



VITOR FRANCISCO GOMES

**BIOINSETICIDAS VEGETAIS EM MISTURA COM INSETICIDA QUÍMICO NA
MORTALIDADE DA BROCA-DO-CAFÉ EM LABORATÓRIO**

**LAVRAS-MG
2022**

VITOR FRANCISCO GOMES

**BIOINSETICIDAS VEGETAIS EM MISTURA COM INSETICIDA QUÍMICO NA
MORTALIDADE DA BROCA-DO-CAFÉ EM LABORATÓRIO**

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

Prof. Dr. Evaristo Mauro de Castro

Coorientador

LAVRAS-MG

2022

VITOR FRANCISCO GOMES

**BIOINSETICIDAS VEGETAIS EM MISTURA COM INSETICIDA QUÍMICO NA
MORTALIDADE DA BROCA-DO-CAFÉ EM LABORATÓRIO**

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

APROVADA em 21 de setembro 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 todos os anos na Universidade.

Agradeço aos meus pais Sr. José Emílio Gomes e Sra. Ana Rosa Francisco Gomes que durante cinco anos de graduação me motivaram a nunca desistir dos meus sonhos, e me deram forças nos momentos difíceis. Se consegui me formar no curso de agronomia sem dúvidas eles são parte integral dessa conquista.

Agradeço aos amigos e amigas do LARP-MIP (Laboratório de Resistência de Plantas e MIP), que me ajudaram na montagem, condução e avaliações de laboratório, pois sem essas pessoas não conseguiria desenvolver o projeto.

Um agradecimento especial aos meus irmãos da gloriosa República Baviera que me acompanharam desde o começo da minha graduação e são a minha segunda família na vida, me auxiliando nos momentos bons e ruins que Lavras me proporcionou. Sem dúvida pessoas que irei levar para o resto da minha vida.

Agradeço ao meu orientador Bruno, pois ele que me deu oportunidade de desenvolver o trabalho de conclusão de curso no seu laboratório bem como uma iniciação científica. Pessoa extremamente prestativa e cheia de ideias que me motivou ainda mais a trabalhar na entomologia.

Por fim, agradeço meu coorientador Evaristo. Pessoa de bom coração, humilde, prestativo e acima de tudo um amigo. Foram inúmeras as vezes que fui até sua sala para apenas conversar sobre a vida e mudar um pouco a rotina da Universidade.

AGRADEÇO!

RESUMO

A cafeicultura é uma das mais importantes atividades agrícolas desenvolvidas no Brasil, que se destaca como o maior produtor e exportador mundial da *commodity*. O controle de insetos-praga é um grande desafio na cultura cafeeira, visto que moléculas químicas que eram utilizadas não apresentam eficiência satisfatória ou foram retiradas do mercado devido à alta toxicidade. A broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) é considerada a principal espécie praga da cafeicultura em nível mundial por causar danos diretamente nos grãos de café, sendo seu controle de extrema importância para não acarretar perdas qualitativas e quantitativas. O controle químico da praga dispõe de poucos produtos registrados, e assim, o manejo integrado de pragas tem sido cada vez mais necessário para manter as populações abaixo do nível de dano econômico. Algumas estratégias de manejo integrado têm sido avaliadas e apresentam resultados promissores, como o uso de misturas entre bioinseticidas e inseticidas químicos. Este trabalho avaliou a eficiência de controle da broca-do-café em laboratório com bioinseticidas vegetais (PREV-AM[®], OR-564 e OR-585) aplicados isoladamente e em mistura com inseticida à base de clorotraniliprole + abamectina (Voliam Targo[®]). O experimento foi realizado em condições ambientais controladas em placas de Petri em delineamento inteiramente casualizado, avaliando oito tratamentos: T1) testemunha (água); T2) Voliam Targo (2,5 mL/L); T3) PREV-AM (5mL/L); T4) OR-564 (5 mL/L); T5) OR-585 (8mL/L); T6) Voliam Targo + PREV-AM (2,5 + 2,5 mL/L); T7) Voliam Targo + OR-564 (2,5 + 2,5 mL/L); e T8) Voliam Targo + OR-585 (2,5 + 4 mL/L). Cada repetição consistiu de uma placa forrada com papel filtro e cinco fêmeas de *H. hampei*, totalizando cinco repetições por tratamento. Os insetos foram expostos às soluções inseticidas por meio de imersão em um béquer com cada tratamento, envoltos em um pedaço de tecido *voile*. A mortalidade da broca-do-café foi avaliada diariamente por 3 dias após aplicação (DAA), período suficiente para que o inseticida padrão atingisse >80%. Houve diferença significativa da interação tratamento x tempo na mortalidade da broca-do-café. Os tratamentos T6, T7 e T8 proporcionaram menores médias de insetos vivos nas avaliações de 1DAA e 2DAA, diferindo dos demais tratamentos e similar ao inseticida aplicado isoladamente (T2). O tratamento T6 causou 100% de controle na avaliação de 1DAA, enquanto os tratamentos T7 e T8 atingiram mortalidade total aos 2DAA. Os tratamentos isolados T2, T3, T4 e T5 apresentaram 94, 71, 41 e 82% de eficiência de controle aos 3DAA, respectivamente. Os bioinseticidas vegetais PREV-AM, OR-564 e OR-585 apresentam sinergismo em mistura com o inseticida clorotraniliprole + abamectina no controle da broca-do-café exposta via imersão em condições de laboratório.

