

RENAN ZAMPIROLI

MÉTODOS DE APLICAÇÃO NO MANEJO POPULACIONAL DO BICHO-MINEIRO  
NA CULTURA DO CAFEEIRO

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

RENAN ZAMPIROLI

MÉTODOS DE APLICAÇÃO NO MANEJO POPULACIONAL DO BICHO-MINEIRO  
NA CULTURA DO CAFEEIRO

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”.

Orientador

Prof. Dr. Cleyton Batista de Alvarenga

Coorientadores

Profa. Dra. Paula Cristina Natalino Rinaldi

Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho

Prof. Dr. Jair Rocha do Prado

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

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

---

Z26m Zampioli, Renan, 1992  
2019      Métodos de aplicação no manejo populacional do bicho-mineiro na  
cultura do cafeiro [recurso eletrônico] / Renan Zampioli. - 2019.

Orientador: Cleyton Batista de Alvarenga.  
Coorientadora: Paula Cristina Natalino Rinaldi.  
Coorientadora: Vanessa Andaló Mendes de Carvalho.  
Coorientador: Jair Rocha do Prado.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1253>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Agronomia. 2. Café - Doenças e pragas. 3. Leucoptera coffeella.  
4. Pulverização. I. Alvarenga, Cleyton Batista de, 1981, (Orient.). II.  
Rinaldi, Paula Cristina Natalino, 1981, (Coorient.). III. Carvalho,  
Vanessa Andaló Mendes de, 1977, (Coorient.). IV. Prado, Jair Rocha do,  
1982, (Coorient.). V. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de  
Pós-Graduação em Agronomia. VI. Título.

---

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

RENAN ZAMPIROLI

MÉTODOS DE APLICAÇÃO NO MANEJO POPULACIONAL DO BICHO-MINEIRO  
NA CULTURA DO CAFEEIRO

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 15 de fevereiro de 2019

Profa. Dra. Paula Cristina Natalino Rinaldi  
(coorientadora)

UFU

Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho  
(coorientadora)

UFU

Prof. Dr. Robson Shigueaki Sasaki

IFMG



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

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

A Deus.

Aos meus pais, Devanir Zampioli e Albina Zampioli.

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.

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

Aos meus professores, em especial ao meu amigo e orientador Cleyton Batista de Alvarenga, pela oportunidade de orientação para me aperfeiçoar nos estudos, pela boa vontade e atenção em ensinar e pelo exemplo de dedicação e profissionalismo.

Aos meus amigos, pela colaboração, pelos ensinamentos e pela ajuda fundamental no processo de execução deste trabalho.

À minha família, especialmente, aos meus pais, por sempre me apoiarem e estarem presentes.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	2
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	6
<b>3.1 Descrição da área experimental</b> .....	6
<b>3.2 Monitoramento do bicho-mineiro</b> .....	8
<b>3.3 Descrição dos tratamentos</b> .....	9
<b>3.4 Determinação do índice volumétrico</b> .....	10
<b>3.5 Descrição do conjunto trator pulverizador</b> .....	11
<b>3.6 Parâmetros da aplicação</b> .....	13
<b>3.7 Eficácia de controle do bicho-mineiro</b> .....	16
<b>3.8 Análise estatística</b> .....	16
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
<b>CONCLUSÕES</b> .....	43
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	44

## RESUMO

ZAMPIROLI, R. **Métodos de pulverização no manejo populacional do bicho-mineiro na cultura do cafeiro.** 2019. 57p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.<sup>1</sup>

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, porém, tem enfrentado dificuldades, em razão da suscetibilidade da cultura à ocorrência de insetos. Um dos principais insetos-praga é o bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella*, de modo que um dos desafios para o cafeicultor é a tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários para o controle desse inseto. Nesse sentido, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a eficácia de controle do bicho-mineiro, por meio do uso de pulverização hidropneumática e eletrostática, com diferentes volumes de calda, pontas de aplicação, na presença e na ausência de um adjuvante agrícola. O trabalho foi conduzido em área experimental no município de Monte Carmelo/MG, com a avaliação da eficiência de aplicação hidropneumática com diferentes volumes de calda, 200 e 400 L ha<sup>-1</sup>, duas pontas de pulverização jato cônico vazio (JA-01 e TVI-800075), presença/ausência de adjuvante agrícola na calda de aplicação, cloridrato de cartape na dose de 500 g i.a ha<sup>-1</sup>, cloridrato de cartape (500 g i.a ha<sup>-1</sup>) + óleo de laranja, na dose de 75 mL 100 L<sup>-1</sup> de calda, dois tratamentos adicionais, aplicação eletrostática na presença e na ausência do adjuvante em calda, utilizando-se o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup> e a ponta SPE-2. Para os adicionais, foi realizada a avaliação de deposição de calda e controle do inseto. Foram avaliados parâmetros referentes à aplicação e à eficácia de controle. O efeito do adjuvante na calda não influenciou o controle do bicho-mineiro, de maneira que o volume de 200 L ha<sup>-1</sup> de calda, com o uso de gota grossa, mostrou-se eficiente no manejo do inseto. Contudo, a maior concentração do produto no depósito do pulverizador, associada à redução no volume de calda, aumentou a eficácia de controle.

Palavras-chave: *Leucoptera coffeella*. Eletrostática. Adjuvante.

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Cleyton Batista de Alvarenga – UFU (Orientador), Paula Cristina Natalino Rinaldi – UFU, Vanessa Andaló Mendes de Carvalho – UFU e Jair Rocha do Prado - UFU

## ABSTRACT

ZAMPIROLI, R. **Spraying methods in leaf miner population management in coffee cultivation.** 2019. 57p. Thesis (Master's degree in Agronomy/Phytotechny) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brazil.<sup>1</sup>

Brazil is the largest coffee producer and exporter in the world. However, the country has struggled from crops' susceptibility to insects. One of the main insect pests is the *Leucoptera coffeella*, commonly known in Brazil as leaf miner. One of the challenges faced by coffee farmers is the technology to administer phytosanitary products used to control this pest. We conducted this research in order to evaluate the effectiveness to control leaf miner by using hydro-pneumatic sprayers and electrostatics, with different mixture volumes, spray nozzles, in the presence and absence of an agricultural adjuvant. The research was conducted in an experimental area in the municipality Monte Carmelo-MG, evaluating the effectiveness of hydro-pneumatic sprayer administration with different mixture volumes, 200 and 400 L ha<sup>-1</sup>, two empty hollow cone nozzles (JA-01 and TVI - 800075), the presence/absence of agricultural adjuvant in the application volume, cartap hydrochloride (500 g i.a ha<sup>-1</sup>) + orange oil (75 mL 100 L<sup>-1</sup>), also performing two further treatments, electrostatic application in the presence and absence of adjuvant mixture, and mixture volume of 200 L ha<sup>-1</sup> and SPE-2 nozzle. In further treatments, the deposition of mixture and insect control was assessed. Parameters to the administration and control effectiveness were evaluated. The adjuvant mixture effect did not impact on leaf miner control, and the 200 L ha<sup>-1</sup> mixture volume by the use of coarse droplets was efficient in insect control. However, the higher concentration of the product in the spray deposit associated with the decrease of the mixture volume increased the control effectiveness.

Keywords: *Leucoptera coffeella*. Electrostatics. Adjuvant.

---

<sup>1</sup> Steering Committee: Cleyton Batista de Alvarenga – UFU (Advisor), Paula Cristina Natalino Rinaldi - UFU, Vanessa Andaló Mendes de Carvalho – UFU and Jair Rocha do Prado - UFU

## 1 INTRODUÇÃO

Na região do Cerrado mineiro, o cafeicultor tem buscado a sustentabilidade do processo produtivo, com a finalidade de agregar valor à sua produção, porém, um dos principais entraves é a operação de pulverização. Os problemas mais comuns estão relacionados com a seleção correta das pontas, o volume de calda, a metodologia de aplicação a ser empregada e o produto a ser aplicado.

Nesse sentido, a pulverização eletrostática tem sido apresentada como uma alternativa para o manejo fitossanitário, mas seu funcionamento, com suas vantagens e desvantagens, ainda é desconhecido por grande parte dos cafeicultores. Portanto, a busca por respostas sobre o método e por melhorias na tecnologia precisa ser empreendida pelas instituições de pesquisa brasileiras.

A busca crescente dos cafeicultores do cerrado mineiro por novos mercados para o seu produto pode ser alavancada pela tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários, tendo em vista o fato de que há uma preocupação crescente, por parte do consumidor, com a qualidade do alimento. Essa tecnologia pode se mostrar como algo positivo especialmente porque é notório que uma boa aplicação permite a sustentabilidade do negócio, com baixos níveis de contaminação do solo, da água e do ar.

É importante destacar, ainda, a alta susceptibilidade da lavoura cafeeira a problemas causados por insetos – uma das principais pragas da cultura é o bicho-mineiro. Estes, como se sabe, podem ocasionar danos diretos à área foliar das plantas, causando desfolha e consequente redução da capacidade fotossintética das plantas, o que acarreta a redução da produtividade da área.

Diante desse quadro, cabe, à pesquisa brasileira, apresentar alternativas viáveis, sob os pontos de vista técnico, econômico e ambiental, pois o cafeicultor, sozinho, não conseguirá obter as respostas que levem a uma tomada de decisão em relação à tecnologia a ser adotada. Vale notar, aqui, que a pesquisa em tecnologia de aplicação no cafeeiro ainda é pouco aprofundada, carecendo de muitas informações.

Diante do exposto, objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar parâmetros pertinentes à tecnologia de aplicação, com a avaliação da eficácia de controle do bicho-mineiro, utilizando pulverização hidropneumática e eletrostática. Foram usados, ainda, diferentes volumes de calda e diferentes pontas de pulverização, na presença e ausência de adjuvante agrícola.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A cafeicultura brasileira destaca-se por apresentar uma função econômica e social desde a chegada das primeiras mudas vindas da Guiana Francesa, em meados do século XVIII. Com sua rápida adaptação ao solo e ao clima brasileiro, o café adquiriu importância no mercado, transformando-se em um dos principais itens de exportação. A princípio, restrita aos estados do Pará e do Maranhão, a produção de café expandiu-se e, atualmente, são quinze estados produtores, com destaque para Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo.

É importante destacar, ainda, que o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e segundo maior consumidor do produto. A produção estimada de café para a safra 2018 é de 44,97 milhões de sacas de 60 kg (arábica e conilon), com cerca de 2,21 milhões de hectares de área plantada. A produção em Minas Gerais, em 2017, foi de 24,45 milhões de sacas, sendo 24,1 milhões de *Coffea arabica* L., de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019).

A espécie *C. arabica* representa 76% da área produtiva no Brasil (CONAB, 2018). Sua produção dá-se em áreas com condições de clima tropical de altitude, com umidade e temperaturas amenas. Adapta-se a topografia de relevos planos, como na região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, propícia ao uso da mecanização e de tecnologias que buscam melhorar a produtividade da área. Adapta-se, também, a terrenos declivosos, como no sul de Minas Gerais (MATIELLO *et al.*, 2015).

Nesse cenário, nota-se que a produção de café enfrenta dificuldades pela suscetibilidade da cultura à ocorrência de patógenos e insetos (CARVALHO *et al.*, 2012). Os insetos-praga são um entrave na produção, podendo reduzir a produtividade e a qualidade da bebida. Um dos principais insetos-praga é o bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (GUÉRIN-MÈNEVILLE & PERROTET, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) (COSTA *et al.*, 2015). O bicho-mineiro é uma praga exótica, que se originou no continente africano e é considerada monófaga, pois ataca somente o cafeeiro (CONCEIÇÃO, 2005). Seu ciclo biológico varia de dezenove a 87 dias (ovo: 5-21 dias, larva: 9-40 dias e pupa: 5-26 dias) e o período de vida do adulto é de, aproximadamente, quinze dias (GALLO *et al.*, 2002). Após a eclosão dos ovos sobre a superfície foliar, as larvas penetram na folha por meio da epiderme, alimentando-se do parênquima paliçádico e podendo provocar desfolha de até 70% (SCALON *et al.*, 2013). As lesões ocasionadas reduzem a capacidade fotossintética, em função da redução na área foliar (MICHEREFF; MICHEREFF FILHO; VILELA, 2007).

As minas apresentam formato arredondado e coloração castanho-clara, com o centro das lesões mais escuro, devido ao acúmulo de excreções. Assim, a epiderme do limbo superior, no local da lesão, destaca-se com facilidade (REIS; SOUZA, 1998). Como já explicitado, as lesões reduzem a capacidade fotossintética da planta em função da redução da área foliar e, quando ocorrem ataques intensos, observa-se a desfolha da planta. Como consequência, pode ocorrer redução da produção e da vida útil das plantas, de maneira que lavouras intensamente atacadas podem levar até dois anos para se recuperar (REIS *et al.*, 2002).

Em uma única lesão, pode ser encontrada uma ou mais larvas, devido à coalescência das lesões. Ao chegar ao último instar, a larva deixa de se alimentar e sai pela epiderme superior da folha – abre um orifício em forma de semicírculo na extremidade da lesão (REIS *et al.*, 1984), tece um fio de seda e desce às partes baixas da planta, construindo um casulo de seda em forma de “X”, em que ocorre a formação da pupa, denominada crisálida (RAMIRO *et al.*, 2004). Das pupas, emergem os adultos, que são mariposas com cerca de 2 mm de comprimento e 6 mm de envergadura. Estas apresentam coloração branco-prateada e uma mancha circular preta de halo amarelo, próxima à extremidade das asas anteriores (REIS *et al.*, 1984; SOUZA *et al.*, 1998).

Níveis elevados de infestação dessa praga são relatados em épocas de baixos níveis de precipitação e umidade, acompanhados de altas temperaturas. Essa ocorrência demonstra uma relação elevada entre o nível populacional do bicho-mineiro e fatores meteorológicos (ASSIS *et al.*, 2012).

