

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

O IMPACTO DO FILME DE PARTÍCULAS CAULIM ASSOCIADO AO FUNGO
Beauveria bassiana* SOBRE A SELEÇÃO HOSPEDEIRA DE *Hypothenemus
***hampei* EM CAFÉ.**

Felipe Vinicius Silva

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Antônio Polanczyk

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

JABOTICABAL - SP

Outubro/2021

- S586i Silva, Felipe Vinicius
O impacto do filme de partículas caulim associado ao fungo *Beauveria bassiana* sobre a seleção hospedeira de *Hypothenemus hampei* em café / Felipe Vinicius Silva. - Jaboticabal, 2021
46 p. : tabs.
- Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Ricardo Antonio Polanczyk
1. Controle biológico. 2. Manejo integrado de pragas.
3. Broca-do-café

*Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
Dados fornecidos pelo autor(a).*

Essa ficha não pode ser
modificada.

DEPARTAMENTO:

CERTIFICADO
TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: O impacto do filme de partículas caulim associado ao fungo *Beauveria bassiana* sobre a seleção hospedeira de *Hypothenemus hampei* em café.

ACADÊMICO: Felipe Vinicius Silva

CURSO: ENGENHARIA AGRONÔMICA

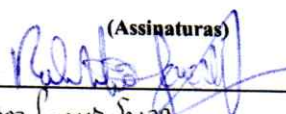
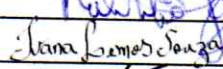
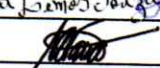
ORIENTADOR: Ricardo Antonio Polanczyk

PERÍODO: Jan/2021 À Out/2021

Este trabalho é recomendado para compor a base de dados CAPELO. ☐ Sim ☐ Não

BANCA EXAMINADORA:

(Nomes)
Presidente Ricardo Antonio Polanczyk
Membro Ivana Lemos Souza
Membro Stéfane Carolina Quista da Silva Faria

(Assinaturas)




Jaboticabal 29 / 10 / 2021

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 24 / 11 / 2021



Chefe do Departamento

*“Ao parar por um minuto e contar todas as suas conquistas,
você perceberá como é bem-sucedido”*

Willie Nelson

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem sua vontade, meus objetivos jamais seriam alcançados.

Agradeço à minha família, pela educação e apoio, desde minha infância até os dias atuais.

Agradeço a todos os amigos que estiveram presentes e se mostraram fiéis e verdadeiros durante minha graduação, os quais irei levar para a vida.

Agradeço ao meu lar durante o período de graduação, a “República Xic Nu Último”, por todo o acolhimento, ensinamentos, apoio, irmandade e momentos inesquecíveis.

Agradeço a todos os órgãos de aprendizado complementares dos quais fiz parte durante minha graduação. Sem dúvida, proporcionaram aperfeiçoamento e crescimento pessoal e profissional.

Agradeço ao “LCMAP – Laboratório de Controle Microbiano de Artrópodes Praga” e aos profissionais envolvidos, pela oportunidade de treinamento e realização deste Trabalho de Iniciação Científica.

Agradeço a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal e a todos os seus funcionários, por me proporcionarem a realização da graduação em Engenharia Agrônoma.

ÍNDICE

1. Resumo
2. Summary
3. Introdução
4. Revisão de Literatura
 - 4.1. A broca-do-café *Hypothenemus hampei*
 - 4.2. Manejo fitossanitário da broca-do-café
 - 4.2.1. Controle preventivo e cultural
 - 4.2.2. Controle químico
 - 4.2.3. Controle comportamental
 - 4.2.4. Controle biológico: *Beauveria bassiana*
 - 4.3. O uso de filmes de partículas na agricultura
5. Materiais e Métodos
 - 5.1. Obtenção e manutenção de *Hypothenemus hampei*
 - 5.2. Atratividade de *H. hampei* em condições de campo
 - 5.3. Atratividade de *H. hampei* em laboratório
 - 5.4. Olfatometria
 - 5.5. Análises estatísticas
6. Resultado e Discussão
 - 6.1. Análise de grãos perfurados do experimento de campo
 - 6.2. Análise da esporulação de insetos do experimento de campo
 - 6.3. Análise de grãos perfurados do experimento de laboratório
 - 6.4. Análise da esporulação de insetos do experimento de laboratório