Palavras-chave: *Hypothenemus hampei*; bioinsumos; eficiência de controle; MIP.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número médio de fêmeas vivas de <i>H. hampei</i> em função de dias após aplicação por (DAA) por imersão com os tratamentos.....	15
Tabela 1 - Número médio de fêmeas vivas de <i>H. hampei</i> em função de dias após aplicação dos tratamentos.....	16
Figura 2. Eficiência de controle (%) de fêmeas de <i>H. hampei</i> em função dos dias após aplicação (DAA) por imersão nos tratamentos.....	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVO.....	9
3 REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1 Cafeicultura	10
3.2 Broca-do-café (<i>Hypothenemus hampei</i>).....	10
3.3 Uso de bioinseticidas em cafeeiros como estratégia de controle da <i>Hypothenemus hampei</i>	11
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Local e condições experimentais.....	13
4.2 Tratamentos Avaliados.....	Erro! Indicador não definido.
4.3 Montagem do Bioensaio.....	14
4.4 Análise estatística	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1 Influência dos tratamentos x tempos na mortalidade da broca-do-café	15
5.2 Eficácia de controle da broca-do-café pelos tratamentos.....	Erro! Indicador não definido.
6 CONCLUSÃO	20
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

1 INTRODUÇÃO

A produção cafeeira é sem dúvida uma das mais importantes atividades da agricultura brasileira, de modo que o país se destaca como o maior produtor e exportador mundial de café arábica (*Coffea arabica* L.). Apesar do destaque na produção e qualidade dos cafés do Brasil, um dos grandes desafios encontrados na produção é o manejo fitossanitário de pragas e doenças.

A broca-do-café é considerada a principal praga da cultura cafeeira em nível mundial por causar danos diretos nos grãos, implicando em perdas qualitativas e quantitativas que geram grandes prejuízos econômicos aos cafeicultores nas regiões onde a praga ocorre em altas populações (VEGA et al., 2002; SILVA et al., 2010; MESQUITA et al., 2016). O adulto de *H. hampei* é um pequeno besouro que possui desenvolvimento somente nos frutos do cafeeiro, mais especificamente nos grãos. A broca-do-café é a única espécie de inseto conhecida capaz de se alimentar dessas estruturas, devido à presença de bactérias simbiotes no intestino que produzem enzimas específicas capazes de degradar cafeína (CEJA-NAVARRO et al., 2015).

As fêmeas da broca-do-café penetram pela coroa dos frutos, até atingirem a semente. Quando encontram condições favoráveis dentro do fruto, ovipositam nas galerias formadas pela alimentação, que posteriormente servirão de local de desenvolvimento para as larvas, as quais se alimentam do endosperma (HEINRICH, 1965). A proporção sexual de *H. hampei* é de um único macho para até 10 fêmeas. A cópula ocorre dentro do mesmo fruto onde a fêmea colonizadora originou, e em grande parte das vezes deixa o fruto já fecundada em busca de novos frutos para colonização (VEGA et al., 2009).

O método de controle mais utilizado no manejo da broca-do-café é o químico por meio de pulverizações de inseticidas. Porém, o emprego das práticas de manejo integrado são fundamentais para manter as populações de *H. hampei* abaixo do nível de dano econômico, pois geralmente utilizam-se mais de um método de forma associada, visto que há um número reduzido de ingredientes ativos inseticidas registrados (MAPA, 2022). O inseticida que era considerado mais eficaz era o endossulfan, que teve o uso permitido no Brasil até julho de 2013 (BUSTILLO; VILLALBA, 2004). Devido aos crescentes registros de resistência de *H. hampei* ao endossulfan (BRUN et al., 1989; 1994), como também danos ambientais e questões relacionadas à toxicidade, nos últimos anos vários cafeicultores têm buscado outras alternativas mais sustentáveis para o controle de pragas (VENZON, 2021).

Uma das táticas que têm sido mais utilizadas, e que ainda têm grandes perspectivas para maior uso, são os inseticidas de origem vegetal, também conhecidos como inseticidas

botânicos. Alguns bioinseticidas formulados de extratos de plantas ou de partes de suas estruturas têm sido cada vez mais utilizados, como é o caso de produtos à base de extrato ou óleo de nim, *Azadirachta indica* A. Juss., inclusive avaliados e com registro para a broca-do-café (BUSTILLO; VILLALBA, 2004; MAPA, 2022).

Bioinseticidas à base de outras estruturas e espécies vegetais, como casca de laranja provenientes de resíduos industriais, já apresentam registro para o controle de pragas de outras culturas agrícolas. Esses bioinseticidas botânicos têm potencial para uso em estratégias de manejo integrado da broca-do-café, de forma isolada ou em mistura com inseticidas químicos, merecendo estudos que avaliem a eficiência de controle da praga.

2 OBJETIVOS

Este trabalho objetivou avaliar a eficiência de controle da broca-do-café pelos bioinseticidas botânicos PREV-AM, OR-564 e OR-585 quando exposta por contato via imersão de forma isolada ou em mistura com inseticida químico em laboratório.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Cafeicultura

Apesar do Brasil ser o principal produtor de café do mundo, as plantas de café têm como centro de origem a África, mais precisamente nas terras altas da Etiópia (FERRAZ, 2013). A planta foi introduzida no Brasil em 1727, por um militar chamado Francisco de Mello Palheta, que trouxe as primeiras sementes e mudas diretamente da Guiana Francesa. O estado do Pará foi a primeira região a receber essas mudas, porém, não obtiveram bons resultados e o café 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*.