Nos municípios da mesorregião do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro com precipitação média anual de 1.300 mm, é observada a ocorrência de lesões nas folhas durante todo o ano, encontrando-se dois picos de infestação: o primeiro, de maio a junho, e o segundo, de setembro a outubro. Tais épocas são caracterizadas como meses de baixo índice pluviométrico, de forma que, a partir de novembro, com o início das primeiras chuvas, a quantidade de lesões nas folhas diminui rapidamente (CONCEIÇÃO, 2005).

O manejo populacional do bicho-mineiro baseia-se no monitoramento prévio da população do inseto, para determinar o momento de adotar medidas de controle, como o uso de produtos fitossanitários. Atualmente, o meio de controle em áreas produtoras é o controle químico, que visa a redução de níveis elevados de infestação. Não há um nível de controle estabelecido nacionalmente para a adoção do manejo populacional, o que se justifica pelas diferentes condições ambientais, que influenciam diretamente no comportamento populacional da praga. Parra e Reis (2013) observam que, em regiões com clima considerado

ameno, como no sul de Minas Gerais, o nível de controle chega a 30% de folhas minadas, já em regiões com clima quente e seco, como a do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, o nível de manejo populacional é de 20%, devido às condições climáticas que favorecem a reprodução do inseto.

Nesse sentido, para que a planta tenha condições de alcançar seu potencial produtivo, deve haver eficácia no controle do inseto alvo. O uso de novas moléculas e metodologias de aplicação, visando a cobertura adequada do alvo, em conjunto com o Manejo Integrado de Pragas (MIP), é fundamental para o controle do bicho-mineiro. Essa prática ocorre em algumas propriedades, como um modo mais eficaz e economicamente viável de controle (CARVALHO; BARCELLOS, 2012).

Ainda visando o manejo de pragas e doenças na cultura do café, o uso de pulverizadores hidropneumáticos é comum nas pulverizações (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2017a). É importante notar que a busca pela melhor deposição e distribuição do ingrediente ativo na parte aérea depende de vários fatores. Como citado por Sasaki *et al.* (2015), a aplicação de produtos fitossanitários no cafeiro, em virtude da arquitetura das plantas, tamanho e densidade da copa, enfrenta vários entraves. Além disso, Silva (2013) destaca mais características que dificultam a tecnologia de aplicação, como a densidade de plantio, o tamanho e o formato da planta, tamanho de gota, volume de calda, a velocidade de trabalho, a velocidade do vento e a vazão de ar produzida pelo ventilador.

Dentre os aspectos pertinentes à aplicação, o uso de pontas adequadas para a melhor cobertura do alvo é fundamental, no que diz respeito à tecnologia de aplicação, visando a eficácia do controle do inseto e a redução dos impactos ambientais – empreendidos por deriva ou por escorramento da calda, ocasionados pela escolha incorreta das pontas e do volume de calda utilizado. Ademais, Viana *et al.* (2010) e Bueno, Cunha e Ronan (2013) destacam que o tamanho de gota produzida é determinado pelas diferentes pontas de pulverização, pressão de trabalho e formulação dos produtos utilizados – com ou sem a adição de adjuvantes na composição.

Nessa direção, Iost e Raetano (2010) mencionam que a aplicação pode ser melhorada com o uso de adjuvantes específicos. Porém, deve haver uma escolha adequada desses produtos, pois os adjuvantes podem modificar as características físico-químicas da calda de aplicação, principalmente quanto às viscosidade e tensão superficial (SANTINATO *et al.*, 2017), alterando-se, por consequência, o espectro de gotas gerado (VIANA *et al.*, 2010). De acordo com Cunha, Alves e Reis (2010), o uso desses adjuvantes pode influenciar positiva

ou negativamente no desempenho das aplicações, a depender da deposição do produto no alvo.

Com a busca por novas tecnologias em favor de produtos eficientes e sustentáveis, foram desenvolvidos adjuvantes naturais, baseados em óleos derivados da extração do bagaço da laranja (*Citrus spp. L.*), porém, são escassos os trabalhos com dados de eficiência do composto em campo, no manejo de pragas e doenças (CORADINI *et al.*, 2016). A despeito dessa escassez, Coradini *et al.* (2016), utilizando óleo essencial de laranja na cultura do trigo, constatou que a substituição do óleo mineral pelo de laranja é eficaz no controle de doenças, com consequente redução de possíveis efeitos fitotóxicos na cultura, que ocorrem com o óleo mineral.

Segundo Cunha e Peres (2010), existem, no mercado, diferentes tipos de pontas de pulverização, que propiciam diferentes capacidades de cobertura do alvo. Na cafeicultura, há muito tempo, têm sido utilizadas as mesmas pontas de jato cônico vazio, para a aplicação de produtos fitossanitários (GITIRANA NETO; CUNHA, 2016). Essas pontas são empregadas, sobretudo, para a aplicação de inseticidas e fungicidas em pulverizadores hidropneumáticos dotados de assistência de ar (turboatomizadores). Entre o grupo de jato cônico, destacam-se as de jato cônico vazio, recomendadas para trabalhar com pressões de 2 a 10 bar, ângulos de abertura do jato entre 70 e 80º e produção de gotas finas, o que propicia melhores valores de cobertura e deposição do produto no alvo desejado, no entanto, gotas finas estão mais sujeitas à deriva (MINGUELA; CUNHA, 2010).

O sistema de indução de ar nas pontas de jato cônico é considerado eficiente em tratamentos fitossanitários em pulverizadores hidráulicos de barra, indicados para aplicação de herbicidas em sistema de pré e pós-emergência e para dessecação em condições climáticas desfavoráveis, como velocidade do vento elevada (VIANA *et al.*, 2007), porém, quando for necessária elevada cobertura do alvo, seu uso é restrito. Por haver a inclusão de ar nessas gotas, pode ocorrer um incremento da área de contato e, com isso, um aumento de seu potencial de uso em aplicações de inseticidas e fungicidas (BUENO; CUNHA; ROMAN, 2013). Como citado por Mota e Antuniassi (2013), essas pontas diferenciam-se dos demais sistemas de produção de gotas por produzirem gotas de tamanho elevado, com bolhas de ar em seu interior. O princípio de funcionamento dessas pontas caracteriza-se pelo funcionamento tipo tubo Venturi (BUTLER ELLIS *et al.*, 2002; MOTA; ANTUNIASSI, 2013).

Como ressaltado por Silva, Cunha e Nomelini (2014), além das pontas de pulverização, o volume de calda empregado nas aplicações deve buscar significativo

molhamento das folhas e evitar perda por escorrimento de gotas para o solo. Segundo Viana *et al.* (2010), é possível uma distribuição uniforme de calda, alcançando resultado eficiente de aplicação, mesmo com volume de calda reduzido. 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), é possível obter uma distribuição uniforme de calda com determinado diâmetro e número de gotas, alcançando sucesso mesmo em aplicações com menor volume aplicado – em relação aos convencionais.

Estudos com redução do volume de calda aplicado em culturas arbóreas vêm se mostrando promissores (FERNANDES *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 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  $200 \text{ L ha}^{-1}$  – considerado, para a cultura, reduzido –, aplicado em pulverizador convencional hidropneumático, apresentou 80% de eficácia de controle do inseto. Desse modo, essa prática no manejo dessa praga justifica-se.

Uma tecnologia alternativa à aplicação hidropneumática na cafeicultura é a aplicação eletrostática. Segundo Minguela e Cunha (2010), na aplicação eletrostática, as gotas produzidas pelas pontas de pulverização têm sua carga alterada, devido ao acréscimo ou à retirada de elétrons, em função do campo elétrico gerado por anéis de indução que recebem alta voltagem proveniente de um sistema gerador de alta tensão.

Sasaki *et al.* (2013b), na cultura do cafeeiro, demonstraram que a aplicação eletrostática apresentou incremento de 37% na deposição da calda, quando comparado com sistemas convencionais de aplicação. Com isso, é possível praticar a redução do volume de calda aplicado, diminuir a deriva e, assim, reduzir os impactos ambientais. Minguela e Cunha (2010) consideraram que gotas finas ( $150 \mu\text{m}$ ), por permitirem maior razão carga/massa, apresentam melhor potencial para serem utilizadas nesse sistema. Vale ressaltar que há trabalhos demonstrando que a aplicação eletrostática não possibilitou melhorias na aplicação de produtos fitossanitários, como demonstrado por Magno Júnior *et al.* (2011), em que a aplicação eletrostática não proporcionou aumento na deposição de calda na cultura dos citros.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido em área experimental localizada na fazenda Santa Bárbara, coordenadas 18°46'14.81"S e 47°33'5.61"O, com altitude aproximada de 980 metros em relação ao nível do mar e nas dependências do Laboratório de Máquinas e Mecanização (LAMM). O LAMM está vinculado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, no município de Monte Carmelo/MG.

O solo da área foi caracterizado como Latossolo Vermelho distrófico, segundo a Embrapa (2013). De acordo com a classificação de Köppen (1948), 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 Meteorologia (EMBRAPA, 2017).

O talhão era formado pela cultivar Mundo Novo, com cinco anos de idade, espaçamento de plantio de 3,5 x 0,9 m. A área apresenta sistema de irrigação, via gotejamento, com ciclos de rega realizados respeitando a demanda hídrica da cultura, conforme avaliação em tensiômetro. Os tratos culturais na área experimental foram mantidos conforme a conduta do produtor, mas sem o uso de inseticidas.

O experimento foi instalado no delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x2x2+2, sendo quatro repetições para cada tratamento. A área total foi de 34.300 m<sup>2</sup>, considerando as bordaduras do experimento. A área total da parcela foi de 157 m<sup>2</sup>, com área útil de 105 m<sup>2</sup> – esta foi composta por linhas de plantio, com 10 linhas úteis, e as linhas laterais foram utilizadas como bordaduras.

A área experimental foi constituída por quatro blocos, distribuídos na linha de cultivo do cafeeiro, distanciados por 34 metros entre si. Visando a melhor distribuição dos blocos na área, foram considerados os primeiros 34 metros de cada extremidade da área como bordadura, para se iniciar a demarcação dos blocos. As parcelas experimentais foram constituídas por cinquenta plantas, com as trinta centrais sendo consideradas úteis. Além disso, dez plantas de cada extremidade constituíram a bordadura e as parcelas foram distanciadas por sete metros entre linhas (Figura 1).

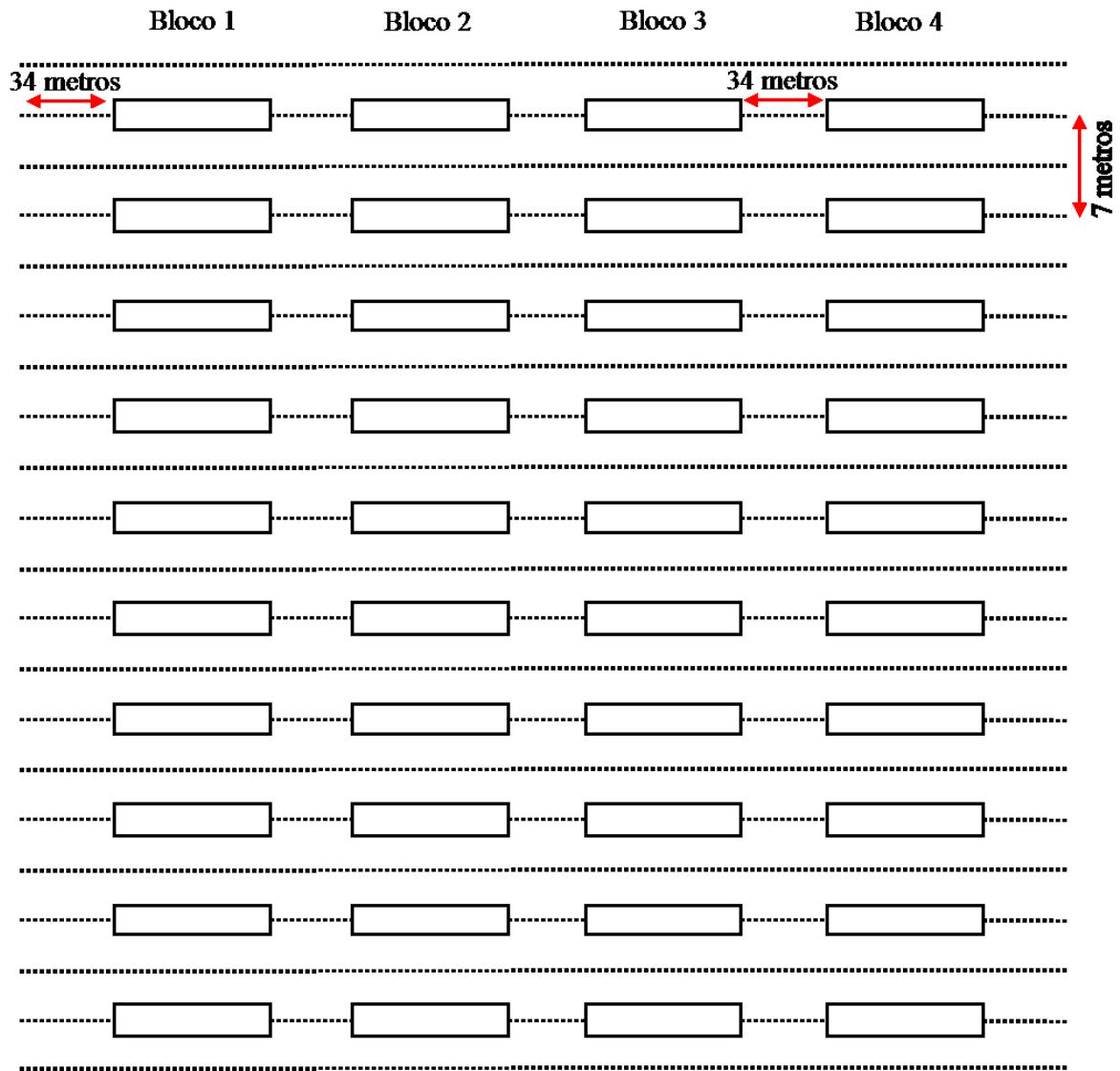


FIGURA 1. Croqui da área experimental.

