



JOSÉ JUSTO ESCOBAR PADILLA

**CARACTERIZAÇÃO DOS EFEITOS DE FORMULADO À
BASE DE NIM NO DESEMPENHO DE *Hypothenemus hampei*
E APLICAÇÃO EM ESTRATÉGIAS DE MANEJO EM CAFÉ
ARÁBICA**

**LAVRAS-MG
2022**

JOSÉ JUSTO ESCOBAR PADILLA

**CARACTERIZAÇÃO DOS EFEITOS DE FORMULADO À BASE DE
NIM NO DESEMPENHO DE *Hypothenemus hampei* E APLICAÇÃO EM
ESTRATÉGIAS DE MANEJO EM CAFÉ ARÁBICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Bruno Henrique Sardinha de Souza

**LAVRAS-MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Escobar Padilla, José Justo.

Caracterização dos efeitos de formulado à base de nim no desempenho de *Hypothenemus hampei* e aplicação em estratégias de manejo em café arábica / José Justo Escobar Padilla. - 2022.

68 p.

Orientador(a): Bruno Henrique Sardinha de Souza.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Broca-do-café. 2. Manejo integrado de pragas. 3. Openeem Plus. I. Sardinha de Souza, Bruno Henrique. II. Título.

JOSÉ JUSTO ESCOBAR PADILLA

**CARACTERIZAÇÃO DOS EFEITOS DE FORMULADO À BASE DE
NIM NO DESEMPENHO DE *Hypothenemus hampei* E APLICAÇÃO EM
ESTRATÉGIAS DE MANEJO EM CAFÉ ARÁBICA**

**CHARACTERIZATION OF THE EFFECTS OF A NEEM BASED
FORMULATE ON THE PERFORMANCE OF *Hypothenemus hampei*
AND ITS APPLICATION ON MANAGEMENT STRATEGIES IN
ARÁBICA COFFEE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 11 de fevereiro de 2022.
Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza UFLA
Dr. Geraldo Andrade De Carvalho UFLA
Dr. Rogério Antônio Silva EPAMIG

Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais José Justo Escobar e Marcelina de Jesus Padilla Guillen, pela confiança, apoio, compreensão e pelas palavras de conforto nos momentos difíceis, obrigado por esse amor incondicional.

Agradeço a minha amada esposa Ana Lucía Villalobos Núñez por me dar todo seu carinho, apoio, paciência e amor, obrigado por ser minha companheira de vida.

A minhas irmãs Sailing Marcela Escobar Padilla, Marlen Ivone Escobar Padilla, Carmen Alicia Escobar Padilla e Belkin Sarai Escobar Padilla por tudo o que vocês fizeram por mim ao longo dos anos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Henrique Sardinha de Souza pela paciência e os conhecimentos que ele compartilhou comigo durante minha etapa de formação do mestrado, também pelo apoio e orientação na realização desta pesquisa.

Aos meus amigos pela paciência e ajuda nos momentos de dificuldade, pela compreensão e carinho, em especial Remédios Salinas Sánchez e Maria Rosario Pineda Arteaga por estar sempre ao meu lado e demonstrar uma amizade sincera.

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade, ao Departamento de Entomologia e, aos professores pelos ensinamentos.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq).

A todos os professores da Universidade Federal de Lavras, especialmente aos professores do Departamento de Entomologia que com seu trabalho ajudam na formação de profissionais de qualidade para o Brasil e para o mundo.

RESUMO

Uma das principais ameaças à produção de café no Brasil e no mundo é o inseto-praga conhecido popularmente como broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Vários cafeicultores utilizam aplicações de inseticidas químicos praticamente como único método de controle de *H. hampei*, mas uma estratégia que vem sendo usada nos últimos anos é a aplicação de bioinseticidas. Estudos anteriores demonstraram que bioinseticidas à base de nim podem causar redução dos frutos danificados, mortalidade e efeito repelente à broca-do-café, com potencial para ser integrado em estratégias de manejo em café arábica. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de controle da broca-do-café em plantas de café arábica com o uso de produto à base de extrato de nim (Openeem Plus) em estratégias de manejo integrado com inseticidas químicos e microbiológico, e caracterizar os efeitos do produto botânico quanto à deterrência e desenvolvimento da praga. Avaliou-se a eficiência do produto à base de extrato de nim aplicado isoladamente, em rotação ou em associação com inseticidas em campo; a preferência e colonização da broca-do-café em frutos verdes e cerejas tratados e não tratados com extrato de nim em laboratório, e o desenvolvimento da praga em laboratório em dieta artificial e em gaiolas presas nos frutos em campo comparando os efeitos do extrato de nim com a testemunha. Nos experimentos de campo, algumas combinações de tratamentos mantiveram a porcentagem de frutos brocados abaixo do nível de dano econômico (10% de frutos brocados), além de alta eficiência de redução das infestações de larvas nos frutos. Nos ensaios de campo com gaiolas presas nos frutos, o número de ovos foi maior na testemunha em comparação com o extrato de nim. Nas avaliações da preferência e colonização da broca-do-café por frutos verdes ou cerejas comparados com frutos não tratados, não houve diferença entre os tratamentos. Nos ensaios com aplicação de extrato de nim em dieta artificial, a porcentagem de placas com presença de ovos e o número de ovos foi reduzido pelo extrato de nim. Pelos resultados obtidos em laboratório e gaiolas em campo, houve interferência direta do extrato de nim na fisiologia e desenvolvimento da broca-do-café, reduzindo a oviposição das fêmeas expostas, e/ou efeito de deterrência em médio prazo durante a alimentação e oviposição nas sementes devido à impalatabilidade causada pelo extrato de nim. Também foi demonstrado que as aplicações dos tratamentos no momento adequado podem aumentar a eficiência de controle das populações da praga, evidenciado pelo efeito significativo do tempo das avaliações após as aplicações nas infestações em campo. Conclui-se que o extrato de nim pode ser usado em estratégias de manejo integrado da broca-do-café com aplicações em rotação ou mistura com inseticidas químicos e microbiológico em café arábica, afetando principalmente a infestação da praga pela redução da oviposição.

Palavras-chave: Broca-do-café; Manejo integrado de pragas; Openeem Plus.

ABSTRACT

One of the main threats to the production of coffee in Brasil and in the world is the insect plague mostly known as coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Most coffee producers use applications of chemical insecticides as basically the only method of control. Nevertheless, a strategy that has been increasing in use in the last few years is the application of bioinsecticides; Studies have shown that bioinsecticides based on neem extracts can cause reduction in damaged fruits, higher mortality and a repellent effect on the coffee berry borer, with potential for being introduced in the management strategies for arabica coffee. The objective of this study was to evaluate the efficiency of control of the coffee berry borer in plants of arabica coffee with the use of a product based on neem extract (Openeem Plus) in strategies of integrated management with chemical and microbiological insecticides, and characterize the effects of the botanical product in terms of deterrence and development of the plague. The efficiency of the product was evaluated in applications that were isolated, in rotation or in association with other insecticides in the field, the preference and colonization of the coffee berry borer in green and red fruits was done comparing treated and non-treated grains in the laboratory and the development of the plague was studied in the laboratory using artificial diet and in traps in the fields comparing the effects of the neem treated fruits with the witness. In the field experiments, some combinations of treatments maintained the percentage of damaged fruits below the level of economic damage (10% of damaged fruits), besides the high efficiency in the reduction of larvae infestation in the fruits. In the field trials with traps, the number of eggs was higher in the witness in comparison with the neem extract. In the evaluations of preference and colonization of the coffee berry borer in green and cherry grains, there was no difference between the treatments. In the trials with application of the neem extract in artificial diet, a percentage of dishes with presence of eggs and the number of eggs was reduced by the neem extract. Considering the results obtained in the laboratory and traps in the field, there was a direct interference of the neem extract in the physiology and development of the coffee berry borer, reducing the oviposition in the exposed females, and/or a medium term deterrence effect during the feeding and oviposition in the seeds due to unpalatability caused by the neem extract. It was also demonstrated that the applications of the treatments in the precise time can increase the efficiency in control of the populations of the plague, evidenced by the significant effect of the time evaluations in the field infestations. It is concluded with these studies that the neem extract can be used in integrated pest management strategies for the coffee berry borer, with applications in rotations or mixtures with chemical and microbiological products in arabica coffee, affecting mainly the infestation of the plague by the reduction of the oviposition.

Keywords: Coffee borer; Integrated pest management; Openeem Plus.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Flutuação da porcentagem de frutos brocados de café arábica por infestações da broca-do-café em 3 avaliações após 3 aplicações dos tratamentos em campo, safra 2019/2020.	22
Figura 2 – Número médio de adultos totais/fruto (Safra 2019/2020).....	23
Figura 3 – Número médio de adultos vivos/fruto (Safra 2019/2020).....	24
Figura 4 – Número médio de frutos brocados sem adultos (Safra 2019/2020).....	25
Figura 5 – Número médio de larvas vivas/fruto (Safra 2019/2020).....	26
Figura 6 – Número médio de pupas vivas/fruto (Safra 2019/2020).....	27
Figura 7 – Flutuação da porcentagem de frutos brocados pela broca-do-café e nível de dano econômico alcançado pelos tratamentos nas aplicações de campo (Safra 2020/2021).	28
Figura 8 – Número médio de adultos totais/fruto (Safra 2020/2021).....	29
Figura 9 – Número médio de adultos vivos/fruto (Safra 2020/2021).....	30
Figura 10 – Número médio de frutos brocados sem adultos (Safra 2020/2021).....	31
Figura 11 – Número médio de larvas vivas/fruto (Safra 2020/2021).....	32
Figura 12 – Número médio de pupas vivas/fruto (Safra 2020/2021).....	33
Figura 13 – Efeito na oviposição da broca-do-café pela aplicação do extrato de nim em frutos cerejas em campo avaliados 20 dias após aplicação (Safra 2019/2020).....	34
Figura 14 - Efeito na oviposição da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos cerejas em campo avaliados 40 dias após aplicação (Safra 2019/2020).	35
Figura 15 - Efeito no desenvolvimento de larvas da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos cerejas em campo avaliados 40 dias após aplicação (Safra 2019/2020).	36
Figura 16 - Efeito na oviposição da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos verdes em campo avaliados 90 dias após aplicação (Safra 2020/2021).	37
Figura 17 - Efeito no desenvolvimento de larvas da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos verdes em campo avaliados 90 dias após aplicação (Safra 2020/2021)..	38
Figura 18 – Proporção de fêmeas adultas da broca-do-café atraídas e perfurando frutos cereja entre testemunha e extrato de nim (Safra 2019/2020).	39
Figura 19 – Número de furos na coroa e de adultos da broca-do-café no interior dos frutos cerejas na testemunha e extrato de nim (Safra 2019/2020).	40
Figura 20 – Proporção de fêmeas adultas da broca-do-café atraídas e perfurando frutos verdes entre testemunha e extrato de nim (Safra 2020/2021).	41
Figura 21 – Número de furos na coroa e de adultos da broca-do-café no interior dos frutos verdes na testemunha e extrato de nim (Safra 2020/2021).....	42
Figura 22 – Porcentagem de fêmeas colonizadoras sobreviventes da broca-do-café em dieta artificial com e sem aplicação de extrato de nim.....	43
Figura 23 – Porcentagem de placas com presença de ovos, larvas, pupas e adultos da broca-do-café em dieta artificial com e sem extrato de nim.....	44
Figura 24 – Número médio/placa de ovos, larvas, pupas e adultos da broca-do-café em dieta artificial tratada com e sem extrato de nim.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Produtos usados, seus ingredientes ativos e modos de ação.....	13
Tabela 2. Tratamentos aplicados em estratégias de manejo da broca-do-café, safra 2019/2020.....	15
Tabela 3. Tratamentos aplicados em estratégias de manejo da broca-do-café, safra 2020/2021.....	16

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	4
2.1	Objetivo geral.....	4
2.2	Objetivos específicos.....	4
3	HIPÓTESES.....	5
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
4.1	Broca-do-café, <i>H. hampei</i>	6
4.2	Métodos de controle da broca-do-café.....	8
4.3	O nim como inseticida.....	10
4.4	Uso de produtos à base de nim no manejo integrado da broca-do-café.....	11
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5.1	Produtos químicos, microbiológico e à base de extrato de nim utilizados....	13
5.2	Experimentos de campo.....	15
5.2.1	Tratamentos e delineamento experimental.....	15
5.2.2	Condução dos experimentos de campo.....	16
5.3	Bioensaios em campo.....	17
5.3.1	Desenvolvimento da broca-do-café em frutos cereja em gaiolas no campo tratados com extrato de nim.....	17
5.3.2	Desenvolvimento da broca-do-café em frutos verdes em gaiolas no campo tratados com extrato de nim.....	18
5.4	Bioensaios em laboratório.....	18
5.4.1	Preferência e colonização da broca-do-café em frutos cerejas tratados com extrato de nim.....	18
5.4.2	Preferência e colonização da broca-do-café em frutos verdes tratados com extrato de nim.....	19
5.4.3	Desenvolvimento da broca-do-café em dieta artificial contendo extrato de nim.....	20
5.5	Análises estatísticas.....	20
6	RESULTADOS.....	22
6.1	Experimentos de campo.....	22
6.2	Bioensaios em campo.....	34
6.2.1	Desenvolvimento da broca-do-café em frutos cerejas em gaiolas no campo tratados com extrato de nim.....	34
6.2.2	Desenvolvimento da broca-do-café em frutos verdes em gaiolas no campo tratados com extrato de nim.....	37
6.3	Bioensaios em laboratório.....	39
6.3.1	Preferência e colonização da broca-do-café em frutos cerejas tratados com extrato de nim.....	39
6.3.2	Preferência e colonização da broca-do-café em frutos verdes tratados com extrato de nim.....	41
6.3.3	Desenvolvimento da broca-do-café em dieta artificial contendo extrato de nim.....	43
7	DISCUSSÃO.....	46
8	CONCLUSÕES.....	54
9	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

Depois do petróleo, o café é o bem mais valioso do mundo (CURE et al., 2020), o que significa lucros para as pessoas e empresas envolvidas em toda a sua cadeia de valor, desde os pequenos produtores até os processadores e cafeterias ao redor do mundo. Uma das principais ameaças à produção de café é o inseto praga conhecido popularmente como broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). A broca-do-café é uma praga originária da África, introduzida acidentalmente na América, possivelmente por meio da compra de sementes infestadas. Quando atinge um local com condições favoráveis, desenvolve todo o seu potencial biótico e atinge níveis populacionais elevados (BUSTILLO, 2008). A broca-do-café é considerada a principal praga da cultura mundialmente (BENAVIDES et al., 2003; CANTOR et al., 2015; CÁRDENAS et al., 2007; CURE et al., 2020; DAMON, 2000), sendo responsável por causar perdas econômicas a todos os países onde está presente (JARAMILLO et al., 2006).

Entre os danos que a broca-do-café causa estão a perfuração e alimentação por adultos e larvas e danos físicos ao grão, que reduzem seu peso e permite a entrada de outras pragas e patógenos. As fêmeas da broca-do-café infestam o cafeeiro quando os frutos ainda estão verdes e causa quedas prematuras (CÁRDENAS et al., 2007; DAMON, 2000). As larvas de *H. hampei* se alimentam do endosperma dos frutos (JARAMILLO, 2006) e podem afetar o tempo de armazenamento no período de pós-colheita (REYES et al., 2019; VIJAYALAKSHMI et al., 2014). A praga não ataca as folhas, galhos ou caule das plantas de café, ocasionando danos diretos por atacar os frutos do café (DAMON, 2000). Todos esses danos podem levar à redução geral na produção e qualidade dos frutos e afetar a qualidade e sabor da bebida (DEPIERI; MARTINEZ, 2010).

Cada fase do desenvolvimento de *H. hampei* depende das condições ambientais locais (CANTOR et al., 2015). O número de gerações também pode variar; por exemplo, em Lavras, Brasil, três gerações foram encontradas entre janeiro e junho (FERREIRA et al., 2000); na Colômbia, três gerações por ano (CÁRDENAS et al., 2007), e em Uganda, até oito gerações anuais (DAMON, 2000). A dinâmica populacional e os padrões de infestação de *H. hampei* também estão intimamente relacionados com fatores climáticos como precipitação, umidade relativa e temperatura (JARAMILLO et al., 2006), assim como à fisiologia da própria planta (BUSTILLO, 2008). Os períodos chuvosos com altas

temperaturas favorecem o rápido crescimento das populações de *H. hampei* e a dispersão das fêmeas, que são atraídas pelo odor produzido por compostos secundários e substâncias voláteis, cor e forma do fruto (BUSTILLO, 2008). Nesse período de dispersão das fêmeas em campo, conhecido como período de trânsito, as fêmeas já fecundadas abandonam os frutos remanescentes e saem em busca de frutos sadios para nova colonização (GUIMARÃES et al., 2010), sendo esse momento o mais adequado para aplicar medidas de controle.

Vários cafeicultores utilizam aplicações de inseticidas químicos sintéticos como praticamente único método para o controle de *H. hampei*, sendo o inseticida organofosforado clorpirifós o mais utilizado após a proibição do ciclodieno endosulfan (JARAMILLO et al., 2006; REYES et al., 2019), embora inseticidas de outros grupos químicos como piretroides e diamidas antranílicas também sejam comumente utilizados (JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, 2020; MATUS MIRANDA; 2020). O controle da broca-do-café com inseticidas pode não ser muito eficiente porque os adultos e as larvas, e as formas biológicas que causam danos, ficam protegidos dentro dos frutos, onde os insetos se reproduzem rapidamente (DAMON, 2000; REYES et al., 2019). Além disso, há relatos de resistência a inseticidas após uso prolongado, reduzindo a eficiência do controle químico (ALVES DOS SANTOS et al., 2010; BENAVIDES et al., 2003; BUSTILLO, 2008; DEPIERI; MARTINEZ, 2010; METELLUS et al., 2020).

O uso do controle químico dentro de um programa de manejo integrado de pragas (MIP) é recomendado com base em análises de custo-benefício e amostragens periódicas, de modo que a tomada de decisão do controle geralmente ocorre quando 3-5% dos frutos apresentam perfurações (BUSTILLO et al., 1993; METELLUS et al., 2020), e o dano econômico atinge com 10% (REIS, 2016). Quando os produtores utilizam o controle químico de forma excessiva, esses produtos podem trazer consequências graves, como contaminação ambiental, resíduos no solo e nas plantas, eliminação de insetos benéficos, e perda de eficácia devido à seleção de populações resistentes da praga (BOTREL MIRANDA et al., 2011; NEVES; HIROSE, 2005; REYES et al., 2019; SANTOS et al., 2010).

Na busca de novas formas de controle de pragas agrícolas, uma grande variedade de substâncias secundárias produzidas pelas plantas passou a ser atraente para estudos (ALVES DOS SANTOS et al., 2010), e nos últimos anos, mais pesquisas foram realizadas sobre inseticidas botânicos (NEVES CELESTINO et al., 2014; NEVES CELESTINO et al., 2016; REYES et al., 2019; VIJAYALAKSHMI et al., 2014). Produtos formulados à

base de plantas de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) estão entre os de maior disponibilidade no mercado para controle de insetos-praga, inclusive com registro para uso na agricultura orgânica.

Estudos de campo mostraram que o óleo de nim causou redução nos frutos danificados, mortalidade dentro dos frutos e também apresentou efeito repelente contra a broca-do-café (NEVES CELESTINO et al., 2016). O nim possui propriedades inseticidas e já é utilizado comercialmente em algumas culturas, sendo também recomendado para o controle de *H. hampei* em cafeeiro (DAMON, 2000; NEVES CELESTINO et al., 2016). Dos 25 compostos constituintes de *A. indica* estudados até o momento, incluindo salanina (glucoalcaloide), meliantról (triterpenoide), gedunina (isoprenoides), nimbolina (tetranortriterpenos), nimbinem (isoprenoide), dacetilsalanina (terpenoide), as azadiractinas são os compostos mais ativos e que podem ser encontradas no extrato ou óleo das sementes de nim (DEPIERI; MARTÍNEZ, 2010). As azadiractinas têm efeito deterrente na alimentação, regulam o crescimento, atuam em vários processos fisiológicos, afetam a redução da fertilidade e fecundidade, repelência e mortalidade de insetos (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; NEVES CELESTINO et al., 2016; REYES et al., 2019; VIJAYALAKSHMI et al., 2014).

