



JOÃO OTÁVIO JACÓ MARTINS

**APLICAÇÃO DE INIBIDOR DA SÍNTESE DE ETILENO EM CAFÉ ARÁBICA NA
INFESTAÇÃO DA BROCA-DO-CAFÉ**

**LAVRAS-MG
2022**

JOÃO OTÁVIO JACÓ MARTINS

**APLICAÇÃO DE INIBIDOR DA SÍNTESE DE ETILENO EM CAFÉ ARÁBICA NA
INFESTAÇÃO DA BROCA-DO-CAFÉ**

Monografia apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza

Orientador

Me. Daniel de Carvalho Melo Costa

Coorientador

LAVRAS-MG

2022

JOÃO OTÁVIO JACÓ MARTINS

**APLICAÇÃO DE INIBIDOR DA SÍNTESE DE ETILENO EM CAFÉ ARÁBICA NA
INFESTAÇÃO DA BROCA-DO-CAFÉ**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 18 de abril de 2022

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza – UFLA

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão para todas as pessoas que participaram e me ajudaram diretamente ou indiretamente durante os dois anos de experimento de campo e laboratório.

Agradeço aos meus pais Sr. João dos Reis e Sra. Célia que durante cinco anos de graduação me motivaram a nunca desistir dos meus sonhos e me deram forças nos momentos difíceis. Se consegui desenvolver um projeto com a cultura do café é por causa deles, que são produtores e me ensinaram o que sei.

Agradeço a minha namorada (Soulmate) Stéfani que me apoiou e apoia nas decisões e em momentos difíceis. Agradeço ao seu sorriso que me faz sentir mais forte para conseguir correr atrás dos meus objetivos.

Agradeço aos amigos do NECAF (Núcleo de Estudo em Cafeicultura), LARP-MIP (Laboratório de Resistência de Plantas e MIP) e ARREDA PRA LÁ, que me ajudaram na montagem, condução e avaliações de campo e laboratório, pois sem essas pessoas não conseguiria desenvolver o projeto.

Um agradecimento especial aos meus amigos Alexandre (Tio), Filipe (Pé de Figo), Matheus (Peteco) e Mauro (Broca) trabalhadores do setor de Cafeicultura. Essas pessoas me ajudaram em todos os manejos do experimento (controle de plantas daninhas, fungicidas, nutrição e colheita), além de inúmeros conselhos e momentos de risadas no setor. A esses, meu muito obrigado.

Agradeço ao meu orientador Bruno, pois ele que me deu a primeira oportunidade de atividade vivencial e iniciação científica na UFLA.

Por fim, agradeço meu coorientador Daniel. Pessoa de bom coração, humilde, prestativo e acima de tudo “extremamente calmo”. Se hoje meu TCC está pronto é por sua causa, pois sempre me ajudou e orientou nas tomadas de decisões.

AGRADEÇO!

RESUMO

A Broca-do-café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) é a principal praga que ataca os frutos do café em todo o mundo, sendo responsável por danos diretos nos grãos, causando perdas qualitativas e quantitativas, além de enormes prejuízos econômicos aos agricultores. Dessa forma, o controle eficiente da broca-do-café é de extrema importância e para manter a população de *H. hampei* abaixo do nível de dano econômico, várias táticas devem ser compatibilizadas dentro dos preceitos do Manejo Integrado de Pragas, visto que há um número bem reduzido de princípios ativos de inseticidas registrados, além da possibilidade de casos de resistência da praga aos produtos mais utilizados. Diante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da aplicação do produto inibidor da síntese de etileno Mathury™ em café arábica na infestação da broca-do-café em função da época de aplicação e dose do produto. O experimento foi realizado durante duas safras, entre o período de dezembro de 2018 e abril de 2020, conduzido em condições de campo na área experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas plantas de *C. arabica* cv. Catuaí 144 com aproximadamente dois anos de idade na época da instalação do experimento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições (blocos). Cada parcela foi composta de 10 plantas em linha, espaçadas em 3,3 x 0,6 m entre linhas e plantas, respectivamente, sendo a área útil das parcelas representada pelas seis plantas centrais. Foram avaliados os efeitos da aplicação do inibidor de síntese de etileno Mathury™ na infestação da broca-do-café em função da época de aplicação e dose do produto, utilizando-se cinco tratamentos: testemunha (água); Época 1 + Dose 1 (E₁D₁); Época 1 + Dose 2 (E₁D₂); Época 2 + Dose 1 (E₂D₁); e Época 2 + Dose 2 (E₂D₂). A primeira época de aplicação do produto foi aproximadamente 80 dias após a grande florada (DAF) e a segunda época, 110 DAF. As doses foram divididas em dose 1 que correspondeu a 2L ha⁻¹ e a dose 2 a 15L ha⁻¹, como recomendadas pelo fabricante. Utilizou-se um volume de aplicação de 400 L ha⁻¹. Foram avaliados a infestação da broca-do-café em campo durante duas safras consecutivas, 2018/2019 e 2019/2020 e a colonização por *H. hampei* dos frutos de segunda safra e a classificação destes em grau de maturação. Em laboratório foram realizados bioensaios com dupla chance de escolha sendo avaliados número de insetos sobre os frutos; início de perfuração dos frutos nas primeiras horas após liberação dos insetos; número de perfurações nos frutos; e sobrevivência dos insetos após 24h. Diante dos resultados obtidos, plantas tratadas com Mathury™ especialmente aos 80 dias após a florada na dose 15 L ha⁻¹ proporcionaram frutos menos adequados à atração, colonização, alimentação e sobrevivência da broca-do-café devido à manutenção da maior umidade nos frutos e sementes por mais tempo, e possivelmente também indução de resistência, o que flexibilizaria a janela de amostragens e aplicação de inseticidas para o controle da praga pelos cafeicultores.

Palavras-chave: *Hypothenemus hampei*, *Coffea arábica*, MIP, regulador de crescimento, indução de resistência.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Infestação em campo da broca-do-café nos terços inferior, médio e superior em plantas de café arábica em função da época de aplicação e dose do produto MathuryTM na safra 2018/2019.....15
- Figura 2 - Infestação em campo da broca-do-café em plantas de café arábica após aplicação do produto MathuryTM para a interação terço da planta x época de avaliação na safra 2019/2020.....16
- Figura 3 - Avaliação da infestação em campo da broca-do-café em função da época de aplicação e dose do produto MathuryTM em café arábica na safra 2019/2020.....17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO	10
3.1 Cafeicultura	10
3.2 Broca-do-café (<i>Hypothenemus hampei</i>).....	11
3.3 Uso de regulador de crescimento de plantas em cafeeiros como estratégia de manejo integrado da <i>Hypothenemus hampei</i>	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Local e condições experimentais.....	13
4.2 Tratamentos	14
4.3 Avaliação da infestação da broca-do-café em campo	14
4.4 Avaliação da infestação da broca-do-café nas sementes e maturação dos frutos	14
4.5 Bioensaio de preferência da broca-do-café com dupla chance de escolha.....	15
4.7 Análise estatística.....	15
5 RESULTADOS	16
5.1 Avaliação da infestação da broca-do-café em campo	16
5.2 Avaliação da infestação da broca-do-café nas sementes e maturação dos frutos	17
5.3 Bioensaio com dupla chance de escolha de preferência da broca-do-café.....	20
6 DISCUSSÃO.....	22
7 CONCLUSÕES.....	27
8 REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira é uma das mais importantes atividades agrícolas do Brasil, sendo o país o principal produtor e exportador mundial de café arábica (*Coffea arabica* L.). Um dos principais desafios da atividade cafeeira é o ataque de insetos pragas, com destaque para a broca-do-café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). A broca-do-café é a principal praga que ataca os frutos do café em todo o mundo, sendo responsável por danos diretos nos grãos, resultando em perdas qualitativas e quantitativas, e por fim prejuízos econômicos aos cafeicultores (VEGA et al., 2002; SILVA et al., 2010; MESQUITA et al., 2016).

Ao se falar de perdas na qualidade da bebida, ela ocorre de forma indireta, visto que o ataque da praga proporciona danos no fruto no qual são portas de entradas para microorganismos do gênero *Fusarium* (CHALFOUN; SOUZA; CARVALHO, 1984) e *Penicillium* (CALAFIORI et al., 1978) que proporcionam alterações advindas de fermentações. Desse modo, a broca-do-café é uma praga não desejada para aqueles que produzem cafés especiais.

O adulto da broca-do-café é um pequeno besouro que sobrevive somente nos frutos do cafeeiro, cujas fêmeas penetram no fruto pela coroa até entrarem em contato com a semente. Em condições favoráveis dentro do fruto, as fêmeas de *H. hampei* ovipositam nas galerias formadas pela alimentação e, conseqüentemente, as larvas eclodidas têm seu desenvolvimento no mesmo local, alimentando-se do endosperma (HEINRICH, 1965). Sabe-se que um único macho de *H. hampei* dentro do fruto pode fecundar em média até 10 fêmeas da mesma prole produzida pela fêmea colonizadora, as quais na maioria das vezes deixam o fruto já fecundadas em busca de novos frutos para colonização (VEGA et al., 2009).