### 3.2 Monitoramento do bicho-mineiro

O monitoramento do bicho-mineiro foi realizado conforme metodologia adaptada de Zampioli *et al.* (2017), em que foi realizado o monitoramento de cada parcela, visando observar a flutuação populacional do inseto para cada tratamento. Tal procedimento foi realizado observando-se uma folha no 3º ou 4º par de folhas dos ramos plagiótropicos, na altura mediana da planta, nas faces norte e sul. As folhas observadas foram classificadas da seguinte maneira: folhas minadas com larvas mortas, folhas minadas com larvas vivas, folhas minadas sem larvas e folhas sem mina. Para tal, foram utilizadas sessenta folhas por parcela, totalizando 240 folhas por tratamento.

A amostragem populacional foi realizada um dia antes da aplicação. Após a coleta dos dados, em cada tratamento, foi identificado o nível populacional do inseto, a fim de determinar a decisão da pulverização.

### 3.3 Descrição dos tratamentos

Na aplicação hidropneumática, foram utilizados dois volumes de calda (200 e 400 L ha<sup>-1</sup>); duas pontas de pulverização (marca Jacto, modelos JA-01 e TVI-800075, ambas com ângulo de 80°); presença/ausência de adjuvante agrícola na calda de aplicação, cloridrato de cartape na dose de 500 g i.a ha<sup>-1</sup>, sem o adjuvante, e cloridrato de cartape (500 g i.a ha<sup>-1</sup>) + óleo de laranja, na dose de 75 mL 100 L<sup>-1</sup> de calda. Foram avaliados os seguintes parâmetros: densidade de gotas, percentagem de cobertura, diâmetro da mediana volumétrica, amplitude relativa, deposição de calda e eficácia de controle.

No experimento, foram avaliados dois tratamentos adicionais, aplicação eletrostática na presença e ausência do adjuvante em calda, utilizando o volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup> e a ponta SPE-2. No entanto, a avaliação de deposição de calda foi realizada exclusivamente e, posteriormente, o controle do inseto (Tabela 1).

TABELA 1. Descrição dos tratamentos utilizados no experimento

Tratamento	Pulverização	Fator A	Fator B	Fator C
		Volume de calda	Ponta	Adjuvante
T1	Hidropneumática	200	JA-1	Ausência
T2	Hidropneumática	400	JA-1	Ausência
T3	Hidropneumática	200	TVI 80075	Ausência
T4	Hidropneumática	400	TVI 80075	Ausência
T5	Hidropneumática	200	JA-1	Presença
T6	Hidropneumática	400	JA-1	Presença
T7	Hidropneumática	200	TVI 80075	Presença
T8	Hidropneumática	400	TVI 80075	Presença
T9	Eletrostática			Ausência
T10	Eletrostática	200	SPE-2	Presença

Para a avaliação do manejo populacional do bicho-mineiro, foi utilizada uma área controle com os blocos experimentais, mas sem a aplicação de inseticidas durante todo o período de avaliação, a fim de se conhecer o nível populacional após a aplicação. Com isso, foi possível determinar a eficácia de controle do inseto.

### 3.4 Determinação do índice volumétrico

A altura, o diâmetro da planta e o espaçamento entre linhas foram utilizados para a determinação do volume médio de copa das plantas, seguindo metodologia utilizada por Alvarenga *et al.* (2013a), (Equação 1).

$$VC = \frac{H D}{E} 10.000 \text{ (m}^2 \text{ ha}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

em que:

VC = Volume da copa das plantas ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ );

H = Altura da planta (m);

D = Diâmetro do terço mediano da planta (m);

E = Espaçamento entre linhas (m).

Para isso, foram obtidas as medidas de dez plantas aleatórias na área de execução do experimento. Com isso, foi obtida a média de 2,3 metros de altura, 1,4 metros de diâmetro e 3,5 metros de espaçamento entre linhas, totalizando  $9.200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de volume de copa das plantas.

O índice volumétrico é 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 do bicho-mineiro e o volume da copa (ALVARENGA *et al.*, 2013a). A despeito disso, esse índice foi determinado, também, com base no conhecimento do histórico da área e do volume de calda suficiente para proporcionar uma boa cobertura no dossel das plantas (Equação 2).

$$IV = \frac{VP}{VC} 1.000 \text{ (mL L}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

em que:

IV = Índice volumétrico ( $\text{mL m}^{-3}$ );

VP = Volume de pulverização ( $\text{L ha}^{-1}$ ); e

VC = Volume da copa das plantas ( $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ).

### 3.5 Descrição do conjunto trator pulverizador

Os pulverizadores foram tracionados e acionados por um trator, marca Valtra, modelo 685, com 65 cv (47,78 kW) de potência nominal. A rotação na tomada de potência (TDP) foi de 540 rpm, aferida por um tacômetro foto/contato digital, marca Minipa®, modelo MDT2238A.

A pulverização foi realizada com um pulverizador hidropneumático, marca Jacto®, modelo Arbus 2.000 VM, equipado com bomba de pistão JP-150, vazão de  $150 \text{ L min}^{-1}$  e ventilador axial de 850 mm. A barra porta bicos desse pulverizador apresentava formato semicircular com ramal de doze bicos em cada lado, totalizando 24 bicos.

A aplicação eletrostática foi realizada por um pulverizador hidropneumático, marca Jacto®, modelo Arbus 2.000 VM, equipado com bomba de pistão JP-150, vazão de  $150 \text{ L min}^{-1}$  e ventilador axial de 850 mm, no qual foi montado um kit de pulverização eletrostática, composto por sete bicos em cada ramal, totalizando quatorze bicos, desenvolvido e comercializado pela empresa Sistema de Pulverização Eletrostático® (SPE). As pontas utilizadas foram os modelos SPE-2, tipo jato cônicovazio de material cerâmico, produzidas e comercializadas pela própria empresa. O campo elétrico foi gerado na base do jato produzido devido à eletrificação do anel cilíndrico em aço inox presente no bico (Figura 2).

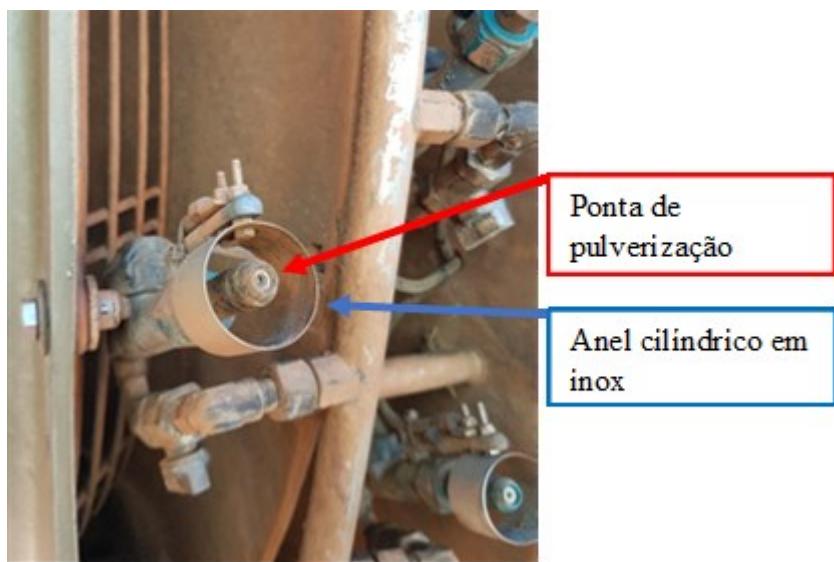


FIGURA 2. Bico hidráulico com sistema de indução de carga elétrica.

O manômetro utilizado para controle da pressão de trabalho do sistema de pulverização foi da marca WIKA, com fundo de escala de 0 a 3.922,6 kPa, aferido em mesa-

padrão, utilizando um gerador de pressão hidráulico, marca Zurich, modelo 800-D. A mesa-padrão estava equipada com manômetro padrão digital classe A3, marca Zurich, modelo Z.10.B, com precisão de  $\pm 0,25\%$ , sendo obtidas, com a padronização, as seguintes funções lineares (Figura 3):

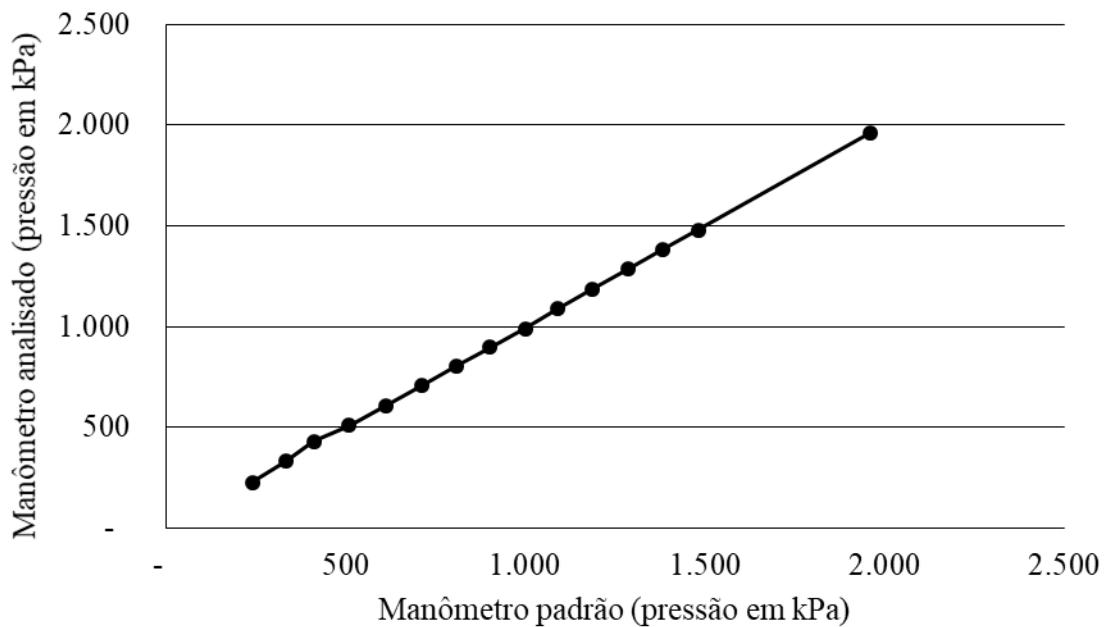


FIGURA 3. Leituras de pressão obtidas na mesa de calibração para o manômetro utilizado.

A regulagem e calibração dos pulverizadores para a aplicação dos volumes de calda desejados foi realizada previamente, no carreador em que foi empreendido o experimento (Tabela 2).

**TABELA 2.** Condições operacionais para cada tratamento

Tratamento	Marcha	Velocidade (km h <sup>-1</sup> )	Vazão (L min <sup>-1</sup> )	Pressão (kPa)
T1	3 <sup>a</sup> RED	7,8	0,379	593
T2	2 <sup>a</sup> RED	3,8	0,369	565
T3	3 <sup>a</sup> RED	7,8	0,379	593
T4	1 <sup>a</sup> SIM	5,8	0,564	1.241
T5	3 <sup>a</sup> RED	7,8	0,379	593
T6	2 <sup>a</sup> RED	3,8	0,369	565
T7	3 <sup>a</sup> RED	7,8	0,379	593
T8	1 <sup>a</sup> SIM	5,8	0,564	1.241
T9	3 <sup>a</sup> RED	7,8	0,630	965
T10	3 <sup>a</sup> RED	7,8	0,630	965

RED = Caixa de marcha reduzida; SIM = Caixa de marcha simples.

A água, oriunda de poço artesiano, e a calda de aplicação tiveram seu pH aferido por um phgâmetro portátil, marca Herbicat, modelo DM-2P, no momento da adição da água ao depósito do pulverizador e após a adição do produto fitossanitário e do adjuvante em todos os tratamentos propostos. Não houve necessidade da adição de estabilizador de calda, pois o pH em torno de 5,5 é considerado adequado para a aplicação do ativo utilizado. Ademais, as condições psicrométricas, temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, durante todo o experimento, foram monitoradas por estação meteorológica portátil, marca Oregon Scientific, modelo WMR200.

### 3.6 Parâmetros da aplicação

Os parâmetros de aplicação avaliados foram a percentagem de cobertura, a densidade de gotas, o diâmetro da mediana volumétrica e a amplitude relativa. Eles foram mensurados com auxílio de papéis hidrossensíveis, dimensões 26x76 mm, produzidos pela empresa Syngenta. Os papéis foram devidamente identificados e, posteriormente, distribuídos no dossel de uma planta, em cada parcela, seguindo metodologia adaptada de Alvarenga *et al.* (2013a).