Devido à baixa eficiência, de modo geral, dos inseticidas registrados para a broca-do-café, torna-se fundamental a avaliação de estratégias de MIP utilizando-se os poucos inseticidas registrados disponíveis em rotações ou misturas com produtos biológicos formulados à base de plantas e microrganismos entomopatogênicos para atingir controle satisfatório da praga. Além disso, atualmente há uma crescente demanda por parte da sociedade pelo consumo de produtos agrícolas que sejam produzidos de forma mais sustentável e livre ou com quantidade mínima de resíduos químicos. Assim, o emprego dessa estratégia de manejo integrado da broca-do-café, considerada a principal praga da cultura, pode auxiliar com práticas mais sustentáveis na produção cafeeira.

Este trabalho visou avaliar estratégias de manejo da broca-do-café utilizando um produto formulado à base de extrato de nim aplicado em associação com inseticidas químicos e microbiológico. Além disso, foram realizados experimentos em campo e laboratório com o extrato à base de nim para caracterizar os efeitos quanto à deterrência e desenvolvimento da broca-do-café.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de controle da broca-do-café em café arábica com uso de produto à base de extrato de nim em estratégias de manejo integrado com inseticidas químicos e microbiológico, e caracterizar os efeitos do produto à base de nim quanto à deterrência e desenvolvimento da praga.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a eficiência de controle da broca-do-café com o produto à base de extrato de nim aplicado isoladamente, em rotação ou em associação com inseticidas em condições de campo em Lavras, região Sul de Minas Gerais;

- Avaliar os efeitos do extrato de nim na preferência e colonização da broca-do-café em frutos verdes em laboratório;

- Avaliar os efeitos do extrato de nim na preferência e colonização da broca-do-café em frutos cerejas em laboratório;

- Avaliar os efeitos do extrato de nim no desenvolvimento da broca-do-café em dieta artificial em laboratório;

- Avaliar os efeitos do extrato de nim no desenvolvimento da broca-do-café em frutos verdes em gaiolas em campo;

- Avaliar os efeitos do extrato de nim no desenvolvimento da broca-do-café em frutos cerejas em gaiolas em campo.

3 HIPÓTESES

- H1: A aplicação estratégica do produto à base de extrato de nim associada com inseticidas em café arábica causa redução da infestação de *H. hampei* em campo;
- H2: O produto à base de extrato de nim causa deterrência às fêmeas da broca-do-café quando aplicado em frutos verdes ou cerejas de café arábica;
- H3: O produto à base de extrato de nim afeta negativamente o desenvolvimento biológico da broca-do-café quando aplicado em frutos verdes ou cerejas e sobre dieta artificial.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Depois do petróleo, o café é o bem mais valioso do mundo (CURE et al., 2020), o que significa lucros para todas as pessoas e empresas envolvidas em toda a sua cadeia de valor, desde os pequenos produtores até os processadores e cafeterias ao redor do mundo. Uma das principais ameaças à produção de café é o inseto praga conhecido popularmente como broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae).

Na busca de novas estratégias de controle de pragas agrícolas, uma grande variedade de substâncias secundárias produzidas pelas plantas passou a ser atraente para estudos (ALVES DOS SANTOS et al., 2010), e nos últimos anos, mais pesquisas foram realizadas sobre o uso de inseticidas botânicos (NEVES CELESTINO et al., 2014; NEVES CELESTINO et al., 2016; REYES et al., 2019; VIJAYALAKSHMI et al., 2014). Produtos formulados à base de plantas de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) estão entre os de maior disponibilidade no mercado para controle de insetos-praga, inclusive com registro para uso na agricultura orgânica.

4.1 Broca-do-café, *H. hampei*

A broca-do-café é uma praga exótica originária da África, introduzida acidentalmente na América, possivelmente por meio da compra de sementes infestadas. Quando atinge um local com condições favoráveis, desenvolve todo o seu potencial biótico e atinge níveis elevados de população (BUSTILLO, 2008). A broca-do-café é considerada a principal praga da cultura e encontra-se dispersa na maioria de regiões cafezeiras do mundo (ALARCON et al., 2017; BENAVIDES et al., 2003; CANTOR et al., 2015; CÁRDENAS et al., 2007; CURE et al., 2020; DAMON, 2000; DE LOS SANTOS et al., 2019; NEVES CELESTINO et al., 2016), sendo responsável por causar perdas econômicas a todos os países onde está presente (JARAMILLO et al., 2006). Essa praga pode atacar o café tanto em campo quanto em armazenamento (VIJAYALAKSHMI et al., 2014). Calcula-se que os danos da broca do café em nível mundial podem atingir 500 milhões de dólares (NINO et al., 2007; IRULANDI, ALEJOS-LOYOLA e VALVERDE-RODRIGUEZ, 2020).

A broca-do-café é um inseto pequeno, de cor preta, de aproximadamente 1,5 mm comprimento por 1 mm de largura, pertencente à ordem Coleoptera. As fêmeas podem

colocar entre 31 e 119 ovos, e seu ciclo consta das fases de ovo, larva, pupa e adulta. O ciclo de vida da broca-do-café pode levar entre 28-34 dias. As condições favoráveis para seu desenvolvimento são 90-100% de umidade relativa, e temperaturas entre 25°C e 26°C. A sua sobrevivência e multiplicação inicial são favorecidas por condições de sombra. Algumas fontes de infestação podem ser os frutos deixados de colheitas anteriores, frutos caídos, frutos que são produzidos fora da temporada, plantas com frutos não colhidos completamente ou grãos deixados para ser usados como sementes, sendo que a infestação começa nos frutos que estão na planta, mas a reprodução continua nos frutos que caem no solo (SAMMY, 2018; ALEJOS-LOYOLA e VALVERDE-RODRIGUEZ, 2020).

Entre os danos que a broca-do-café causa estão a perfuração e alimentação por adultos e larvas e danos físicos ao grão, reduzindo seu peso e permitindo a entrada de outras pragas e patógenos, destruindo parcial ou totalmente os grãos. Para seu estabelecimento e reprodução, a broca-do-café precisa fazer galerias no interior dos frutos (ALARCON et al., 2017; ALEJOS-LOYOLA e VALVERDE-RODRIGUEZ, 2020; DE LOS SANTOS et al., 2019; ZORZETTI et al., 2012). Entre os danos característicos da praga estão a podridão dos grãos em formação, pela entrada de microrganismos, e queda de frutos jovens. Esses efeitos são ainda maiores devido ao nível elevado de populações, as dificuldades para fazer um controle eficiente e as limitações para comercializar os grãos danificados (VASQUEZ et al., 2009; VUELTA et al., 2017).

Quando não há número suficiente de frutos maduros, *H. hampei* também pode atacar os frutos verdes, causando quedas prematuras e comprometendo a germinação e viabilidade das sementes (CÁRDENAS et al., 2007; DAMON, 2000). As larvas de *H. hampei* se alimentam do endosperma no interior dos frutos (JARAMILLO, 2006), podendo também afetar o tempo de armazenamento na pós-colheita (REYES et al., 2019; VIJAYALAKSHMI et al., 2014). A praga não afeta as folhas, galhos ou caule das plantas de café (DAMON, 2000). Todos esses danos podem levar a uma redução geral na produção e na qualidade dos frutos, além da qualidade e sabor da bebida (DEPIERI; MARTINEZ, 2010; NEVES CELESTINO et al., 2016).

Cada fase do desenvolvimento de *H. hampei* depende das condições ambientais locais (CANTOR et al., 2015). O número de gerações também pode variar, por exemplo, em Lavras, Brasil, foram verificadas três gerações entre janeiro e junho (FERREIRA et al., 2000); na Colômbia, três gerações por ano (CÁRDENAS et al., 2007), e em Uganda, até oito gerações anuais (DAMON, 2000). A dinâmica populacional e os padrões de

infestação de *H. hampei* também estão intimamente relacionados a fatores climáticos como precipitação, umidade relativa e temperatura (JARAMILLO et al., 2006), assim como à fisiologia da própria planta (BUSTILLO, 2008). Os períodos chuvosos com altas temperaturas favorecem o rápido crescimento das populações e a dispersão das fêmeas, que são atraídas pelo odor produzido por compostos secundários e substâncias voláteis, cor e forma do fruto (BUSTILLO, 2008). Nesse período de dispersão das fêmeas em campo, conhecido como período de trânsito, as fêmeas já fecundadas abandonam os frutos remanescentes e saem em busca de frutos sadios para nova colonização (GUIMARÃES et al., 2010), representando o momento mais adequado para o controle.

4.2 Métodos de controle da broca-do-café

Entre os métodos de controle mais utilizados para a broca-do-café encontram-se o químico por meio do uso de inseticidas químicos, agentes de controle biológicos, práticas culturais e uso de armadilhas (ALARCON et al., 2017). Vários cafeicultores utilizam aplicações de inseticidas químicos sintéticos como praticamente único método para o controle de *H. hampei*, sendo o inseticida organofosforado clorpirifós o mais utilizado após a proibição do ciclodieno endosulfan (JARAMILLO et al., 2006; REYES et al., 2019). Além do clorpirifós inseticidas de outros grupos químicos como piretroides e diamidas antranílicas também são comumente utilizados (JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, 2020; MATUS MIRANDA; 2020). Assim, encontrar métodos alternativos e estratégias para o controle da broca-do-café torna-se uma necessidade imediata (ZORZETTI et al., 2012).

Várias substâncias ativas têm mostrado potenciais efeitos de repelência, regulação de crescimento, toxicidade ou anti-alimentares (VIJAYALAKSHMI et al., 2014). Esse tipo de controle está sendo mais explorado devido aos efeitos adversos dos inseticidas químicos sintéticos sobre a saúde humana e sobre o ambiente, assim como a evolução de resistência aos inseticidas (DE BRITO et al., 2020; DE LOS SANTOS et al., 2019). O controle da broca-do-café com inseticidas pode não ser muito eficiente porque os adultos ficam protegidos dentro dos frutos, onde os insetos se reproduzem rapidamente (DAMON, 2000; DE LOS SANTOS et al., 2019; REYES et al., 2019). Além disso, há relatos de resistência a inseticidas após uso prolongado, reduzindo a eficiência do controle químico (ALVES DOS SANTOS et al., 2010; BENAVIDES et al., 2003; BUSTILLO, 2008; DEPIERI; MARTINEZ, 2010; METELLUS et al., 2020).

O uso do controle químico dentro de um programa de manejo integrado de pragas (MIP) é recomendado com base em análises de custo-benefício e amostragens periódicas, e a tomada de decisão do controle geralmente ocorre quando 3-5% dos frutos apresentam perfurações (BUSTILLO et al., 1993; METELLUS et al., 2020). Quando os produtores utilizam o controle químico de forma inadequada e abusiva, esses produtos podem trazer consequências graves, como contaminação ambiental, envenenamento de mamíferos ou de humanos, resíduos no solo e nas plantas, aumento de populações de insetos-praga em lugar da sua redução por eliminação de insetos benéficos ou agentes biológicos de controle, e perda de eficácia devido à seleção de populações resistentes (ASCHER, 1993; BOTREL MIRANDA et al., 2011; NEVES; HIROSE, 2005; REYES et al., 2019; SANTOS et al., 2010). Muitos casos de mortes por envenenamento por inseticidas têm sido reportados em países em vias de desenvolvimento, isso pode estar relacionado à falta de informações sobre o uso correto desses produtos. Para evitar esses efeitos nocivos, estão sendo procuradas novas formas de controle que sejam eficientes para o controle, sem pôr em perigo a integridade física dos usuários e do ambiente (CHAUDHARY et al., 2017; IRULANDI, 2010).

O MIP é um sistema que visa utilizar todas as tecnologias e métodos possíveis para manter as populações de pragas abaixo do nível de dano econômico. Dentro desse sistema de manejo encontram-se os métodos culturais, mecânicos, físicos, biológicos, químicos e técnicas biotecnológicas ou genéticas (SAMMY, 2018). O MIP busca a utilização de técnicas para controlar pragas que sejam efetivas a médio e longo prazo e que estejam em balanço com o ambiente. Alguns exemplos são o manejo do habitat, o uso de variedades resistentes, inseticidas orgânicos, rotação de culturas e aplicação de produtos biorracionais (ROYCHOUDHURY, 2016).

Outra alternativa para uso eficiente em programas de MIP é a aplicação de bioinseticidas à base de extrato de plantas. Os inseticidas botânicos são relativamente seguros, degradáveis, e de fácil elaboração, amigáveis com o ambiente, livres de resíduos e com relações custo-benefício positivas (BRAHMACHARI, 2004; GAHUKAR, 2013; KHOSRADI e JALALI, 2013). Os produtos naturais, como óleos essenciais, óleos de plantas e ácidos graxos estão se convertendo em fontes promissoras de inseticidas naturais.

Calcula-se que existem mais de 2.500 espécies de plantas pertencentes a 235 famílias que possuem atividades biológicas contra vários insetos-praga (DE BRITO et al., 2020; GAHUKAR, 2013). As plantas têm a capacidade de biosintetizar uma variedade

de compostos químicos de variadas estruturas que têm ação sobre os axônios, sinapse, músculos, respiração, balanço hormonal e o comportamento (REYCHOUDHURY, 2016). Alguns dos metabólitos que as plantas podem produzir e que são prejudiciais aos insetos podem provocar: mortalidade, repelência, inibição de oviposição e alimentação, alterações no sistema hormonal que promovem distúrbios no desenvolvimento, deformações ou infertilidade (ZORZETTI et al., 2012).

4.3 O nim como inseticida

A árvore de nim é nativa da Índia e sudeste de Ásia, onde por muitos anos os agricultores têm utilizado as suas propriedades inseticidas para controle de pragas. O nim se encontra no topo da lista de plantas com potencial para controle de pragas. O nim contém de 35 até 200 princípios ativos encontrando-se principalmente nas sementes maduras e em pequenas concentrações nas folhas (ASCHER, 1993; BRAHMACHARI, 2004; JENNIFER MORDUE, 2000). Dos compostos constituintes de *A. indica* estudados até o momento, incluindo salanina (glucoalcaloide), meliantrol (triterpenoide), gedunina (isoprenoides), nimbolina (tetranortriterpenos), nimbinem (isoprenoide), dacetilsalanina (terpenoide), as azadiractinas são os compostos mais ativos e que podem ser encontrados no extrato ou óleo das sementes da árvore de nim (DEPIERI; MARTÍNEZ, 2010; GAHUKAR, 2013; LOKNADHAN et al., 2012). A azadiractina foi isolada pela primeira vez por David Morgan em 1968 (JENNIFER MORDUE, 2000).

Alguns dos efeitos gerais da azadiractina sobre os insetos são: efeito anti-alimentar (redução da alimentação das larvas e ninfas e algumas vezes dos adultos de várias espécies de insetos); atraso no desenvolvimento dos estágios imaturos dos insetos; redução na alimentação dos adultos e conseqüentemente no desenvolvimento embrionário; alta mortalidade entre mudas depois de serem expostos a altas concentrações (tem se observado distúrbios nas mudas, pupação e emergência dos adultos); repelência à oviposição em fêmeas de lepidópteros, dípteros e coleópteros, redução na fecundidade, inviabilidade de ovos em alguns casos e enfraquecimento geral dos insetos expostos, assim como também necrose das células do intestino médio, paralisia dos músculos e perda de células regenerativas do intestino (ASCHER, 1993; BRAHMACHARI, 2004; DEPIERI; MARTINEZ, 2010; JENNIFER MORDUE, 2000; KHOSRAVI e JALALI, 2013; NEVES CELESTINO et al., 2016; REYES et al., 2019; ROYCHOUDHURY, 2016; VIJAYALAKSHMI et al., 2014).

O modo de ação da azadiractina muda entre espécies de insetos, sendo ativa em cerca de 550 espécies de insetos (GAHUKAR, 2013; KHOSRAVI e JALALI, 2013; ROYCHOUDHURY, 2016). Insetos de diferentes ordens podem responder de forma diversa à azadiractina, sendo que as ordens Coleoptera e Hemiptera são menos sensíveis que a ordem Lepidoptera (JENNIFER MORDUE, 2000). Muitas formulações do óleo da semente exibem ações anti-alimentares, ovicidas, larvicidas, reguladoras do crescimento e atividades repelentes (ASCHER, 1993; JENNIFER MORDUE, 2000). A azadiractina estimula células deterrentes e bloqueia os estímulos alimentares em insetos, também tendo efeitos no intestino médio causando redução na eficiência pós-ingestiva e digestiva através de distúrbios nos hormônios. De acordo com MILLER et al. (2006), a azadiractina é o inseticida anti-alimentar mais potente descoberto até o momento.

A azadiractina também interfere com os processos de mudas e crescimento a través da interferência da síntese dos hormônios ecdisteroides, levando a mudas anormais, redução de crescimento e maior mortalidade. Em relação à oviposição, a azadiractina inibe os processos da ovogênese e síntese de ecdisteroides ovarianos, e em machos interrompe o processo meiótico responsável pela produção de espermatozoides (ASCHER, 1993).

O desenvolvimento de inseticidas à base de nim tem sido objeto de estudo na Europa e nos Estados Unidos há mais de 30 anos, gerando muita atividade científica e muitos trabalhos visando explicar os seus constituintes e modos de ação (ROYCHOUDHURY, 2016). Atualmente, produtos à base de nim estão sendo utilizados em muitas partes do mundo para combate de pragas, podendo ser uma alternativa para químicos como deltametrina, (BRAHMACHARI, 2004), endosulfan, cipermetrina e imidacloprid (ASCHER, 1993). A dependência dos sistemas agrícolas aos produtos químicos pode ser modificada incorporando produtos à base de nim como uma alternativa mais amigável com o ambiente (ADNAN et al., 2014; ROYCHOUDHURY, 2016). Os inseticidas à base de nim têm a vantagem de não deixar resíduos nas plantas tratadas, podendo se utilizar em combinação com outros inseticidas químicos e biológicos para uma maior eficiência, e também não contaminam os ambientes terrestres e nem aquáticos. As pragas geralmente não desenvolvem resistência aos produtos à base de nim (LOKNADHAN et al., 2012).

4.4 Uso de produtos à base de nim no manejo integrado da broca-do-café

Estudos de campo mostraram que o óleo de nim causou redução nos frutos danificados, mortalidade dentro dos frutos e também apresentou efeito repelente à broca-do-café (NEVES CELESTINO et al., 2016). O nim possui fortes propriedades inseticidas e já é utilizado comercialmente em algumas culturas, sendo também recomendado para o controle de *H. hampei* em cafeeiro, causando repelência e maior mortalidade ao utilizar o óleo emulsionável, o extrato das folhas e os extratos das sementes (DAMON, 2000; NEVES CELESTINO et al., 2016).

Sponagel (1994) encontrou que, em condições de campo, a solução aquosa de óleo de nim a 2,5% enriquecida com azadiractina a 0,2% reduziu o número de frutos de café broqueados e causou mortalidade dos adultos dentro dos frutos. Em estudo similar, Rodriguez et al. (1998) encontraram que os produtos à base de nim e extratos aquosos de sementes foram associados à redução de infestação em café, também em condições de campo. A pulverização do óleo emulsionável de nim e dos extratos de folhas e sementes pode levar à morte dos insetos por contato ou ingestão, causando repelência e resultando em níveis baixos de penetração pela broca nos frutos (DEPIERI e MARTINEZ, 2010).