Para que haja sucesso no manejo da broca-do-café é imprescindível ter conhecimento sobre as características da bioecologia da praga, além de um eficiente método de amostragem para indicar os momentos mais adequados para aplicação de métodos de controle (BIANCO, 2004). Segundo Guimarães et al. (2010), o nível de controle para a broca-do-café no Brasil é em média 3-5% de frutos brocados da lavoura. Para manter as populações de *H. hampei* abaixo do nível de dano econômico, as táticas de controle devem ser compatibilizadas em estratégias seguindo os preceitos do Manejo Integrado de Pragas, visto que há um número reduzido de ingredientes ativos de inseticidas registrados (MAPA AGROFIT, 2021). Além disso, há possibilidade de casos de resistência da praga aos inseticidas mais utilizados (RUEDA et al., 2019).

Diante do exposto, para o controle de pragas e doenças vêm se utilizando produtos químicos com alta toxicidade. O uso desenfreado desses produtos químicos a algumas décadas vem trazendo prejuízos para o ambiente e ao homem (MOREIRA et al., 2002; PIGNATTI et al., 2007). Diante disso, o uso integrado de técnicas para manejar as culturas é de extrema importância para a manutenção do meio.

Na cafeicultura, para obter uniformidade na maturação dos frutos têm sido aplicados produtos que atuam como reguladores de crescimento, também denominados de biorreguladores. No presente trabalho foi avaliada uma estratégia de manejo para a broca-do-café com o uso do produto comercial MathuryTM, que atua como inibidor da biossíntese do fitormônio etileno. Esse produto é um formulado à base de acetato de potássio, que proporciona a manutenção dos frutos na planta de café por mais tempo, além de mantê-los com teor de água constante por mais tempo (SATIS, 2016). O composto acetato de potássio é um precursor da aminoetoxyvinilglicina (AVG), e a AVG por sua vez é inibidora da enzima ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano sintase (ACC sintase), uma enzima fundamental na produção do etileno em frutos durante a maturação a partir do composto ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) (EVEN-CHEN et al., 1982).

O aumento da concentração de etileno nos frutos provoca elevação da atividade respiratória climatérica, dando início ao processo de maturação, aumentando a respiração e a síntese de enzimas ligadas ao sabor, aroma, cor e perda de água (TAIZ et al., 2017). Assim, no presente estudo hipotetizou-se que devido ao modo de ação do inibidor de maturação MathuryTM, sua aplicação poderia prejudicar a colonização e reprodução da broca-do-café em frutos de café arábica, bem como afetar a viabilidade dos ovos e desenvolvimento larval, contribuindo com a redução do nível de infestação da praga devido aos efeitos que podem exercer no teor de umidade dos frutos e sementes, condição limitante ao desempenho biológico da broca-do-café. Além disso, pelo fato de o etileno ser um dos principais fitormônios participantes nas vias de sinalização e resistência ao ataque de insetos fitófagos, juntamente com o ácido jasmônico e ácido salicílico (SOUZA; BOIÇA JÚNIOR, 2014; TAIZ et al., 2017; PIETERSE et al., 1998; GROSSKOPF et al., 1991), há possibilidade de ocorrência de outros efeitos no comportamento e desenvolvimento da broca-do-café devido à alteração de suas concentrações.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Avaliar se o produto comercial Mathury™ influencia negativamente no ataque e desenvolvimento da broca-do-café na cultura do *C. arabica*.

2.2 Objetivos específicos

- Verificar em campo se o produto Mathury™ aplicado em duas épocas e doses tem influência na colonização da broca-do-café.
- Avaliar o potencial desenvolvimento de ovos, larvas, pupas e adultos após a montagem do bioensaio de dupla chance de escolha com frutos tratados com Mathury™
- Avaliar a incidência de perfurações nos frutos após 24h da montagem do teste de dupla chance de escolha.
- Avaliação da maturação dos frutos tratados com Mathury™

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cafeicultura

A cultura do café não teve origem no Brasil e muito menos no continente americano. O café tem sua origem na África, mais especificamente nas terras altas da Etiópia (FERRAZ, 2013). A sua introdução no Brasil se deu em 1727, por Francisco de Mello Palheta que buscou sementes e mudas na Guiana Francesa. O primeiro local que essas mudas foram plantadas foram no estado do Pará. Com o fracasso da cafeicultura nesse local, ela foi migrando até se estabelecer na região sudeste do país (REVISTA CAFEICULTURA, 2005). Desde então, o Brasil vem se destacando no cenário mundial dessa commodity.

Segundo dados da International Coffee Organization (2020), o Brasil é o maior produtor mundial de café; posteriormente posicionam-se Vietnã, Colômbia, Indonésia, Etiópia, Honduras, e seguidos de outros com menor relevância na produção. Segundo dados de exportação (International Coffee Organization, 2020), o país durante o período de outubro de 2019 e dezembro de 2020 exportou 44.664.344 milhões de sacas, já o país que mais chegou perto desse número foi o Vietnã com 25.350.000 milhões de sacas. Com isso, pode-se concluir que o Brasil é referência internacional com seus cafés.

Nas últimas décadas, a cafeicultura brasileira vem se transformando e evoluindo de forma muito significativa e ainda mais se consolidando como a principal no mundo. Em relação à área de cultivo, para a safra de 2021/2022 o Brasil apresenta área de 1,82 milhões de hectares somando café arábica e robusta, o que significa um aumento quando comparado à safra anterior. Com o aumento da área de produção haverá um acréscimo de 16,8%, ou seja, 55.743,1 mil sacas de 60 kg no mercado. Somente a espécie arábica para a atual safra estima-se um total de 38.783,9 mil sacas, e para robusta, 16.959,2 mil sacas (CONAB, 2022).

Minas Gerais é o maior estado produtor de *C. arabica* do Brasil, com média de produção 26.997,4 milhões de sacas, ou seja, sua representatividade no cenário nacional corresponderá em aproximadamente 48,43% da produção. No ranking dos estados com maior produção de *C. arabica* posicionam-se posteriormente São Paulo, Espírito Santo, Rio de Janeiro e Bahia, com relevância na produção (CONAB,2022). Assim, a cafeicultura sem dúvidas é uma das atividades com maior impacto no agronegócio brasileiro, e movimentando milhões anualmente. Além do grão, a cafeicultura tem sua importância social, gerando milhões de empregos e renda para muitas pessoas (CAIXETA et al., 2008). Ano após ano ela vêm crescendo e reafirmando que o país é referência mundial.

3.2 Broca-do-café (*Hypothenemus hampei*)

Conhecida popularmente como broca-do-café, essa praga tem como nome científico *Hypothenemus hampei*. Essa espécie foi identificada por um pesquisador austríaco chamado Ferrari em 1867, sendo que a praga tem origem da África equatorial (SOUZA; REIS, 1997). Os primeiros relatos da praga foram em 1913 no estado de São Paulo, e mesmo com a adesão dos produtores em combater a praga, atualmente ela se encontra em todas as regiões produtoras sendo uma das pragas-chave da cultura (BENASSI, 2003).

A broca-do-café pertence ao Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Coleoptera, Família Curculionidae e Subfamília Scolytinae (BENASSI, 2003). O adulto é um besouro preto, com corpo cilíndrico e ligeiramente encurvado. Seus élitros são revestidos de escamas e cerdas, de modo que os machos tenham as mesmas características das fêmeas. Vale ressaltar que os machos não voam, e sempre ficam nos frutos onde emergiram, e tanto machos quanto fêmeas atacam somente a cultura do café (GALLO et al., 2002). Salienta-se que o macho passa todo ciclo biológico dentro da semente de café (RAINHO, 2015).

Após acasalarem, a fêmea sai do fruto à procura de outros frutos sadios para fazer a perfuração na região da coroa e colocar seus ovos. Uma fêmea pode ovipositar 30-120 ovos,

sendo que o período de incubação pode durar de 4,3 a 7,7 dias, o larval de 12-17 dias e o pupal de 5,2 a 6,5 dias com temperaturas entre 23 a 27°C (JAMARILLO et al., 2009).

Para que a broca tenha condições ideais para seu desenvolvimento, tem-se a necessidade de épocas com alta umidade e temperaturas altas. Levando em consideração esses fatores e um ciclo rápido, pode-se inferir que a broca-do-café tem até 7 gerações em um ano, e por ter uma grande longevidade, ela consegue sobreviver nos frutos remanescentes da safra anterior (FORNAZIERI et al., 2007).

Para o controle eficiente da praga, deve-se começar os monitoramentos e controle no “período de trânsito”, que por consequência são nos meses de alta temperatura e umidade no ambiente. Geralmente esse período se dá entre 60 a 90 dias após a primeira florada das plantas de café (CNA, 2018). Se não manejada de forma correta, ela pode trazer inúmeros prejuízos. Os danos podem ser qualitativos, ou seja, originando defeitos na qualidade e tipificação (REIS et al., 2010), e quantitativos devido a defeitos físicos, ocorrendo perda de peso e defeitos no momento da classificação do lote.

O produto mais utilizado no passado para o controle da praga foi o Endossulfan que tinha uma excelente eficiência sobre o inseto. Porém, com estudos feitos pela ANVISA, e a confirmação que o produto causava problemas reprodutivos e endócrinos aos trabalhadores que aplicavam o produto, em 2010 esse ingrediente ativo foi retirado do mercado (CANAL RURAL, 2010).