Simultaneamente, com a retirada dos papéis hidrossensíveis, foi realizada a coleta de folhas para avaliação de deposição de calda, tomando, como referência, as faces norte e sul da planta, voltadas para a rua, entre as linhas de plantio, seguindo metodologia adaptada de Sasaki *et al.* (2013b). Em ambas metodologias, a planta foi dividida em três alturas (superior, mediana e inferior) e cada parte da planta foi subdividida em quatro posições, denominadas

P1, P2, P3 e P4. As posições P1 e P2 ficaram voltadas para a face norte, em que P1 = posição externa do dossel e P2 = posição a 0,4 m em relação à P1. Já as posições P3 e P4 ficaram voltadas para a face sul, em que P4 = parte externa do dossel e P3 = posição a 0,4 m em relação à P4 (Figura 4). Com vistas a facilitar a formatação de tabelas, foram utilizadas as seguintes codificações dos pontos: INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

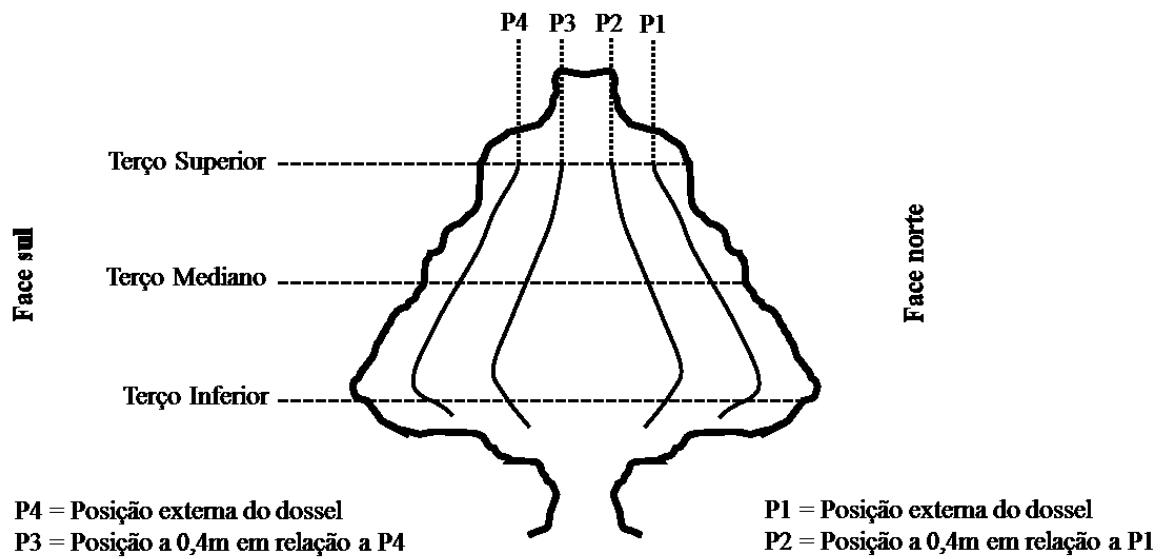


FIGURA 4. Divisão da planta para distribuição dos papéis hidrossensíveis e amostragem de folhas para análise da deposição da calda.

Posteriormente à aplicação, os papéis hidrossensíveis foram coletados, acondicionados, individualmente, em recipiente seco, protegido da umidade ambiente, e levados ao laboratório, para determinação dos parâmetros de estudo de gotas, por meio do equipamento DropScope®, comercializado pela empresa X-Factory. Esses parâmetros não foram avaliados nos tratamentos adicionais com aplicação eletrostática, pois o diâmetro médio de gotas gerado pelas pontas de pulverização é, em sua maioria, menor que 100  $\mu\text{m}$ , o que dificulta a captação de imagens, conforme observação de Salyani e Fox (1994) e Sasaki (2011).

Para fins de padronização de nomeação de tamanho de gotas, foi utilizada norma ASAE S572 (ASAE, 2000) (Tabela 3).

TABELA 3. Classes de tamanho de gotas, segundo a norma ASAE S572 com características correspondentes ao diâmetro da mediana volumétrica (DMV)

Classe da Pulverização	Símbolo	Classe	DMV aproximado
Muito fina	MF	Vermelha	< 100 $\mu\text{m}$
Fina	F	Laranja	100-175 $\mu\text{m}$
Média	M	Amarela	175-250 $\mu\text{m}$
Grossa	G	Azul	250-375 $\mu\text{m}$
Muito grossa	MG	Verde	375-450 $\mu\text{m}$
Extremamente grossa	EG	Branca	> 450 $\mu\text{m}$

A determinação da deposição da calda em folhas foi realizada em todos os tratamentos, por meio de espectrofotometria, utilizando a absorbância do marcador Azul Brilhante (FD&C n.1), adicionado à calda na concentração de 4,0 g L<sup>-1</sup>, pesado em balança analítica de precisão, marca Shimadzu®, modelo UW6200H. Posteriormente à aplicação, foram retiradas duas folhas por posição, para que a deposição fosse determinada. Estas foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados. Em seguida, foram levadas para o laboratório, onde foram adicionados, em cada saco plástico, 30 mL de água destilada, mantendo-a sob agitação por trinta segundos, para a remoção do corante, conforme metodologia adaptada de Miranda *et al.* (2012). Isso foi feito para que as leituras das alíquotas fossem realizadas, com auxílio de um espectrofotômetro, marca Metash®, modelo V-5000, com comprimento de onda de 630 nm.

Ao correlacionar a concentração do corante na solução de lavagem das amostras com a concentração obtida na calda de pulverização, foi possível estabelecer o volume capturado pelo alvo, conforme Sasaki *et al.* (2013a) (Equação 3).

$$C_i V_i = C_f V_f \quad (3)$$

em que:

$C_i$  = concentração do corante na calda aplicada, mg L<sup>-1</sup>;

$V_i$  = volume capturado pelo alvo, mL;

$C_f$  = concentração do corante na amostra, detectada pelo espectrofotômetro em absorbância e transformada para mg L<sup>-1</sup>;

$V_f$  = volume de diluição da amostra, mL.

Após a determinação do volume capturado pelo alvo, foi realizada a determinação da concentração do corante obtido com a divisão da deposição total pela área superficial da folha (SASAKI *et al.*, 2013a). Esse procedimento foi realizado com o auxílio de um medidor de área foliar, marca Li-Cor®/USA, modelo LI-3100C.

### **3.7 Eficácia de controle do bicho-mineiro**

No dia anterior à aplicação, foi feita a amostragem, a fim de observar o nível populacional do bicho-mineiro presente na área. Após a aplicação dos tratamentos, a eficácia de controle foi determinada de acordo com a equação de eficácia de Abbott (1925), (Equação 4). Para tal, foi utilizada a percentagem de infestação de larvas do inseto identificada quatorze dias após a aplicação, período correspondente à carência do inseticida utilizado. Nesse sentido, foi realizada a relação entre a percentagem de larvas vivas nos tratamentos e a percentagem de larvas vivas no tratamento adicional testemunha sem aplicação, com a média de larvas vivas nas quatro repetições da testemunha.

$$EF = \frac{Mv_1 - Mv_2}{Mv_1} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

EF = Eficácia (%);

Mv<sub>1</sub> = Minas vivas observadas na testemunha (%);

Mv<sub>2</sub> = Minas vivas observadas após a aplicação (%).

### **3.8 Análise estatística**

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-

Wilks (W), e homogeneidade das variâncias, pelo teste de Anscombe e Tukey, considerando, para ambos, o nível de significância de 5%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os índices volumétricos calculados para os volumes de 200 e 400 L ha<sup>-1</sup> foram, respectivamente, 21,7 e 43,5 mL m<sup>-3</sup>. Souza Júnior *et al.* (2017b), em trabalho com diferentes volumes de caldas e volumes vegetativos na cultura do cafeeiro, obtiveram valores de índice volumétrico próximos aos encontrados no presente 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.

As médias das condições meteorológicas observadas durante a aplicação dos tratamentos foram: temperatura de 29 °C, umidade relativa do ar de 37% e velocidade do vento de 4,3 km h<sup>-1</sup>. Embora as condições atmosféricas fossem limitantes, foi feita a pulverização, devido ao alto nível populacional do bicho-mineiro, um dia antes da aplicação, na área, com média de 65% de larvas vivas.

Os valores de coeficiente de variação (CV) obtidos nas avaliações de percentagem de cobertura, densidade de gotas, diâmetro da mediana volumétrica e amplitude relativa estão em conformidade com diversos trabalhos (NASCIMENTO *et al.*, 2018; ROMEIRO *et al.*, 2015; ALVARENGA *et al.*, 2013b). Romeiro *et al.* (2015) citam que, em condições de laboratório, os coeficientes de variação aceitáveis para essas avaliações não devem ultrapassar 10%, porém, nas aplicações de campo, o valor do coeficiente de variação tende a ser elevado, devido à influência das condições meteorológicas e/ou da movimentação desordenada da barra do pulverizador. Esses fatos são agravados, ainda, na cultura do café, pelo uso de pulverizadores hidropneumáticos, em que o fluxo de ar gerado pela turbina do equipamento ocasiona grande movimentação do dossel – esse fator, junto do grande volume de área foliar, pode causar o aumento do coeficiente de variação.

Observando os dados obtidos para percentagem de cobertura nos terços e profundidade de ramo (Tabela 4), resultantes da aplicação de inseticida na presença e na ausência de adjuvante agrícola, de diferentes pontas de pulverização e volumes de calda, foi observado que a maioria das fontes de variação analisadas não foi significativa, independentemente das posições na planta. Nas alturas inferior, mediana e superior da planta, nas profundidades internas do ramo, foi constatado efeito significativo do uso de diferentes pontas de pulverização. Já nas alturas mediana e superior da copa, nas profundidades externa e interna dos ramos, foi verificado efeito significativo para diferentes volumes de calda utilizados.

TABELA 4. Resumo da análise de variância para percentagem de cobertura de gotas nos terços e profundidade de copa de plantas

F.V.	GL	Quadrado Médio					
		INFEX	INFIN	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
Adjuvante	1	14,90 <sup>ns</sup>	15,53 <sup>ns</sup>	294,06 <sup>ns</sup>	16,52 <sup>ns</sup>	49,40 <sup>ns</sup>	5,81 <sup>ns</sup>
Ponta	1	0,89 <sup>ns</sup>	139,45 <sup>*</sup>	229,60 <sup>ns</sup>	541,62 <sup>*</sup>	426,90 <sup>ns</sup>	36,67 <sup>*</sup>
Volume	1	0,26 <sup>ns</sup>	91,60 <sup>ns</sup>	532,89 <sup>*</sup>	884,00 <sup>*</sup>	852,02 <sup>*</sup>	39,93 <sup>*</sup>
Adjuvante x Ponta	1	60,95 <sup>ns</sup>	4,80 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	31,34 <sup>ns</sup>	31,01 <sup>ns</sup>	9,47 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Volume	1	71,75 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	90,64 <sup>ns</sup>	9,69 <sup>ns</sup>	73,02 <sup>ns</sup>	7,03 <sup>-06ns</sup>
Ponta x Volume	1	10,59 <sup>ns</sup>	6,21 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	188,81 <sup>ns</sup>	2,01 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Ponta x Volume	1	88,69 <sup>ns</sup>	29,70 <sup>ns</sup>	30,96 <sup>ns</sup>	76,05 <sup>ns</sup>	18,76 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>
Tratamentos	7	35,44 <sup>ns</sup>	41,08 <sup>ns</sup>	168,35 <sup>ns</sup>	249,72 <sup>*</sup>	207,59 <sup>ns</sup>	13,44 <sup>ns</sup>
Bloco	3	26,11 <sup>ns</sup>	26,03 <sup>ns</sup>	171,97 <sup>ns</sup>	73,90 <sup>ns</sup>	33,18 <sup>ns</sup>	10,37 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	33,91	24,28	98,00	60,46	101,90	7,70
Total	31						
C.V(%)		50	69	41	68	58	65

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

INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Avaliando a percentagem de cobertura gerada pelo uso de diferentes pontas hidráulicas, foi observado que a ponta JA-1, caracterizada, pelo fabricante, por produção de gotas finas, apresentou menores médias de cobertura de gotas nos terços inferior e superior e na profundidade interna do ramo. No entanto, quando o terço médio na profundidade de ramo interno é levado em conta, essa ponta apresentou média superior (Tabela 5).

TABELA 5. Percentagem média de cobertura das gotas no dossel do cafeiro com diferentes tipos de pontas, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Percentagem de cobertura (%)		
	INFIN	MEDIN	SUPIN
JA-1	5,03 b	15,61 a	3,18 b
TVI-800075	9,21 a	7,38 b	5,32 a

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

INFIN = inferior interno; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

A não significância da percentagem de cobertura nos terços da planta e na profundidade de ramo externo destaca a uniformidade de cobertura, independentemente da ponta utilizada. Entretanto, a maior cobertura no dossel superior interno indica que a ponta com indução de ar atinge melhor essa posição do dossel. As gotas finas, em função da distância de lançamento até o alvo, são extintas, ou mais susceptíveis à deriva, sendo assim, uma opção ao cafeicultor é colocar pontas com indução de ar nos bicos superiores da barra, visando minimizar a deriva e aumentar a cobertura e a eficácia de controle.

Como descrito por Souza Júnior *et al.* (2017a), plantas mais jovens apresentam menor diâmetro do dossel, com isso, elas estão situadas a uma maior distância da saída das pontas de pulverização. Os dados obtidos ressaltam a capacidade de penetração de gotas de maior diâmetro em distâncias maiores, como o caso da ponta TVI 800075 – nessa circunstância, foi constatado, nos terços inferior e superior em profundidade interna, que são posições mais distantes dos bicos, uma maior cobertura, o que evidencia a capacidade de penetração de gotas de maior diâmetro em grandes distâncias. Em contrapartida, as gotas de menor diâmetro apresentam elevada capacidade de penetração no dossel de planta, como demonstrado com os dados obtidos no terço mediano em profundidade interna, posição de maior proximidade, em relação à copa da planta, do local de lançamento das gotas no pulverizador, o que facilita a cobertura de gotas em distâncias menores. Zampiroli *et al.* (2017) ressaltaram que em aplicações de inseticidas, a percentagem de cobertura deve variar entre 20-30%, porém, no mesmo trabalho, os autores obtiveram eficiência no controle do bicho-mineiro com percentagem de cobertura de 8,43% na profundidade interna da planta.