Em pesquisa feita por De Brito et al. (2020), foi verificado que o óleo de nim foi eficiente no controle da broca-do-café. A concentração de 0,75% mostrou a melhor atividade inseticida em condições de campo. Também foi observado um efeito repelente e deterrente da prensa do nim sobre a broca do café, afetando sua alimentação e oviposição (IRULANDI, 2010). Nesta pesquisa também foi descoberto que o extrato de azadiractina é recomendável para reduzir as infestações e populações da broca-do-café na cultura cafeeira, evitando o aumento da praga acima de 5% de infestação que foi o definido como ponto crítico de ação para esse estudo (ALEJOS-LOYOLA e VALVERDE-RODRIGUEZ, 2020).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Produtos químicos, microbiológico e à base de extrato de nim utilizados

Cinco produtos foram usados para realizar as aplicações de campo em estratégias de manejo da broca-do-café, sendo três inseticidas químicos sintéticos, um inseticida microbiológico e o extrato de nim comercializado como adjuvante, Openeem Plus (Tabela 1). Utilizaram-se produtos comerciais à base de clorpirifós, metaflumizona, bifentrina+acetamiprido e do *Beauveria bassiana*. Esses compostos foram escolhidos para a pesquisa pelo fato de serem um dos mais utilizados para o controle da broca-do-café.

Tabela 1. Produtos usados, seus ingredientes ativos e modos de ação.

Inseticida comercial	Grupo químico	Ingrediente ativo	Modo de ação
Clorpirifós Fersol 480 EC	Organofosforado	Clorpirifós	Inibidor da acetilcolinesterase.
Verismo	Semicarbazonas	Metaflumizone	Bloqueador de canais de sódio dependentes da voltagem.
Sperto	Neonicotinoide	Acetamiprid	Agonista competitivos dos receptores nicotínicos da acetilcolina.
	Piretroide	Bifentrina	Modulador dos canais de sódio.
Boveril WP PL63	N/A	<i>Beauveria bassiana</i> , isolado PL 63	Os esporos do fungo se aderem e penetram na superfície do inseto. No interior produzem toxinas que destroem o sistema imunológico e os tecidos, causando a morte.
Openeem Plus	N/A	Azadiractina do grupo dos limonoides da árvore de nim	Apresenta em sua formulação ~300 compostos devido à extração de todas as estruturas das plantas de nim, incluindo substâncias

secundárias de diversos grupos químicos, como terpenos e flavonoides, além de nutrientes, aminoácidos e fitormônios.

- Organofosforados: são inseticidas inibidores da enzima acetilcolinesterase; os inseticidas organofosforados se ligam à essa enzima no mesmo sítio de ação da acetilcolina, causando inibição competitiva porque eles competem com a acetilcolina por ligar-se à acetilcolinesterase.

- Semicarbazonas: são inseticidas que atuam bloqueando os canais de sódio, os quais estão envolvidos na propagação dos potenciais de ação nos axônios nervosos, causando o fechamento do sistema nervoso, provocando paralisia.

- *Beauveria bassiana*: é um fungo entomopatogênico da classe Deuteromicetes, capaz de infectar mais de 200 espécies de insetos. Quando um inseto entra em contato com o esporo ou conídio do fungo, esta estrutura se deposita e adere à superfície do inseto; após esta primeira fixação o fungo penetra no inseto através dos tecidos mais macios (seja por mecanismos físicos ou químicos) e inicia a produção de toxinas que ajudam a quebrar o sistema imunológico e os tecidos, colonizando o corpo do inseto e posteriormente causando sua morte.

- Piretroides: são análogos sintéticos das piretrinas naturais que estão presentes principalmente nas inflorescências da planta *Chrysanthemum* spp, e, atua na transmissão axônica. Quanto ao mecanismo de ação, são classificados como moduladores dos canais de sódio, de modo que os piretroides se ligam aos canais de sódio, impedindo o fechamento do canal; e por isto ocorre despolarização da membrana do axônio, e assim o neurônio perde sua funcionalidade ao permanecer com a membrana despolarizada por muito tempo.

- Neonicotinoides: são inseticidas sistêmicos que atuam como agonistas da acetilcolina. São derivados da nicotina, com amplo uso em medicina veterinária e produção agrícola. Os neonicotinoides imitam o neurotransmissor excitatório acetilcolina, e são capazes de se acoplar no sítio específico do receptor da acetilcolina na membrana do neurônio pós-sináptico, o que faz com que o estímulo nervoso continue por mais tempo, provocando excitação, tremores e morte do inseto.

- Extrato de nim: utilizou-se o produto Openeem plus, registrado como adjuvante multifuncional, extraído de compostos presentes na árvore de nim. Resultados com outros insetos indicam que o produto apresenta efeito deterrente na alimentação, regula o crescimento, tem ação sobre diversos processos fisiológicos, redução da fertilidade e fecundidade, repelência e mortalidade (MAPA, 2021).

5.2 Experimentos de campo

Dois experimentos de campo foram avaliados nas safras 2019/2020 e 2020/2021, onde os tratamentos consistiram em diferentes estratégias de manejo com inseticidas em rotação ou mistura com o produto à base de extrato de nim no controle da broca-do-café. No total foram realizadas três aplicações dos tratamentos, com intervalo entre aplicações de 30 dias (Tabelas 2 e 3).

5.2.1 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados, com oito tratamentos e quatro repetições para safra 2019/2020 e seis tratamentos e quatro repetições para a safra 2020/2021. Cada parcela consistiu de 10 plantas em linha, espaçadas em 3,5 x 0,7 m, sendo a área útil das parcelas representada pelas seis plantas centrais (unidades amostrais).

Tabela 2. Tratamentos aplicados em estratégias de manejo da broca-do-café, safra 2019/2020.

Tratamentos	Aplicações	Produtos	Dose (L ou kg/ha)
T1	1	Água	-
	2	Água	-
	3	Água	-
T2	1	Sperto	0,5
	2	Boveril	0,5
	3	Verismo	1,5
T3	1	Clorpirifós	2
	2	Clorpirifós	2
	3	Clorpirifós	2
T4	1	Sperto	0,5
	2	Sperto	0,5
	3	Sperto	0,5
T5	1	Sperto + Openeem Plus	0,5 + 1,5

	2	Openeem Plus	2
	3	Verismo + Openeem Plus	1,5 + 1,5
T6	1	Openeem Plus	2
	2	Openeem Plus	2
	3	Openeem Plus	2
T7	1	Clorpirifós + Openeem Plus	1,5 + 1,5
	2	Openeem Plus	2
	3	Clorpirifós + Openeem Plus	1,5 + 1,5
T8	1	Sperto + Openeem Plus	0,5 + 1,5
	2	Openeem Plus	2
	3	Sperto + Openeem Plus	0,5 + 1,5

Tabela 3. Tratamentos aplicados em estratégias de manejo da broca-do-café, safra 2020/2021.

Tratamentos	Aplicações	Produtos	Dose (L ou kg/ha)
T1	1	Água	-
	2	Água	-
	3	Água	-
T2	1	Clorpirifós	2
	2	Sperto	0,5
	3	Clorpirifós	2
T3	1	Clorpirifós + Openeem Plus	1,5 + 1,5
	2	Boveril + Openeem Plus	0,5 + 1,5
	3	Clorpirifós	2
T4	1	Sperto + Openeem Plus	0,5 + 1,5
	2	Boveril + Openeem Plus	0,5 + 1,5
	3	Clorpirifós	2
T5	1	Boveril + Openeem Plus	0,5 + 1,5
	2	Openeem Plus	2
	3	Boveril + Openeem Plus	0,5 + 1,5
T6	1	Openeem Plus	2
	2	Openeem Plus	2
	3	Openeem Plus	2

5.2.2 Condução dos experimentos de campo

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, em uma área experimental da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (latitude -21.228503°; longitude -44,961288°), Lavras, Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas plantas de café arábica

(*Coffea arabica* cv. Topázio) já estabelecidas com aproximadamente quatro anos de idade. O experimento foi repetido em duas safras consecutivas (2019/2020 e 2020/2021), visando obter resultados consistentes entre safras na mesma localidade. As pulverizações em campo dos tratamentos sobre as árvores de café foram feitas usando um pulverizador costal manual com capacidade de 6L e ponta do tipo cone vazio, utilizando um volume de aplicação proporcional a 400 L ha⁻¹, e se realizaram nos meses de fevereiro-maio nos dois anos. Todas as aplicações foram feitas nos horários de baixa temperatura ambiental, pela manhã (ao redor de 8h) ou pela tarde (cerca de 16h).

As práticas de manejo da área experimental foram realizadas de forma convencional. A eliminação das ervas daninhas foi feita de forma manual com facão ou com roçadeira em todos os meses. Nenhum tipo de fertilização e irrigação foi realizado durante a condução do experimento. As avaliações dos frutos coletados em campo foram realizadas no Laboratório de Resistência de Plantas e MIP (LARP-MIP) da UFLA, sob condições ambientais controladas.

As avaliações da porcentagem de frutos brocados foram realizadas após 7, 14 e 21 dias após aplicação (DAA) dos produtos, por meio da inspeção visual de 30 frutos por planta, nas seis plantas centrais da parcela, sendo 5 frutos em 6 diferentes ramos localizados no terço médio das plantas, totalizando 180 frutos/parcela. Aos 28 DAA também foram coletados ao acaso 20 frutos brocados por planta, os quais foram armazenados em sacos de papel e levados ao laboratório onde foram abertos para a avaliação da presença e número de adultos totais e vivos, e presença e números de larvas e pupas nos grãos.

5.3 Bioensaios em campo

5.3.1 Desenvolvimento da broca-do-café em frutos cereja em gaiolas no campo tratados com extrato de nim

Os efeitos da aplicação do produto à base de extrato de nim no desenvolvimento da broca-do-café foram avaliados em frutos cereja envoltos por gaiolas de tecido *voile* aderidas nas plantas no campo na safra 2019/2020. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se 12 plantas ao caso por tratamento na área experimental, de modo que cada planta foi considerada uma repetição.

Em cada planta foram colocadas duas gaiolas envolvendo frutos cereja na parte distal de ramos plagiotrópicos localizados no terço médio das plantas e sem sinais de infestação da praga. Cada gaiola foi infestada por três fêmeas da broca-do-café provenientes da colônia de criação em laboratório. O número ovos, larvas, pupas e adultos no interior dos frutos cereja foram avaliados após 20, e 40 dias da liberação dos insetos nas gaiolas, onde em cada amostragem foi retirada uma gaiola das plantas e os frutos foram destruídos para avaliar a presença e número de insetos.

5.3.2 Desenvolvimento da broca-do-café em frutos verdes em gaiolas no campo tratados com extrato de nim

Os efeitos da aplicação do produto à base de extrato de nim no desenvolvimento da broca-do-café foram avaliados em frutos verdes envoltos por gaiolas de tecido *voile* aderidas nas plantas no campo na safra 2020/2021. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, utilizando-se 10 plantas ao caso por tratamento na área experimental, de modo que cada planta foi considerada uma repetição.

Em cada planta foram colocadas três gaiolas envolvendo frutos verdes na parte distal de ramos plagiotrópicos localizados no terço médio das plantas e sem sinais de infestação da praga. Cada gaiola foi infestada por três fêmeas da broca-do-café provenientes da colônia de criação em laboratório. As avaliações do número de frutos perfurados/gaiola e dos números de ovos, larvas, pupas e adultos no interior dos frutos verdes foram realizadas aos 30, 45 e 90 dias após a liberação dos insetos nas gaiolas, onde em cada amostragem foi retirada uma gaiola das plantas, e os frutos foram destruídos para avaliar a presença e número de insetos.

5.4 Bioensaios em laboratório

5.4.1 Preferência e colonização da broca-do-café em frutos cerejas tratados com extrato de nim

Os ensaios de laboratório foram conduzidos no Laboratório de Resistência de Plantas e Manejo Integrado de Pragas (LARP-MIP), Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil, sob condições ambientais controladas.

A preferência e colonização da broca-do-café em deterrência de frutos cerejas oriundos de plantas cultivadas tratadas em campo e tratadas com o produto à base de extrato de nim à broca-do-café foi avaliada em laboratório por meio de testes de preferência com chance de escolha. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em sala climatizada ($26 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR, e fotoperíodo de 12C:12E h), onde os frutos tratados e não tratados foram oferecidos aos insetos em placas de Petri (15 cm Ø) forradas com papel filtro.

Após a liberação dos insetos nas placas, o comportamento de atração das fêmeas da broca-do-café aos frutos cereja foi avaliado após 30min, 1h, 2h, 3h, 6h, 24h e 48h por meio da contagem dos insetos presentes sobre os frutos e dos insetos realizando a perfuração dos mesmos. Para a combinação dos tratamentos (frutos tratados vs. não tratados) foram utilizadas 12 repetições, onde cada repetição consistiu de uma placa com 5 frutos de cada tratamento em comparações binárias e dispostos de forma equidistante nas bordas da placa, sendo liberadas ao centro 10 fêmeas da broca-do-café.

5.4.2. Preferência e colonização da broca-do-café em frutos verdes tratados com extrato de nim

A preferência e colonização da broca-do-café em deterrência de frutos verdes oriundos de plantas cultivadas tratadas em campo e tratadas com o produto à base de extrato de nim à broca-do-café foi avaliada em laboratório por meio de testes de preferência com chance de escolha. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em sala climatizada ($26 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR, e fotoperíodo de 12C:12E h), onde os frutos tratados e não tratados foram oferecidos aos insetos em placas de Petri (15 cm Ø) forradas com papel filtro.

Após a liberação dos insetos nas placas, o comportamento de atração das fêmeas da broca-do-café aos frutos verdes foi avaliado após 30min, 1h, 2h, 3h, 6h, 24h e 48h por meio da contagem dos insetos presentes sobre os frutos e dos insetos realizando a perfuração dos mesmos. Para cada combinação de tratamentos (frutos tratados vs não tratados) foram utilizadas 12 repetições, onde cada repetição consistiu de uma placa com 5 frutos de cada tratamento em comparações binárias e dispostos de forma equidistante nas bordas da placa, sendo liberadas ao centro 10 fêmeas da broca-do-café.

5.4.3 Desenvolvimento da broca-do-café em dieta artificial contendo extrato de nim

Os efeitos da aplicação do produto formulado à base de extrato de nim no desenvolvimento da broca-do-café foram avaliados em laboratório em dieta artificial tratada em sua superfície com o produto. O ensaio foi conduzido em DIC, em sala climatizada ($26 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ UR, e 24h escuridão), onde foram utilizadas placas de Petri (5 cm Ø) contendo dieta artificial específica para criação da broca-do-café (GIRALDO-JARAMILLO; PARRA, 2017). A quantidade de dieta vertida foi a necessária para cobrir o fundo das placas, e assim permitir o acompanhamento do desenvolvimento dos insetos através das placas transparentes.

Após a solidificação da dieta, os tratamentos (extrato de nim e testemunha) foram aplicados sobre a superfície da mesma, antes da infestação dos insetos. Em seguida, as placas foram infestadas com fêmeas da broca-do-café, na proporção de duas fêmeas por placa, que penetraram na dieta, simulando um fruto de café, onde escavaram galerias para posteriormente colocar seus ovos. Foram utilizadas 30 repetições por tratamento, onde cada repetição foi representada por uma placa com duas fêmeas. O desenvolvimento da broca-do-café no interior das placas de Petri com dieta artificial tratada com extrato de nim foi avaliado de forma destrutiva após 40 dias da instalação do bioensaio, de modo que foram avaliados o número de larvas, pupas e adultos produzidos em cada tratamento. As placas que apresentaram sinais de infecção por microrganismos desenvolvendo sobre a dieta foram descartadas da análise

5.5 Análises estatísticas

Todos os dados obtidos dos experimentos foram analisados quanto à normalidade dos resíduos e homogeneidade de variâncias. Os dados de infestação da broca-do-café nos frutos nos experimentos de campo foram analisados através de modelos lineares generalizados (GLM) com análise de variância (ANOVA) com medidas repetidas no tempo, de modo que tratamento e tempo foram utilizados como fatores fixos. Assim, foram analisados os efeitos principais de tratamento, tempo, bem como da interação tratamento x tempo.

Para os ensaios de preferência com chance de escolha, os dados do número de insetos presentes sobre os frutos dos tratamentos com extrato de nim e testemunha nos diversos tempos foram utilizados para o cálculo da média, e analisados por teste de qui-

quadrado. Os dados de número de furos/fruto neste bioensaio também foram analisados por teste de qui-quadrado. Os dados obtidos de números de ovos, larvas e pupas nos tratamentos com extrato de nim e testemunha no bioensaio com dieta artificial foram analisados por teste de qui-quadrado. Nos ensaios com gaiolas nos frutos em campo, os dados obtidos de números de ovos e larvas por gaiola e dos números de ovos e larvas por fruto nos tratamentos com extrato de nim e testemunha foram analisados pelo teste de qui-quadrado e teste-t, respectivamente.

Para determinar as diferenças existentes entre os tratamentos nos experimentos de campo e com dieta artificial em laboratório foi usada a fórmula de Abbott (1925). Para aplicar corretamente esta fórmula foram calculadas as médias por tratamento, realizando a soma dos resultados obtidos dos tratamentos em cada avaliação. Assim, calculou-se a porcentagem de mortalidade na testemunha, a qual seria a porcentagem da mortalidade natural na população, e esse valor resultante foi subtraído do valor nos tratamentos. A fórmula de Abbott (1925) foi calculada como:

$$\frac{X - Y}{X} \times 100 = \textit{porcentagem de controle}$$

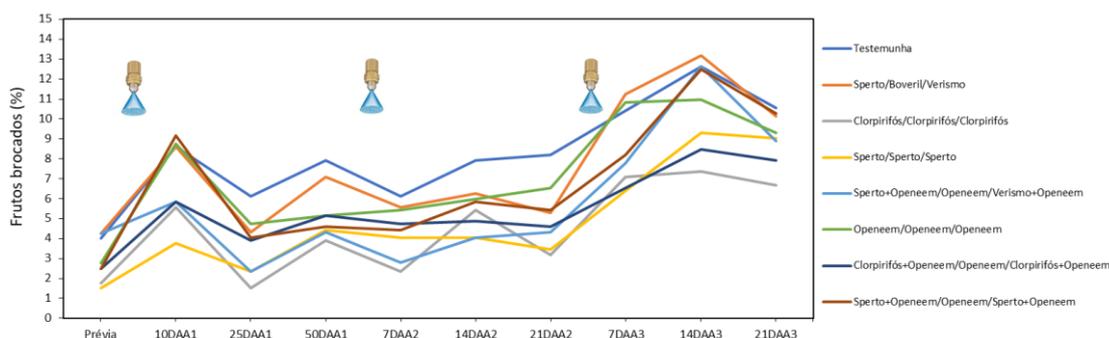
Onde, X = número de insetos vivos testemunha; e Y = número de insetos vivos no tratamento.

6 RESULTADOS

6.1 Experimentos de campo

Antes da aplicação dos tratamentos na safra 2019/2020, fez-se uma avaliação prévia para conhecer a porcentagem de infestação na área, a qual foi de 2,94% de porcentagem de frutos perfurados pela broca-do-café. Observando-se a flutuação da porcentagem de frutos brocados na safra 2019/2020 (Figura 1), em todas as avaliações após as duas primeiras aplicações a porcentagem de frutos brocados permaneceu abaixo do nível de dano econômico da praga (10% de frutos brocados; REIS, 2016) em todos os tratamentos. Ao final do experimento, na última avaliação após a terceira aplicação, os tratamentos que apresentaram porcentagem de frutos brocados acima do nível de dano econômico foram a testemunha (10,56%), Sperto/Boveril/Verismo (10,14%) e Sperto+Openeem/Openeem/Sperto+Openeem (10,28%). Os demais tratamentos permaneceram abaixo do nível de dano econômico em todo o período do experimento.