A principal região produtora de café no Brasil é a sudeste, sendo representada pelos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro, e são responsáveis por mais de 85% da produção brasileira. Minas Gerais lidera no ranking entre os maiores estados produtores de café arábica do país; isso é possível devido às condições favoráveis ao desenvolvimento em quase todas as regiões do estado, incluindo Cerrado, Nordeste, Zona da Mata e Sul. Além do estado mineiro, há grandes produtores como Espírito Santo, São Paulo,

Bahia, Rondônia, Paraná e Rio de Janeiro. Nos estados de Rondônia e Espírito Santo, tem-se destaque na produção de *Coffea canephora* (CONAB, 2022).

A cafeicultura brasileira vem se transformando e evoluindo de forma exponencial nas últimas décadas e se consolidando cada vez mais como a principal do mundo. Para a safra de 2021/2022, o Brasil apresenta área total de cultivo de 1,82 milhões de hectares, somando café arábica e robusta. Isso demonstra um aumento de 16,8% na área de produção em relação à safra anterior, e 55.743,1 mil sacas de 60 kg a mais no mercado (CONAB, 2022). Dessa forma, a cafeicultura é uma atividade essencial e com grande impacto no agronegócio brasileiro, movimentando milhões de reais anualmente. Além do produto final, que é o grão de café, a indústria cafeeira tem extrema importância social, gerando empregos, renda e oportunidades para inúmeras pessoas que trabalham no setor (CAIXETA et al., 2008).

O ataque de pragas e doenças representam um dos principais fatores que acometem as lavouras de café. Pode-se destacar como principais pragas da cultura em vários países do mundo a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) e o bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*). Diversas regiões produtoras de café do país e do mundo têm prejuízos econômicos causados principalmente por essas espécies de insetos (PARRA; REIS, 2013).

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

É uma espécie de inseto-praga conhecida popularmente por broca-do-café, cujo nome científico é *Hypothenemus hampei*. Pertence ao Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Coleoptera, Família Curculionidae e Subfamília Scolytinae (BENASSI, 2003). A espécie foi primeiramente identificada pelo pesquisador austríaco Ferrari em 1867. A broca-do-café tem como centro de origem a África equatorial (SOUZA; REIS, 1997).

O adulto de *H. hampei* é um pequeno besouro preto, com corpo de formato cilíndrico e ligeiramente encurvado. Possui élitros revestidos de escamas e cerdas, e ambos os sexos possuem essas mesmas características. Os machos não possuem capacidade de voo e permanecem a vida toda no fruto onde emergiram, além disso são pragas que desenvolvem todo o ciclo exclusivamente na planta do café (GALLO et al., 2002). As fêmeas copulam com os machos dentro do fruto, e logo em seguida saem à procura de novos frutos sadios para colonização e deposição dos ovos. Uma fêmea pode ovipositar de 30 a 120 ovos, os quais têm 4,3-7,7 dias de período de incubação. O período larval dura 12-17 dias e a fase de pupa, 5,2 a 6,5 dias, em condições de temperaturas ideais entre 23 a 27°C (JAMARILLO et al., 2009).

A broca-do-café tem como condições ideais para seu desenvolvimento a ocorrência de períodos com alta umidade e temperatura. Com esses parâmetros favoráveis há relatos de que essa espécie de coleóptera pode completar até 7 gerações no período de um ano. Além disso, devido a sua alta longevidade, consegue sobreviver nos frutos remanescentes da safra anterior (FORNAZIERI et al., 2007).

O monitoramento populacional de *H. hampei* é uma prática de grande importância no controle da broca-do-café. As amostragens devem ser feitas no “período de trânsito” para atingir um controle eficiente da praga. Esse período coincide com os meses de alta temperatura e umidade no ambiente, o qual geralmente ocorre entre 60 a 90 dias após a primeira florada das plantas de café (CNA, 2018). Quando não manejada corretamente, a praga pode causar prejuízos para os produtores, variando de danos qualitativos, como defeitos nos grãos que impactam a tipificação e qualidade da bebida, como também danos quantitativos, como perda de peso dos grãos (REIS et al., 2010).

3.3 Uso de bioinseticidas em cafeeiro como estratégia de controle da broca-do-café

São poucos os ingredientes ativos disponíveis para o controle da broca-do-café no mercado. O endossulfan que era o mais utilizado e eficiente usado pelos cafeicultores para o controle de *H. hampei* foi retirado do mercado em 2013 (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2010). Desde então a procura por novos ingredientes ativos é constante pelas empresas do ramo e nesse contexto, é de extrema importância alternativas de controle para essa praga.

O manejo com uso de derivados de plantas, tais como extratos e óleos, é uma das alternativas que tem sido utilizadas para o controle de *H. hampei*, devido os mesmos serem biodegradáveis e terem poucos efeitos sobre organismos não-alvo (DAYAN; CANTRELL; DUKE, 2009; ZORZETTI et al., 2012). Os óleos vegetais de amendoim (*Arachis hypogaea*), mamona (*Ricinus communis* L.), algodão (*Gossypium* spp.), soja [*Glycine max* (L.) Merrill], nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) e milho (*Zea mays* L.), entre outros, são alguns dos exemplos que já foram utilizados com sucesso no manejo de pragas (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; SINGH; KHARE; SINGH, 2012).