A percentagem de cobertura de gotas produzidas pelo uso de volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup> mostrou-se superior à referente ao volume de 200 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 6).

TABELA 6. Percentagem média de cobertura das gotas no dossel do cafeeiro em função do volume de calda, Monte Carmelo/MG, 2018

Volume de calda	Percentagem de cobertura (%)			
	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
200	20 b	6 b	12 b	3 b
400	28 a	17 a	23 a	5 a

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

MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Os valores de percentagem de cobertura obtidos diferem dos encontrados por Santinato *et al.* (2017), referentes a dois volumes de calda (300 e 500 L ha<sup>-1</sup>), que não observaram diferença para percentagem de cobertura com diferentes pontas e presença de adjuvante. Observa-se que, nas profundidades internas do ramo, ocorre redução da percentagem de cobertura, o que se explica pela dificuldade de penetração das gotas, agravada pelo grande volume foliar presente em cafeeiro (SOUZA JÚNIOR *et al.*, 2017b).

Observando os dados obtidos na avaliação de densidade de gotas nos terços e de profundidade de ramo (Tabela 7), resultantes da aplicação de inseticida na presença e na ausência de adjuvante agrícola, diferentes pontas de pulverização e volumes de calda, é possível notar que a interação de produto e ponta, no terço inferior, foi significativa, quando avaliada a profundidade externa do ramo. Nos terços mediano e superior da planta, nas profundidades interna e externa de ramo, foi observado efeito significativo do uso de diferentes pontas de pulverização. Já nos terços inferior, mediano e superior de copa, na profundidade interna dos ramos, foi identificado efeito significativo para diferentes volumes de calda.

TABELA 7. Resumo da análise de variância para densidades de gotas nos terços e profundidade de copa de plantas

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		INFEX	INFIN	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
Adjuvante	1	7333,8 <sup>ns</sup>	12373,4 <sup>ns</sup>	23294,8 <sup>ns</sup>	59,2 <sup>ns</sup>	19546,8 <sup>ns</sup>	166,3 <sup>ns</sup>
Ponta	1	377660,9 <sup>*</sup>	25768,2 <sup>ns</sup>	879968,6 <sup>*</sup>	497793,7 <sup>*</sup>	689526,9 <sup>*</sup>	21341,5 <sup>*</sup>
Volume	1	789,4 <sup>ns</sup>	80183,6 <sup>*</sup>	34727,7 <sup>ns</sup>	157183,1 <sup>*</sup>	29822,0 <sup>ns</sup>	21386,0 <sup>*</sup>
Adjuvante x Ponta	1	35851,7 <sup>*</sup>	7232,3 <sup>ns</sup>	818,7 <sup>ns</sup>	1108,6 <sup>ns</sup>	7830,5 <sup>ns</sup>	2431,6 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Volume	1	10173,4 <sup>ns</sup>	5672,9 <sup>ns</sup>	9646,4 <sup>ns</sup>	1795,1 <sup>ns</sup>	17958,7 <sup>ns</sup>	178,4 <sup>ns</sup>
Ponta x Volume	1	15216,4 <sup>ns</sup>	10149,7 <sup>ns</sup>	12138,6 <sup>ns</sup>	40103,6 <sup>ns</sup>	49780,0 <sup>ns</sup>	4497,2 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Ponta x Volume	1	12110,7 <sup>ns</sup>	10857,3 <sup>ns</sup>	91,0 <sup>ns</sup>	15641,3 <sup>ns</sup>	3803,3 <sup>ns</sup>	4051,0 <sup>ns</sup>
Tratamentos	7	65590,9 <sup>*</sup>	21748,2 <sup>*</sup>	137240,8 <sup>*</sup>	101955,0 <sup>*</sup>	116895,5 <sup>*</sup>	7721,7 <sup>ns</sup>
Bloco	3	5095,1 <sup>ns</sup>	12471,8 <sup>ns</sup>	16362,3 <sup>ns</sup>	24509,4 <sup>ns</sup>	6422,6 <sup>ns</sup>	3511,1 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	7820,9	8341,5	11382,0	11579,3	12486,0	3320,4
Total	31						
C.V(%)		42	63	29	52	39	71

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

INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

As maiores médias de densidade de gotas ocorreram com o uso da ponta JA-1, diferindo das médias da ponta TVI-800075, independentemente da composição de calda. Quando o adjuvante foi empregado, houve incremento na densidade de gotas, com uso da ponta JA-1. O contrário foi observado no uso da ponta TVI-800075 (Tabela 8).

TABELA 8. Densidade de gotas produzida por diferentes pontas hidráulicas e composição de calda no terço inferior na profundidade externa do ramo, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Densidade de gotas (gotas cm <sup>-2</sup> )	
	Adjuvante	
	Ausência	Presença
JA-1	273 aB	370 aA
TVI-800075	122 bA	86 bB

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

As gotas de maior tamanho produzidas pela ponta com indução de ar resultaram em uma densidade de gotas menor, em comparação com pontas que se caracterizam pela produção de gotas finas, como é o caso da JA-1. Como mostrado por Matthews (2000), quanto menor o diâmetro de gotas pulverizadas em um mesmo volume de calda, maior será a densidade de gotas, o que, por consequência, expande a superfície de contato da calda no alvo, aumentando a cobertura.

A redução da densidade de gotas com o uso de adjuvante vegetal e ponta TVI-800075 pode ser explicada pela possível coalescência de gotas promovida pela ação difusora do adjuvante. Maciel *et al.* (2011) constataram que a adição de adjuvante à calda de aplicação, com uso de ponta com indução de ar, reduziu a densidade de gotas. Efeito contrário pode ser notado quando avaliada a ponta JA-1, que, com a adição do adjuvante à calda, elevou a densidade de gotas, em contraste com a presença apenas do inseticida. A quebra da tensão de gotas, no momento da pulverização da calda, pode resultar em um aumento da quantidade de gotas. Resultados diferentes foram encontrados por Santinato *et al.* (2017), com a avaliação de diferentes volumes de calda, presença e ausência de adjuvantes e pontas de pulverização, no controle da Phoma no cafeiro. A pesquisa desses autores foi realizada com uso da ponta JA-2; eles não encontraram diferença na densidade de gotas com presença ou ausência de adjuvante agrícola em calda.

Quanto à densidade de gotas produzida pelo uso de diferentes pontas de pulverização, nota-se que, independentemente do terço da planta e da profundidade de ramos avaliados, a ponta JA-1 apresentou as maiores médias, diferindo da ponta TVI-800075 (Tabela 9).

TABELA 9. Densidade de gotas no terço mediano e superior do cafeeiro nas profundidades externa e interna do ramo com o uso de diferentes pontas, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Densidade de gotas (gotas cm <sup>-2</sup> )			
	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
JA-1	530 a	335 a	431 a	108 a
TVI-800075	199 b	86 b	137 b	56 b

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

MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Os resultados de densidade de gotas encontrados são consolidados por Matthews, Bateman e Miller (2016), que destacam, em aplicações com gotas grossas, a redução da densidade de gotas, o que foi mostrado pelo presente trabalho. Com a ponta TVI-800075, ocorreu redução significativa da densidade de gotas, em comparação com a ponta JA-1. Gabriel e Baio (2013) ressaltam que gotas pequenas são mais sensíveis à evaporação e aos processos de deriva, porém, têm melhor capacidade de cobertura e propiciam maior capacidade de penetração.

Quanto às densidades de gotas produzidas pelo uso de diferentes volumes de calda utilizados, é possível notar que a referente ao volume de 400 L ha<sup>-1</sup> foi maior, para as posições terço inferior, mediano e superior, na profundidade interna do ramo (Tabela 10).

TABELA 10. Densidade de gotas no dossel do cafeeiro na posição interna dos ramos, com diferentes volumes de calda, Monte Carmelo/MG, 2018

Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Densidade de gotas (gotas cm <sup>-2</sup> )		
	INFIN	MEDIN	SUPIN
200	96 b	141 b	56 b
400	199 a	281 a	108 a

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

INFIN = inferior interno; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

As maiores médias de densidade de gotas deram-se com o maior volume de calda, o que não foi constatado por Santinato *et al.* (2017), que não observaram diferença significativa na densidade de gotas entre os volumes utilizados – 300 e 500 L ha<sup>-1</sup>. No terço mediano, as maiores médias de densidade de gotas obtidas podem ser explicadas pelo fato de que essa região apresenta grande volume foliar, possivelmente, em razão de o volume de ar gerado pela turbina do pulverizador estar mais próximo dessa posição – com isso, ocorre a movimentação dos ramos das plantas, garantindo a chegada dessas gotas. Ainda que a densidade seja maior no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, a população de gotas obtida no volume de

200 L ha<sup>-1</sup> é suficiente para que se tenham bons resultados de controle, como demonstram, também, Barthelemy *et al.* (1990).

Para o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), na posição do terço inferior, profundidades externa e interna do ramo, houve efeito na interação de diferentes pontas de pulverização e volume de calda. Já nas posições dos terços mediano e superior, na profundidade interna do ramo, houve efeito significativo na interação de diferentes pontas de pulverização e volume de calda. Nos terços mediano e superior, na profundidade externa do ramo, houve efeito significativo no uso de diferentes pontas de pulverização (Tabela 11).

TABELA 11. Resumo da análise de variância para diâmetro da mediana volumétrica de gotas nos terços e profundidade de copa de plantas

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		INFEX	INFIN	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
Adjuvante	1	25,5 <sup>ns</sup>	321,4 <sup>ns</sup>	22194,6 <sup>ns</sup>	2595,0 <sup>ns</sup>	5736,9 <sup>ns</sup>	998,1 <sup>ns</sup>
Ponta	1	534916,7*	516867,4*	460233,8*	342555,0*	358631,5*	457375,6*
Volume	1	53498,0*	26398,8*	872,7 <sup>ns</sup>	3472,3 <sup>ns</sup>	336,8 <sup>ns</sup>	15608,6 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Ponta	1	78,9 <sup>ns</sup>	74,8 <sup>ns</sup>	2497,5 <sup>ns</sup>	523,8 <sup>ns</sup>	9080,6 <sup>ns</sup>	697,6 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Volume	1	1496,6 <sup>ns</sup>	1626,9 <sup>ns</sup>	1022,5 <sup>ns</sup>	232,0 <sup>ns</sup>	7061,6 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
Ponta x Volume	1	49007,2*	34979,5*	31739,4 <sup>ns</sup>	41003,5*	26596,5 <sup>ns</sup>	25537,2*
Adjuvante x Ponta x Volume	1	11356,0 <sup>ns</sup>	6397,2 <sup>ns</sup>	4173,8 <sup>ns</sup>	269,1 <sup>ns</sup>	7162,1 <sup>ns</sup>	235,1 <sup>ns</sup>
Tratamentos	7	91451,3*	83809,4*	74676,3*	55807,2*	59229,4*	71493,2*
Bloco	3	531,2 <sup>ns</sup>	2704,0 <sup>ns</sup>	20535,7 <sup>ns</sup>	2125,9 <sup>ns</sup>	3473,1 <sup>ns</sup>	4859,6 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	3182,5	5738,9	8740,5	3978,5	6713,2	3750,7
Total	31						
C.V(%)		18	27	27	22	26	23

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

INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Para as posições inferiores, nas profundidades externa e interna do ramo, e mediana e superior, na profundidade interna do ramo, o uso de diferentes pontas de pulverização e volume de calda causou efeito significativo no que diz respeito ao diâmetro da mediana volumétrica. A ponta TVI-800075 apresentou maiores médias, diferindo da ponta JA-1, independentemente do volume de calda empregado. As médias de diâmetro da mediana volumétrica, quando utilizada a ponta TVI-800075, volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, mostraram-se significativamente maiores quando comparadas àquelas do volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 12).

TABELA 12. Diâmetro médio da mediana volumétrica nos terços da planta e profundidade de ramo, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Diâmetro médio da mediana volumétrica (μm)	
	Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	
	200	400
INFEX		
JA-1	179 bA	175 bA
TVI-800075	515 aA	355 aB
INFIN		
JA-1	146 bA	155 bA
TVI-800075	466 aA	343 aB
MEDIN		
JA-1	163 bA	214 bA
TVI-800075	442 aA	349 aB
SUPIN		
JA-1	143 bA	155 bA
TVI-800075	438 aA	337 aB

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

INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

Independentemente das posições mencionadas na Tabela 12, para a ponta JA-1, foi observado que não houve diferença entre os volumes de 200 e 400 L ha<sup>-1</sup>. Esses resultados estão relacionados à pressão de trabalho utilizada, que foi muito próxima nos volumes de 200 e 400 L ha<sup>-1</sup>, alterando-se apenas a velocidade de trabalho do conjunto mecanizado.

As médias de diâmetro de gotas foram superiores a 100 μm. França, Cunha e Antuniassi (2018), avaliando pontas com indução de ar, em diferentes condições de pressão de trabalho, observaram diferença no diâmetro da mediana volumétrica quando a pressão de trabalho das pontas foi aumentada; quanto maior a pressão empregada, menor o diâmetro observado. O mesmo foi observado no volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup>, pois foi necessária a elevação da pressão de operação da ponta TVI-800075, dentro da faixa de operação

recomendada pelo fabricante (155-517 kPa), ocorrendo redução do diâmetro de gotas, conforme observado em diferentes posições dos terços da planta.

A utilização de diferentes pontas de pulverização resultou em diferença significativa para o diâmetro da mediana volumétrica nos terços mediano e superior, na profundidade externa do ramo. Independentemente da posição, a ponta TVI-800075 produziu os maiores diâmetros, com, aproximadamente, o dobro do valor apresentado pela ponta JA-1 (Tabela 13).