Figura 1 – Flutuação da porcentagem de frutos brocados de café arábica por infestações da broca-do-café em 3 avaliações após 3 aplicações dos tratamentos em campo, safra 2019/2020.



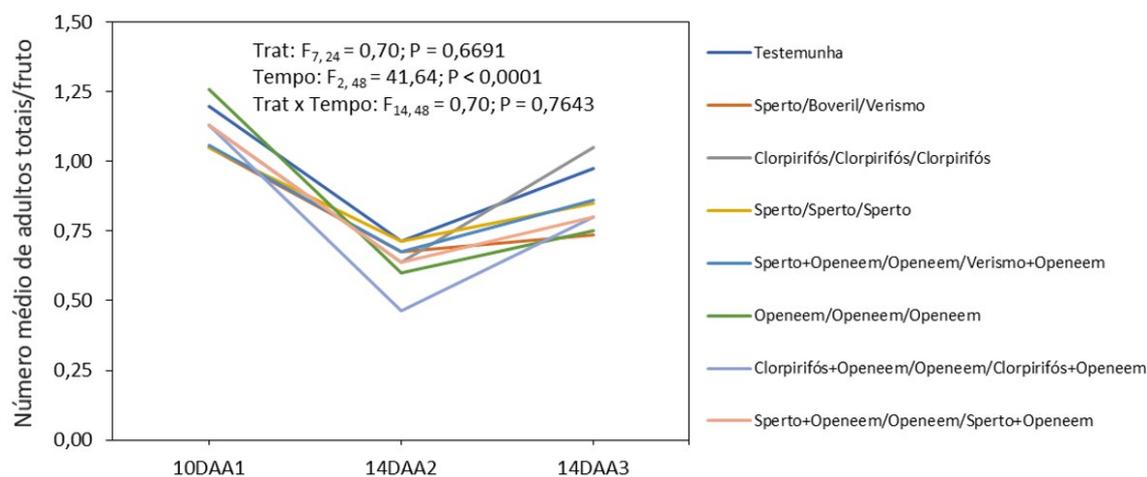
DAA: Dias após aplicação.

Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de adultos totais/fruto na safra 2019/2020, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{7,24} = 0,70$; $P = 0,6691$). Porém, houve diferença significativa para o efeito tempo nas avaliações após cada aplicação para o número médio de adultos totais/fruto ($F_{2,48} = 41,64$; $P < 0,0001$), onde o número inicial de adultos totais/fruto foi alto na primeira avaliação, reduziu quase pela metade na segunda avaliação, e aumentou 1,3x na terceira avaliação (Figura 2). Não houve diferença significativa na interação tratamento x tempo ($F_{14,48} = 0,70$; $P = 0,7643$).

É possível observar na primeira avaliação que numericamente Openeem (1,26) foi o que apresentou o maior valor para adultos totais/fruto em relação aos demais tratamentos, e Sperto (1,05) apresentou o menor número médio de adultos totais/fruto. Na segunda avaliação, ocorreu uma diminuição homogênea nos tratamentos para o número médio de adultos totais/fruto, de modo que a testemunha (0,71) e Sperto/Sperto/Sperto (0,71) foram os tratamentos com o maior valor numérico de adultos totais/fruto, enquanto Clorpirifós+Openeem/Openeem/Clorpirifós+Openeem (0,46) teve a maior diminuição do número médio de adultos totais/fruto, atingindo 35% de eficiência de redução da infestação. Na terceira avaliação, o número médio de adultos totais/fruto aumentou, resultando em Clorpirifós/Clorpirifós/Clorpirifós (1,05) como o tratamento com maior valor médio de adultos totais/fruto, e Sperto/Boveril/Verismo (0,74) com a média mais baixa, ultrapassando 24% de eficiência de redução da infestação (Figura 2).

Figura 2 – Número médio de adultos totais/fruto (Safra 2019/2020).



DAA: Dias após aplicação.

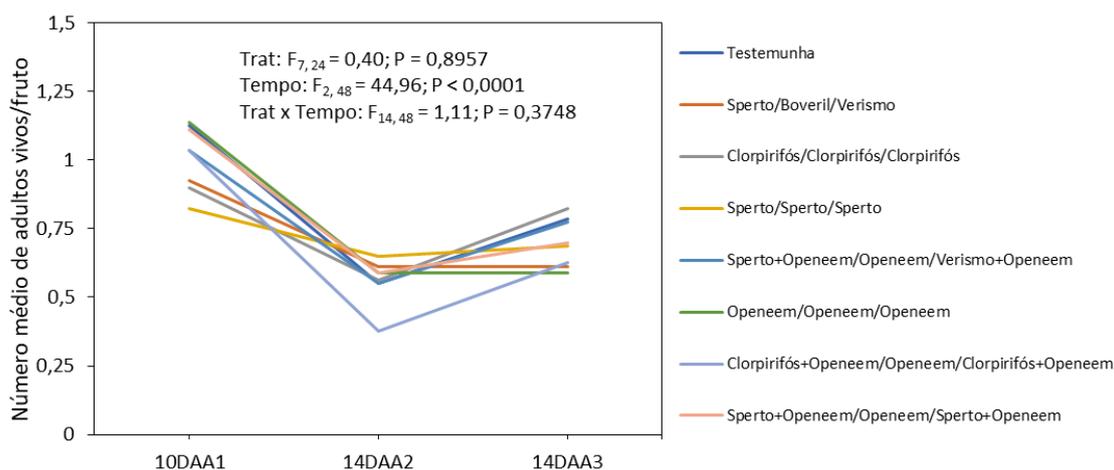
Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de adultos vivos/fruto na safra 2019/2020, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{7,24} = 0,40$; $P = 0,8957$). Houve diferença significativa do tempo de avaliação após as aplicações ($F_{2,48} = 44,96$; $P < 0,0001$), onde o número inicial de adultos/fruto foi alto na primeira avaliação, diminuiu 1,75x na segunda avaliação, e aumentou cerca de 1,2x na terceira avaliação (Figura 3). Não houve diferença significativa na interação tratamento x tempo ($F_{14,48} = 1,11$; $P = 0,3748$).

Na primeira avaliação, Openeem/Openeem/Openeem (1,14) e a testemunha (1,13) foram os tratamentos que apresentaram os maiores números médios de adultos vivos/fruto em relação aos demais tratamentos, e Sperto/Sperto/Sperto (0,83) apresentou o menor número médio de adultos vivos/fruto. Na segunda avaliação, ocorreu uma diminuição homogênea nos tratamentos para o número médio de adultos vivos/fruto, onde Sperto/Sperto/Sperto (0,65) foi quem apresentou o maior número de adultos vivos/fruto, e Clorpirifós+Openeem/Openeem/Clorpirifós+Openeem (0,38) teve a maior diminuição do número médio de adultos vivos/fruto, com mais de 31% de eficiência de mortalidade. Na terceira avaliação, o número médio de adultos vivos/fruto aumentou, resultando em Clorpirifós/Clorpirifós/Clorpirifós (0,83) como o tratamento com maior número médio de adultos vivos/fruto e Openeem/Openeem/Openeem (0,59) teve a média mais baixa, ultrapassando 25% de eficiência de mortalidade de adultos (Figura 3).

Figura 3 – Número médio de adultos vivos/fruto (Safra 2019/2020).



DAA: Dias após aplicação.

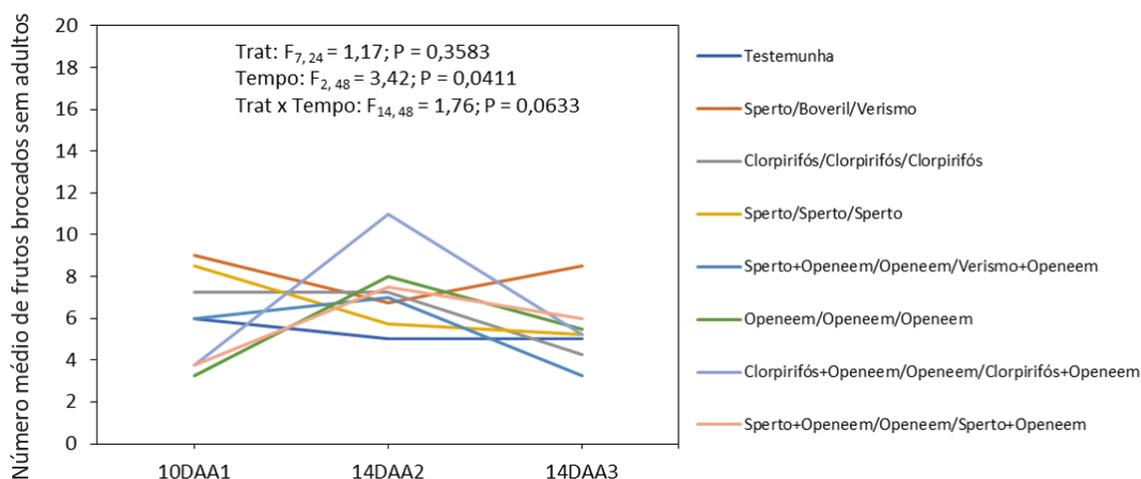
Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de frutos brocados sem adultos na safra 2019/2020, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{7,24} = 1,17$; $P = 0,3583$). Houve diferença significativa para o tempo de avaliação após as aplicações ($F_{2,48} = 3,42$; $P = 0,0411$), onde o número médio de frutos brocados sem adultos aumentou 1,2x da primeira para a segunda avaliação, e em seguida retornou a níveis semelhantes aos encontrados na primeira avaliação (Figura 4).

Houve diferença marginalmente significativa na interação tratamento x tempo ($F_{14, 48} = 1,76$; $P = 0,0633$), onde é possível observar na segunda avaliação que o tratamento Clorpirifós+Openeem/Openeem/Clorpirifós+Openeem (11,0) se destacou com o maior número médio de frutos ausentes, demonstrando 55% de eficiência de desalojamento, e na testemunha (5,0) houve o menor número médio de frutos brocados sem adultos. Na terceira avaliação, o número médio de frutos brocados sem adultos oscilou entre tratamentos, sendo que Sperto/Boveril/Verismo (8,5) apresentou o maior número médio de frutos brocados sem adultos, com 41% de eficiência de desalojamento, e Sperto+Openeem/Openeem/Verismo+Openeem (3,25), o menor número médio de frutos brocados sem adultos (Figura 4).

Figura 4 – Número médio de frutos brocados sem adultos (Safra 2019/2020).



DAA: Dias após aplicação.

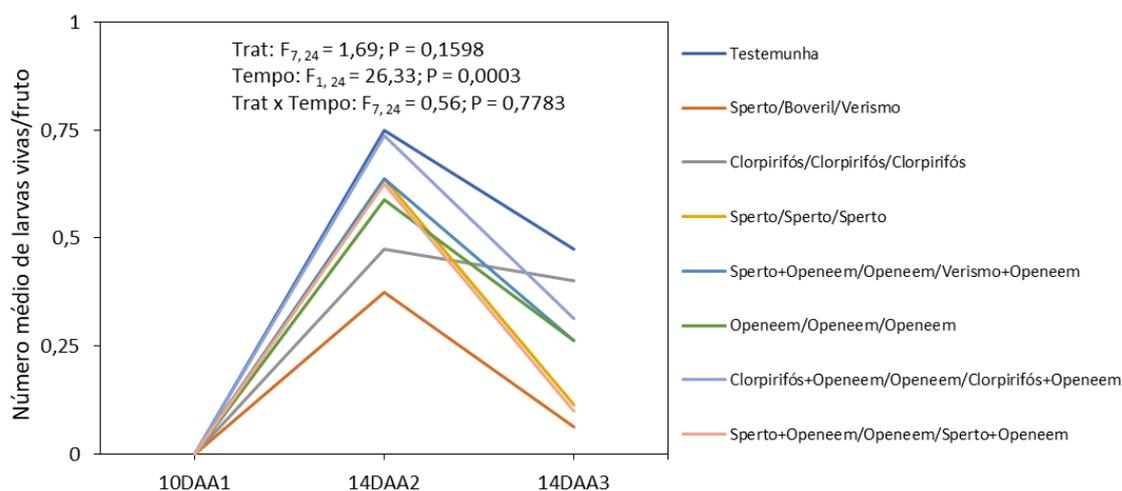
Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de larvas vivas/fruto na safra 2019/2020, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{7,24} = 1,69$; $P = 0,1598$). Foi constatada diferença significativa para o efeito do tempo nas avaliações após as aplicações ($F_{1,24} = 26,33$; $P = 0,0003$), onde o número médio inicial de larvas vivas/fruto na primeira avaliação foi nulo para todos os tratamentos. Na comparação entre as avaliações no tempo, verificou-se que o número médio de larvas/fruto diminuiu em média 2,5x entre a segunda e a terceira avaliação (Figura 5). Não houve diferença significativa na interação tratamento x tempo ($F_{7,24} = 0,56$; $P = 0,7783$) para o número de larvas/fruto.

Na segunda avaliação, a testemunha (0,75) foi quem teve o maior número médio de larvas vivas/fruto em relação aos demais tratamentos, enquanto Sperto/Boveril/Verismo (0,38) apresentou o menor número médio de larvas vivas/fruto, atingindo 50% de eficiência na redução da infestação. Na terceira avaliação, o número médio de larvas vivas/fruto foi maior na testemunha (0,48) em relação aos demais tratamentos, e Sperto/Boveril/Verismo (0,06), Sperto+Openeem/Openeem/Sperto+Openeem (0,10) e Sperto/Sperto/Sperto (0,11) tiveram os menores números médios de larvas vivas/fruto (Figura 5), com eficiências de redução da infestação de larvas de 87, 79 e 76%, respectivamente.

Figura 5 – Número médio de larvas vivas/fruto (Safra 2019/2020).



DAA: Dias após aplicação.

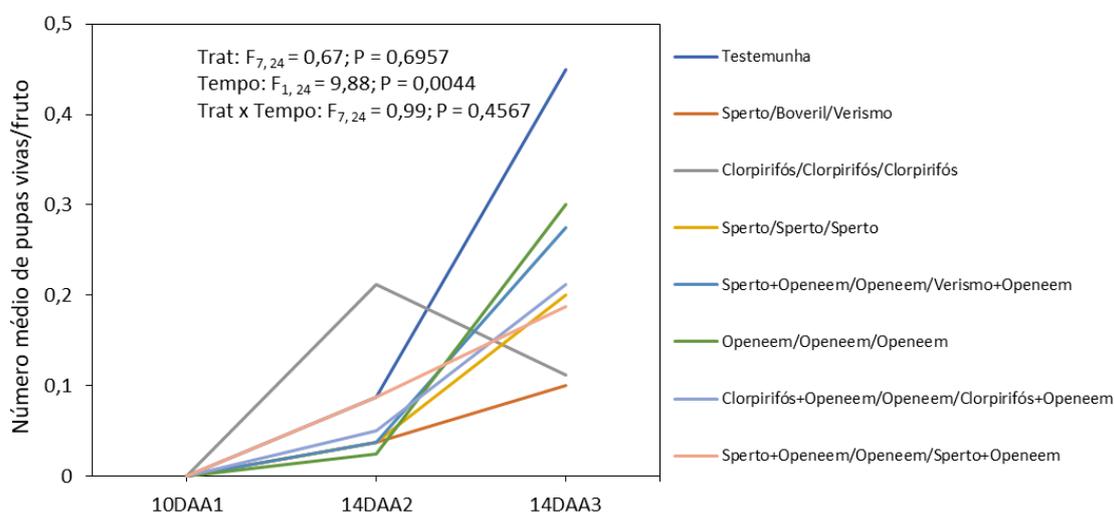
Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de pupas vivas/fruto na safra 2019/2020, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{7, 24} = 0,67$; $P = 0,6957$). O efeito do tempo das avaliações após as aplicações ($F_{1, 24} = 9,88$; $P = 0,0044$) apresentou diferença significativa, onde o número médio inicial de pupas vivas/fruto na primeira avaliação foi nulo para todos os tratamentos. Na comparação entre as avaliações onde houve presença de pupas, pode-se observar que o número médio de pupas/fruto aumentou mais de 3x entre a segunda e a terceira avaliação na média dos tratamentos (Figura 6).

Não houve diferença significativa na interação do tratamento x tempo ($F_{7, 24} = 0,99$; $P = 0,4567$). Na segunda avaliação, Clorpirifós/Clorpirifós/ Clorpirifós (0,21) teve o maior número médio de pupas vivas/fruto, enquanto Openeem/Openeem/Openeem (0,03) apresentou o menor número nesta avaliação, com 71% de eficiência de redução na infestação de pupas. Na terceira avaliação, o número médio de pupas vivas/fruto foi maior na testemunha (0,45) e Sperto/Boveril/Verismo (0,10) e Clorpirifós/Clorpirifós/Clorpirifós (0,11) tiveram os menores números médios de pupas vivas/fruto (Figura 6), com 78 e 75% de eficiência de redução da infestação, respectivamente.

Figura 6 – Número médio de pupas vivas/fruto (Safra 2019/2020).



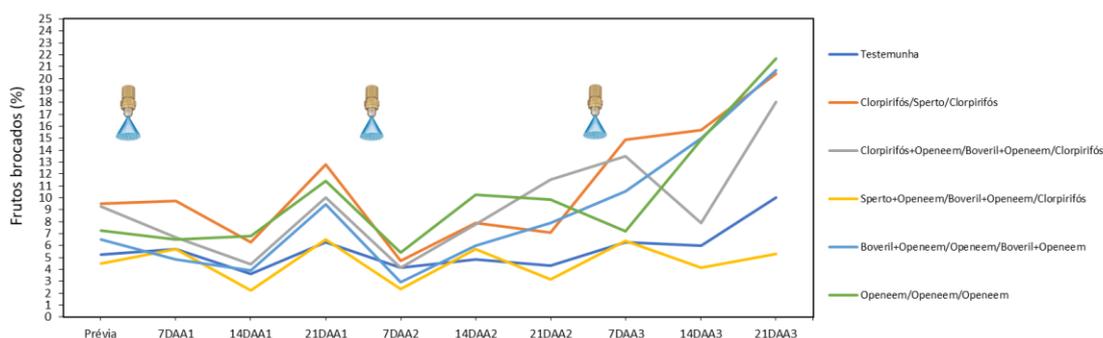
DAA: Dias após aplicação.

Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

Fonte: Do autor (2021).

Na safra 2020/2021 também foi feita avaliação prévia da porcentagem de infestação na área antes da aplicação dos tratamentos, a qual foi de 7,04% de frutos brocados. Nas avaliações da porcentagem de frutos brocados, na avaliação de 21 DAA1, tanto Clorpirifós/Sperto/Clorpirifós (12,78%) como Openeem/Openeem/Openeem (11,39%) permaneceram acima do nível de dano econômico de 10% (REIS, 2016), e os demais tratamentos estiveram abaixo do limiar. Na avaliação de 21 DAA2, somente Clorpirifós+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós superou o nível de dano econômico. Na última avaliação aos 21 DAA3, os únicos tratamentos que estiveram abaixo do nível de dano econômico foram Sperto+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós (5,28%) e a testemunha (10%), enquanto os demais tratamentos permaneceram acima do limiar (Figura 7).

Figura 7 – Flutuação da porcentagem de frutos brocados pela broca-do-café e nível de dano econômico alcançado pelos tratamentos nas aplicações de campo (Safra 2020/2021).