3.3 Uso de regulador de crescimento de plantas em cafeeiros como estratégia de manejo integrado da *Hypothenemus hampei*

Na cafeicultura, para obter maior uniformidade na maturação dos frutos têm sido aplicados produtos que atuam como reguladores de crescimento, também denominados biorreguladores. No presente trabalho foi avaliada uma estratégia de manejo integrado para a broca-do-café com o uso do produto comercial MathuryTM, que atua como inibidor da biossíntese do fitormônio etileno.

O inibidor da síntese de etileno MathuryTM é um formulado à base de acetato de potássio. Esse composto proporciona a manutenção dos frutos na planta de café por mais tempo, além de mantê-los com teor de água constante por um período maior de tempo. (SATIS, 2016). O acetato de potássio é um precursor da aminoethoxyvinylglycine (AVG), e a AVG por sua vez é inibidora da 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (ACC synthase), uma enzima fundamental na produção do etileno em frutos durante a maturação (EVEN-CHEN et al., 1982). O aumento da síntese de etileno nos frutos provoca elevação da

atividade respiratória climatérica, dando início ao processo de maturação, aumentando a respiração e a síntese de enzimas ligadas ao sabor, aroma, cor e perda de água (TAIZ et al., 2017).

Na prática a empresa SATIS posiciona o produto Mathury quando os frutos estiverem do estágio verde-cana. Em função do café ter suas floradas desuniformes e por consequência frutos em estágios mais avançados que outros, o produto vem com objetivo de retardar a produção de etileno acentuado dos frutos em estágio de maturação avançada, afim de que os frutos mais atrasados(verdes) possam madurar e ter o mesmo ponto de colheita dos demais.

No presente estudo foi hipotetizado que em função do modo de ação do inibidor de maturação MathuryTM, sua aplicação poderia prejudicar a colonização e reprodução da broca-do-café em frutos de café arábica, bem como afetar a viabilidade dos ovos e desenvolvimento larval, contribuindo com a redução do nível de infestação da praga. Além disso, pelo fato de o etileno ser um dos principais fitormônios participantes nas vias de sinalização e resistência ao ataque de insetos fitófagos, juntamente com o ácido jasmônico e ácido salicílico (SOUZA; BOIÇA JÚNIOR, 2014; TAIZ et al., 2017; BIGEARD et al, 2015; DOREY et al., 1997; DURNER et al., 1997), há possibilidade de ocorrência de outros efeitos negativos no comportamento e desenvolvimento da broca-do-café em função da aplicação do biorregulador poder alterar as proporções desses fitormônios nos frutos e sementes de café.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e condições experimentais

O experimento foi realizado durante duas safras consecutivas, entre o período de dezembro de 2018 e abril de 2020, em condições de campo na área experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, Brasil. As coordenadas geográficas da área experimental são 21° 22' 82" Sul e 44° 95' 78" Oeste, e altitude de 910 m. O experimento foi realizado em uma região com classificação climática de Köppen de Cwa, com inverno seco e verão chuvoso, e temperatura média anual de 23,5°C. O solo do local do experimento é classificado como Latossolo vermelho, apresentando matiz de 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos 100 cm iniciais do horizonte B (EMBRAPA,2018).

Foram utilizadas plantas de *C. arabica* cv. Catuaí 144 com aproximadamente dois anos de idade na época da instalação do experimento. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e três repetições (blocos). Cada parcela foi

composta de 10 plantas em linha, espaçadas em 3,3 x 0,6 m entre linhas e plantas, respectivamente. A área útil das parcelas foi representada pelas seis plantas centrais, as quais serviram como unidade amostral. A área experimental não possuiu irrigação e não houve aplicação de inseticidas durante as duas safras. A adubação e os tratos culturais foram os mesmos utilizados no manejo convencional da cultura, seguindo as recomendações de uso de corretivos e fertilizantes para produção no estado de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999).

4.2 Tratamentos

Foram avaliados os efeitos da aplicação do inibidor de síntese de etileno MathuryTM na infestação da broca-do-café em função da época de aplicação e dose do produto, compondo cinco tratamentos: testemunha (água); Época 1 + Dose 1 (E1D1); Época 1 + Dose 2 (E1D2); Época 2 + Dose 1 (E2D1); e Época 2 + Dose 2 (E2D2). A primeira época de aplicação (época 1) do produto foi aproximadamente 80 dias após a maior florada (DAF) e a segunda época (época 2), aproximadamente aos 110 DAF. As doses consistiram da dose 1 correspondendo a 2 L ha⁻¹, e a dose 2 da aplicação de 15 L ha⁻¹, dentro da faixa recomendada pelo fabricante. Utilizou-se um volume de aplicação de 400 L ha⁻¹ e os tratamentos foram aplicados com um pulverizador costal manual com ponta do tipo cone vazio e pressão média de 2,5-3,5 Bar.

4.3 Avaliação da infestação da broca-do-café em campo

Para a avaliação da infestação natural da broca-do-café nas parcelas de campo, foram demarcados com fitilhos três ramos ao acaso por planta, sendo um ramo de cada terço da planta: superior, médio e inferior. Em cada ramo foram registrados o número de frutos com perfuração da broca-do-café e o total de frutos. Na primeira safra foram realizadas quatro avaliações no total: após 30/60; 60/90; 120/90; e 160/120 dias após a segunda/primeira época de aplicação do produto; na segunda safra foram realizadas três amostragens no total: aos 30/60; 60/90; e 120/90 dias após a segunda/primeira época de aplicação.

4.4 Avaliação da infestação da broca-do-café nas sementes e maturação dos frutos

Ao fim do experimento da segunda safra, os frutos foram coletados e levados ao laboratório para avaliar a colonização da praga e o grau de maturação dos frutos. Para isso, foram escolhidos ao acaso três ramos de cada terço (superior, médio e inferior) das seis plantas centrais de cada parcela no campo. Todos os frutos dos ramos foram colhidos e

armazenados em sacos de papel, e levados ao Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas (LARP-MIP) da UFLA.

Os frutos foram abertos com estilete, e com o auxílio de microscópio estereoscópico (40x de aumento) foram observados e registrados os números de larvas, pupas e adultos que estavam infestando as sementes dentro dos frutos. Foi também avaliado visualmente o estágio de maturação desses frutos, que foram classificados de acordo com os estágios “cereja”, “verde” e “passa”, uma classificação mais simples quando comparada à classificação utilizada por Freire e Miguel (1985), para facilitar a identificação dos estágios.

4.5 Bioensaio de preferência da broca-do-café com dupla chance de escolha

Em laboratório realizou-se um bioensaio de preferência com dupla chance de escolha após 120 dias da primeira aplicação e 90 dias da segunda aplicação do inibidor da síntese de etileno durante o experimento realizado na primeira safra. O bioensaio foi realizado no LARP-MIP, em uma sala climatizada a 25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ UR, e 12C:12E h.

Para a realização do bioensaio foram colocados de um lado de uma placa de Petri (15 cm Ø) cinco frutos coletados das plantas do experimento de campo de um dado tratamento e do outro lado seis frutos oriundos da testemunha correspondente de cada bloco experimental. No centro da placa foram liberadas 10 fêmeas da broca-do-café, provenientes de coletas de frutos infestados de campo, a fim de observar o comportamento de atração e colonização dos insetos entre os tratamentos. As avaliações foram feitas após 1h, 2h e 24h da liberação dos insetos nas placas, registrando-se os números de insetos sobre os frutos e daqueles perfurando os frutos. Ao final do bioensaio, após 24h, foram registrados os números de perfurações na região da coroa dos frutos e de adultos vivos no interior dos frutos.

4.7 Análise estatística

Os dados das avaliações de campo e laboratório foram checados quanto à normalidade dos resíduos e homoscedasticidade, e quando necessário foram transformados em $\sqrt{x + 1}$ para atender esses pressupostos antes de realizar a análise de variância. Os dados do bioensaio com dupla chance de escolha foram submetidos aos testes não paramétricos Exato de Fisher e teste de Qui-quadrado, a 5% de significância. Os dados do bioensaio de desempenho biológico foram submetidos aos testes paramétricos LSD de Fisher e teste *t*, a 5% de significância.

5 RESULTADOS

5.1 Avaliação da infestação da broca-do-café em campo

No experimento da primeira safra (2018/2019), verificou-se diferença significativa na porcentagem de frutos brocados apenas para o efeito da data de avaliação ($P < 0,0001$), enquanto os efeitos de tratamento, terço da planta, e interações desses fatores não diferiram significativamente ($P > 0,05$) (Figura 1). As maiores infestações da broca-do-café ocorreram na quarta avaliação aos 230 DAF, ultrapassando a média de 8% de frutos brocados. As infestações registradas aos 170 e 200 DAF foram intermediárias, sendo significativamente inferiores que as infestações aos 230 DAF e superiores às de 140 DAF.