TABELA 13. Diâmetro da mediana volumétrica no dossel mediano e superior externo, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Diâmetro médio da mediana volumétrica ( $\mu\text{m}$ )	
	MEDEX	SUPEX
JA-1	227 b	204 b
TVI-800075	467 a	416 a

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

MEDEX = mediano externo; SUPEX = superior externo.

Antuniassi e Boller (2011) citam que o tamanho ideal da gota deve ser pequeno o suficiente para garantir cobertura satisfatória do alvo e grande o bastante para menores perdas, por deriva e evaporação. Na posição do terço mediano, foram obtidas médias superiores às vistas do terço superior, o que se explica pela proximidade da saída de ar e pontas com o dossel da planta, garantindo menor tempo de contato da gota com o ambiente e reduzindo possíveis efeitos de evaporação.

De acordo com o resumo da análise de variância para amplitude relativa, foi observado que o fator ponta de pulverização apresentou efeito significativo nas posições do terço inferior e mediano, nas profundidades externa e interna dos ramos, seguidas pelo terço superior na profundidade interna do ramo. Ocorreu interação significativa para os fatores produto e ponta no terço superior, na profundidade externa do ramo (Tabela 14).

TABELA 14. Resumo da análise de variância para amplitude relativa de gotas nos terços e profundidade de copa de plantas

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		INFEX	INFIN	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
Adjuvante	1	0,028 <sup>ns</sup>	0,000 <sup>ns</sup>	0,013 <sup>ns</sup>	0,051 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
Ponta	1	1,053*	1,186*	0,620*	0,534*	0,908*	1,142*
Volume	1	0,039 <sup>ns</sup>	1,25 <sup>-05ns</sup>	0,051 <sup>ns</sup>	0,053 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,010 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Ponta	1	0,007 <sup>ns</sup>	0,005 <sup>ns</sup>	0,061 <sup>ns</sup>	0,026 <sup>ns</sup>	0,083*	0,087 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Volume	1	0,069 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>	0,040 <sup>ns</sup>	0,009 <sup>ns</sup>	0,028 <sup>ns</sup>	0,059 <sup>ns</sup>
Ponta x Volume	1	0,001 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,042 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Ponta x Volume	1	0,045 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,027 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>	0,018 <sup>ns</sup>	0,012 <sup>ns</sup>
Tratamentos	7	0,176*	0,174*	0,120*	0,097*	0,151*	0,194*
Bloco	3	0,059 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	0,039 <sup>ns</sup>	0,061*	0,015 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	0,028	0,018	0,025	0,018	0,012	0,027
Total	31						
C.V(%)		15	13	14	13	10	17

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

INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Independentemente da ausência ou presença do adjuvante, a ponta TVI-800075 apresentou as maiores médias de amplitude relativa na posição superior externa, destacando-se com a adição do adjuvante em mistura de calda. Isso promoveu uma diferença em comparação com o uso apenas do inseticida em calda (Tabela 15).

TABELA 15. Amplitude relativa do espectro de gotas no terço superior externo do ramo, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Adjuvante	
	Ausência	Presença
JA-1	1,01 aB	0,94 aA
TVI-800075	1,25 bA	1,38 bB

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

Os dados obtidos foram contrastantes aos encontrados por Madureira, Raetano e Cavalieri (2015), que observaram que a ponta com indução de ar apresentou espectro de gotas mais uniforme do que o ocasionado pela ponta sem indução. Com a adição do adjuvante à calda de aplicação, foi reduzida a amplitude de gotas na ponta JA-1, em oposição ao observado na ponta TVI-800075. Resultados semelhantes foram encontrados por Madureira, Raetano e Cavalieri (2015), concluindo que a adição de adjuvante de polímero vegetal promove redução da amplitude relativa para ponta sem indução de ar – o contrário foi observado com a ponta com indução de ar. Cunha, Marques e Alves (2016) ressaltam que quanto maior o valor obtido com a amplitude relativa, maior será o intervalo de tamanho de gotas dentro da população gerada. Souza Júnior *et al.* (2017a) citam que populações de gotas são consideradas homogêneas quando os valores de amplitude relativa aproximam-se de zero. Além disso, as médias obtidas de amplitude relativa de gotas avaliadas em diferentes posições no dossel do cafeiro mostraram que a ponta JA-1 resultou em menores valores dessa variável (Tabela 16).

TABELA 16. Amplitude relativa do espectro de gotas no dossel inferior, mediano e superior do cafeiro, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Posição no dossel				
	INFEX	INFIN	MEDEX	MEDIN	SUPIN
JA-1	0,93 a	0,86 a	1,02 a	0,93 a	0,81 a
TVI-800075	1,30 b	1,25 b	1,30 b	1,19 b	1,19 b

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

INFEX= inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPIN = superior interno.

Ao se provocar o impacto das gotas preenchidas internamente com ar sobre o alvo, elas se rompem na superfície (BOLLER; RAETANO, 2011), o que pode vir a ocasionar a geração de gotas de menor diâmetro do que a maioria gerada por essas pontas. Isso deve acarretar um espectro de gotas com maior desuniformidade. Conforme se pode observar, o espectro de gotas produzido pela ponta JA-1 tende a apresentar maior uniformidade.

De acordo com a análise de variância para deposição de calda nas posições do dossel de plantas de cafeiro, apenas nos terços mediano, na profundidade interna do ramo, e superior, na profundidade externa, houve efeito significativo na interação entre composição de calda, ponta de pulverização e volume de calda. Nas posições mediana e superior externas, a interação entre os tratamentos adicionais e o fatorial apresentou efeito significativo. Para as posições mediana e superior interna, houve efeito significativo entre os adicionais testados (Tabela 17).

TABELA 17. Resumo da análise de variância para deposição de calda nos terços de planta e profundidade de ramo

F.V.	GL	Quadrados Médios					
		INFEX	INFIN	MEDEX	MEDIN	SUPEX	SUPIN
Adjuvante	1	0,1088 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,1224 <sup>ns</sup>	0,0199 <sup>ns</sup>	0,0064 <sup>ns</sup>	0,0064 <sup>ns</sup>
Ponta	1	0,0643 <sup>ns</sup>	0,1863 <sup>*</sup>	0,1382 <sup>*</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,1339 <sup>*</sup>	0,0780 <sup>*</sup>
Volume	1	0,8482 <sup>*</sup>	0,8442 <sup>*</sup>	1,2868 <sup>*</sup>	0,8986 <sup>*</sup>	2,0848 <sup>*</sup>	0,5426 <sup>*</sup>
Adjuvante x Ponta	1	0,0011 <sup>ns</sup>	0,1302 <sup>*</sup>	0,0201 <sup>ns</sup>	0,0044 <sup>ns</sup>	0,1101 <sup>*</sup>	0,0023 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Volume	1	0,0705 <sup>ns</sup>	0,1142 <sup>*</sup>	0,0570 <sup>ns</sup>	0,0045 <sup>ns</sup>	0,0094 <sup>ns</sup>	0,0831 <sup>*</sup>
Ponta x Volume	1	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0060 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	0,1359 <sup>*</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0152 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Ponta x Volume	1	0,0986 <sup>ns</sup>	0,0133 <sup>ns</sup>	0,0009 <sup>ns</sup>	0,0568 <sup>*</sup>	0,1153 <sup>*</sup>	0,0184 <sup>ns</sup>
Fatorial x Adicionais	1	0,0141 <sup>ns</sup>	0,0028 <sup>ns</sup>	0,1458 <sup>*</sup>	0,0115 <sup>ns</sup>	0,2582 <sup>*</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>
Adicional 1 x Adicional 2	1	0,0435 <sup>ns</sup>	0,0576 <sup>ns</sup>	0,0007 <sup>ns</sup>	0,1561 <sup>*</sup>	0,0090 <sup>ns</sup>	0,0858 <sup>*</sup>
Tratamentos	9	0,1388 <sup>*</sup>	0,1506 <sup>*</sup>	0,1971 <sup>*</sup>	0,1431 <sup>*</sup>	0,3031 <sup>*</sup>	0,0924 <sup>*</sup>
Bloco	3	0,0127 <sup>ns</sup>	0,0421 <sup>ns</sup>	0,025 <sup>ns</sup>	0,0131 <sup>ns</sup>	0,0104 <sup>ns</sup>	0,0173 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	0,0279	0,0240	0,0318	0,0126	0,0246	0,0108
Total	42						
C.V(%)		27	24	25	18	24	21

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

Adicional 1 = SPE sem adjuvante; Adicional 2 = SPE mais adjuvante; INFEX = inferior externo; INFIN = inferior interno; MEDEX = mediano externo; MEDIN = mediano interno; SUPEX = superior externo; SUPIN = superior interno.

Analizando as médias obtidas no terço inferior da planta, parte externa do ramo, é possível notar que houve maior deposição do corante no volume de 400 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 18).

TABELA 18. Deposição de corante no terço inferior externo do ramo com diferentes volumes de calda, Monte Carmelo/MG, 2018

Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Deposição do corante (μL cm <sup>-2</sup> )
200	0,46 b
400	0,77 a

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

A deposição de calda no maior volume foi, aproximadamente 67% superior ao menor volume. Os dados encontrados diferem de Souza Júnior *et al.* (2017b), que não encontraram diferença para deposição de calda em diferentes volumes na cultura do cafeeiro.

Independentemente da ponta, na presença ou ausência do adjuvante na calda, as médias de deposição foram iguais. Dados semelhantes foram obtidos com a ponta de pulverização para a ausência do adjuvante. Já no terço inferior interno do ramo, foi observado efeito significativo da interação de pontas de pulverização com a presença do adjuvante em calda, com redução de aproximadamente 36% com a utilização da ponta JA-1 (Tabela 19).

TABELA 19. Deposição de corante (μL cm<sup>-2</sup>) no terço inferior interno do ramo com o uso de diferentes pontas, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Adjuvante	
	Ausência	Presença
JA-1	0,64 aA	0,50 bA
TVI-800075	0,66 aA	0,78 aA

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

A diminuição da deposição com a ponta JA-1, quando utilizado o adjuvante em calda, deu-se pela redução do tamanho de gotas geradas, com sua provável perda por evaporação. Essa ponta apresenta, como característica, a produção de gotas de tamanhos inferiores a 200 μm, o que pode ter sido reduzido com a adição do adjuvante, resultando na extinção de gotas, devido à baixa umidade relativa do ar durante as aplicações. Os dados obtidos corroboram com Silva *et al.* (2014), que não constataram diferença na deposição de calda entre diferentes pontas de pulverização (ATR e TVI) no terço inferior de plantas de cafeeiro.

Quando utilizado o maior volume de calda, a deposição aumentou, independentemente da presença do adjuvante em mistura (Tabela 20).

TABELA 20. Deposição de corante ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no terço inferior interno do ramo com diferentes volumes de calda, Monte Carmelo/MG, 2018

Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )	Adjuvante	
	Ausência	Presença
200	0,43 bA	0,54 bA
400	0,87 aA	0,74 aA

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

Foi constatado que o volume de calda de  $400 \text{ L ha}^{-1}$  promoveu aumento da deposição em cerca de 102 e 37%, em relação ao volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , para a ausência e a presença de adjuvante em calda, respectivamente. Resultados distintos foram encontrados por Silva *et al.* (2014), com volumes de calda de  $200$  e  $500 \text{ L ha}^{-1}$ , para deposição de calda no terço inferior da planta. Independentemente do volume de calda, a adição do adjuvante não interferiu na deposição, o que pode ser explicado pela ocorrência de baixo ou nenhum escorramento nessa posição da planta, ao ponto de os valores de deposição encontrados não terem sido reduzidos.

Na posição mediana externa do cafeeiro, a ponta TVI-800075 apresentou maior média de deposição, diferindo estatisticamente da ponta JA-1 (Tabela 21).

TABELA 21. Deposição de corante no terço mediano externo do ramo em função de diferentes pontas, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Deposição de calda ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ )
JA-1	0,68 b
TVI-800075	0,81 a

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

Os dados obtidos no trabalho são distintos dos encontrados por Jamar *et al.* (2010), que avaliaram pontas TVI e ATR (gota fina), constatando uma ocorrência de menor deposição de calda em alvos artificiais na cultura da maça anã, com o uso da ponta com indução de ar. Silva *et al.* (2014) relatam que a ponta TVI proporciona a mesma deposição em folhas do cafeeiro quando comparada com a ponta ATR (gota fina). Os resultados encontrados no presente trabalho podem ser explicados pelo fato de as condições ambientais limitarem o uso de gotas finas que, possivelmente, foram extintas ao serem geradas na ponta até o momento em que entraram em contato com o alvo – esse processo corrobora a análise de Alvarenga *et al.* (2014). Outro fator observado é o escorramento de calda do terço superior, quando utilizada a ponta com indução de ar.

O uso do maior volume garantiu a maior deposição de calda no terço mediano externo da planta (Tabela 22).

TABELA 22. Deposição de corante no terço mediano externo do ramo em função do volume de calda, Monte Carmelo/MG, 2018

Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	Deposição de calda (μL cm <sup>-2</sup> )
200	0,54 b
400	0,94 a

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

A maior deposição de calda com o aumento do volume também foi encontrada por Souza Júnior *et al.* (2017b). Não houve diferença significativa no uso de adjuvante entre os adicionais propostos no terço mediano, na profundidade externa do ramo. No entanto, a média obtida pelos adicionais foi significativamente diferente da apresentada nos tratamentos com a ponta TVI-800075, com volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 23).