Apesar de alguns derivados de plantas serem reconhecidamente tóxicos a insetos essa efetividade pode apresentar variação conforme a composição de cada um, visto que fatores ambientais e genéticos podem influenciar nas concentrações (FRANKS; WHEELER; GOODNIGHT, 2012; MOORE et al., 2014) Essas diferenças na composição podem ser

causadas por causas genéticas, espécies e até mesmo dentro da própria espécie podem existir mudanças na quantidade e qualidade de metabólitos secundários e que posteriormente irão influenciar na ação inseticida (MIRESMAILLI; ISMAN, 2014; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Além da composição e quantidade de compostos, a forma como é aplicado o controle é um fator que pode influenciar na mortalidade da broca-do-café, pois esta praga passa grande parte da sua vida dentro do grão, e o momento ideal para aplicação é o período de transito que ocorre normalmente de setembro a dezembro (DAMON, 2000; VEGA et al., 2009).

Os frutos cítricos possuem óleos essenciais que são compostos por hidrocarbonetos, álcoois, ésteres e aldeídos, contidos dentro de vacúolos localizados na camada externa da casca (AZAR et al., 2011). Esses metabólitos secundários de citros tem sido objeto de estudo no controle de pragas (LOPES et al., 2009 a, b, c; MONA, 2013), carrapatos (CASTRO et al., 2011), fungos (SHARMA; TRIPATHI, 2008)

Em experimento realizado por Lopes et al. (2009b) testou-se concentrações (0,0; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7%) do óleo essencial de laranja Prev-Am (sodium tetraboro hydrated eahydrate) no controle de pulgão preto *Toxoptera citricidus* Kirkaldy em um pomar de tangerina variedade Dany, e alcançaram eficiência maior de 90% para todas as diluições. Segundo o trabalho, a ação direta do óleo essencial sobre o tegumento do pulgão atuou isolando ou inviabilizando sua respiração, além disso também atuou causando o ressecamento da epicutícula, quando exposto aos raios solares, deixando o exoesqueleto com aspecto de múmia.

Segundo Gomes (2014) os componentes químicos presentes nos óleos essenciais das cascas de três frutos cítricos (limão-taiti, limão-verdadeiro e laranja) foram bastante similares, possuindo poucas diferenças nos constituintes minoritários. O terpeno limoneno foi encontrado em quantidade significativa em todas as cascas dos frutos de limão-taiti, limão-verdadeiro e laranja, alcançando valores de 52, 53 e 76%, respectivamente, sendo então o principal composto do óleo essencial de frutas cítricas (TSAI, 2008).

Outra espécie botânica utilizada com potencial para o controle de pragas na agricultura é o nim (*Azadirachta indica* A. Juss), que tem sido testada inclusive para o controle da broca-do-café. É uma árvore da família Meliaceae, que possui diversas espécies com ação repelente e inseticida, como a santa-bárbara e triquília. O nim em especial possui mais de trinta compostos com ação em insetos, e a azadiractina é um dos mais importante e conhecidos (SCHMUTTERER, 1995). Além disso é uma planta eficiente no controle, com baixo impacto ambiental ($DL_{50} > 5000$ mg/g) e possibilidade de preparo na propriedade (BUSTILLO; VILLALBA, 2004).

A mamona (*Ricinus communis* L.) também pode ser utilizada no controle de pragas, podendo ser usado tanto o óleo da semente como o extrato das folhas (ACRE; BRANCO, 2005). No controle da broca-do-café, o extrato aquoso da folha verde de mamona reduziu a quantidade de insetos por amostras analisadas (PÉREZ et al., 2012). A aplicação diretamente no inseto do óleo de mamona é mais letal a aplicação indireta. Porém as duas formas, direta e indireta, apresentam efeito dose-resposta, aumentando a mortalidade do inseto, em função do aumento dos níveis de óleo de mamona utilizados (ACRE; BRANCO, 2005).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e condições experimentais

O estudo foi conduzido no Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de pragas (LARP-MIP), no Departamento de Entomologia da Escola de Ciências Agrárias de Lavras, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG, entre maio e junho de 2022. O estudo constituiu de um bioensaio realizado em laboratório sob condições ambientais controladas ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ UR e 12C:12E h).

4.2 Tratamentos avaliados

Os tratamentos avaliados no presente trabalho foram constituídos de bioinseticidas de origem vegetal (Oro Agri, Rovensa Company) e um inseticida padrão comercial, os quais foram aplicados de forma isolada ou em mistura para avaliação dos efeitos na mortalidade de adultos de *H. hampei*. Como controle positivo foi utilizado o inseticida à base de clorantropilprole + abamectina (Voliam Targo[®], Syngenta), diamida, moduladores de receptores de rianodina e Avermectinas, moduladores alostéricos de canais de cloro mediados pelo GABA o qual tem registro no Brasil para uso no controle da praga (MAPA, 2022).

Foram avaliados os seguintes tratamentos: T1) Testemunha; T2) Voliam Targo (1 L); T3) PREV-AM (500 mL); T4) OR-564 (500 mL); T5) OR-585 (800 mL); T6) Voliam Targo (1 L) + PREV-AM (250 mL); T7) Voliam Targo (1 L) + OR-564 (250 mL); T8) Voliam Targo (1 L) + OR-585 (400 mL). As respectivas doses dos produtos foram utilizadas de acordo com as informações das empresas fabricantes. As doses foram diluídas proporcionalmente em 100 L de água destilada antes da exposição dos insetos às soluções inseticidas.