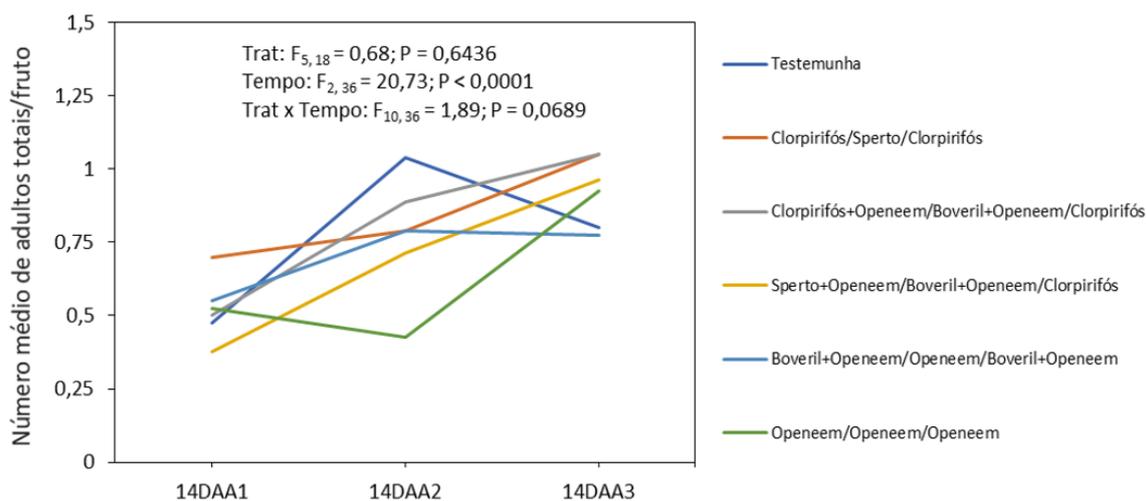
DAA: Dias após aplicação.

Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de adultos totais/fruto na safra 2020/2021, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{5, 18} = 0,68$; $P = 0,6436$). Houve diferença significativa para o tempo de avaliação após as aplicações ($F_{2, 36} = 20,73$; $P < 0,0001$), onde o número inicial de adultos totais/fruto foi mais baixo na primeira avaliação em relação à segunda; na segunda avaliação, o número médio de adultos totais/fruto aumentou cerca de 1,5x na média dos tratamentos; na terceira avaliação do número médio de adultos totais/fruto, a média de infestação aumentou cerca de 1,2x (Figura 8).

Houve diferença marginalmente significativa para a interação tratamento x tempo ($F_{10, 36} = 1,89$; $P = 0,0689$). Pode-se observar que na segunda avaliação, na maioria dos tratamentos o número médio de adultos totais/fruto tendeu a aumentar, exceto no tratamento Openeem/Openeem/Openeem (0,43), onde a infestação diminuiu e foi o tratamento com o menor número médio de adultos totais/fruto, diferindo da testemunha (1,0) que apresentou o maior número médio de adultos totais/fruto; a eficiência de redução da infestação de adultos por Openeem/Openeem/Openeem foi de 59%. Na terceira avaliação, o número médio de adultos totais/fruto de maneira geral aumentou, exceto na testemunha (0,8) onde o número médio de adultos totais/fruto diminuiu, e em Boveril+Openeem/Openeem/Boveril+Openeem (0,78) onde número médio de adultos totais/fruto se manteve similar à segunda avaliação (Figura 8).

Figura 8 – Número médio de adultos totais/fruto (Safra 2020/2021).



DAA: Dias após aplicação.

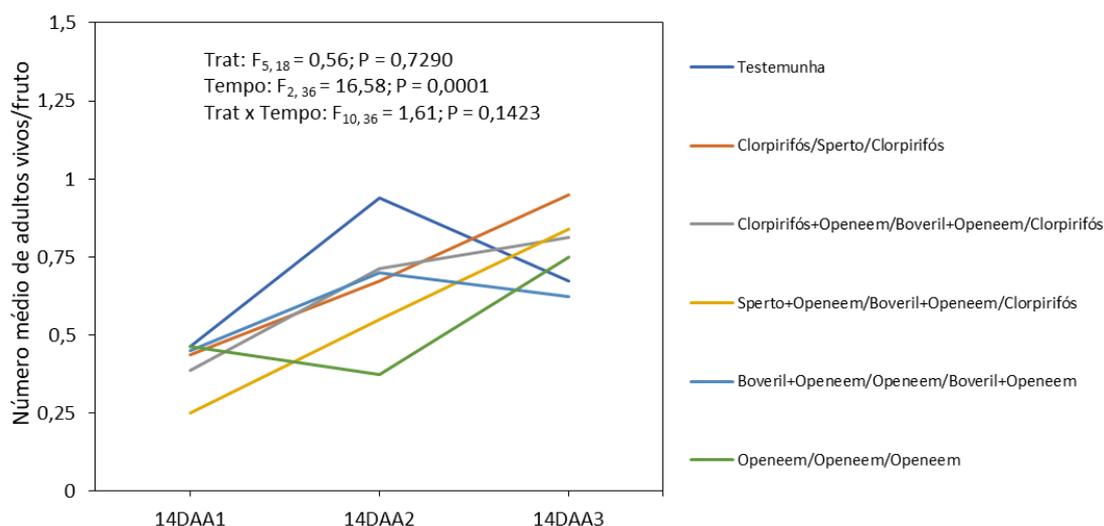
Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

Fonte: Do autor (2021).

O número médio de adultos vivos/fruto na safra 2020/2021 não diferiu significativamente entre os tratamentos ($F_{5,18} = 0,56$; $P = 0,7290$). Houve diferença significativa no tempo de avaliações após as aplicações ($F_{2,36} = 16,58$; $P = 0,0001$), seguindo a mesma tendência dos resultados para adultos totais/fruto. O número inicial de adultos vivos/fruto foi em geral mais baixo na primeira avaliação, em relação à segunda; o número médio de adultos vivos/fruto aumentou 1,6x na segunda avaliação e finalmente na terceira avaliação, o número médio de adultos vivos/fruto aumentou cerca de 1,2x (Figura 9).

Não houve diferença significativa na interação tratamento x tempo ($F_{10,36} = 1,61$; $P = 0,1423$). Na primeira avaliação, tanto a testemunha (0,46) quanto Openeem/Openeem/Openeem (0,46) foram quem apresentaram as maiores médias de adultos vivos/fruto em relação aos demais tratamentos, enquanto Sperto+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós (0,25) teve o menor valor. Na segunda avaliação, o número médio de adultos vivos/fruto aumentou em todos os tratamentos, exceto em Openeem/Openeem/Openeem (0,38) que diminuiu e apresentou o menor número médio de adultos vivos/fruto nesta avaliação; a testemunha (0,94) apresentou o maior valor de adultos vivos/fruto. Na terceira avaliação, o número médio de adultos vivos/fruto aumentou, exceto na testemunha (0,68) e Boveril+Openeem/Openeem/Boveril+Openeem (0,63), onde número médio de adultos vivos/fruto diminuiu, e Clorpirifós/Sperto/Clorpirifós (0,95) apresentou o maior valor de adultos vivos/fruto (Figura 9).

Figura 9 – Número médio de adultos vivos/fruto (Safra 2020/2021).

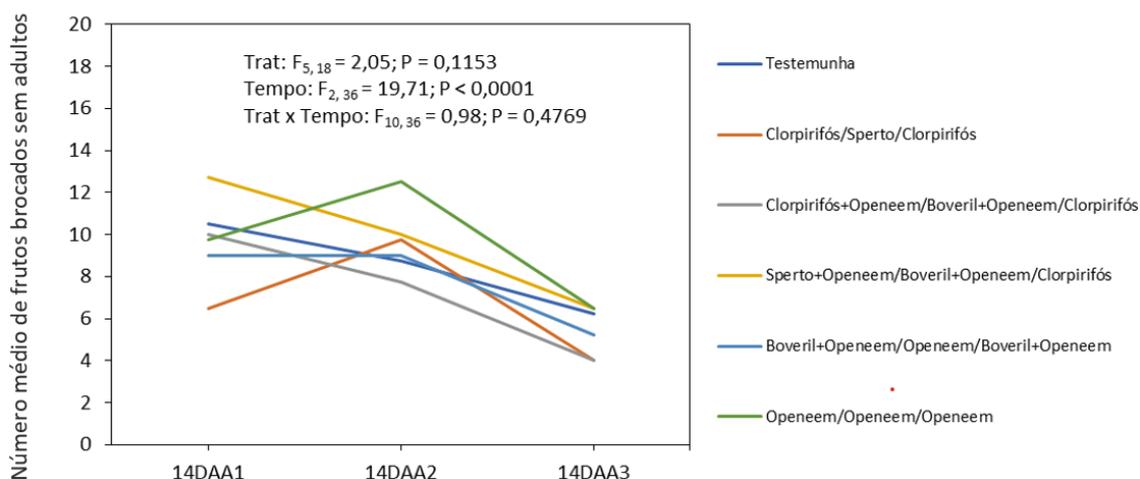


DAA: Dias após aplicação.

Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.
 Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de frutos brocados sem adultos na safra 2020/2021, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{5,18} = 2,05$; $P = 0,1153$). O efeito do tempo nas avaliações após aplicações apresentou diferença significativa ($F_{2,36} = 19,71$; $P < 0,0001$), onde o número médio inicial de frutos brocados sem adultos se manteve semelhante até a segunda avaliação; na terceira avaliação o número médio de frutos brocados sem adultos diminuiu $\sim 1,8x$ para a média dos tratamentos (Figura 10). Não houve diferença significativa na interação tratamento x tempo de aplicação ($F_{10,36} = 0,98$; $P = 0,4769$). Na primeira avaliação, Sperto+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós (12,75) apresentou o maior valor de frutos brocados sem adultos em relação aos demais tratamentos, e Clorpirifós/Sperto/Clorpirifós (6,5) teve o menor valor de frutos brocados sem adultos nesta avaliação. Na segunda avaliação Openeem/Openeem/Openeem (12,5) apresentou o maior número médio de frutos brocados sem adultos, e Clorpirifós+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós (7,75) teve o menor número de frutos brocados sem adultos. Na terceira avaliação, o número médio de frutos brocados sem adultos foi maior no Openeem/Openeem/Openeem (6,5) em relação aos demais tratamentos, Clorpirifós+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós (4) foi quem teve o menor número médio de frutos brocados sem adultos (Figura 10).

Figura 10 – Número médio de frutos brocados sem adultos (Safra 2020/2021).



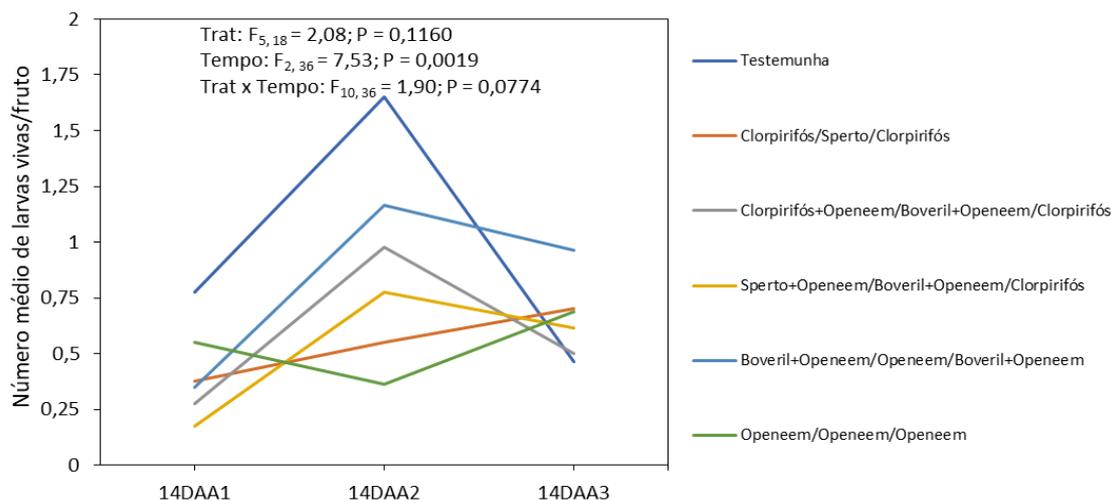
DAA: Dias após aplicação.

Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.
 Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de larvas vivas/fruto na safra 2020/2021, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{5,18} = 2,08$; $P = 0,1160$). Houve diferença significativa do tempo entre as avaliações após as aplicações ($F_{2,36} = 7,53$; $P = 0,0019$), onde o número médio de larvas vivas/fruto na primeira avaliação foi menor na média de todos os tratamentos em relação à segunda avaliação, onde o número médio de larvas vivas/fruto aumentou cerca de 2,2x; finalmente, na terceira avaliação o número médio de larvas vivas/fruto reduziu cerca de 1,3x em relação à avaliação anterior (Figura 11).

Houve diferença marginalmente significativa na interação tratamento x tempo de avaliação após aplicação ($F_{10,36} = 1,90$; $P = 0,0774$). Na segunda avaliação, o número médio de larvas vivas/fruto aumentou em todos os tratamentos, exceto em Openeem/Openeem/Openeem (0,36) que diminuiu, sendo o tratamento com o menor número médio de larvas vivas/fruto, diferindo da testemunha (1,65) que apresentou o maior número médio de larvas vivas/fruto. Na terceira avaliação, o número médio de larvas vivas/fruto diminuiu de maneira geral nos tratamentos (Figura 11).

Figura 11 – Número médio de larvas vivas/fruto (Safrá 2020/2021).



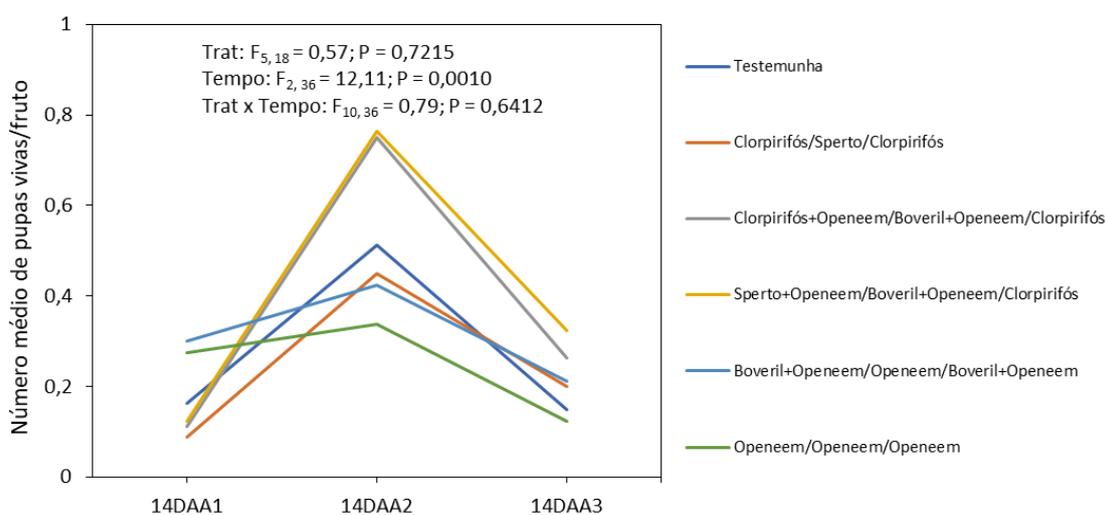
DAA: Dias após aplicação.

Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

Fonte: Do autor (2021).

Para o número médio de pupas vivas/fruto na safra 2020/2021, não houve diferença significativa entre os tratamentos ($F_{5,18} = 0,57$; $P = 0,7215$). O tempo entre as avaliações após as aplicações apresentou efeito significativo ($F_{2,36} = 12,11$; $P = 0,0010$), de modo que o número médio de pupas vivas/fruto na primeira avaliação foi menor na média dos tratamentos, em seguida aumentou quase 3x, e na terceira avaliação retornou aos níveis da primeira avaliação. Não houve diferença significativa na interação tratamento x tempo ($F_{10,36} = 0,79$; $P = 0,6412$). (Figura 12).

Figura 12 – Número médio de pupas vivas/fruto (Safra 2020/2021).



DAA: Dias após aplicação.

Valor de $P < 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos.

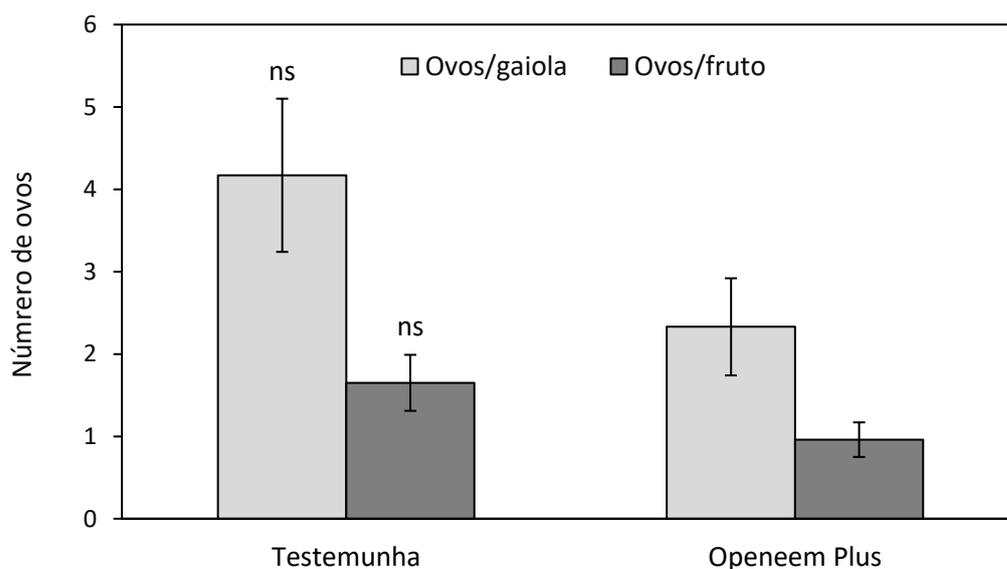
Fonte: Do autor (2021).

6.2 Bioensaios em campo

6.2.1 Desenvolvimento da broca-do-café em frutos cerejas em gaiolas no campo tratados com extrato de nim

No bioensaio de campo com frutos cerejas, na avaliação feita aos 20 dias após instalação do bioensaio o número de ovos foi estatisticamente similar entre os tratamentos ($X^2 = 31,0$; $P = 0,7052$), com média de 4,17 ovos/gaiola na testemunha em relação ao tratamento com extrato de nim com 2,33 ovos/gaiola. O número médio de ovos/fruto também não diferiu entre os tratamentos ($t = 1,46$; $P = 0,1595$); na testemunha observou-se uma média de 1,65 ovo/fruto em relação ao extrato de nim, com 0,96 ovo/fruto (Figura 13).

Figura 13 – Efeito na oviposição da broca-do-café pela aplicação do extrato de nim em frutos cerejas em campo avaliados 20 dias após aplicação (Safrá 2019/2020).

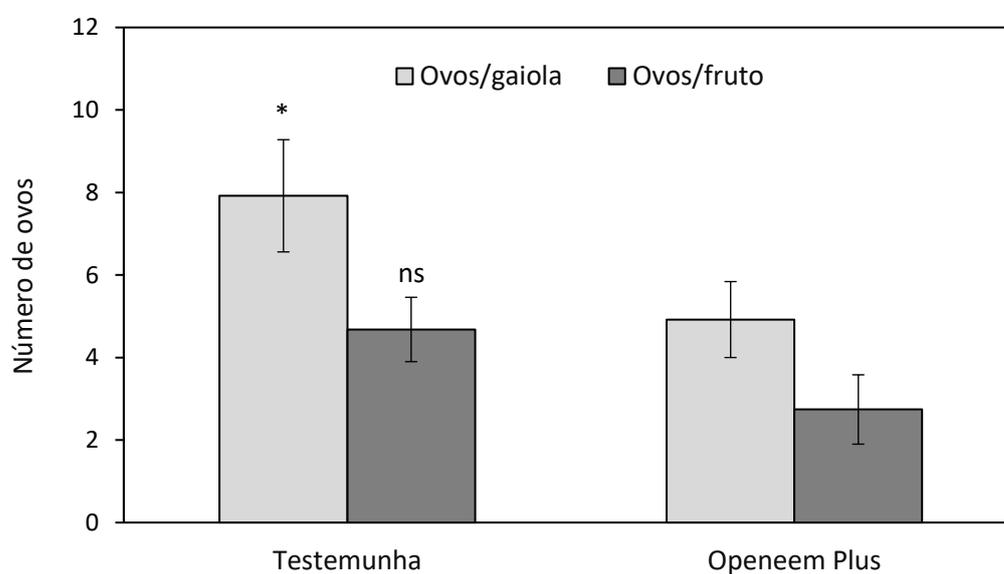


ns: não significativo ($P > 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

O número de ovos/gaiola na avaliação aos 40 dias após a instalação do bioensaio foi significativamente maior na testemunha, que apresentou média de 7,92 ovos/gaiola em relação ao extrato de nim, com 4,92 ovos/gaiola ($X^2 = 47,33$; $P = 0,0264$). O número médio de ovos/fruto na testemunha foi 1.7x maior que no extrato de nim, porém, sem diferença significativa entre os tratamentos ($t = 1,71$; $P = 0,1022$) (Figura 14). Estes resultados demonstram que existe um efeito negativo no desenvolvimento da broca-do-café pela ação do extrato de nim, reduzindo a oviposição das fêmeas que se alimentaram de frutos cerejas tratados com o produto.