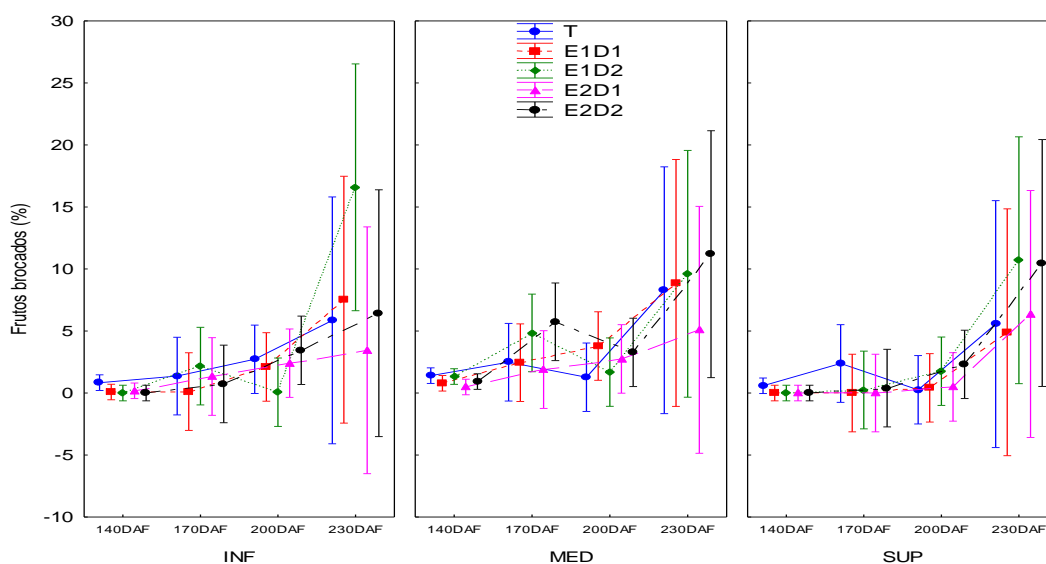


Figura 1. Infestação em campo da broca-do-café nos terços inferior, médio e superior em plantas de café arábica em função da época de aplicação e dose do produto MathuryTM na safra 2018/2019.

No experimento da segunda safra (2019/2020), houve diferenças significativas nos efeitos da aplicação de MathuryTM para a interação terço da planta x data de avaliação ($P = 0,0001$) na infestação da broca-do-café (Figura 2).

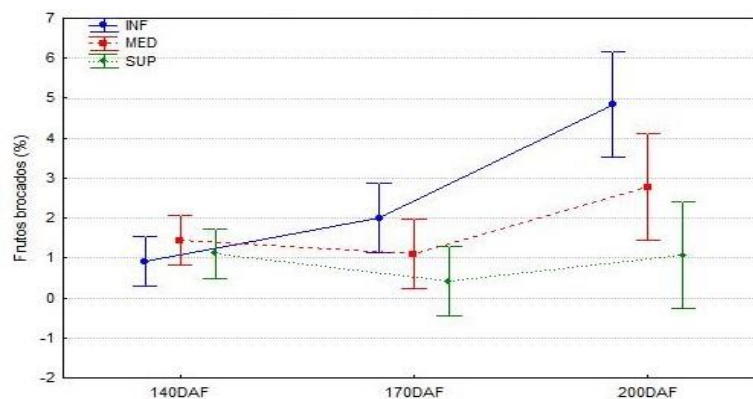


Figura 2. Infestação em campo da broca-do-café em plantas de café arábica após aplicação do produto Mathury™ para a interação terço da planta x época de avaliação na safra 2019/2020.

Os efeitos da aplicação dos tratamentos, bem como das demais interações dos fatores na porcentagem de frutos brocados não foram significativos ($P>0,05$). Por esses resultados nota-se que os efeitos da aplicação de Mathury™ influenciaram mais a redução da infestação da broca-do-café no terço inferior das plantas na terceira data de avaliação aos 200 DAF (Figura 3).

Os tratamentos E1D1(T2) e E1D2(T3) apresentaram efeito marginalmente significativo na redução da porcentagem de frutos brocados na avaliação de 200 DAF (Tratamento x Época; $P=0,0883$). Observando-se apenas o terço inferior das plantas, onde os efeitos foram mais pronunciados, as médias de porcentagem de frutos brocados nos tratamentos E1D1(T2) e E1D2(T3) foram em torno de 3%, atingindo infestação máxima de 6% de frutos brocados, enquanto a média de infestação nos frutos não tratados (testemunha) foi ~8%, com valores máximos observados de >10% de frutos brocados (Figura 3).

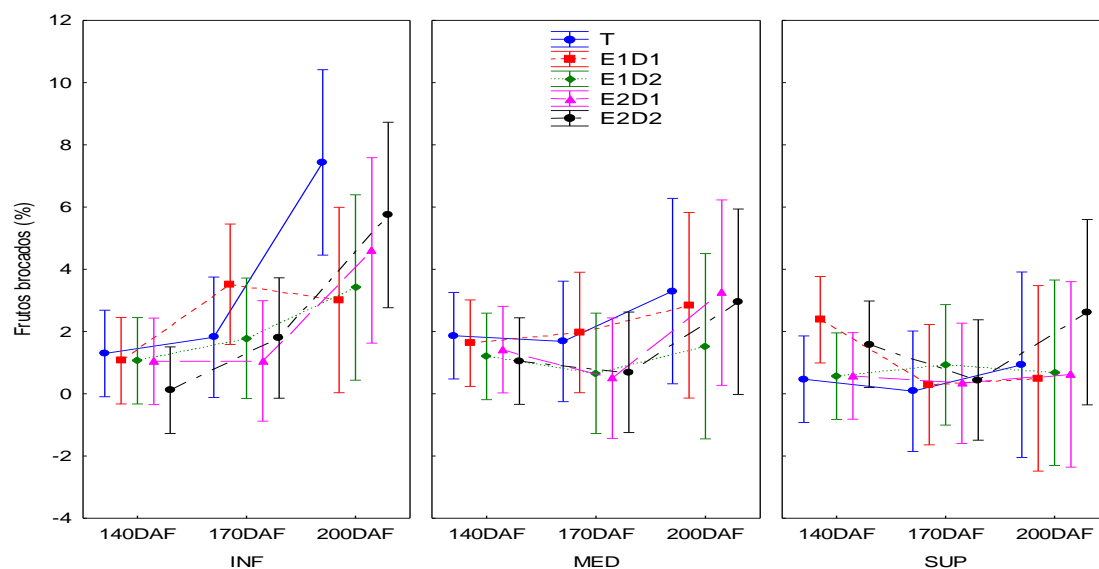


Figura 3. Avaliação da infestação em campo da broca-do-café em função da época de aplicação e dose do produto Mathury™ em café arábica na safra 2019/2020.

5.2 Avaliação da infestação da broca-do-café nas sementes e maturação dos frutos

Na avaliação da infestação da broca-do-café nas sementes durante a colheita frutos no experimento da segunda safra (2019/2020), observou-se que não houve diferenças significativas ($P>0,05$) para os números médios de larvas, pupas e adultos no interior dos frutos coletados do terço superior das plantas (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio (\pm EP) de larvas, pupas e adultos de *H. hampei* por fruto coletado do terço superior de plantas de café arábica tratadas com Mathury™.

Tratamento	Larvas	Pupas	Adultos
Controle	0,46 \pm 0,45 a	0,00 \pm 0,00 a	0,60 \pm 0,53 a
E1D1	0,33 \pm 0,33 a	0,11 \pm 0,11 a	0,66 \pm 0,08 a
E1D2	0,00 \pm 0,00 a	0,00 \pm 0,00 a	0,14 \pm 0,14 a
E2D1	0,00 \pm 0,00 a	0,40 \pm 0,40 a	0,20 \pm 0,20 a
E2D2	0,82 \pm 0,50 a	0,18 \pm 0,09 a	0,79 \pm 0,32 a
<i>P</i>	0,4371	0,5731	0,3177

Médias (\pm EP) seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5%. EP: Erro padrão. Larvas (F= 1,06; df= 4; P=0,4371); Pupas (F= 0,77; df= 4; P=0,5731); Adultos (F= 1,40; df= 4; P= 0,3177).

Na avaliação dos frutos do terço médio das plantas, houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos na infestação de pupas e adultos de *H. hampei* (Tabela 2). Os tratamentos E1D1(T2), E1D2(T3) e E2D2(T5) apresentaram efeitos superiores em relação ao controle, sendo que E1D1(T2) não apresentou pupas no interior dos frutos e E1D2(T3) e E2D2(T5) apresentaram respectivas reduções de 84,4 e 93,3% no número de pupas em comparação às plantas não tratadas (Tabela 2). Para o número de adultos, os tratamentos E1D1(T2), E1D2(T3) e E2D1(T4) apresentaram menores infestações que o tratamento sem aplicação (controle). As reduções no número de adultos foram de 50,0% (E1D1), 75,6% (E1D2) e 54,9% (E2D1) quando comparado com as plantas não tratadas (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio (\pm EP) de larvas, pupas e adultos de *H. hampei* por fruto coletado do terço médio de plantas de café arábica tratadas com Mathury™.