TABELA 23. Deposição de corante (μL cm<sup>-2</sup>) no terço mediano externo do ramo em função da ponta, adjuvante e volume de calda, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Adjuvante			
	Ausência		Presença	
	200	400	200	400
JA-1	0,41 Aaβ	0,88 aAβ	0,56 aAβ	0,87 aAβ
TVI-800075	0,47 aAβ	0,98 aAα	0,74 aAβ	1,06 aAα
SPE sem adjuvante			0,60 β	
SPE com adjuvante			0,58 β	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna, maiúsculas na linha e gregas em relação aos tratamentos adicionais diferem-se entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

O sistema eletrostático tem, como característica, produzir gotas extremamente finas, com média de 80 μm; as condições ambientais estavam adequadas para a utilização desse tamanho de gotas, com sua eletrização, considerando-se a baixa umidade relativa como uma das principais vantagens do sistema eletrostático, pois favorece a manutenção da carga induzida nas gotas. Como descrito por Alvarenga *et al.* (2014), nas aplicações convencionais, as plantas mais jovens apresentam diâmetro de dossel menor e, por isso, estão situadas a uma maior distância da saída de ar e das pontas do pulverizador. Em função disso, gotas com diâmetro reduzido tornam-se mais sujeitas às condições ambientais de temperatura, umidade relativa e vento.

Foi observado, neste trabalho, uma interação significativa entre os fatores adjuvante, ponta de pulverização e volume de calda, para deposição de corante no terço mediano da planta, na profundidade interna do ramo. Quando avaliada a presença de adjuvante em calda,

foi possível notar que, com a ponta JA-1, houve maior deposição no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, em comparação com a ponta TVI-800075. O mesmo não foi observado na ausência de adjuvante (Tabela 24).

Independentemente do uso de adjuvante e ponta de pulverização, o maior volume de calda apresentou as maiores médias de deposição, diferente do menor volume. Observando a interação entre adjuvante e ponta de pulverização no volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, foi observado que, quando o adjuvante em calda foi utilizado, com a ponta TVI-800075, houve maior média de deposição, diferindo da ponta JA-1. Não houve diferença entre as médias observadas quando na ausência do adjuvante com as duas pontas de pulverização (Tabela 24).

Quando analisada a interação de adjuvante e volume de calda para diferentes pontas de pulverização, a adição do adjuvante em calda no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, na ponta TVI-800075, promoveu redução na deposição, diferente da ponta JA-1. Independentemente da ponta utilizada, o volume de 400 L ha<sup>-1</sup> resultou em maiores médias de deposição quando comparadas às médias apresentadas por 200 L ha<sup>-1</sup> (Tabela 24). O sistema eletrostático com a adição do adjuvante promoveu redução na deposição de corante, em comparação com a calda sem adjuvante (Tabela 24).

TABELA 24. Deposição de corante ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no terço mediano interno do ramo em função de adjuvante, volume de calda e ponta, Monte Carmelo/MG, 2018

Adjuvante	Ponta x Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )			
	JA-1		TVI-800075	
	200	400	200	400
Ausência	0,46 aB	0,86 aA	0,49 aB	0,80 aA
Presença	0,32 aC	0,85 aA	0,57 aB	0,67 aAB
Adjuvante x Ponta		Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )		
		200	400	
Ausência	JA-1	0,46 abB	0,86 aA	
	TVI-800075	0,49 abB	0,80 aA	
Presença	JA-1	0,32 bB	0,85 aA	
	TVI-800075	0,57 aA	0,67 aA	
Adjuvante x Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )		Ponta		
		JA-1	TVI-800075	
Ausência	200	0,46 bA	0,49 bA	
	400	0,86 aA	0,80 aA	
Presença	200	0,32 bB	0,57 bA	
	400	0,85 aA	0,67 abB	
SPE sem adjuvante			0,73 $\alpha$	
SPE com adjuvante			0,45 $\beta$	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna, maiúsculas na linha e gregas em relação aos adicionais diferem-se entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

O uso do adjuvante pode favorecer o escorrimento da calda quando utilizadas gotas grossas no maior volume de calda, reduzindo, consequentemente, a deposição. Como citado por Cunha, Alves e Marques (2017), a adição de adjuvantes em calda pode vir a alterar o desempenho das aplicações, causando efeito positivo ou negativo no que se refere à deposição do produto no alvo.

A maior deposição de corante com o aumento do volume de calda também foi encontrada por Souza Júnior *et al.* (2017b). Os resultados obtidos distinguem-se dos encontrados por Silva, Cunha e Nomelini (2014), que afirmam que a penetração e, consequentemente, a deposição de calda são facilitadas pelo uso da ponta ATR (gotas finas a extremamente finas), já que esta produz gotas de menor diâmetro, no volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , em comparação com o volume de  $500 \text{ L ha}^{-1}$ .

A produção de gotas extremamente finas pelo sistema de pulverização eletrostático é uma característica marcante. Essa população de gotas com menor diâmetro apresenta maior potencial para uso, por permitirem maior razão carga/massa, de modo que a adição de adjuvante e as diferentes formulações podem influenciar no processo de eletrização (MINGUELA; CUNHA, 2010). Essas observações podem ser explicadas pela possível

quebra da tensão da calda, que ocasiona a redução do diâmetro de gotas e, consequentemente, a evaporação e deriva dessa população de gotas.

Na interação entre ponta de pulverização e volume de calda para o fator adjuvante, foram observadas médias significativamente superiores com a presença do adjuvante, para a ponta JA-1, no maior volume de calda, porém, para a ponta TVI-800075, com o emprego do maior volume de calda, houve redução da deposição. Para as duas pontas, não houve diferença significativa entre a ausência e a presença do adjuvante quando utilizado o menor volume de calda. Na ausência do adjuvante, a ponta TVI-800075 apresentou média superior às dos demais tratamentos. As médias de deposição na presença de adjuvante na calda, as duas pontas, no maior volume de calda, foram estatisticamente iguais, porém, diferentes das apresentadas pelo menor volume (Tabela 25).

Para a interação entre adjuvante e ponta de pulverização, médias estatisticamente diferentes foram obtidas no volume de  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Na ausência de adjuvante, no maior volume de calda, houve maior média de deposição com a ponta TVI-800075, em comparação com a apresentada pela ponta JA-1. No volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , não foi observada diferença quanto à utilização do adjuvante e da ponta (Tabela 25). As duas pontas, no maior volume de calda, não apresentaram diferença significativa, porém, foram diferentes quando da utilização do menor volume de calda na mesma situação (Tabela 25).

A média de deposição obtida nos tratamentos adicionais foi diferente da obtida nos tratamentos com presença de adjuvante para os volumes de  $400 \text{ L ha}^{-1}$ , independentemente da ponta utilizada. Na ausência de adjuvante, houve diferença apenas quando utilizadas gotas grossas, com o maior volume de calda (Tabela 25).

TABELA 25. Deposição média de corante ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no terço superior externo do ramo em função de adjuvantes, volume de calda e ponta, Monte Carmelo/MG, 2018

Adjuvante	Ponta x Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )			
	JA-1		TVI-800075	
	200	400	200	400
Ausência	0,33 aC $\beta$	0,77 bB $\beta$	0,46 aBC $\beta$	1,12 aA $\alpha$
Presença	0,39 aB $\beta$	0,99 aA $\alpha$	0,53 aB $\beta$	0,88 bA $\alpha$
Adjuvante x Ponta		Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )		
		200	400	
Ausência	JA-1	0,33 aB $\beta$	0,76 bA $\beta$	
	TVI-800075	0,46 aB $\beta$	1,12 aA $\alpha$	
Presença	JA-1	0,39 aB $\beta$	0,99 abA $\alpha$	
	TVI-800075	0,53 aB $\beta$	0,88 abA $\alpha$	
Adjuvante x Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )		Ponta		
		JA-1	TVI-800075	
Ausência	200	0,33 bA $\beta$	0,46 bA $\beta$	
	400	0,76 aB $\beta$	1,12 aA $\alpha$	
Presença	200	0,39 bA $\beta$	0,53 bA $\beta$	
	400	0,99 aA $\alpha$	0,88 aA $\alpha$	
SPE sem adjuvante			0,52 $\beta$	
SPE com adjuvante			0,45 $\beta$	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna, maiúsculas na linha e gregas em relação aos adicionais diferem-se entre si pelo teste de Tukey ( $p>0,05$ ).

Considerando-se o maior volume de calda na ponta TVI-800075 e a presença de adjuvante, a redução de deposição pode ser explicada pelo escorramento da calda, devido à quebra da tensão superficial. Resultados semelhantes foram encontrados no terço mediano, na profundidade interna do ramo.

As médias de deposição obtidas pelo sistema eletrostático, independentemente do uso do adjuvante, foram iguais às vistas nos tratamentos hidropneumáticos, com o uso de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , e no uso da ponta JA-1, sem a presença do adjuvante em calda, no volume de  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Resultados distintos foram encontrados por Gitirana Neto *et al.* (2016), que avaliaram a deposição de calda em cafeeiro. Os autores observaram que a associação da tecnologia eletrostática ao uso de adjuvante siliconado com volume de calda de  $200 \text{ L ha}^{-1}$  garantiu valores de deposição superiores.

A ponta TVI-800075 garantiu média superior de deposição no terço superior, na profundidade interna do ramo, em comparação com a média apresentada pela ponta JA-1 (Tabela 26).

TABELA 26. Deposição de corante no terço superior interno do ramo em função do tipo de ponta, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Deposição de calda ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ )
JA-1	0,45 b
TVI-800075	0,55 a

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

O maior diâmetro de gota produzido pela indução de ar na ponta TVI-800075 pode ter garantido maior velocidade e 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, com isso, ficam menos tempo expostas à ação do ambiente (ANTUNIASSI; BOLLER, 2011). Como evidenciado por Matthews, Bateman e Miller (2016), gotas com bolhas de ar reduzem o risco de respingo para outra superfície foliar.

Independentemente da presença do adjuvante, no volume de  $400 \text{ L ha}^{-1}$ , foram obtidas médias significativamente superiores às obtidas pelo volume de  $200 \text{ L ha}^{-1}$ . Porém, a redução da deposição foi observada com uso do maior volume na presença do adjuvante. O mesmo efeito foi notado com a avaliação dos tratamentos adicionais, de modo que o uso desse adjuvante proporcionou a redução na deposição de calda (Tabela 27).

TABELA 27. Deposição de corante ( $\mu\text{L cm}^{-2}$ ) no terço superior interno do ramo em função do volume de calda e adjuvante, Monte Carmelo/MG, 2018

Volume de calda ( $\text{L ha}^{-1}$ )	Adjuvante	
	Ausência	Presença
200	0,33 bA	0,40 bA
400	0,69 aA	0,56 aB
SPE sem adjuvante		0,60 a
SPE com adjuvante		0,40 b

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna, maiúsculas na linha e gregas entre adicionais diferem-se entre si pelo teste F ( $p>0,05$ ).

O maior número de gotas presentes no tratamento com  $400 \text{ L ha}^{-1}$  pode ter proporcionado maior deposição do que a obtida com  $200 \text{ L ha}^{-1}$ , devido ao maior molhamento do terço superior da planta. Os dados de maior deposição no maior volume de calda assemelham-se aos encontrados por Silva *et al.* (2014), em estudo com volumes de 200 e  $500 \text{ L ha}^{-1}$ , para deposição de calda no terço superior de plantas de cafeiro com o uso de ponta com e sem indução de ar.

O uso de adjuvante em calda pode ter facilitado o escorramento da calda, como observado no volume de  $400 \text{ L ha}^{-1}$ . Gabriel e Baio (2013) citam que a utilização de

adjuvante surfactante, em composição de calda, pode vir a interferir na deposição e no tamanho das gotas.

Houve, com uso do adjuvante em calda na aplicação eletrostática, redução de aproximadamente 33% no depósito de corante. A deposição do corante na pulverização eletrostática, na ausência e na presença do adjuvante, indica uma possível interação entre o produto e o sistema de pulverização. Resultados distintos foram encontrados por Gitirana Neto *et al.* (2016), com o uso da aplicação eletrostática e adjuvante em volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup>, em que se constataram resultados de deposição superiores em relação aos tratamentos sem adição de adjuvante.

A eficácia de controle do bicho-mineiro, com a presença e ausência de adjuvante em calda, pontas de pulverização e volumes de calda, diferiu para a interação entre ponta de pulverização e volume de calda (Tabela 28).

TABELA 28. Resumo da análise de variância para a eficácia de controle do bicho-mineiro

F.V.	GL	SQ	QM	F	p
Adjuvante	1	77,0207	77,0207	0,8660	0,3602 <sup>ns</sup>
Ponta	1	127,3200	127,3200	1,4315	0,2417 <sup>ns</sup>
Volume	1	6,2873	6,2873	0,0707	0,2968 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Ponta	1	100,5986	100,5986	1,1310	0,7922 <sup>ns</sup>
Adjuvante x Volume	1	127,3200	127,3200	1,4315	0,2417 <sup>ns</sup>
Ponta x Volume	1	1510,5506	1510,5506	16,9832	0,0002*
Adjuvante x Ponta x Volume	1	157,1852	157,1852	1,7672	0,1947 <sup>ns</sup>
Fatorial x adicionais	1	1,2574	1,2574	0,0141	0,9061 <sup>ns</sup>
Adicional 1 x adicional 2	1	127,3200	127,3200	1,4315	0,2417 <sup>ns</sup>
Tratamentos	9	2234,8602	248,3178	2,7919*	0,0187
Bloco	3	3,4580	1,1526	0,0130*	0,9979
Resíduo	30	2401,4768	88,9435		
Total	42				
C.V(%)			15		

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

Adicional 1 = SPE sem adjuvante; Adicional 2 = SPE com adjuvante.

A maior deposição de corante tem relação com a dose do inseticida, pois ambos foram adicionados na dose fixa de 4 g L<sup>-1</sup>, independentemente do volume de calda. O inseticida estava em maior concentração na calda, no volume de 200 L ha<sup>-1</sup>, apresentando concentração de 5 g L<sup>-1</sup> do produto comercial; enquanto isso, no volume de 400 L ha<sup>-1</sup>, a concentração foi de 2,5 g L<sup>-1</sup>. Tal fato pode ter acarretado maior controle do inseto com uso de menor volume de calda.