4.3 Montagem do bioensaio, delineamento experimental e avaliações

Para a realização do experimento foram utilizadas fêmeas de *H. hampei* provenientes de uma colônia de criação de laboratório em dieta artificial (GIRALDO-JARAMILLO; PARRA, 2018). Estas foram coletadas em frutos de café arábica de áreas experimentais da UFLA para o início da formação da colônia.

Após separação dos insetos, foram preparadas placas de Petri (5 cm Ø) forradas com papel filtro seco. As soluções dos diferentes tratamentos foram preparadas de acordo com as respectivas concentrações. Os insetos foram separados em grupos de cinco indivíduos e confinados em gaiolas confeccionadas com tecido *voile*, que foram utilizadas para a imersão dos mesmos nas soluções. Cada tratamento foi imerso na solução correspondente por cerca de 5 segundos, e em seguida transferidos sobre papel toalha para remoção do excesso das soluções inseticidas.

Posteriormente, as fêmeas de *H. hampei* tratadas foram transferidas para as placas de Petri, onde permaneceram sem alimentação com frutos de café ou dieta artificial durante o bioensaio. O bioensaio foi instalado em delineamento inteiramente casualizado em uma sala climatizada, com oito tratamentos e cinco repetições, de modo que cada repetição foi constituída por uma placa de Petri com cinco fêmeas de *H. hampei*, totalizando 40 placas.

As avaliações da mortalidade proporcionada pelos tratamentos foram realizadas diariamente por 3 dias, tempo necessário para que o inseticida padrão utilizado como controle positivo (clorantraniliprole + abamectina) causasse >80% de mortalidade dos adultos de *H. hampei*. Em cada avaliação, as placas foram abertas e registrou-se o número de insetos vivos. Aqueles insetos que não responderam ao leve toque de pincel fino foram considerados mortos e retirados das placas para as próximas avaliações.

4.4 Análise estatística

Os dados obtidos de número de insetos vivos nos dias de avaliação após aplicação foram verificados quanto aos pressupostos da normalidade dos resíduos pelo teste de Kolmogorov-Smirnov e homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. Em seguida, os dados foram analisados por análise de variância com medidas repetidas no tempo (Repeated-measures ANOVA), uma vez que os dias após aplicação são considerados pseudoreplicações. Assim, foram analisados pelo modelo os efeitos principais de tratamento, tempo e a interação

tratamento x tempo, e quando houve efeito significativo da ANOVA, as médias dos tratamentos foram separadas pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

As médias de insetos vivos em cada dia de avaliação foram utilizadas para o cálculo da eficiência de controle (%) por meio da fórmula de Abbott (1925). As análises estatísticas foram realizadas no software Statistica v.7 (STATSOFT, 2004).

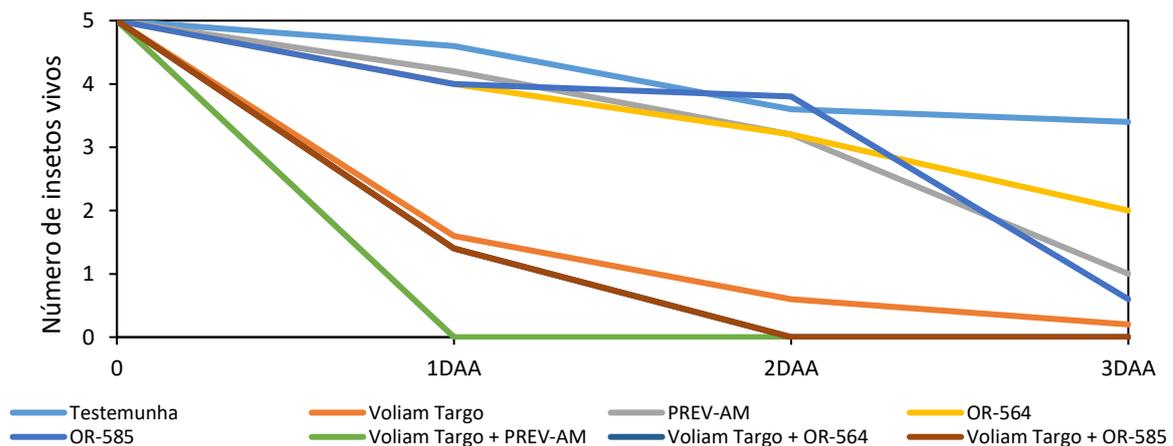
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Influência dos tratamentos x tempo na mortalidade da broca-do-café

A análise de variância (Repeated-measures ANOVA) demonstrou que houve diferença significativa da interação tratamento x tempo ($F=6,59$; $P<0,0001$) na mortalidade da broca-do-café. Este efeito significativo indica que os efeitos de alguns tratamentos foram diferentes e dependentes do tempo após exposição.

A partir dos dados obtidos do número de fêmeas vivas após aplicação por imersão nos bioinseticidas isolados e misturados com inseticida químico, observam-se diferenças nas respostas de mortalidade em função do tempo entre tratamentos (Figura 1).

Figura 1. Número médio de fêmeas vivas de *H. hampei* em função de dias após aplicação (DAA) por imersão com os tratamentos.