Figura 14 - Efeito na oviposição da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos cerejas em campo avaliados 40 dias após aplicação (Safrá 2019/2020).



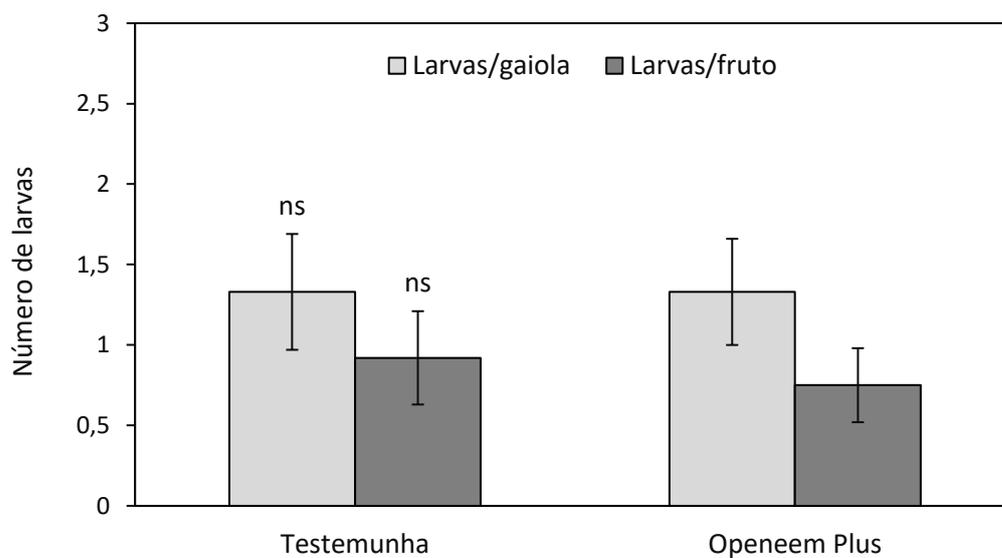
ns: não significativo ($P > 0,05$).

*: diferença significativa ($P < 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

O número de larvas/gaiola na avaliação aos 40 dias após a instalação do bioensaio foi o mesmo na testemunha e no extrato de nim, com uma média de 1,33 larva/gaiola ($X^2 = 7,04$; $P=0,3172$). O número de larvas/fruto também foi estatisticamente semelhante entre os tratamentos ($t = 0,45$; $P = 0,6576$), sendo que na testemunha houve uma média de 0,92 larva/fruto em relação ao extrato de nim que obteve 0,75 larva/fruto (Figura 15).

Figura 15 - Efeito no desenvolvimento de larvas da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos cerejas em campo avaliados 40 dias após aplicação (Safrá 2019/2020).



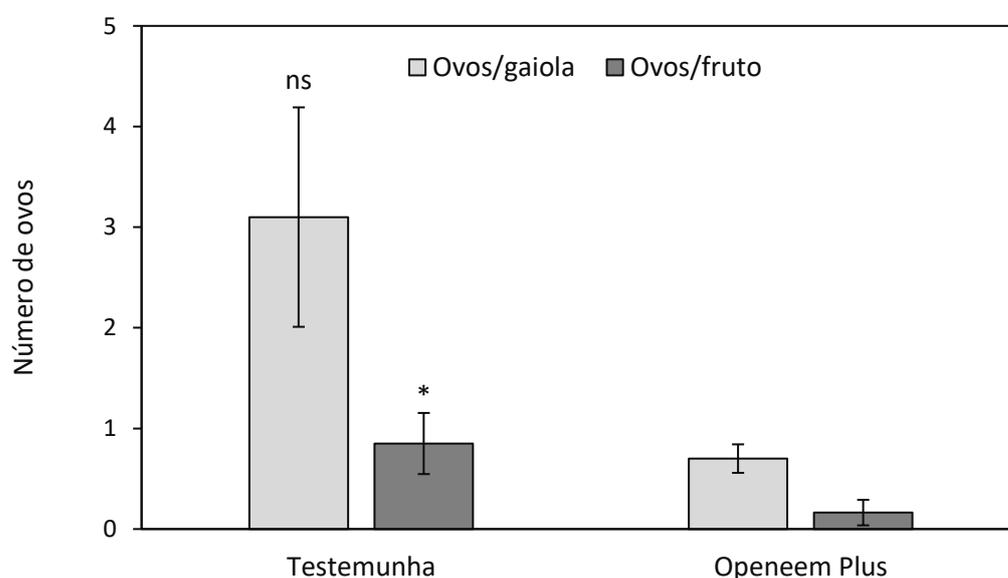
ns: não significativo ($P > 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

6.2.2 Desenvolvimento da broca-do-café em frutos verdes em gaiolas no campo tratados com extrato de nim

No bioensaio de campo em gaiolas com frutos verdes, o número de ovos/gaiola na avaliação aos 90 dias após a montagem do bioensaio foi quase 4,5x maior na testemunha, com média de 3,1 ovos/gaiola em relação ao extrato de nim, que foi de 0,7 ovo/gaiola, porém, sem diferença significativa ($X^2 = 11,0$; $P = 0,2017$). O número de ovos/fruto diferiu significativamente entre os tratamentos ($t = 1,97$; $P = 0,0442$), sendo >5x maior na testemunha, com média de 0,85 ovo/fruto em relação ao extrato de nim que foi de 0,16 ovo/fruto (Figura 16). Estes resultados demonstram que houve um efeito negativo do extrato de nim na oviposição da broca-do-café, resultando na menor produção de ovos pelas fêmeas que se alimentaram de frutos verdes tratados com o produto botânico.

Figura 16 - Efeito na oviposição da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos verdes em campo avaliados 90 dias após aplicação (Safrá 2020/2021).



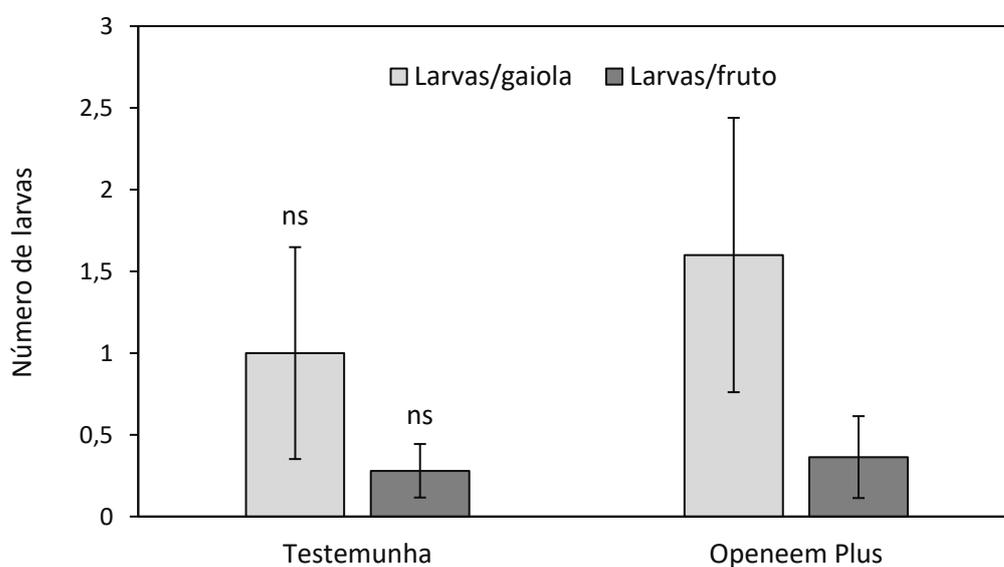
ns: não significativo ($P > 0,05$).

*: diferença significativa ($P < 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

Na avaliação aos 90 dias após a montagem do bioensaio, o número de larvas/gaiola foi estatisticamente semelhante entre os tratamentos ($\chi^2 = 1,31$; $P = 0,8598$), onde no extrato de nim observou-se média de 1,6 larva/gaiola e na testemunha, 1,0 larva/gaiola. O número de larvas/fruto também foi estatisticamente igual ($t = -0,26$; $P = 0,8015$), com uma média de 0,36 larva/fruto no extrato de nim e 0,28 larva/fruto na testemunha (Figura 17).

Figura 17 - Efeito no desenvolvimento de larvas da broca-do-café pela ação do extrato de nim em frutos verdes em campo avaliados 90 dias após aplicação (Safrá 2020/2021).



ns: não significativo ($P > 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

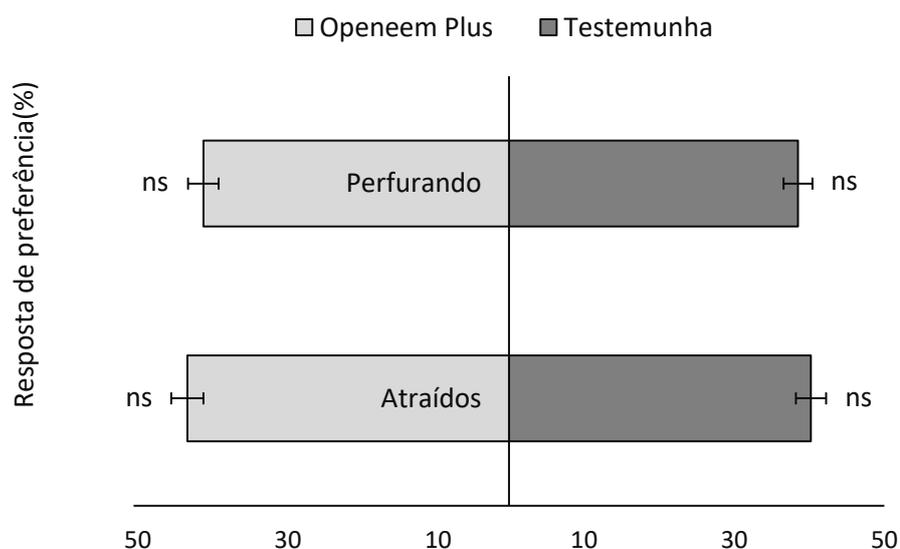
6.3 Bioensaios em laboratório

6.3.1 Preferência e colonização da broca-do-café em frutos cerejas tratados com extrato de nim

No bioensaio de laboratório para avaliação da deterrência de frutos cereja à broca-do-café, avaliada por meio de teste de preferência, foram registrados os números de fêmeas adultas atraídas e daquelas realizando perfuração dos frutos após 30 min, e 1h, 2h, 3h, 6h, 24h e 48h; as medições feitas em cada período de tempo foram somadas e a média foi calculada para a análise, uma vez que manteve-se a mesma tendência do comportamento da broca-do-café ao longo das avaliações do bioensaio.

A atração da broca-do-café foi semelhante ($t = -2,07$; $P = 0,0833$) entre os frutos tratados com extrato de nim (42,84% atração) em comparação com os frutos não tratados (40,23% atração). O número de adultos realizando a perfuração dos frutos também foi semelhante ($t = -1,48$; $P = 0,1893$) entre os tratamentos; 40,71% no Openeem plus e 38,5% na testemunha (Figura 18). Os resultados indicam que a aplicação do extrato de nim nos frutos cerejas não causa efeitos adversos nos comportamentos de atração e perfuração da broca-do-café.

Figura 18 – Proporção de fêmeas adultas da broca-do-café atraídas e perfurando frutos cereja entre testemunha e extrato de nim (Safrá 2019/2020).

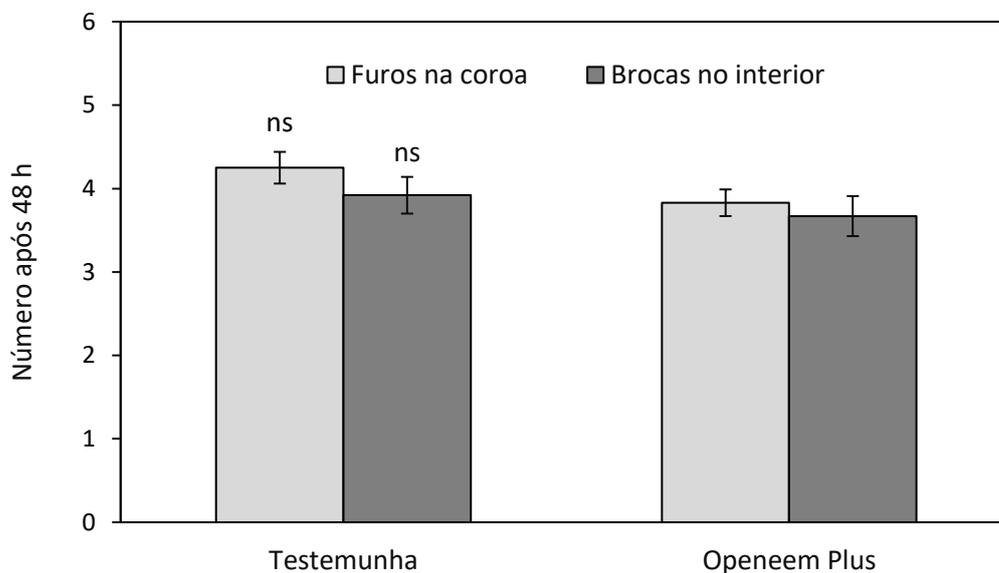


ns: não significativo ($P > 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

Também foi avaliado 48 horas após o início do bioensaio de preferência o número de furos causados pela broca-do-café na coroa dos frutos, assim como o total de adultos no interior. Os frutos avaliados da testemunha apresentaram numericamente maior média de furos/fruto (4,25) em relação ao extrato de nim, que apresentou 3,83 furos/fruto, porém, sem diferenças significativas ($X^2 = 6,0$; $P = 0,4232$). A testemunha também apresentou número de adultos estatisticamente semelhante ($X^2 = 4,75$; $P = 0,5767$) no interior dos frutos (3,92 brocas/fruto) em relação ao extrato de nim (3,67 brocas/fruto) (Figura 19). Esses resultados demonstram que o extrato de nim não causa efeitos significativos na escolha das fêmeas da broca-do-café e colonização dos frutos cerejeas.

Figura 19 – Número de furos na coroa e de adultos da broca-do-café no interior dos frutos cerejeas na testemunha e extrato de nim (Safra 2019/2020).



ns: não significativo ($P < 0,05$).

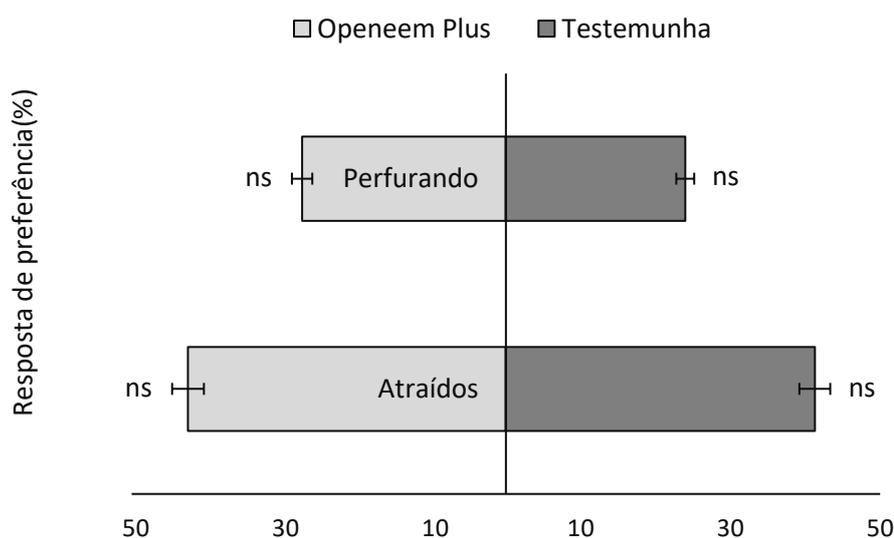
Fonte: Do autor (2021).

6.3.2 Preferência e colonização da broca-do-café em frutos verdes tratados com extrato de nim

No bioensaio de laboratório para avaliação da deterrência de frutos verdes à broca-do-café, avaliada por meio de teste de preferência, foram registrados os números de fêmeas adultas atraídas e daquelas realizando perfuração dos frutos após 30 min, e 1h, 2h, 3h, 6h, 24h e 48h; as medições feitas em cada período de tempo foram somadas e a média foi calculada para a análise, uma vez que a mesma tendência permaneceu ao longo das avaliações do bioensaio.

A atração da broca-do-café foi estatisticamente semelhante ($t = -0,59$; $P = 0,5750$) entre os frutos tratados com extrato de nim (42,47% atração) e os frutos não tratados (41,27% atração). O número de adultos realizando a perfuração dos frutos também foi semelhante ($t = -1,76$; $P = 0,1283$) entre os tratamentos; 27,23% no Openeem plus e 23,96% na testemunha (Figura 20). Os resultados indicam que a aplicação do extrato de nim nos frutos verdes não causa efeitos adversos nos comportamentos de atração e perfuração da broca-do-café.

Figura 20 – Proporção de fêmeas adultas da broca-do-café atraídas e perfurando frutos verdes entre testemunha e extrato de nim (Safrá 2020/2021).

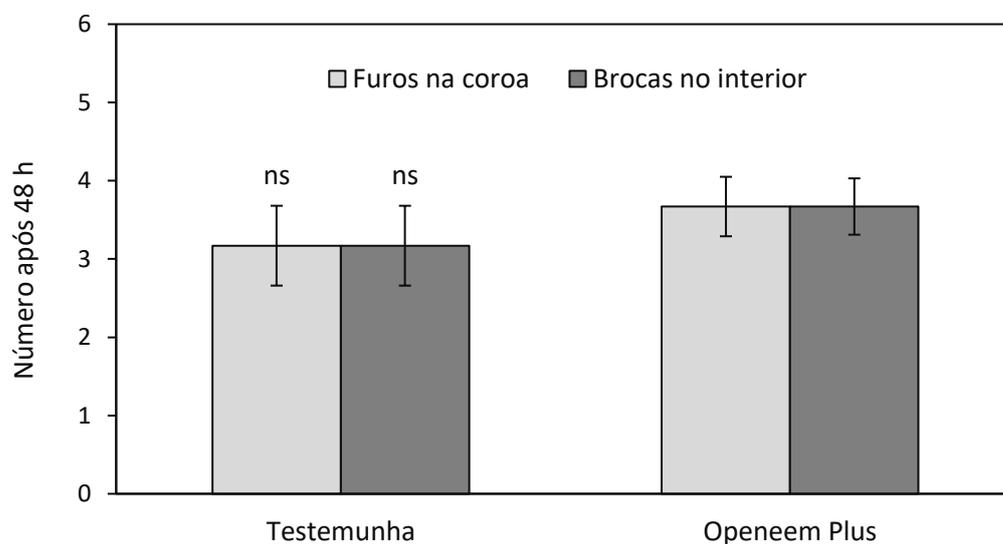


ns: não significativo ($P < 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

Na avaliação do número de furos na coroa e número de adultos da broca-do-café no interior dos frutos, não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Os números de furos/fruto foram estatisticamente semelhantes entre os frutos do extrato de nim (3,67 furos/fruto) e testemunha (3,17 furos/fruto) ($X^2 = 27,27$; $P = 0,1280$). O extrato de nim também apresentou médias estatisticamente semelhantes ($X^2 = 22,40$; $P = 0,3192$) para adultos no interior dos frutos (3,67 brocas/fruto) em relação à testemunha (3,17 brocas/fruto) (Figura 21). Esses resultados demonstram que o extrato de nim não causa efeitos significativos na escolha das fêmeas da broca-do-café e perfuração nos frutos, não apresentando deterrência à colonização dos frutos verdes.

