12i2.1239>

VEGA, F. E.; INFANTE, F.; JOHNSON, A. J. The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H. hampei*, the coffee berry borer. In: VEGA, F. E.; HOFSTETTER, R. W. (eds). **Bark beetles: biology and ecology of native and invasive species**. San Diego: Academic Press, 2015. p. 427-494.

VIANA, R. G. *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000200024>

WENNEKER, M.; ZANDE, J. C. VAN DE. Drift reduction in orchard spraying using a cross flow sprayer equipped with reflection shields (Wanner) and air injection nozzles. **CIGR e Journal**, v.10, p.1-10, 2008.

ZAMPIROLI, R. **Métodos de aplicação no manejo populacional do bicho-mineiro na cultura do café**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1253>