Nos tratamentos T6, T7 e T8, constituídos pelas misturas de um dos bioinseticidas botânicos (PREV-AM, OR-564 e OR-585) com o inseticida químico, nota-se que não houve diferença na mortalidade da broca-do-café entre os dias após aplicação (DAA). Isso demonstra o rápido efeito dos bioinseticidas botânicos quando associados com o inseticida químico na

mortalidade da praga. Embora sem diferenças entre os três tratamentos, o bioinseticida PREV-AM em associação com o inseticida químico (T6) apresentou tendência de efeito mais rápido na mortalidade de *H. hampei*, de modo que na avaliação de 1DAA já não haviam insetos sobreviventes (Tabela 1).

Os tratamentos T6, T7 e T8 proporcionaram menores médias de insetos vivos nas avaliações de 1DAA e 2DAA, diferindo dos demais tratamentos e similar ao inseticida aplicado isoladamente (T2). Para os demais tratamentos (T1 a T5), o efeito na mortalidade de *H. hampei* foi maior aos 3DAA em relação às primeiras avaliações. Não houve diferença significativa entre tratamentos aos 3DAA (Tabela 1), embora as médias de insetos vivos tenham variado de 3,4 (T1) a 0 (T6, T7 e T8).

Tabela 1. Número médio (\pm EP) de fêmeas vivas de *H. hampei* em função de dias após aplicação (DAA) dos tratamentos.

Tratamentos	1DAA	2DAA	3DAA
T1) Testemunha	4,6 \pm 0,22 aA	3,6 \pm 0,49 aA	3,4 \pm 0,33 aB
T2) Voliam Targo	1,6 \pm 0,22 bA	0,6 \pm 0,40 bA	0,2 \pm 0,36 aB
T3) PREV-AM	4,2 \pm 0,18 aA	3,2 \pm 0,00 aA	1,0 \pm 0,44 aB
T4) OR-564	4,0 \pm 0,49 aA	3,2 \pm 0,18 aA	2,0 \pm 0,33 aB
T5) OR-585	4,0 \pm 0,28 aA	3,8 \pm 0,18 aA	0,6 \pm 0,33 aB
T6) Voliam Targo + PREV-AM	0,0 \pm 0,00 bA	0,0 \pm 0,00 bA	0,0 \pm 0,00 aA
T7) Voliam Targo + OR-564	1,4 \pm 0,22 bA	0,0 \pm 0,22 bA	0,0 \pm 0,00 aA
T8) Voliam Targo + OR-585	1,4 \pm 0,36 bA	0,0 \pm 0,36 bA	0,0 \pm 0,00 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Depieri & Martinez (2010) concluíram que a pulverização do óleo de nim em *H. hampei* pode levar a morte devido a ingestão associada ao contato, resultando em baixa incidência de frutos brocados. Foi relatado no trabalho mortalidade média de 58%. Com o óleo de mamona aplicado diretamente sobre a broca-do-café houve maior na mortalidade, onde a concentração de 3,0% (v/v) causou 63,20% de mortalidade, sendo que acima de 2,0% (v/v) do óleo de mamona já se observou mortalidade superior a 50,0%. A mortalidade ocasionada pela aplicação indireta e direta sobre a broca-do-café em função das concentrações de óleo de mamona, ajustou-se ao modelo linear ($R^2 = 94,07\%$ e $P = 0,0013$; $R^2 = 94,68\%$ e $P = 0,0011$, respectivamente), ou seja, a mortalidade aumenta em função do aumento da concentração do óleo de mamona (ACRE; BRANCO, 2005)

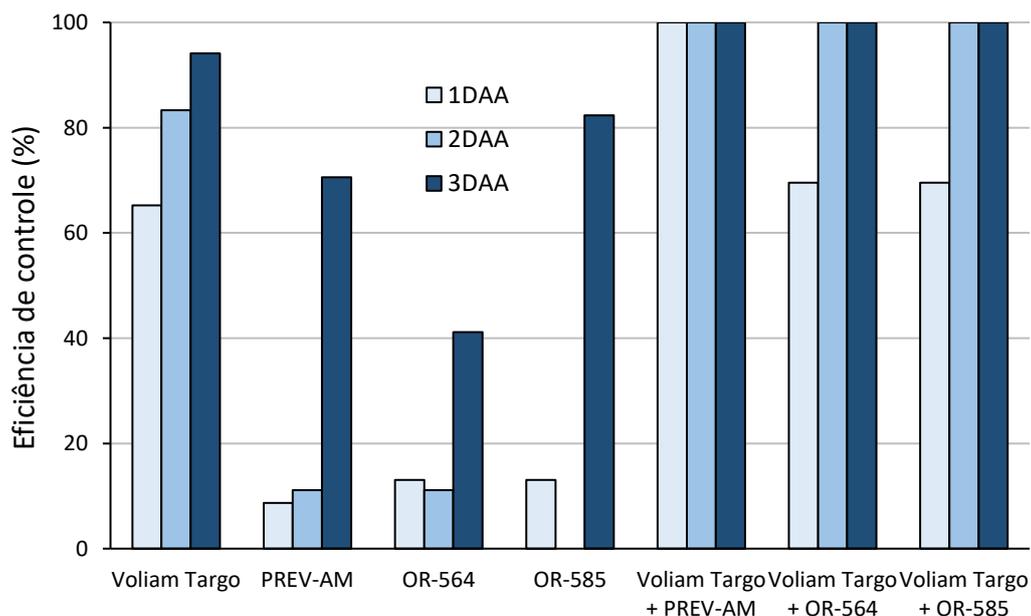
5.2 Eficiência de controle da broca-do-café pelos tratamentos

As médias de insetos vivos em cada dia de avaliação nos tratamentos e na testemunha foram utilizadas para o cálculo da eficiência de controle (%), por meio da fórmula de Abbott (Figura 1). Na avaliação de 1DAA, o tratamento que proporcionou maior porcentagem de eficiência foi com a mistura do bioinseticida PREV-AM com inseticida químico (T6), atingindo 100% de controle. Em contrapartida, o bioinseticida (T3) e inseticida químico (T2) aplicados isoladamente causaram apenas 8,7 e 65,2% de controle, respectivamente.