A média observada para a eficácia de controle do bicho-mineiro obtidas no volume de calda de 200 L ha<sup>-1</sup> e ponta TVI-800075 se mostrou superior à apresentada pela ponta JA-1. Já no volume de calda de 400 L ha<sup>-1</sup>, essa situação é invertida (Tabela 29).

TABELA 29. Eficácia de controle (%) de larvas de bicho-mineiro utilizando diferentes pontas hidráulicas e volumes de calda, Monte Carmelo/MG, 2018

Ponta	Volume de calda (L ha <sup>-1</sup> )	
	200	400
JA-1	53 bB $\alpha$	65 aA $\alpha$
TVI-800075	70 aA $\alpha$	56 bB $\alpha$
SPE sem adjuvante	57 $\alpha$	
SPE com adjuvante	65 $\alpha$	

Médias seguidas de letras distintas minúsculas na coluna, maiúsculas na linha e gregas entre os adicionais diferem-se entre si pelo teste F ( $p>0,05$ ).

Mesmo com alta incidência de larvas vivas, em torno de 65%, antes da aplicação dos tratamentos, o controle médio observado pode ser considerado satisfatório, devido à alta pressão de seleção. Destaca-se, aqui, o uso do volume de 200 L ha<sup>-1</sup> com a ponta TVI-800075, que apresentou eficácia de controle satisfatório para as condições do trabalho. Esse método diferiu-se do identificado pelo uso da ponta JA-1, em que pode ter ocorrido dispersão de gotas, tanto na parte abaxial quanto adaxial da folha, devido à maior concentração de gotas finas – isso pode ter dificultado a eficácia do produto na face abaxial, em razão da possível redução da translocação do produto.

Santinato *et al.* (2017), avaliando a redução de volume de calda para o manejo da Phoma do café, constataram que o volume de 300 L ha<sup>-1</sup> foi viável para o controle. Decaro Júnior *et al.* (2015), constataram que o volume de 200 L ha<sup>-1</sup>, por meio do pulverizador convencional dotado de pontas com produção de gotas finas, e o volume de 92 L ha<sup>-1</sup>, com pulverizador com sistema de UBV, proporcionaram depósito de inseticida e controle de *L. coffeella* com eficácia acima de 80%. Silva, Cunha e Nomelini (2014), usando pontas com indução de ar, obtiveram eficácia biológica semelhante à do uso de pontas tipo jato cônicovazio no controle de diversas pragas da macieira (*Malus communis* L.), com volume de calda entre 300 e 600 L ha<sup>-1</sup>.

Os resultados sugerem que o uso de pontas que produzem gotas grossas pode ser uma boa alternativa, aos cafeicultores, para o manejo do bicho-mineiro, principalmente durante o inverno, período em que a umidade relativa do ar é muito baixa. O uso de pontas com indução de ar nessas condições contribui com a redução da deriva, em decorrência da evaporação, porém, há uma convicção, no campo, de que apenas pontas que produzem gotas

finas são adequadas para o manejo fitossanitário de insetos e patógenos na cultura do cafeeiro.

## CONCLUSÕES

1. O adjuvante na calda não influenciou o controle do bicho-mineiro.
2. O volume de 200 L ha<sup>-1</sup> de calda, combinado com o uso de gota grossa, mostrou-se eficiente no manejo do bicho-mineiro.
3. A ponta TVI é uma alternativa viável para o controle do bicho-mineiro, nas condições de baixa umidade relativa do ar.
4. A arquitetura ou biometria da planta do cafeeiro interferiu na eficiência da aplicação do inseticida nas diferentes posições do dossel.
5. A aplicação eletrostática não proporcionou maior eficácia de controle, em relação à convencional, no manejo do bicho-mineiro.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a>.

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; SIQUEIRA, D. L.; SASAKI, R. S.; RODRIGUES, D. E. 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, 2013a. DOI: <https://doi.org/10.4322/rca.2013.013>.

ALVARENGA, C. B.; TEIXEIRA, M. M.; ZOLNIER, S.; SASAKI, R. S.; RINALDI, P. C. N. Controle automático do espectro de gotas de pulverizador hidropneumático em função do déficit de pressão de vapor d'água no ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 26-33, 2013b. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000100006>.

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. St. Joseph, 2000. p.389-91.

ASSIS, G. A.; ASSIS, F. A.; SCALCO, M. S.; PAROLIN, F. J. T.; FIDELIS, I.; MORAES, J. C.; GUIMARÃES, R. J. Leaf miner incidence in coffee plants under different drip irrigation regimes and planting densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 157-162, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2012000200002>.

BARTHELEMY, P.; BOISGOINTER, D.; JOUY, L.; LAJOUX, P. **Choisir les outils de pulvérisation**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1990. 160 p.

BOLLER, W.; RAETANO, C. G.; Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: ANTUNIASSI, U. R.; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. Passo Fundo: Fedaf, 2011. 279p.

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>.

BUTLER ELLIS, M. C.; SWAN, T.; MILLER, P. C. H.; WADDELOW, S.; BRANDLEY, A.; TUCK, C. R. Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. **Biosystems Engineering**, Columbus, v. 82, n. 3, p. 289-296, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1006/bioe.2002.0069>.

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.

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; SILVA, N. R. N. Alternativas de controle de doenças do cafeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira (café) – Quarto levantamento Safra 2018/19**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 25 de janeiro 2019.

CONCEIÇÃO, C. H. C. **Biologia, dano e controle do bicho-mineiro em cultivares de Café Arábica**. 2005. 105 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

CORADINI, C.; PICCININI, F.; REIMCHE, G. B.; COSTA, I. F. D.; MACHADO, S. L. O. Efeito de óleo essencial de laranja associados a fungicidas no controle de doenças foliares do trigo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 42, n. 1, p. 105-106, 2016.

COSTA, F. M.; ALVES, G. F.; SCALON, J. D.; ZACARIAS, M. S. Análise estatística das distribuições espaciais do bicho-mineiro do cafeiro e das vespas predadoras. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 149-157, 2015.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Surface tension, hydrogen-ion potential and electrical conductivity in spray solutions of plant protection products and adjuvants. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 261-270, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170030>.

CUNHA, J. P. A. R.; ALVES, G. S.; REIS, E. F. Efeito da temperatura nas características físico-químicas de soluções aquosas com adjuvantes de uso agrícola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 665-672, 2010.

CUNHA, J. P. A. R.; PERES, T. C. M. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 597-602, 2010. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i4.2502>.

DECARO JÚNIOR, 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, 2015.

IHARA. **Bula Cartap**. Disponível em: <<http://www.ihara.com.br/upload/produtos/bula/1480440389.pdf>>. Acesso em: 20 janeiro. 2019.

EMBRAPA. **Centro de Pesquisas Florestais**. Clima. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 10 de novembro 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Recife: Embrapa, 2013. 353 p.

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>.

FRANÇA, J. A. L.; CUNHA, J. P. A. R.; ANTUNIASSI, U. R. scientific paper agricultural machinery management spectrum and velocity of droplets of spray nozzles with and without air induction. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 2, p. 232-237, 2018.

GABRIEL, R. F.; BAIO, F. H. R. Interação entre pressão e tamanho de gota por instrumentação eletrônica em pulverizador pressurizado por CO<sub>2</sub>. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 164-169, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000200006>.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA, S.; CARVALHO, R. P.; BAPTISTA, G. C.; BERTI, E. **Entomologia Agrícola**. 5. ed. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p. FEALQ.

GITIRANA NETO, J.; CUNHA, J. P. A. R. Spray deposition and chemical control of the coffee leaf-miner with different spray nozzles and auxiliary boom. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 656-663, 2016.

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, 2016.

IOST, C. A. R.; RAETANO, C. G. Tensão superficial dinâmica e ângulo de contato de soluções aquosas com surfactantes em superfícies artificiais e naturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 670-680, 2010.

KÖPPEN, W. **Climatología como um estúdio de los climas de tierra**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

MACIEL, C. D. G.; OLIVEIRA NETO, A.; GUERRA, N.; JUSTINIANO, W. Eficiência e qualidade da aplicação de misturas em tanque com adjuvantes na dessecção de corda-de-viola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 704-715, 2011.

MADUREIRA, R. P.; RAETANO, C. G.; CAVALIERI, J. D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [s.l.], v. 19, n. 2, p.180-185, fev. 2015.

MAGNO JÚNIOR, R. G.; TEIXEIRA, M. M.; VIEIRA, L. B.; FERREIRA, L. R.; ALVARENGA, C. B. 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. 585 p.

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 432 p. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470760130>.

MATTHEWS, G. A.; BATEMAN, R.; MILLER, P. **Métodos de aplicação de defensivos agrícolas.** [s.l.]: Andrei, 2016. 623p. Tradução.

MICHEREFF, M. F. F.; MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E. F. Comportamento de acasalamento do bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae). **Neotropical Entomology**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 376-382, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2007000300005>.

MINGUELA, J. V.; CUNHA, J. P. A. R. **Manual de aplicação de defensivos agrícolas.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 588p.

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 cafeiro utilizando dois equipamentos associados a diferentes volumes de calda. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 1, p. 15-20, 2012.

MOTA, A. A. B.; ANTUNIASSI, U. R. Influência de adjuvantes no espectro de gotas de ponta com indução de ar. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 1-5, 2013.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; ZUNTINI, B.; MELO, E. P.; LEONEL, R. K. Número de aplicações e uso de adjuvantes, adicionados à fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Agrarian**, Dourados, v. 11, n. 40, p. 95-104, 2018.

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, [s.l.], v. 137, n. 1-2, p. 1-15, 2012.

PARRA, J. R. P.; REIS, P. R. Manejo integrado para as principais pragas da cafeicultura, no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v. 12, n. 1, p. 47-50, 2013.

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

RAMIRO, D. A.; GUERREIRO FILHO, O.; VOLTAN, R. B. Q.; MATTHIESEN, S. C. Caracterização anatômica de folhas de cafeeiros resistentes e suscetíveis ao bicho-mineiro. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 363-372, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052004000300006>.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de. Manejo Integrado das pragas do cafeiro em Minas Gerais. **Informe Publicitário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 193, p. 17-25, 1998.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C.; MELLES, C. C. A. Pragas do cafeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, p. 3-57, 1984.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C.; VENZON, M. Manejo ecológico das principais pragas do cafeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 214/215, p. 83-99, 2002.

ROMEIRO, B. P.; FRANÇA, J. A. L.; GONÇALVES, W. S.; BENETT, C. G. S. Distribuição de gotas de um pulverizador hidráulico de barras de baixo custo. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 2, n. 2, p. 19-25, 2015.

SALYANI, M.; FOX, R. D. Performance of image analysis for assessment of simulated spray droplet distribution. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 37, p. 1083- –1089, 1994. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.28179>.

SANTINATO, F.; RUAS, R. A. A.; TAVARES, T. O.; SILVA, R. P.; GODOY, M. A. Influence of spray volumes, nozzle types and adjuvants on the control of phoma coffee rust. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 444-450, 2017.

SASAKI, R. S. **Sistema eletrônico para captura de gotas visando aumentar a eficiência na pulverização eletrostática**. 2011. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. B.; RODRIGUES, D. E. 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, 2013a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000900011>.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MONTEIRO, P. M. B., RODRIGUES, D. E.; ALVARENGA, C. B. Parameters of electrostatic spraying and its influence on the application efficiency. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 474-479, 2013b.

SASAKI, R. S.; TEIXEIRA, M. M.; SANTIAGO, H.; MADUREIRA, R. P.; MACIEL, C. F. S.; FERNANDES, H. C. 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>.

SCALON, J. D.; MATEUS, A. L. S. S.; ZACARIAS, M. S. Análise espaço-temporal do nível de infestação do bicho-mineiro *Leucoptera coffeella*, (Guérin-Menèville & Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae) em cafezal orgânico (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 347-353, 2013.

SCARPELLINI, J. R. **Controle conjunto de cigarras, broca, bicho-mineiro e ferrugem do cafeiro** In: X Reunião itinerante de fitossanidade do instituto biológico-café. Instituto biológico: Póolo regional de desenvolvimento tecnológicos dos agronegócios do nordeste paulista, Mococa-SP, 2004. 137 p. p. 114-128.

SILVA, J. E. R. **Deposição de calda aplicada em folhas de cafeiro com diferentes volumes e pontas de pulverização**. 2013. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SILVA, J. E. R.; CUNHA, J. P. A. R. da; NOMELINI, Q. S. S. Deposição de calda em folhas de cafeiro 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: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1302-1306>.

SOUZA JÚNIOR, J. M.; RUAS, R. A. A.; SILVA, C. D.; FARIA, V. R.; CARVALHO FILHO, A.; 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, 2017a.

SOUZA JÚNIOR, J. M.; RUAS, R. A. A.; DUARTE, L. O.; FARIA, V. R.; CARVALHO FILHO, A.; SANTOS JUNIOR, C. R. Influência da densidade foliar na distribuição de calda no dossel do cafeiro (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p. 216-222, 2017b.

THEBALDI, M. S.; REIS, E. F.; GRATÃO, P. T. S. Efeito da adição de adjuvante na redução de deriva em pontas de pulverização tipo cone vazio. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, San José de las Lajas, v. 18, n. 2, p. 1-6, 2009.

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, 2010.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M.M.; CECON, P. R.; FREITAS, F. C. L.; QUIRINO, A. L. S.; SANTOS, M. V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 211-218, 2007.

ZAMPIROLI, R.; ALVARENGA, C. B.; ANDALÓ, V.; RINALDI, P. C. N.; ASSIS, G. A. Application technology for chemically controlling coffee leaf miner in the cerrado of Minas Gerais State. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 60, n. 3, p. 256-262, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4322/rca.2583>.