Figura 21 – Número de furos na coroa e de adultos da broca-do-café no interior dos frutos verdes na testemunha e extrato de nim (Safrá 2020/2021).



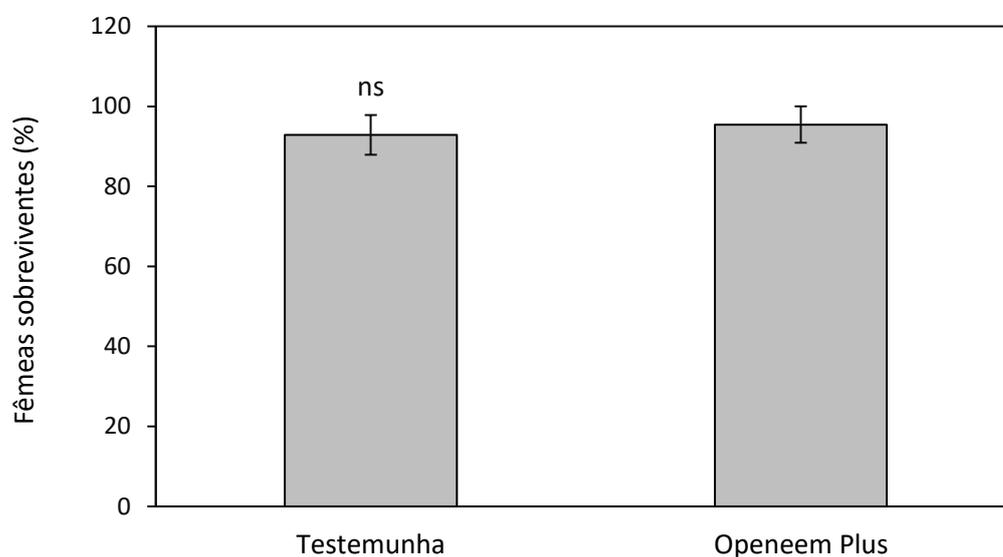
ns: não significativo ($P < 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

6.3.3 Desenvolvimento da broca-do-café em dieta artificial contendo extrato de nim

A porcentagem de sobrevivência de fêmeas colonizadoras da broca-do-café na dieta artificial foi semelhante nas placas com aplicação do produto botânico e nas placas que não tiveram aplicação, com 95,45% de sobrevivência no extrato de nim e 92,86% na testemunha ($X^2 = 0,05$; $P = 0,8233$) (Figura 22). Portanto, pode-se concluir que o produto à base de extrato de nim não causa redução na sobrevivência de fêmeas adultas expostas e que se alimentam em dieta artificial tratada.

Figura 22 – Porcentagem de fêmeas colonizadoras sobreviventes da broca-do-café em dieta artificial com e sem aplicação de extrato de nim.

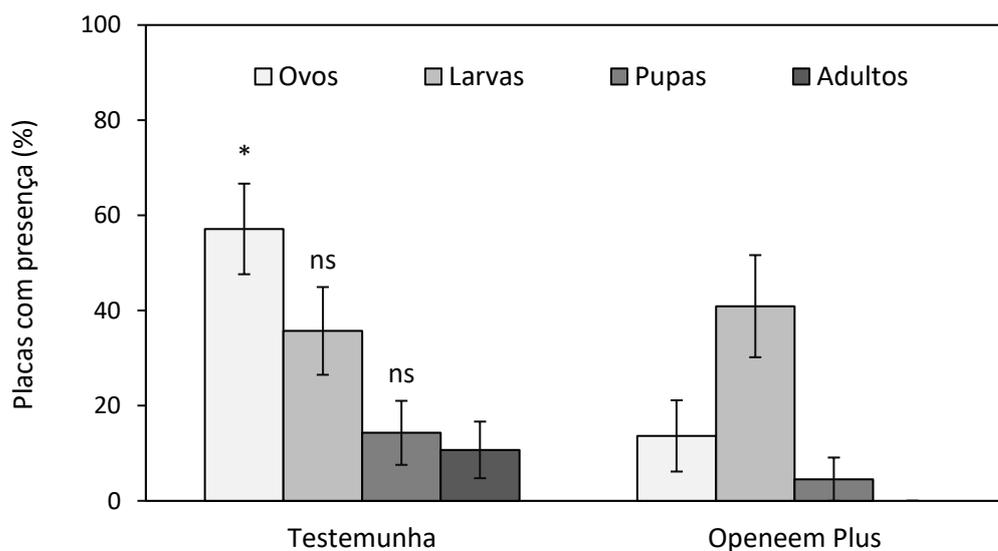


ns: não significativo ($P > 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

A porcentagem de placas com presença de ovos da broca-do-café foi >4x maior na testemunha (57,14%) em relação ao extrato de nim (13,64%) ($X^2 = 4,03$; $P = 0,0447$), com diferenças significativas entre os tratamentos. Para o número de larvas produzidas, os resultados foram similares entre os tratamentos, de modo que a testemunha obteve 35,71% de placas com presença de larvas e o extrato de nim, 40,91% ($X^2 = 0,02$; $P = 0,8989$). A porcentagem de placas com pupas também foi estatisticamente semelhante ($X^2 = 0,17$; $P = 0,6842$) entre os tratamentos; na testemunha houve 14,29% de placas com presença de pupas e no extrato de nim, 4,55%. O número de placas com presença de adultos também foi numericamente superior na testemunha (10,71%), enquanto nas placas com extrato de nim não houve produção de adultos (0%) após 40 dias da montagem do bioensaio (Figura 23).

Figura 23 – Porcentagem de placas com presença de ovos, larvas, pupas e adultos da broca-do-café em dieta artificial com e sem extrato de nim.



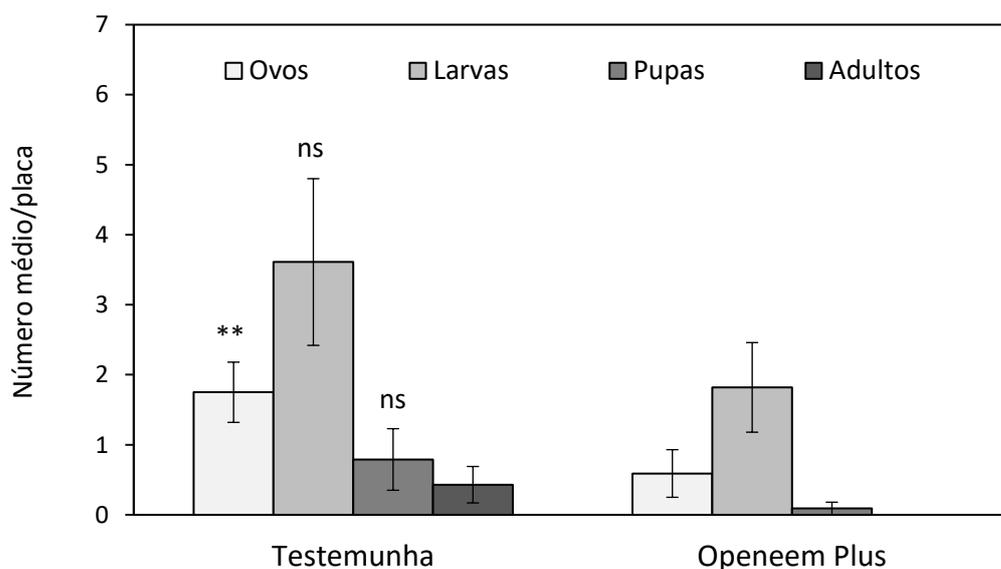
ns: não significativo ($P > 0,05$).

*: diferença significativa ($P < 0,05$).

Fonte: Do autor (2021).

O número médio de ovos/placa foi maior na testemunha (1,75) em relação ao extrato de nim (0,59), com diferença significativa entre os tratamentos ($X^2 = 35,12$; $P = 0,0024$) (Figura 24). Embora não tenham diferenças significativas para os números de larvas e pupas, os valores médios/placa de larvas foram maiores na testemunha (3,61) em relação ao extrato de nim (1,82) ($X^2 = 34,98$; $P = 0,6952$), bem como o número médio de pupas por placa também foi maior na testemunha (0,79) que no extrato de nim (0,09) ($X^2 = 0,17$; $P = 0,9968$). Finalmente, o número médio de adultos por placa na testemunha foi de 0,43, enquanto no extrato de nim não houve produção de adultos (0%). Com esses resultados pode-se confirmar que o extrato de nim causa efeitos adversos no desenvolvimento da broca-do-café em dieta artificial, reduzindo a frequência na oviposição e o número de ovos produzidos, retardando assim o ciclo biológico da praga (Figura 24).

Figura 24 – Número médio/placa de ovos, larvas, pupas e adultos da broca-do-café em dieta artificial tratada com e sem extrato de nim.



ns: não significativo ($P < 0,05$).

** : diferença significativa ($P < 0,01$).

Fonte: Do autor (2021).

7 DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho demonstraram que o produto à base de extrato de nim (Openeem Plus) apresenta principalmente efeitos adversos na redução da oviposição das fêmeas da broca-do-café alimentadas com frutos ou dieta artificial tratados, e que o produto botânico pode ser aplicado em estratégias de rotação ou mistura de forma compatível com inseticidas no manejo integrado da praga em café arábica. Os melhores resultados quanto à eficiência nas reduções populacionais da broca-do-café na safra 2019/2020 obtidas com a mistura do extrato de nim com inseticidas foram Clorpirifós, Sperto, Sperto+Verismo, enquanto na safra 2020/2021 foram as misturas com os inseticidas Sperto+Boveril, Boveril, Clorpirifós+Boveril.

Nos experimentos de campo desta pesquisa também foi observado que a realização das aplicações de inseticidas no momento adequado do período de trânsito da broca-do-café é essencial para obter eficiência no controle, e conseqüentemente reduzir a população inicial das fêmeas colonizadoras nos frutos ainda verdes. Assim, é importante realizar a aplicação no momento adequado para assegurar que os inseticidas cubram os espiráculos dos insetos e que causem exposição de contato e de alimentação, como demonstrado por vários trabalhos (DE BRITO et al., 2020; NEVES CELESTINO et al., 2016; SAMY, 2018).

Como relatado, o efeito das aplicações dos produtos impactará o nível de infestação e o desenvolvimento subsequente dos descendentes das primeiras fêmeas colonizadoras, uma vez que as formas biológicas de larvas e pupas não são expostas aos inseticidas pelo hábito críptico nas sementes dentro dos frutos. O monitoramento periódico do número de adultos totais, adultos vivos, número de frutos com ausência de adultos, além da presença de larvas e pupas nas sementes pode auxiliar na tomada de decisão para a aplicação dos inseticidas. O registro desses parâmetros pode ser considerado uma prática complementar à amostragem apenas da porcentagem de frutos brocados, prática utilizada pelos cafeicultores para a tomada de decisão do controle, pelo fato de apenas esse levantamento não ser correlacionado com a infestação no interior dos frutos dependendo do período de desenvolvimento dos frutos, como observado no presente trabalho.

No estudo feito por De Brito et al. (2020), os autores observaram maior mortalidade nas primeiras 24 horas após a aplicação dos produtos botânicos, depois disso, a mortalidade decresceu, concluindo que isso poderia ter relação com a degradação dos

compostos essenciais, cuja volatilização pode reduzir os ativos botânicos. Depieri e Martinez (2010) encontraram que o óleo de nim quando pulverizado sobre os frutos de café e logo em seguida oferecidos à broca-do-café apresentou mortalidade de 58%; no entanto, quando pulverizado diretamente sobre as fêmeas a mortalidade foi significativamente menor (41,7%), revelando a importância não só do momento adequado, como também da forma de aplicação adequada para obter maior mortalidade da praga. Samy (2018) avaliou óleo de nim, óleo de *Pongamia pinnata* e óleo de alho para o controle da broca-do-café, concluindo que a porcentagem de frutos verdes danificados no primeiro ano foi de 36% e 14% no segundo ano, e que a aplicação desses produtos botânicos deve ser no tempo correto para obter maior controle. Os resultados em nosso experimento na baixa eficiência na mortalidade dos adultos da broca-do-café pode estar relacionado com a rápida degradação que os inseticidas botânicos apresentam diante de fatores como altas temperaturas, luz ultravioleta, velocidade do vento ou excesso de água, todos esses fatores podem causar enormes perdas de inseticida, reduzindo a eficácia da aplicação, no caso particular da cidade de Lavras devemos considerar que entre os meses de fevereiro-maio há muita precipitação, com até 166 mm de chuva no máximo e 31 mm no mínimo entre esses meses, o que pode reduzir a eficiência nas aplicações, isso explicaria a baixa mortalidade em adultos da broca-do-café devido ao fato desses inseticidas não terem efeito sistêmico, portanto, se não houve contato direto com o corpo do inseto durante a aplicação, eles não permanecem por muito tempo no ambiente e, portanto, o controle diminui.

No experimento de campo na safra 2019/2020, a estratégia de manejo Clorpirifós+Openeem/Openeem/Clorpirifós+Openeem causou efeito marginalmente significativo para o número médio de frutos brocados sem adultos na segunda avaliação. Isto ocorreu provavelmente devido a efeitos sinérgicos de mortalidade, repelência, desalojamento e redução na oviposição causados pela aplicação da mistura Clorpirifós+Openeem na primeira aplicação, seguido da aplicação isolada do extrato de nim na segunda aplicação, o que pode ter aumentado os efeitos deletérios no desenvolvimento da broca-do-café, refletindo em menor número de adultos colonizando os frutos na segunda avaliação, com eficiência de 55% de desalojamento. Na safra 2020/2021, o melhor resultado para o aumento no número médio de frutos brocados sem adultos foi obtido com Openeem/Openeem/Openeem na segunda avaliação, com eficiência de desalojamento de 30% de adultos dos frutos.

O extrato de nim não apresentou repelência e deterrência em curto prazo nos frutos verdes e cerejas avaliados no laboratório por meio de bioensaios de preferência com chance de escolha com avaliações do número de fêmeas atraídas e perfurando os frutos após 48h. Vijayalakshmi et al. (2014) afirmaram que o produto à base de nim avaliado por esses autores teve uma ação repelente à broca-do-café, e que no contexto de manejo integrado de pragas é efetivo, seguro, barato e renovável, tornando-o uma boa opção para uso em sistemas de produção orgânica, e em países em desenvolvimento como alternativa aos produtos sintéticos. Contudo nossos resultados diferem quanto aos efeitos dos referidos trabalhos provavelmente devido ao modo de extração ou partes das plantas de nim que foram utilizadas para o preparo dos produtos, o que pode influenciar nos compostos extraídos e conseqüentemente os efeitos proporcionados à broca-do-café.

No trabalho realizado por Depieri e Martinez (2010) na redução da sobrevivência da broca-do-café pela pulverização com nim em laboratório, os autores utilizaram três diferentes produtos botânicos de nim; como solução aquosa do óleo emulsionável foi usada à formulação comercial Dalneem, a qual foi diluída em água destilada para obter concentrações de 0,5; 1 e 5% de óleo. Para a obtenção do extrato aquoso de sementes, foram utilizados frutos maduros de nim despulpados e secos à sombra por cinco dias, após esse processo, eles filtraram num tecido de poliéster e diluíram em água, para obter concentrações de 2 e 1% p/v. No caso do extrato aquoso de folhas, estas foram coletadas, lavadas em água corrente e imersas em uma solução a 1% NaCl por 5 minutos, depois foram secadas numa camara de fluxo laminar e trituradas em liquidificador com água destilada.

Como descrito anteriormente, no trabalho de Vijayalakshmi et al. (2014) foi usado óleo de nim a diferentes concentrações, encontrando uma alta repelência a *H. hampei*. No trabalho feito por De los Santos et al. (2019), também foi encontrada alta repelência do extrato de nim e menor número de larvas vivas nos frutos, mas não foi descrito o modo de extração nem a parte de planta de nim utilizada. No trabalho de Depieri e Martinez (2010), foram testados óleo, extrato de folhas e extratos de sementes de nim, e os resultados apontaram alta repelência à broca-do-café utilizando o óleo de nim, reduzindo o número de frutos brocados de modo dependente da dose aplicada, o extrato de sementes também reduziu o número de frutos infestados pela broca-do-café em função da dose aplicada, e o efeito de repelência foi mais baixo nos frutos pulverizados com extrato de folhas de nim.

Um dos aspectos importantes aqui demonstrado é a compatibilidade do extrato de nim com inseticidas de diferentes grupos químicos, como no caso do clorpirifós (organofosforado) no tratamento Clorpirifós, com os inseticidas acetamiprido (neonicotinoide) e bifentrina (piretroide) no tratamento Sperto, com o ingrediente ativo metaflumizona pertencente às semicarbazonas no tratamento Verismo ou do fungo entomopatogênico *B. bassiana* do tratamento Boveril. No trabalho feito por Potrich et al. (2018), foram encontradas diferenças entre produtos à base de nim com diferentes concentrações no desenvolvimento de colônias de *B. bassiana*, diferindo dos resultados desta pesquisa portanto, mais estudos devem ser realizados a fim de avaliar a compatibilidade entre os produtos botânico o microbiológico no manejo integrado da broca-do-café a fim de dar subsídios para o desenvolvimento de estratégias eficientes que envolvam aplicações com esses produtos biológicos para uso em sistemas cafeeiros sustentáveis.

Foi demonstrado tanto no bioensaio com dieta artificial em laboratório como nos experimentos de campo que o extrato de nim apresentou baixo efeito inseticida aos adultos da broca-do-café. No bioensaio de laboratório, ocorreram ~95% de sobrevivência de fêmeas adultas alimentadas com dieta artificial tratada com extrato de nim e ~93% de sobrevivência na testemunha após 40 dias. Nos experimentos de campo, na safra 2019/2020 verificaram ~25% de eficiência de mortalidade de adultos no tratamento Openeem/Openeem/Openeem na terceira avaliação dos frutos; para a safra 2020/2021, no tratamento Openeem/Openeem/Openeem foi observado ~60% de adultos mortos nos frutos avaliados na segunda avaliação. Verificou-se que nos experimentos de campo as fêmeas adultas podem ter entrado em contato com outros inseticidas entre as parcelas adjacentes e assim ter influenciado nos resultados obtidos. Para reduzir o contato das fêmeas da broca-do-café com inseticidas aplicados em parcelas adjacentes, recomenda-se replicar o experimento em áreas de campo que não possuam lavouras próximas à área do experimento, para evitar que as fêmeas adultas de a broca-do-café migrem para essas lavouras e, assim, evitar o contato com outras moléculas inseticidas. Além disso, os demais tratamentos também não proporcionaram altas porcentagens de adultos mortos no interior dos frutos, o que pode ter sido pelas aplicações não terem sido realizadas em um momento com muitas fêmeas adultas no período de trânsito, afetando a eficiência dos tratamentos. A aplicação dos inseticidas com a bomba costal manual pode ter influenciado na eficácia das aplicações, reduzindo a eficiência dos produtos, impedindo a molécula de inseticida de agir de forma eficaz no processo fisiológico do inseto para o qual foi

desenvolvida, o que explicaria a baixa mortalidade após as aplicações, recomenda-se realizar as aplicações com máquinas agrícolas ou outros equipamentos que garantam que a pressão de aplicação seja sempre uniforme, pois dessa forma é gerada uma maior área de cobertura sobre as árvores de café, e obtém-se um melhor tamanho e distribuição das gotas de aplicação.