Aos 2DAA, as misturas dos bioinseticidas com inseticida químico (T6, T7 e T8) causaram 100% de controle da broca-do-café, enquanto os bioinseticidas PREV-AM, OR-564 e OR-585 aplicados isoladamente (T3, T4 e T5) causaram 11,1; 11,1 e 0% de controle, respectivamente. O inseticida químico apresentou eficiência de 83,3%.

Aos 3DAA, os tratamentos T6, T7 e T8 mantiveram com 100% de controle, enquanto os bioinseticidas PREV-AM, OR-564 e OR-585 aplicados isoladamente (T3, T4 e T5) causaram 70,6; 41,2 e 82,4% de controle, respectivamente. A aplicação isolada do inseticida químico (T2) causou 94,1% de eficiência de controle.

Figura 2. Eficiência de controle (%) de fêmeas de *H. hampei* em função dos dias após aplicação (DAA) por imersão nos tratamentos.



Em estudo realizado por Lopes et al. (2009), que utilizou diferentes diluições (0,0, 0,3, 0,4, 0,5, 0,6 e 0,7%) do bioinseticida de casca de laranja Prev-Am, no controle do pulgão *Hyadaphis foeniculi* Passerini, em plantas de erva-doce (*Pimpinella anisum L.*), observou eficiência acima de 90% a partir de 0,3%. Os afídeos apresentavam-se dessecados, devida a ação do produto que atua por contato, causando a ruptura do exoesqueleto, levando a morte do inseto. Lopes et al. (2009) também testou diferentes concentrações (0,0; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7%) do óleo essencial no controle de cochonilha *Dactylopius opuntiae* Cockerell em área de cultivo de palma gigante, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, e constataram eficiência acima de 90% a partir da concentração 0,3%.

Trabalho realizado por Mona (2013) evidenciou resultados significativos de óleos essenciais de citros, em larvas de quarto instar de *Spodoptera littoralis* Boisduval. Utilizaram óleos de quatro espécies, obtidos por hidrodestilação, *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle, *C. limon*, *C. paradisi* e *C. sinensis*, nas concentrações 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 e 50 $\mu\text{L L}^{-1}$. Constatou-se atividade inseticida para todas as espécies, com valores de LC50 de 6,84, 6,88, 5,32 e 18,01 $\mu\text{L L}^{-1}$, para *C. aurantifolia*, *C. sinensis*, *C. limon* e *C. paradisi*, respectivamente. O terpeno limoneno foi o composto mais abundante encontrado nas quatro espécies, o provável responsável pela morte das larvas

Em estudo realizado por Santos et al (2010) com extrato de folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café *Hypotenemus hampei* os resultados demonstraram boa eficiência na mortalidade dos insetos, abrindo novas perspectivas para sua utilização como inseticida no controle biológico. Depois de 24h do bioensaio, a diluição de 25 mg mL^{-1} promoveu 100% de mortalidade. As diluições de 5,0 a 0,004 mg mL^{-1} também foram eficientes, sendo que apenas a diluição de 0,0008 mg mL^{-1} não apresentou efeito significativo em relação ao controle. De forma geral, os resultados alcançados após 24h não apresentaram diferença estatística daqueles observados às 48h, o que evidencia a rápida ação inseticida do extrato.

Com base nos resultados encontrados no presente trabalho, ficam evidentes os maiores efeitos dos bioinseticidas botânicos quando associados com o inseticida químico à base de clorfantriliprole + abamectina no controle da broca-do-café. Esses resultados obtidos em condições controladas de laboratório por meio da exposição dos insetos por imersão nas soluções inseticidas podem apresentar importante implicação prática em estratégias de manejo integrado na cultura do café, merecendo futuras pesquisas em campo para confirmação da eficiência de controle da praga.

Além disso, são sugeridos trabalhos que avaliem os efeitos de contato e ingestão em frutos tratados, e os efeitos subletais dos bioinseticidas botânicos nos aspectos biológicos e reprodutivos da broca-do-café. O conhecimento dessas informações pode contribuir para o desenvolvimento de estratégias mais eficientes para a redução populacional da praga no campo ao longo da safra.

6 CONCLUSÕES

- Os bioinseticidas botânicos PREV-AM, OR-564 e OR-585 apresentam sinergismo em mistura com o inseticida químico à base de clorantraniliprole + abamectina no controle da broca-do-café quando exposta via imersão em laboratório;
- Os tratamentos constituídos pelas misturas dos bioinseticidas PREV-AM, OR-564 e OR-585 com inseticida químico à base de clorantraniliprole + abamectina causaram 100% de controle da broca-do-café aos 3DAA quando exposta via imersão em laboratório.