Tratamento	Larvas	Pupas	Adultos
Controle	0,33 \pm 0,12 a	0,45 \pm 0,23 bc	0,82 \pm 0,04 c
E1D1	0,23 \pm 0,12 a	0,00 \pm 0,00 a	0,41 \pm 0,11 ab
E1D2	0,13 \pm 0,13 a	0,07 \pm 0,06 ab	0,20 \pm 0,11 a
E2D1	0,43 \pm 0,26 a	0,76 \pm 0,07 c	0,37 \pm 0,08 ab
E2D2	0,37 \pm 0,03 a	0,03 \pm 0,03 a	0,63 \pm 0,24 bc
<i>P</i>	0,663	0,009	0,022

Médias (\pm EP) seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5%. EP: Erro padrão. Larvas (F= 0,62; df= 4; P=0,663); Pupas (F= 7,31; df= 4; P=0,009); Adultos (F= 5,29; df= 4; P= 0,022).

Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) na infestação de larvas, pupas e adultos entre os tratamentos na avaliação do terço inferior das plantas (Tabela

3). Salienta-se que nos frutos do terço inferior houve maior infestação pela broca-do-café em relação aos terços médio e superior das plantas. Apesar de não ter tido diferenças significativas, as médias de pupas e adultos foram numericamente inferiores nos tratamentos com MathuryTM em relação à testemunha.

Tabela 3. Número médio (\pm EP) de larvas, pupas e adultos de *H. hampei* por fruto coletado do terço inferior de plantas de café arábica tratadas com MathuryTM.

Tratamento	Larvas		Pupas		Adultos	
Controle	0,60 \pm 0,26	a	1,37 \pm 1,06	a	1,00 \pm 0,34	a
E1D1	0,58 \pm 0,25	a	0,81 \pm 0,52	a	0,43 \pm 0,25	a
E1D2	0,57 \pm 0,56	a	0,10 \pm 0,10	a	0,17 \pm 0,12	a
E2D1	1,03 \pm 0,41	a	0,47 \pm 0,26	a	0,56 \pm 0,17	a
E2D2	0,60 \pm 0,20	a	0,13 \pm 0,13	a	0,48 \pm 0,13	a
<i>P</i>	0,938		0,394		0,180	

Médias (\pm EP) seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5%. EP: Erro padrão. Larvas (F= 0,19; df= 4; P=0,938); Pupas (F= 1,17; df= 4; P=0,394); Adultos (F= 2,05; df= 4; P= 0,180).

Quanto à avaliação do estágio de maturação dos frutos durante a colheita, não foram detectadas diferenças significativas ($P>0,05$) na proporção de frutos nos estágios cereja, verde e passa entre os tratamentos nos terços superior (Tabela 4), médio (Tabela 5) e inferior (Tabela 6) das plantas de café arábica.

Tabela 4. Porcentagem (\pm EP) de frutos nos estágios cereja, verde-cana e passa coletados do terço superior de plantas de café arábica tratadas com MathuryTM.

Tratamento	Cereja		Verde-cana		Passa	
Testemunha	70,2 \pm 4,4	a	20,5 \pm 1,3	a	9,2 \pm 5,3	a
E1D1	67,7 \pm 6,0	a	21,2 \pm 5,3	a	11,1 \pm 3,8	a
E1D2	60,7 \pm 6,9	a	17,3 \pm 9,5	a	22,0 \pm 13,3	a
E2D1	67,4 \pm 4,9	a	14,6 \pm 6,4	a	18,0 \pm 10,0	a
E2D2	74,4 \pm 4,1	a	12,4 \pm 4,0	a	13,2 \pm 1,1	a
<i>P</i>	0,455		0,850		0,792	

Médias (\pm EP) seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5%. EP: Erro padrão. Cereja (F= 1,02; df= 4; P=0,455); Verde-cana (F= 1,33; df= 4; P=0,850); Passa (F= 0,42; df= 4; P= 0,792).

As porcentagens de frutos no estágio cereja no terço superior das plantas variaram entre 60,7 e 74,4% da totalidade; no terço médio, variaram entre 46,0 e 58,7%; e no terço inferior, de 26,6 a 43,6%. Os frutos verdes variaram entre 12,4 a 21,2% no terço superior;

entre 22,7 a 32,2% no terço médio; e entre 43,4 e 62,9% no terço inferior. A proporção de frutos passas foi menor nos três terços em relação aos frutos verdes e maduros, variando de 9,2 a 22,0% no terço superior; 13,5 a 31,3% no terço médio; e 3,8 a 16,9% no terço inferior (Tabelas 4, 5 e 6).

Tabela 5. Porcentagem (\pm EP) de frutos nos estágios cereja, verde-cana e passa coletados do terço médio de plantas de café arábica tratadas com Mathury™.

Tratamento	Cereja		Verde		Passa	
Testemunha	57,5 \pm 7,3	a	27,8 \pm 7,0	a	14,7 \pm 3,9	a
E1D1	51,0 \pm 8,6	a	32,2 \pm 8,8	a	16,8 \pm 0,8	a
E1D2	58,7 \pm 12,8	a	27,8 \pm 10,9	a	13,5 \pm 4,1	a
E2D1	51,6 \pm 9,4	a	23,1 \pm 2,7	a	25,2 \pm 11,6	a
E2D2	46,0 \pm 7,5	a	22,7 \pm 6,0	a	31,3 \pm 11,4	a
<i>P</i>	0,821		0,919		0,422	

Médias (\pm EP) seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5%. EP: Erro padrão. Cereja (F= 0,38; df= 4; P=0,821); Verde/Cana (F= 0,22; df= 4; P=0,919); Adultos (F= 1,09; df= 4; P= 0,422).

Tabela 6. Porcentagem (\pm EP) de frutos nos estágios cereja, verde/cana e passa coletados do terço inferior de plantas de café arábica tratadas com Mathury™.

Tratamento	Cereja		Verde		Passa	
Testemunha	33,3 \pm 6,40	a	62,9 \pm 7,70	a	3,8 \pm 1,7	a
E1D1	35,2 \pm 11,3	a	56,1 \pm 13,6	a	8,6 \pm 2,4	a
E1D2	26,6 \pm 5,10	a	56,5 \pm 17,7	a	16,9 \pm 12,6	a
E2D1	36,1 \pm 9,50	a	50,4 \pm 16,0	a	13,5 \pm 6,4	a
E2D2	43,6 \pm 11,5	a	43,4 \pm 14,6	a	13,0 \pm 4,8	a
<i>P</i>	0,537		0,729		0,584	

Médias (\pm EP) seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5%. EP: Erro padrão. Cereja (F= 0,84; df= 4; P=0,537); Verde/Cana (F= 0,51; df= 4; P=0,729); Adultos (F= 0,75; df= 4; P= 0,584).

5.3 Bioensaio com dupla chance de escolha de preferência da broca-do-café

No bioensaio com dupla chance de escolha em laboratório avaliou-se a preferência da broca-do-café entre frutos com aplicação dos tratamentos e sem aplicação, e após 1h não foi observada diferença significativa ($P > 0,05$). Na avaliação após 2h da liberação dos insetos, os tratamentos E1D2(T3) e E2D1 (T4) foram significativamente superior para os efeitos em relação à testemunha, com menor proporção de brocas sobre os frutos tratados em comparação aos não tratados. Na avaliação após 24h, o tratamento E1D2(T3) foi

significativamente superior ($P<0,05$) em relação ao tratamento sem aplicação, com menor proporção de brocas sobre os frutos (Tabela 7).

Tabela 7. Incidência (%) da broca-do-café sobre os frutos em função da aplicação de Maturity™ em diferentes doses e épocas.

Tratamento	1h			2h			24h		
	Mathury	Controle	<i>P</i>	Mathury	Controle	<i>P</i>	Mathury	Controle	<i>P</i>
D1E1	33,3	43,3	0,376	33,3	50,0	0,157	40,0	46,6	0,579
D2E1	23,3	40,0	0,105	30,0	56,6	0,027*	33,3	63,3	0,018*
D1E2	20,0	33,3	0,157	26,6	50,0	0,039*	40,0	60,0	0,121
D2E2	46,6	36,6	0,396	56,6	33,3	0,057	53,3	40,0	0,285
Média	30,8	38,3		36,6	47,4		41,6	52,4	

*Indica diferença significativa pelo teste de qui-quadrado ($P<0,05$).

Na avaliação do número de brocas perfurando os frutos após 1h e 2h, não houve diferenças significativas ($P>0,05$) entre os tratamentos com e sem aplicação de Mathury™. Após 24h, os tratamentos E1D2(T2) e E2D1(T4) foram significativamente ($P<0,05$) superiores para os efeitos quando comparados à testemunha sem aplicação, com reduções de 47,4% (E1D2) e 44,4% (E2D1) no número de brocas perfurando os frutos (Tabela 8).

Tabela 8. Número médio de brocas perfurando os frutos em função da aplicação de Mathury™ em diferentes doses e épocas.

Tratamento	1h			2h			24h		
	Mathury	Controle	<i>P</i>	Mathury	Controle	<i>P</i>	Mathury	Controle	<i>P</i>
D1E1	10,0	13,0	0,376	14,0	10,0	0,248	13,0	13,0	1,000
D2E1	7,00	11,0	0,182	8,00	14,0	0,070	10,0	19,0	0,018*
D1E2	6,00	8,00	0,450	8,00	14,0	0,070	10,0	18,0	0,033*
D2E2	11,0	11,0	1,000	16,0	10,0	0,096	15,0	12,0	0,414
Média	8,5	10,75		11,5	12,0		12,0	15,5	

*Indica diferença significativa pelo teste de qui-quadrado ($P<0,05$).