No estudo feito por Alejos e Valverde (2020), não houve diferenças significativas entre os tratamentos com extrato de nim e testemunha nos primeiros dois meses de avaliação, porém, no terceiro e quarto mês o número de insetos por fruto começou a aumentar na testemunha, obtendo diferença estatística quando comparado com o tratamento com nim. No trabalho de Depieri e Martinez (2010), a mortalidade da broca-do-café foi maior nos frutos pulverizados com extrato de nim em óleo, com valores de até 58% de mortalidade, causada principalmente pela ingestão do óleo de nim durante a perfuração do fruto. Zorzetti et al. (2017) não encontraram diferenças na mortalidade da broca-do-café nas aplicações feitas antes e após a evaporação da calda na superfície foliar, concluindo que o extrato de nim pode ter ação inseticida no contato com as folhas úmidas ou secas, podendo atingir os insetos quando eles saírem dos frutos para acasalar ou fazer posturas. Os resultados desses experimentos concordam com os de nossa pesquisa já que mostram que a aplicação de inseticidas à base de extrato de nim pode ter baixa residualidade na folha, porém, se o inseto se alimentar de folhas expostas ao inseticida, sofrerá distúrbios fisiológicos que podem encurtar seu ciclo biológico, diminuindo sua longevidade e aumentando a mortalidade a longo prazo, reduzindo também a oviposição de adultos que ingeriram alimentos com aplicação de inseticida. Esses resultados também confirmam que a eficiência das aplicações de inseticidas à base de nim para o controle da broca-do-café é influenciada pela estrutura ou parte da planta a partir da qual o inseticida foi elaborado.

Alguns resultados de mortalidade do presente trabalho são semelhantes com os apresentados por Neves Celestino et al. (2016), onde os autores fizeram uma comparação entre diferentes tipos de óleos minerais e os maiores resultados na mortalidade de *H. hampei* foram utilizando o extrato de azadiractina, obtendo 40,8% de mortalidade das fêmeas utilizando um inseticida com 0,3% de azadiractina na concentração de 3%. Em outro trabalho, Samy (2018) comparou óleo de nim, óleo de *P. pinnata* e extrato de alho para o manejo da broca-do-café, relatando maior controle no tratamento com óleo de nim; também foi encontrado que a mistura entre óleo de nim e de *P. pinnata* causou eficiência 50% maior na mortalidade da broca-do-café quando comparado com os demais

tratamentos. Desse modo, evidencia-se que produtos à base de nim podem ser compatíveis para utilizar em mistura com outros inseticidas, aumentando a toxicidade das aplicações devido a possíveis efeitos sinérgicos que podem ajudar na diminuição das infestações da broca-do-café no cafeeiro. Em um estudo feito por De los Santos et al. (2019) de rotações entre inseticidas botânicos e o extrato de nim, verificaram até 80% de mortalidade em adultos e larvas. Neves Celestino et al. (2016) constataram, maior mortalidade e deterrência com aplicações do extrato de nim, resultando em número reduzido de grãos danificados pela broca-do-café.

As maiores reduções das infestações de larvas da broca-do-café na safra 2019/2020 ocorreram na terceira avaliação dos frutos nos tratamentos Sperto/Boveril/Verismo, Sperto+Openeem/Openeem/Sperto+Openeem e Sperto/Sperto/Sperto, com eficiências de ~87, 79 e 76%, respectivamente. Na safra 2020/2021, as maiores eficiências de redução das infestações de larvas ocorreram na segunda avaliação dos frutos com Openeem/Openeem/Openeem, Clorpirifós/Sperto/Clorpirifós e Sperto+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós, atingindo ~78, 67 e 53%, respectivamente; além disso, na primeira avaliação os tratamentos Sperto+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós, Clorpirifós+Openeem/Boveril+Openeem/Clorpirifós e Boveril+Openeem/Openeem/Boveril+Openeem já tinham causado ~77, 65 e 55% de eficiência, respectivamente.

Esses resultados podem ser considerados entre os de maior importância quanto à probabilidade de ocorrência de danos nas sementes pelo fato de as larvas constituírem as principais formas biológicas que irão causar redução na produtividade e qualidade do café. Souza e Reis (1997) concluíram que entre os principais danos ocasionados pelas larvas da broca-do-café nas sementes está a perda de peso do café beneficiado devido à perda de qualidade, apodrecimento das sementes por entrada de microrganismos e inviabilidade das sementes. Esses mesmos danos foram encontrados por Mesquita (2016), agregando também a perda na qualidade da bebida pelos microrganismos que aproveitam da entrada da broca-do-café e produzem fermentações indesejáveis, prejudicando a bebida.

Pelos resultados obtidos com os bioensaios de laboratório com dieta artificial e de campo com gaiolas nos frutos, pode-se inferir que os principais efeitos do extrato de nim no desenvolvimento da broca-do-café são devido a alterações fisiológicas pela alimentação das fêmeas adultas, reduzindo a taxa de oviposição e número de ovos

depositados. Apesar de não ter havido deterrência de frutos verdes e cerejas tratados com o extrato de nim à colonização das fêmeas, evidenciado pelos testes de preferência com chance de escolha, em médio prazo o produto botânico pode ter afetado as características químicas das sementes, causando impalatabilidade à alimentação das fêmeas durante a construção das galerias, retardando o comportamento de oviposição. Além disso, as fêmeas podem ter percebido a presença de substâncias não palatáveis e potencialmente tóxicas ao desenvolvimento de sua prole, reduzindo a taxa de postura nas sementes.

A taxa de oviposição e o número de ovos em dieta artificial tratada com o extrato de nim foram $\sim 4x$ e $3x$ menores em relação à testemunha, respectivamente. Nos frutos cereja tratados com extrato de nim, houve redução no número de ovos/gaiola em $1,6x$ após 40 dias, e nos frutos verdes, houve redução do número de ovos/fruto em $>5x$. Os efeitos fisiológicos do extrato de nim na redução das taxas de oviposição se devem ao fato da broca-do-café ser um inseto sinovigênico, e, portanto, a má nutrição dos adultos pelo extrato de nim afeta a produção e desenvolvimento dos ovos. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam o exposto por Giordanengo (1993), que descreveu que a broca-do-café é uma espécie sinovigênica, e a capacidade de produzir ovos durante a fase reprodutiva é influenciada pelos nutrientes e compostos químicos presentes no ambiente no qual se desenvolvem já que precisam de energia para a ovogênese.

Os resultados desta pesquisa apresentam importância no contexto do manejo integrado da broca-do-café já que apresentam uma nova alternativa no manejo da praga, reduzindo o uso de inseticidas químicos e demonstrando a compatibilidade do extrato de nim com inseticida microbiológico para diminuir as populações da broca-do-café. Do ponto de vista ambiental, o uso de extratos botânicos para o controle de pragas permite um maior equilíbrio ecológico já que o uso destes produtos gera menor contaminação, pois suas propriedades físicas e químicas tornam sua degradação mais rápida e seu tempo de acúmulo no meio ambiente é mais curto, permitem realizar aplicações reduzindo o risco de dano a espécies não alvo, como insetos benéficos. O uso de produtos como o extrato de nim também tem grande potencial no mercado de exportação de café de qualidade, pois pode proporcionar menor uso de inseticidas químicos na produção, tornando os extratos botânicos como uma alternativa sustentável e de baixo custo na produção cafeeira. Além disso, verificou-se o potencial sinérgico que o extrato de nim pode apresentar com inseticidas químicos ou microbiológico, o qual pode ajudar no aumento da eficiência das aplicações para controle da broca-do-café, e auxiliar no manejo

da resistência, já que estes compostos geram menor pressão de seleção nas populações de pragas.

8 CONCLUSÕES

- O extrato de nim tem potencial de redução da infestação da broca-do-café quando aplicado em estratégias de manejo em rotação ou associação com inseticidas;

- A aplicação do extrato de nim em frutos de café verdes e cerejas não apresentam efeito na preferência e colonização da broca-do-café;

- O extrato de nim não reduz a sobrevivência das fêmeas da broca-do-café, porém, há efeito negativo no desenvolvimento pela redução da taxa de oviposição e número de ovos em dieta artificial e em frutos verdes e cerejas em campo.

9 REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. A method of computing the effectiveness of an insecticide. Em W. ABBOTT, Estimating Insecticidal Effectiveness (p. 265-267). Washington: United States Department of Agriculture, 1993.

ALARCON, A.; BARRERA GAYTAN, J.; JIMENEZ ZILI, J.; VALENZUELA, J.; CRUZ DOMINGUEZ, P.; CERDAN CABRERA, C.; ALVARADO CASTILLO, G. Evaluación de tres tipos de trampas, efecto de altura y evaporación del atrayente para broca del café *Hypothenemus hampei* en la finca Vegas, Veracruz, Mexico. **Fitosanidad**, La Habana, v. 21, n. 2, p. 53-60, 2017.

ALEJOS-LOYOLA, G.; VALVERDE-RODRIGUEZ, A. Comportamiento de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) ante efectos del biocida neem (*Azadirachta indica*) e higuierilla (*Ricinus communis*) en Monzón, Peru. **Revista Investigación Agraria**, p. 64-71, 2020.

ALVES DOS SANTOS, M. R.; GUIMARAES SILVA, A.; ABREU LIMA, R.; SOUZA LIMA, D. K.; PEDROSO SALLET, L. A.; DOMINGUES TEIXERA, C. A.; ALVES FACUNDO, V. Atividade inseticida do extrato das folhas de *Piper hispidum* (Piperaceae) sobre a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). **Revista Brasil. Bot**, v. 33, n.2, p.319-324, 2010.

ASCHER, K. Non conventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, Israel, n.22, p.433-449, 1993.

BENASSI, V. L. R. M. Aspectos biológicos da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), em *Coffea canephora*. Simposio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Brasília, D.F., EMBRAPA Café, Belo Horizonte, Minasplan p. 1181-1184, 2000.

BENAVIDES M., P., BUSTILLO P., A., CÁRDENAS M., R., MONTOYA R., E. Análisis biológico y económico del manejo integrado de la broca del café en Colombia. **Cenicafé**, v. 54, n. 1, p. 5-23, 2003.

BOTREL MIRANDA, G. R.; RAETANO, C. G.; CEREJEIRA, M. J.; DAAM, M.; SILVA, E. Avaliação da distribuição ambiental de inseticidas utilizados no controle da broca-do-café Abordagens preditivas. VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, (p. sp). Araxá, MG, 2011.

BRAHMACHARI, G. Neem - An omnipotent plant: A retrospective, **ChemBioChem**, p. 408-421, 2004.

BUSTILLO P.; A. E., VILLALBA G.; D. A., CHÁVES C., B. Consideraciones sobre el uso de insecticidas químicos en la zona cafetera en el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*. Em CENICAFE, Memorias Sociedad Colombiana de Entomología (pp. 1552-158). Chinchiná, Colombia 1993.

BUSTILLO PARDEY, A. El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera; Curculionidae; Scolytinae). **Rev. Acad. Colomb. Cienc.**, v. 39, n.110, p.55-68, 2005.

CAÑIZALEZ, L.; GUÉDEZ, C.; CASTILLO, C.; OLIVAR, R. Caracterización de aislamiento del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* y su patogenicidad en *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae), **Academia**, Trujillo, v. 14, n. 34, p.31-42, 2015.

CANTOR, F., BENASSI, V., FANTON, C., RODRIGUEZ, D., & CURE, J. Broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Em F. -F. Queiroz, Pragas introduzidas no Brasil (pp. 577-598). Evaldo Ferreira Vilela, Roberto Antonio Zucchi, 2015.

CÁRDENAS, M. d.; MARCANO BRITO, R. V.; GIRALDO, H.; AQUINO, A. Biología de la broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae) bajo condiciones de campo, en el estado Táchira, Venezuela, **Entomotropica**, v. 22, n. 2, p. 49-55, 2007.

CHAUDHARY, S.; KANWAR, R., SEHGAL, A.; CAHILL, D.; BARROW, C.; SEHGAL, R.; KANWAR, J. Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1-13, 2017.

CURE, J. R.; RODRIGUEZ, D.; GUTIERREZ, A. P.; PONTI, L. The coffee agroecosystem bio-economic analysis of coffee berry borer control (*Hypothenemus hampei*). **Scientific reports**, sp, 2020.

DE BRITO, W.; SILVA SIQUEIROLI, A.; ANDALO, V.; GONCALVEZ DUARTE, J.; FERREIRA DE SOUSA, R.; RODRIGUES PEREIRA, J.; CAETANO DA SILVA, G. Botanical insecticide formulation with neem oil and D-limonene for coffee borer control. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 56, p. 1-9, 2020.

DE LOS SANTOS PINARGOTE-CHOEZ, J., LINO-GARCIA, M., PALMA-PONCE, R. Efecto de tres dosis de extractos de *Petiveria alliacea* L. y *Azadirachta indica* A. Juss con tres frecuencias de aplicación para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari). **Dom. Cien.**, v. 5, n. 3, p. 549-565, 2019.

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**, v. 39, n. 4, p. 632-637, 2010.

FERREIRA, A. J.; BUENO, V. H.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; BUENO FILHO, J. S. Dinâmica Populacional da Broca-do-Café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) em Lavras, MG. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 29, n. 2, p. 237-244, 2000.

GAHUKAR, R. Factors affecting content and bioefficacy of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) phytochemicals used in agricultural pest control: A review. **Crop Protection**, v. 62, p. 93-99, 2014.

GIORDANENGO, P. Biologie, eco-ethologie et dynamique des populations du Scolyte des grains de café, *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera, Scolytidae), em Nouvelle-Caledonie. Em Travaixu et Documents Microedites. ORSTOM Editions, 1992.

GIRALDO-JARAMILLO, M; POSTALI PARRA, J.R. Artificial diet adjustments for Brazilian strain of *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae). **Coffee Science**, v. 13, n. 1, p.132-135, 2017.

GUIMARAES, R., MENDES, A., & BALIZA, D. Semiologia do cafeeiro: Sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas. Editora UFLA, 2010.

IRULANDI, S.; RAVIKUMAR, A.; CHINNIAH, C.; RAJENDRAN, R.; VINOD KUMAR, P. Farm yard manure and neem cake on feeding preference, ovipositional preference and development period of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. **Journal of Biopesticides**, Tamil Nadu, v. 3, n. 3, p. 534-539, 2010.

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

JENNIFER MORDUE (LUNTZ), A.; NISBET, A. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. **Anais da Sociedade Entomológica de Brasil**, v. 29, n. 4, p.615-632, 2000.

LEONCINI RAINHO, H. Resposta comportamental da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) a voláteis de frutos de café. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

KHOSRAVI, R.; JALALI SENDI, J. Effect of neem pesticide (Achook) on midgut enzymatic activities and selected biochemical compounds in the hemolymph of lesser mulberry pyralid, *Glyphodes pyloalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Plant Protection Research**, v. 53, n. 3, p. 238-247, 2013.

LOKANADHAN, S.; MUTHUKRISHNAN, P.; JEYARAMAN, S. Neem products and their agricultural application. **Journal of Biopesticides**, v.5, p. 72-76, 2012.

MARCOMINI, G. R. Análise técnica e econômica da utilização de inseticida biológico *Beauveria bassiana* para o controle da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*). **Revista Hipótese**, v.1, n. 1, SP, 2015.

MATUS MIRANDA, M. N.; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, E. Evaluación de plaguicidas para el manejo de plagas del café *Coffea arabica* L. en Jinotega, Nicaragua. **La Calera**, v. 20, n. 34, p.20-28, 2020.

MESQUITA, C.M. Manual do café: distúrbios fisiológicos, pragas e doenças do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Belo Horizonte: EMATER-MG, 62 p, 2016.

METELLUS, D.; SAMPAIO, M. V.; CELOTO, F. J. Activity of insecticides on coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). **Bioscience Journal**, v. 36, n. 4, p. 1099-1115, 2020.

NEVES CELESTINO, F.; PRATISSOLI, D.; CONTARINI MACHADO, L.; VIDAL COSTA; A., GONCALVES DOS SANTOS JUNIOR, H.; DOMINGO ZINGER, F. Toxicidade do óleo de mamona á broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Coffee Science**, v. 10, n. 3, p. 329-336, 2014.

NEVES CELESTINO, F.; PRATISSOLI, D.; CONTARINI MACHADO, L.; GONCALVES DOS SANTOS JUNIOR, H. J.; TEBALDI DE QUEIROZ, V.; MARDGAN, L. Control of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) with botanical insecticides and mineral oils. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringa, v. 38, n.1, p. 1-8, 2016.

NEVES, P. M.; HIROSE, E. E. Seleção de Isolados de *Beauveria bassiana* para o Controle Biológico da Broca-do-Café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 1, p. 77-82, 2005.

NINO O., J.; BUSTAMANTE, A.; CORREA N., Y.; MOSQUERA M., O. Evaluación de extractos vegetales para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari). **Scientia et Technica**, v. 1, n. 33, p.383-385, 2007.

PARDEY, A. E. El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Revista de la Academica Colombiana de Ciencias Exactas**, v. 29, n. 110, p.55-68, 2005.

REIS, P.R. Monitoramento e manejo da broca-do-café. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, v. 178, 2016.

REYES, E. I., FARIAS, E. S., SILVA, E. M., FILOMENO, C. A., PLATA, M. A., PICANCO, M. C., & BARBOSA, L. C. *Eucalyptus resinifera* essential oils have fumigant and repellent action against *Hypothenemus hampei*. **Crop Protection**, p. 49-55, 2019.

ROYCHOUDHURY, R. Neem Products. Em Ecofriendly Pest Management for Food Security (pp. 545-562). Lucknow, India: Elsevier, 2016.

SAMY M., A. The potential of neem, pongamia oil and garlic extracts formulation for an effective management of berry borers in organic coffee plants. **International Journal of Food and Bioscience**, p. 49-55, 2018.

SOUZA, J.C.; REIS, P.R. Efeito da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) na produção e qualidade do grão de café. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1980, Campos do Jordão. Resumos Rio de Janeiro, IBC/GERCA, p. 281-283, 1980.

TORRES-DE LA CRUZ, M.; GERÓNIMO-TORRES, J. d.; ORTIZ-GARCÍA, C. F.; AYALA ESCOBAR, V.; PEREZ-DE LA CRUZ, M.; CAPPELLO-GARCÍA, S. Hongos

asociados a *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en Tabasco, México. **Revista Colombiana de Entomología**, e7960, 2019.

VEGA-JARQUIN, C. Identificación de metabolitos bioactivos de Neem (*Azadirachta indica* Adr. Juss.). **La Calera**, v. 14, n. 23, sp, 2016.

VIJAYALAKSHMI, C., TINTUMOL, K., & VINODKUMAR, P. Effect of few comercial neem-based insecticides in the management of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae). **The Journal of Zoology Studies**, v. 1, n. 1, p. 22-25, 2014.

VUELTA-LORENZO, D. R.; RIZO-MUSTELIER, M.; & BASILÉ-RODRIGUEZ, R. Evaluación del efecto del hongo *Beauveria bassiana*, trampas y el nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora* en el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Las Yaguas. **Ciencia en su PC**, p. 38-52, 2017.

ZORZETTI, J., OLIVEIRA JANEIRO NEVES, P., CONSTANSKI, K., SANTORO, P., & BATISTA FONSECA, I. Extratos vegetais sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) e *Bauveria bassiana*. **Semina: Ciências Agrarias**, v. 33, n. 1, p. 2849-2861, 2012.