7 REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v. 18, p. 265-267, 1925.
- ACRE, E.; BRANCO, R. **Toxicidade do óleo de mamona a broca-do-café** [*Hypothenemus hampei* Celestino, F. N. et al. (FERRARI) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE)]. n. June, p. 485–489, 2005.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução-RDC n°28: **Regulamento técnico para o ingrediente ativo endossulfan em decorrência da reavaliação toxicológica**. Brasília, 2010. Disponível em: Acesso 12 de Agosto. 2022.
- AZAR, P. A. et al. Chemical composition of the essential oils of *Citrus sinensis* cv. Valencia and a quantitative structure–retention relationship study for the prediction of retention indices by multiple linear regressions. **Journal of the Serbian Chemical Society**, v. 76, n. 12, p. 1628, 2011.
- BERTRAND, B. et al. Impact of the *Coffea canephora* gene introgression on beverage quality of *C. arabica*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 107, p. 387-394, 2003.
- BUSTILLO, E. a.; VILLALBA, A. **Manejo da Broca-do-café** - Workshop Internacional. Anais do Workshop Internacional do Manejo da broca-do-café, p. 37–50, 2004.
- CASTRO, K. N. C. et al. Ação de óleos e extratos vegetais no controle de *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* in vitro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 7.,

2011, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza, 6 p.

CEJA-NAVARRO, J. A.; VEGA, F. E.; KARAOZ, U.; HAO, Z.; JENKINS, S.; LIM, H. C.; KOSINA, P.; INFANTE, F.; NORTHEN, T. R.; BRODIE, E. L. Gut microbiota mediate caffeine detoxification in the primary insect pest of coffee. **Nature Communications**, v. 6, n. May, 2015. doi: 10.1038/ncomms8618.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v.9 safra 2022, n. 1, primeiro levantamento janeiro 2022.

DAMON, A. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). **Bulletin of Entomological Research**, Cardiff, v. 90, n. 6, p. 453-465, 2000.

DEPIERI, R. A.; MARTINEZ, S. S. Redução da sobrevivência da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), e do seu ataque aos frutos de café pela pulverização com Nim em laboratório. **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 39, n. 4, p. 632-637, 2010.

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

FRANKS, S. J.; WHEELER, G. S.; GOODNIGHT, C. Genetic variation and evolution of secondary compounds in native and introduced populations of the invasive plant *Melaleuca quinquenervia*. **Evolution**, Malden, v. 66, n. 5, p. 1398-1412, 2012.

GIRALDO-JARAMILLO, M.; PARRA, J. R. P. Artificial diet adjustments for Brazilian strain of *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae). **Coffee Science**, v. 13, p. 132-135, 2018.

GOMES, M. S. **Atividades biológicas dos óleos essenciais de três espécies do gênero Citrus e de seus componentes majoritários**. Dissertação (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

HEINRICH, W.O. Aspectos do combate biológico às pragas do café. **O Biológico**, v.31, JAMARILLO, J. et al., Development of an improved laboratory production technique for the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, using fresh coffee berries. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam v. 130, n. 3, p. 275-281, Mar. 2009.

KOSINA, P.; INFANTE, F.; NORTHEN, T. R.; BRODIE, E. L. Gut microbiota mediate caffeine detoxification in the primary insect pest of coffee. **Nature Communications**, v. 6, n. May, 2015. doi: 10.1038/ncomms8618.

LOPEZ, E. B. et al. Desempenho do óleo de laranja no controle da cochonilha-do-carmim em palma gigante. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 252-258, 2009.

LOPEZ, E. B. et al. Potencialidade do óleo de laranja no controle do pulgão preto dos citros. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, n. 2, p. 23-26, 2009.

- MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 19, n. 1, p. 29-35, 2014. p.1, 1965.
- MONA, M. G. S. Chemical composition and biological activities of four citrus essential oils. **Journal Plant Prot And Pathology**, Bari, v. 4, n. 9, p. 767-780, 2013.
- PARRA, J. R. P.; REIS, P. R. Manejo integrado para as principais pragas da cafeicultura, no Brasil. **Visão Agrícola**, n. 12, p. 47–50, 2013.
- PÉREZ, Y. O. et al. Aplicación de extractos de hojas de *Ricinus communis* L. en el control de la Broca del cafeto. **Centro Agrícola**, Villa Clara, v. 39, n. 1, p. 85- 90, 2012.
- 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.
- PARRA, J. R. P.; REIS, P. R. **Manejo integrado para as principais pragas da cafeicultura, no Brasil**. Visão Agrícola, n. 12, p. 47–50, 2013.
- SCHMUTTERER, H. (Ed.). **The neem tree *Azadirachta indica* A. Juss. and other meliaceous plants**. VCH, Weinheim, 1995. 696 p.
- SOUZA, B.H.S. Manejo integrado de pragas da pitaiá. In: ENCONTRO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PITAIA, 2., Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA; NEFRUT; Uberaba: AbraPPitaiá, 2020. p.36-40.
- 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).
- STATSOFT, Inc. **Statistica** (data analysis software system), version 7. StatSoft Inc., Tulsa, 2004. Disponível em: <www.statsoft.com>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- TSAI, B. Y. Effect of pells of lemon, orange, and grapefruit against *Meloidogyne incognita*. **Plant Pathology Bulletin**, Zhihu, v. 17, p. 195-201, 2008.
- VEGA, F. E. INFANTE, F., CASTILLO, A. JARAMILLO, J. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. **Terrestrial Arthropod Reviews**. Leiden, 2009.
- VENZON, M. Agro-Ecological management of coffee pests in Brazil. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 5, p. 1–13, 2021. doi: 10.3389/fsufs.2021.721117.