Na avaliação do número de furos nos frutos (após 24h), não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos com aplicação do Mathury™ e sem aplicação (Tabela 9). A comparação entre D1E2 e a testemunha apresentou efeito marginalmente significativo pelo teste t ($P=0,057$) quanto ao número de furos por fruto.

Tabela 9. Número de furos por fruto provocados por *H. hampei* após 24h em função da aplicação de Matury™ em diferentes doses e épocas.

Tratamento	Mathury	Controle	P
D1E1	4,0	4,3	0,433
D2E1	3,3	6,3	0,136
D1E2	3,3	6,3	0,057
D2E2	5,0	4,0	0,519
Média	3,9	5,2	

Comparações de tratamentos com controle não diferem entre si pelo teste *t* ($P>0,05$)

Na avaliação da sobrevivência das brocas no interior dos frutos (após 24h), o tratamento E2D1 proporcionou significativamente ($P<0,05$) menor sobrevivência dos insetos em relação à testemunha. No tratamento controle, 100% das brocas estavam vivas, enquanto no tratamento E2D1 apenas 57,4% dos insetos sobreviveram. Os demais tratamentos com aplicação de Mathury™ (E1D1, E1D2 e E2D2), embora estatisticamente semelhantes ($P>0,05$) à testemunha, provocaram numericamente maior mortalidade da broca-do-café, principalmente D2E1 (Tabela 10).

Tabela 10. Porcentagem de adultos vivos da broca-do-café dentro dos frutos em função da aplicação de Matury™ em diferentes doses e épocas.

Tratamento	Mathury	Controle	Valor P
D1E1	69,4	72,6	1,000
D2E1	44,4	94,4	0,155
D1E2	57,4	100,0	0,046*
D2E2	45,7	56,9	0,428
Média	54,2	80,9	

*Indica diferença significativa pelo teste Exato de Fisher ($P<0,05$).

6 DISCUSSÃO

Após a aplicação dos tratamentos envolvendo época de aplicação e dose do produto inibidor da síntese de etileno Mathury™ na primeira safra (2018/2019), os níveis de infestação da broca-do-café aumentaram significativamente em função das datas de avaliação, o que está diretamente relacionado com os estágios de desenvolvimento dos frutos de café. Sabe-se que as fêmeas de *H. hampei* apresentam preferência para infestar frutos em estágios mais avançados de maturação, os quais apresentam menor teor de água nas sementes.

A broca-do-café alimenta-se e reproduz no endosperma das sementes de café, e para atingir essa estrutura a fêmea colonizadora de *H. hampei* precisa atravessar três camadas do fruto: exocarpo, mesocarpo e endocarpo (INFANTE et al., 2014).

De acordo com Cárdenas e Baker (2010), há preferência de *H. hampei* por frutos verdes de café que estão evoluindo para os estágios verde ou verde-cana, conforme a cultivar, e com mais de 120 dias de desenvolvimento e mais de 20% de peso seco. No Brasil, esse estágio dos frutos é conhecido como “verde-cana”. Por outro lado, os frutos verdes com até 60 dias de desenvolvimento não são colonizados pelas fêmeas de *H. hampei* devido ao alto teor de água dos frutos e principalmente da semente; apesar desses frutos serem perfurados pela broca-do-café, as galerias feitas pela praga não atingem o endosperma. Assim, os resultados obtidos em condições de campo no presente trabalho em relação ao aumento da infestação com o avanço na maturação dos frutos já eram esperados.

No experimento da primeira safra (2018/2019), não houve efeito da aplicação de MathuryTM nas épocas e doses avaliadas na redução da porcentagem de frutos perfurados pela broca-do-café. No experimento da segunda safra (2019/2020), houve redução significativa na infestação de *H. hampei* aos 200 DAF nos frutos do terço inferior tratados com MathuryTM. Esse efeito pode ter relação com o estágio de maturação dos frutos da parte inferior das plantas, onde há maior umidade e concentram-se a maior proporção de frutos verdes. Embora o produto tenha sido aplicado antecipadamente à época recomendada pelo fabricante, que é mais próximo ao período de colheita e com maior proporção de frutos cerejas, pode ter ocorrido efeito inibitório na maturação/desenvolvimento dos frutos. Possivelmente, devido à menor adequação composicional e do teor de água desses frutos, houve maior frequência de tentativas de colonização pelas fêmeas, refletindo em maior porcentagem dos frutos com perfurações; por outro lado, os frutos dos terços superior e médio, que apresentam maiores porcentagens de frutos em estágios mais avançados de maturação, provavelmente foram colonizados mais rapidamente pela broca-do-café sem muitas provas.

A ausência de aplicação do inibidor do etileno no tratamento controle permitiu a continuidade do desenvolvimento dos frutos. Assim, possivelmente esses frutos foram mais atrativos à infestação da broca-do-café. Esses resultados estão de acordo com alguns estudos sobre a identificação e composição de compostos voláteis em frutos de café, onde os compostos mais atrativos a *H. hampei* como álcoois, ésteres e aldeídos foram identificados em maiores concentrações em frutos em estágio cereja para passa. Nos frutos em estágios mais avançados de maturação, os compostos voláteis encontrados mais intensamente foram

dos grupos ésteres e álcoois, que são altamente atraentes às fêmeas de *H. hampei* (ORTIZ et al., 2004; MELO PEREIRA et al., 2015). Além do mais, em estudos de Blassioli-Moraes et al. (2019), foi possível observar que as fêmeas da praga foram mais atraídas com voláteis emitidos de frutos verdes sem herbívoros quando comparado com aqueles que sofreram ataques mesmo estando verdes.

Na avaliação da colonização de *H. hampei* nas sementes, os frutos do terço superior e inferior foram semelhantes ao tratamento controle em relação à presença de larvas, pupas e adultos. Já os frutos coletados do terço médio dos tratamentos E1D1(T2), E1D2(T3) e E2D1(T4) apresentaram redução na colonização por *H. hampei*. Essas diferenças significativas encontradas no terço médio não foram proporcionais ao que foi observado na porcentagem de frutos brocados nas avaliações ao longo do desenvolvimento e maturação, onde não houve diferença significativa de infestação entre tratamentos no terço médio. Segundo Bustillo et al. (1998), a atração da broca-do-café pelos frutos nem sempre resulta na sua colonização pela praga. Apesar de os compostos voláteis emitidos pelos frutos serem fundamentais na atração das fêmeas de *H. hampei*, sua colonização é altamente dependente do teor de matéria seca do fruto, que deve ser acima de 20%, isto é, com umidade abaixo de 80% (BAKER, 1999). Segundo Costa e Laurentino (2004), *H. hampei* pode até ovipositar em grãos verdes, porém, a semente deve estar formada; em frutos na fase de chumbinho, a broca-do-café não infesta em função da alta concentração de água, e com isso elas procuram frutos mais propícios. Assim, não necessariamente os frutos que apresentam perfurações em campo serão colonizados com sucesso pela broca-do-café.

Os menores índices de sobrevivência de fêmeas colonizadoras de *H. hampei* no tratamento E2D1(T4) no bioensaio de preferência com dupla chance de escolha pode estar relacionados ao comportamento do inseto durante as avaliações, onde os frutos da testemunha foram mais infestados. A preferência por frutos sem aplicação de MathuryTM indica que as fêmeas de *H. hampei* buscaram frutos mais adequados à colonização e reprodução. A maior sobrevivência de fêmeas colonizadoras nos frutos da testemunha em relação aos tratamentos com MathuryTM pode ser devido ao maior teor de umidade no interior dos frutos dos tratamentos E1D2(T3) e E2D1(T4). Pelo fato do produto MathuryTM atuar como inibidor da síntese de etileno, há um atraso na maturação dos frutos, e também se mantem os teores de água dos frutos constante por mais tempo. Por outro lado, os frutos oriundos das plantas sem aplicação mantiveram a maturação e desenvolvimento normal e foram mais favoráveis à sobrevivência da broca-do-café.

Os resultados do teste de preferência com chance de escolha, onde as fêmeas de *H. hampei* foram observadas em intensa atividade de perfuração dos frutos do tratamento controle, indicam que a broca-do-café teve comportamento semelhante ao observado em campo no “período de trânsito”, onde buscam frutos favoráveis para colonização e oviposição. O fato de prolongar o período de trânsito da broca-do-café no campo sem que as fêmeas colonizem os frutos é altamente benéfico, uma vez que aumentaria a janela de controle pelos produtores, permitindo que a praga fique por mais tempo exposta à aplicação de métodos de controle químico e biológico, além de outros fatores bióticos e abióticos do ambiente que podem afetar a mortalidade natural da praga.

Na avaliação da maturação dos frutos de café após aplicação do inibidor da síntese de etileno, a proporção estatisticamente semelhante de frutos cereja, verde-cana e passa entre os tratamentos indica que a aplicação antecipada do produto Mathury™ não influenciou o processo de maturação dos frutos. Isso é interessante do ponto de vista prático, pelo fato de a aplicação do produto neste estudo ter ocorrido bem mais cedo do que o momento recomendado pela empresa fabricante para causar os efeitos de uniformidade na maturação durante a colheita. Segundo Pereira et al. (2005), altas concentrações de etileno, principal fitormônio que atua na maturação e senescência de frutos, ocorrem no início do processo de amadurecimento dos frutos de café. Dessa forma, para que o produto tenha efeito na inibição da síntese de etileno e conseqüentemente proporcionar uniformidade nos frutos é necessário que a aplicação ocorra quando a maior proporção de frutos estiver nos estágios verde-cana à cereja. As maiores porcentagens de frutos no estágio cereja encontradas no terço superior das plantas, seguida pelos terços médio e inferior em menor proporção, já era esperada pelo fato de a maturação dos frutos iniciar nos ramos mais novos e localizados no terço superior do cafeeiro.

Na maturação dos frutos de café e de outras espécies vegetais, o aumento da atividade respiratória ocorre em sequência à elevação da síntese de etileno, que atua como ativador no climatérico respiratório, elevando a atividade respiratória. O aumento na atividade da aminoetoxivinilglicina (AVG) e do ácido carboxílico-1-aminociclopropano (ACC) causam aumento na concentração endógena de etileno, acelerando a maturação e elevando a respiração, resultando na síntese de enzimas ligadas ao sabor, aroma e cor (TAIZ et al., 2017).

Todas essas mudanças nos frutos ocorrem em função de outra enzima ativada pela ação do etileno, a chalcona sintase. Simultaneamente, o etileno ativa a enzima polifenol oxidase (PPO), que reduz a concentração de ácidos fenólicos, melhorando o sabor do fruto. Além desses efeitos, o etileno também atua na síntese e aumento da concentração das enzimas

poligalacturonase, celulase, pectina metilesterase, e 1,3- β -glucanase que são responsáveis pela redução da rigidez da parede celular (RODRIGUES; ONO, 2001; RODRIGUES, 2015). Assim, menores atividades dessas enzimas e seus produtos e efeitos em função das menores concentrações de etileno após aplicação de MathuryTM podem também estar relacionadas à menor colonização da broca-do-café, merecendo futuras investigações para a elucidação desses mecanismos de defesa.

No estudo também se observou que a aplicação isolada do Mathury além de ser algo caro e seu uso isolado não pode é tão eficiente. Desse modo, futuros estudos com a aplicação conjunta do produto com químicos e biológicos podem favorecer o controle da praga por mais tempo.

Os resultados deste estudo indicam que a aplicação do inibidor da síntese de etileno MathuryTM pode causar disruptura nos comportamentos de atração, colonização, alimentação, oviposição e desenvolvimento da broca-do-café. Em geral, a aplicação aos 80 DAF na dose de 15 L ha⁻¹ foi mais eficiente na deterrência das fêmeas de *H. hampei* em laboratório, e proporcionou maior redução na porcentagem de frutos brocados e infestação nas sementes de café arábica em campo na segunda safra (2019/2020). Todos os tratamentos com aplicação de MathuryTM com exceção de E1D1(T2) afetaram negativamente o desenvolvimento de *H. hampei*, causando reduções na sobrevivência das fêmeas colonizadoras e no número de larvas produzidas nos frutos em laboratório. Por fim, a aplicação mais antecipada (80 e 110 DAF) do MathuryTM que não é o momento recomendado pela empresa fabricante não interferiu na maturação dos frutos durante a colheita.

Plantas tratadas com MathuryTM especialmente aos 80 dias após a florada na dose de 15 L ha⁻¹ podem proporcionar temporariamente frutos menos adequados ao desempenho biológico da broca-do-café devido à maior manutenção da maior umidade nos frutos e sementes, e possivelmente também indução de resistência. Essas informações são importantes, uma vez que em termos práticos poderia flexibilizar o período de amostragens e aplicação de inseticidas químicos e biológicos para o controle da praga pelos cafeicultores, além de auxiliar na uniformidade de maturação na colheita dos frutos. Visto que os efeitos do inibidor da síntese de etileno na infestação da broca-do-café não foram dose-dependentes, doses intermediárias às que foram aqui testadas podem ser mais promissoras no manejo da praga. Futuros estudos de campo são necessários para avaliar a eficiência de controle com a aplicação combinada de MathuryTM com inseticidas químicos e biológicos, cujos resultados poderão sugerir que essa estratégia seja incorporada em programas de manejo integrado da broca-do-café em áreas comerciais de produção de café arábica.

7 CONCLUSÕES

- Plantas tratadas com Mathury™ na dose de 15 L ha⁻¹ aos 80 dias após a florada proporcionou frutos menos adequados para a colonização, alimentação, sobrevivência e reprodução da broca-do-café.
- Novos estudos devem ser feitos afim de validar os resultados de campo em área experimental maior e com mais doses do produto.

8 REFERÊNCIAS

AGROFIT. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**: Disponível em <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 06 de set. de 2021.

BAKER, P. **The Coffee Berry Borer in Colombia**. DFID-Cenicafé CABI Bioscience IPM for coffee Project (CNTR93/1536A); Cenicafe: Chinchiná, Colombia, 1999; p. 154.

BENASSI, V. L. R. M. et al. **Captura de adultos da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (F., 1867) (Coleoptera: Scolytidae) com diferentes misturas de atraentes**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003, Porto Seguro. Resumos. Brasília: Embrapa Café, 2003.

BIANCO, R. **Amostragem e monitoramento para o manejo da broca do café no Brasil**. In: WORKSHOP INTERNACIONAL: MANEJO DA BROCA DO CAFÉ, 2004, Londrina-Paraná. Anais... p.139-140.

BLASSIOLI-MORAES, M. C. et al. **Influence of constitutive and induced volatiles from mature green coffee berries on the foraging behaviour of female coffee berry borers, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)**. Springer. Arthropod-Plant Interactions (2019) 13:349–358.

BUSTILLO P. A. E.; CÁRDENAS, M. R.; VILLALBA, G. D. A.; BENAVIDES, M. P.; OROZCO, H. J.; POSADA, F. **Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia**; Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé): Chinchiná, Colombia, 1998; 134 pp.

CAIXETA, G.Z.T. et al. **Gerenciamento como forma de garantir a competitividade da cafeicultura**. Infor. Agropec., v. 29, n. 247, p. 14-23, 2008.

CALAFIORI, M. H. et al. **Influência da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) na bebida e sua associação com fungo**. Ecosistema, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, p. 80-81, 1978.

Canal rural. **Anvisa determina banimento do agrotóxico Endossulfan em todo o país**. Disponível em: < <https://www.canalrural.com.br/noticias/anvisa-determina-banimento-agrotoxico-endossulfan-todo-pais-21247/>>. Acesso em: 21 de abr. de 2022.

CHABOUSSOU, F. **Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose.** L&PM, Porto Alegre. 256 p. 1987

CHALFOUN, S. M.; SOUZA, J. C.; CARVALHO, V. D. **Relação entre a incidência de broca, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera-Scolytidae) e microorganismos em grãos de café.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 11., 1984, Londrina. Resumos... Rio de Janeiro: IBC, 1984. p. 149-150.

CNA. **12 fatos importantes sobre o manejo integrado da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*).** Federação da agricultura e pecuária do Brasil – CNA. 2018.

CONAB. **Acomp. safra brasileira de café**, v. 9 – Safra 2022, n.1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1-60, janeiro 2022.

CURE, J. R, SANTOS, R. H. S; MORAES, J. C; VILELA, E. F; GUTIERREZ, A. P. **Fenologia e Dinâmica Populacional da Broca do Café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) Relacionadas às Fases de Desenvolvimento do fruto.** Na. Soc. Entomol. Brasil 27(3). Setembro, 1998.

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

PEREIRA, G. V, NETO, E; SOCCOL, V. T; MEDEIROS, A. B. P; WOICIECHWSKI, A. L; SOCCOL, C. R; **Conducting starter culture-controlled fermentations of coffee beans during on-farm wet processing: growth, metabolic analyses and sensorial effects.** Food Res Int. 75:348-356, 2015.

DOREY, S; BAILLIEUL, F; PIERREL, M. A; SAINDRENAN, P; FRITIG, B; KAUFFMANN, S. **Spatial and temporal induction of cell death, defense genes, and accumulation of salicylic acid in tobacco leaves reacting hypersensitively to a fungal glycoprotein elicitor.** Molecular Plant-Microbe Interaction, St. Paul, v. 10, p. 646-655, 1997. EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos.5. ed. Brasília. Embrapa solos, 2018. 84p.

EVEN-CHEN, Z., MATTOO, A.K., GOREN, R., 1982. **Inhibition of ethylene biosynthesis by aminoethoxyvinylglycine and by polyamines shunts label from 3,4-[14C]Methionine into spermidine in aged orange peel discs.** Plant Physiol. 69, 385–388.

FERRAZ, A. **CULTURA DO CAFÉ.** Instituto Formação. Cursos Técnicos Profissionalizantes. P.2. Ano 2013.

FORNAZIER, M. J. et al. **Pragas do café conilon.** In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). Café Conilon. Vitória: Incaper, p. 406-449, 2007.

FREIRE, A. C. F.; MIGUEL, A. C. **Rendimento e qualidade do café colhido nos diversos estádios de maturação em Varginha-MG.** In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 12, Caxambu, 1985. Resumos ... Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1985. P. 210-214.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ – Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz. v. 10, 900 p. il. 2002.

GRAHAM, R.D. **Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements**. Advances in Botanical Research, v. 10, p. 221-276, 1983.

GROSSKOPF, D. G.; FELIX, G.; BOLLER, T. **A yeast-derived glycopeptidase elicitor and chitosan or digitonin differentially induce ethylene biosynthesis, phenylalanine ammonia-lyase and callose formation in suspensioncultured tomato cells**. Journal of Plant Physiology, Jena, v. 138, p.741-746,1991.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES; A. N. G.; BALIZA, D. P. **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA, 2010. cap. 3, p. 107-142

GUIMARÃES, R.J; MENDES, A.N.G; BALIZA, D.P. **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: Editora UFLA, 2010.

HEGDE, M.; OLIVEIRA, J. N.; COSTA, J. G.; BLEICHER, E.; SANTANA, A. E. G.; BRUCE, T. J. A.; CAULFIELD, J.; WOODCOCK, C. M.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A. **Identification of semiochemicals involved in tritrophic interactions between cotton, *Gossypium hirsutum*, cotton aphids, *Aphis gossypii*, and the predatory lacewing, *Chrysoperla lucasina***. Journal of Chemical Ecology, v. 37, p. 741-750, 2011.

HEGDE, M.; OLIVEIRA, J. N.; COSTA, J. G.; BLEICHER, E.; SANTANA, A. E. G.; BRUCE, T. J. A.; CAULFIELD, J.; WOODCOCK, C. M.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A. **Aphid antixenosis in cotton is activated by the natural plant activator *cis*-jasmone**. Phytochemistry, v. 72, p. 81-88, 2012.

HEINRICH, W.O. **Aspectos do combate biológico às pragas do café**. O Biológico, v.31, p.1, 1965.

INFANTE, F.; PÉREZ, J.; VEGA, F. E. **The coffee berry borer: the centenary of a biological invasion in Brazil**. Brazilian Journal Biology, São VCarlos, v.74, n. 3, p. 125-126, 2014.

International Coffee Organization Brasil. Disponível em: <https://www.ico.org/trade_statistics.asp>. Acesso em: 13 fev. 2022.

JAMARILLO, J. et al., **Development of na improved laboratory production technique for 655 the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, using fresh coffee barriers**. Entomologia 656 Experimentalis et Applicata, Amsterdam v. 130, n. 3, p. 275-281, Mar. 2009.

JARAMILLO, J.; BORGEMEISTER, C.; BAKER, P. **Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies**. Bulletin of Entomological Research, Farnham Royal, v. 96, p.223-233, 2006.

KÖPPEN,W.; GEIGER R. Handbuch der Klimatologie, Berlin: G. Borntraeger, 1939. 6v.

LAURENTINO, E; COSTA, J. N. M. **Descrição e caracterização biológica da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) no Estado de Rondônia.** Embrapa, p.11 ,2004.

MAGALHÃES, D. M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; SUJII, E. R.; MAYON, P.; CAULFIELD, J. C.; MIDEGA, C. A. O.; KHAN, Z. R.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A. BLASSIOLI-MORAES, M. C. **Semiochemicals from herbivory induced cotton plants enhance the foraging behavior of the Cotton Boll Weevil, *Anthonomus grandis*.** Journal of Chemical Ecology, v. 38, p. 1528-1538, 2012.

MAGALHÃES, D. M.; BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; WOODCOCK, C. M.; PICKETT, J. A.; BIRKETT, M. A.; BLASSIOLI-MORAES, M. C. **Influence of two acyclic homoterpenes (tetranorterpenes) on the foraging behavior of *Anthonomus grandis* Boh.** Journal of Chemical Ecology, v. 42, p. 305-313, 2016.

MCCORMICK, A.C. **Can plant-natural enemy communication withstand disruption by biotic and abiotic factors?** Ecology And Evolution, [s.l.], v. 6, n. 23, p.8569-8582, 9 nov. 2016.

MESQUITA, C. M. de, et al. **Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (*Coffea arábica* L.).** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016.

MICHEREFF, M. F. F; MORAES, M. C. B; BORGES, M; MORAES, S. D; MAGALHÃES, D. M; LAUMANN, R. A; SILVA, C. C; MENEGHIN, A. M; COSTA, J. N. M. **Perfil de voláteis, constitutivos e induzidos por herbivoria, de frutos de diferentes variedades de café e sua influência sobre o comportamento de *Hypothenemus hampei*.** Circular técnica 93, Embrapa. Brasília Maio, 2018.

MORAES, M. C. B.; SERENO, F. T. P. S.; MICHEREFF, M. F. F.; PAREJA, M.; LAUMANN, R. A.; BIRKETT, M. A.; PICKETT, J. A. BORGES, M. **Attraction of the stink bug egg parasitoid, *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae) to defence signals from soybean, *Glycine max* (Fabaceae), activated by treatment with *cis*-jasmone.** Entomologia Experimentalis et Applicata, v. 131, p.178-188, 2009.

MOREIRA, J. C. et al. **Avaliação integrada do impacto do uso de agrotóxicos sobre a saúde humana em uma comunidade agrícola de Nova Friburgo, RJ.** Rev C S Col, v. 7, n. 2, p. 299-311, 2002.

OLUWAFEMI, S.; BRUCE, T. J. A.; PICKETT, J. A.; TON, J.; BIRKETT, M. A. **Behavioural Responses of the Leafhopper, *Cicadulina storeyi* China, a Major Vector of Maize Streak Virus, to Volatile Cues from Intact and Leafhopper-Damaged Maize.** Journal of Chemical Ecology, v. 37, p. 40-48, 2011.

ORIGEM do café no Brasil. Revista Cafeicultura. Disponível em: <<https://revistacafeicultura.com.br/?mat=3903>>. Acesso em: 13 fev. 2022.

ORTIZ, A.; VEGA, F.; POSADA, F. **Volatile composition of coffee berries at different stages of ripeness and their possible attraction to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae).** J Agr Food Chem. 52(19):5914-5918, 2004.

- PEREIRA, L. F. P.; GALVÃO, R. M., KOBAYASHI, A. K.; CAÇÃO, S. M. B.; VIEIRA, L. G. E. **Ethylene production and acc oxidase gene expression during fruit ripening of *Coffea arabica* L.** Brazilian Journal of Plant Physiology, v. 17, n. 3, p. 283-289, 2005.
- PERRENOUD, S. Potassium and Plant Health. International Potash Institute, Berna. 363 p.1990.
- PIETERSE, C. M. J. et al. **A novel signaling pathway controlling induced systemic resistance in *Arabidopsis*.** Plant Cell, Rockville, 10, p. 1571- 1580, 1998.
- PIGNATTI, W. A.; MACHADO, J. M. H.; CABRAL, J. F. **Acidente rural ampliado: o caso das “chuvas” de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde – MT.** Rev C S Col, v. 12, n. 1, p. 105-114, 2007.
- RAINHO, H. L. **Resposta comportamental da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) a voláteis de frutos de café.** 71 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 2015
- REIS, P. R. et al. **Manejo integrado das pragas do cafeeiro.** In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. da (Ed.). Café arábica: do plantio à colheita. Lavras: EPAMIG Sul de Minas. p. 573-688. 2010.
- REYMOND, P; FARMER, E. E. **Jasmonate and salicylate as global signals for defense gene expression.** Current Opinion in Plant Biology, v. 1, p. 104-411, 1998.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação.** Viçosa: UFV, 1999.
- RODRIGUES, J. P. B. **Efeito do Mathury e Etephon na Maturação dos Frutos e Qualidade da Bebida de Café.** Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, RJ. 2015.
- RUEDA et al. **Chlorantraniliprole-mediated effects on survival, walking abilities, and respiration in the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*.** Ecotoxicology and Environmental Safety. V. 172, Pages 53,58. 2019.
- RUIZ-CÁRDENAS, R.; BAKER, P. **Life table of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) in relation to coffee berry phenology under Colombian field conditions.** Sci. Agric. 2010, 67, 658–668.
- SANTINATO, F; TAVARES, T. O; SILVA, R. P ; SILVA, C. D; ORMOND, A. T. S. **Estratégia para uniformização da maturação de frutos do cafeeiro.** Revista Agrarian. v.10, n.38, p. 321-327, Dourados, 2017.
- SOUZA, B.H.S; BOIÇA JÚNIOR, A.L. **Resistência induzida em plantas para o controle de pragas agrícolas.** Tópicos em Entomologia Agrícola VII. Jaboticabal: Multipress, 2014. p. 79-88.

SOUZA, J. C.; REIS, P. R. **Broca-do-café: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos, 740 monitoramento e controle**. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 1997. 40 p. (EPAMIG. Boletim 741 Técnico, 50).

STICHER, L.; MAUCH-MANI, B; MÉTRAUX, J. P. **Systemic acquired resistance**. Annual Review of Phytopathology 35:p.235-370,1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017. 888p.

VEGA, F. E. INFANTE, F., CASTILLO, A. JARAMILLO, J. **The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recente findings and future research directions**. Terrestrial Arthropod Reviews. Leiden, 2009.

VLOT A. C; KLESSIG D. F; PARK S. W. **Systemic acquired resistance: the elusive signal(s)**. Current Opinion in Plant Biology 11:p.36-442. 2008.

WALLING, L. L. **Induced resistance: from the basic to the applied**. Trends in Plant Science, v. 6, p.445-447, 2001.