6.5. Olfatometria

6.6. Considerações finais

7. Conclusão

8. Literatura Citada

1. RESUMO

A broca-do-café, é considerada a praga mais importante dessa cultura. Além de causar danos que prejudicam o valor final do produto, os métodos utilizados para o seu controle requerem atenção. O uso do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* no controle da broca-do-café destaca-se como um dos métodos utilizados no manejo da praga. Levando em conta a patogenicidade do fungo, é considerado que a radiação ultravioleta (UV) representa um dos fatores ambientais que mais compromete a viabilidade e a persistência de microrganismos. O caulim, mineral aluminossilicato ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_8$), possui a propriedade de reflectância, reduzindo o estresse térmico da planta e diminuição da incidência de raios UV. Além disso, insetos podem ser repelidos devido à alteração da coloração das plantas cobertas com o filme de partículas, afetando o seu reconhecimento. A utilização da tecnologia de filme de partículas em consórcio com fungos entomopatogênicos poderia representar uma possível alternativa de controle eficiente da broca-do-café. Foram realizados experimentos visando avaliar o impacto do filme de partículas caulim, associado ao fungo *B. bassiana* sobre a broca-do-café em blocos inteiramente casualizados em campo e laboratório constituindo oito tratamentos e cinco repetições, além de olfatometria. Em condições de campo, os frutos submetidos a aplicação de Surround®WP não influenciaram a preferência de *Hypothenemus hampei*. Insetos advindos do campo tiveram esporulação de *Beauveria bassiana* superior quando submetidos aos tratamentos associados à Surround®WP. Em condições laboratoriais, os frutos submetidos a aplicação de Surround®WP influenciaram a preferência de *H. hampei*. Surround®WP não interferiu na esporulação de *B. bassiana*. Em olfatometria, os frutos submetidos a aplicação de Surround®WP não influenciaram a preferência de *Hypothenemus hampei*. A associação entre a tecnologia do filme de partículas caulim e o uso do fungo entomopatogênico *B. bassiana* mostrou-se promissora, assim, deve ser considerado o desenvolvimento de mais estudos, que atualmente, são incipientes.

Palavras-chave: Controle biológico, manejo integrado de pragas, broca-do-café.

2. SUMMARY

The coffee berry borer is considered the most important pest of this crop. Besides causing damage that impairs the final value of the product, the methods used for its control require attention. The use of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in coffee berry borer control stands out as one of the main ones. Taking into account the pathogenicity of the fungus, it is considered that ultraviolet radiation (UV) represents one of the environmental factors that most compromises the viability and persistence of microorganisms. Kaolin, an aluminosilicate mineral ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_8$), possesses the property of reflectance, reducing plant thermal stress and decreasing UV incidence. In addition, insects can be repelled due to the change in coloration of the plants covered with the particle film, affecting their recognition. The use of particle film technology in consortium with entomopathogenic fungi could represent a possible alternative for efficient control of the coffee berry borer. Experiments were conducted to evaluate the impact of kaolin particle film associated with the fungus *B. bassiana* on the coffee berry borer in entirely randomized blocks in the field and laboratory, with eight treatments and five repetitions, and a behavioral test using an olfactometer. In field conditions, fruits submitted to Surround®WP application did not influence the preference of *Hypothenemus hampei*. Insects from the field had higher sporulation of *Beauveria bassiana* when submitted to treatments associated with Surround®WP. In laboratory conditions, fruits submitted to Surround®WP application influenced the preference of *H. hampei*. Surround®WP did not interfere in the sporulation of *B. bassiana*. In olfactometry, fruits submitted to Surround®WP application did not influence the preference of *Hypothenemus hampei*. The association between the kaolin particle film technology and the use of the entomopathogenic fungus *B. bassiana* has shown promise, so the development of further studies, which are currently incipient, should be considered.

Key-words: Biological control, integrated pest management, coffee berry borer.

3. INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma atividade de elevada importância no cenário do agronegócio brasileiro. O país destaca-se como maior produtor e exportador mundial, com uma área de aproximadamente 1,88 milhão de hectares (CONAB, 2020). Entretanto, a cultura apresenta problemas fitossanitários, dentre os quais destaca-se o ataque por insetos-praga, responsáveis pela queda da produtividade, redução da qualidade da bebida, bem como aumento dos custos de produção.

A broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), é considerada a praga mais importante da cultura em questão. Além de causar danos que prejudicam o valor final do produto, os métodos utilizados para o seu controle têm sua eficiência questionada (BENAVIDES *et al.*, 2005), principalmente pelo fato de o inseto possuir aspectos bioecológicos e comportamentais que tornam difícil o seu controle, como o seu hábito de vida críptico, ficando dentro do fruto do café a maior parte do seu ciclo de

vida; seu ciclo multivoltino, ou seja, podendo ocorrer de quatro a sete gerações por ano; a razão sexual atípica de 10:1 de fêmeas em relação a machos; e o fato de as fêmeas apresentarem uma alta longevidade que pode ser superior a 150 dias (BERGAMIN, 1943; MATHIEU; BRUN; CURE *et al.*, 1998; MATHIEU *et al.*, 2001).

Os insetos fitófagos como *H. hampei*, que se nutrem de vegetais, utilizam uma combinação de estímulos visuais e químicos para localizar suas plantas hospedeiras, envolvendo uma sequência de comportamentos, tais como a localização do habitat da planta e do hospedeiro pelo inseto, reconhecimento, aceitação e adequabilidade alimentar (BERNAYS; CHAPMAN, 1994). Há evidências que *H. hampei* utilize tanto estímulos olfativos quanto visuais para localizar seu hospedeiro (BERNAYS; CHAPMAN, 1994; MATHIEU *et al.*, 2001).

Um dos principais inseticidas químicos utilizados no manejo da broca-do-café, o endossulfan, foi retirado do mercado, devido aos seus efeitos no meio ambiente e toxicidade ao homem (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2010). Diante deste fato, é necessário a busca por novas tecnologias e estratégias que atendam a demanda do manejo integrado de pragas do café, e que apresentem um resultado significativo e eficiente.

O uso do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) no controle da broca-do-café, destaca-se como um dos principais e mais eficientes contra a praga (LA ROSA *et al.*, 1997). *B. bassiana* ocorre naturalmente em condições de campo,

infectando a broca-do-café, tendo seu desenvolvimento beneficiado pelas condições microclimáticas do agrossistema cafeeiro (PARDEY, 2008).

A radiação ultravioleta (UV) representa um dos fatores ambientais que mais compromete a viabilidade e a persistência de microrganismos (BATISTA FILHO *et al.*, 2001). O caulim, mineral aluminossilicato ($\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}[\text{OH}]_8$), possui a propriedade de reflectância, reduzindo o estresse térmico da planta e diminuição da incidência de raios UV (GLENN *et al.*, 2001). Além disso, insetos podem ser repelidos devido à alteração da coloração das plantas cobertas com o filme de partículas, afetando o seu reconhecimento, já que alguns utilizam estímulos visuais ou cores para orientação à planta hospedeira (GLENN *et al.*, 1999).

Atualmente a escolha de substâncias disponíveis como coformulantes para proteção UV ainda é muito limitada (KAISER *et al.*, 2019). A utilização da tecnologia de filme de partículas em consórcio com fungos entomopatogênicos, poderia representar uma possível alternativa de controle eficiente da broca-do-café, porém não se sabe o efeito dessas substâncias no comportamento de escolha do inseto, tanto para alimentação, quanto para a realização da postura, além da eficiência do fungo entomopatogênico. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto do filme de partículas inorgânicas a base de caulim associado ao fungo *Beauveria bassiana* sobre a seleção hospedeira e controle de *Hypothenemus hampei*.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. A broca-do-café *Hypothenemus hampei*

A broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (FERRARI, 1867) (Coleoptera: Scolytidae), apesar de ser a principal praga que ataca a cultura no Brasil, não é nativa do país, apresenta origem da África. Foi relatada como praga, pela primeira vez no ano de 1901, e entre 1913 e 1921 apresentou grande significância econômica, destruindo grande parte da produção de café da África Equatorial Francesa (SOUZA & REIS, 1997).

No Brasil, a broca-do-café foi introduzida no ano de 1913, no estado de São Paulo, a partir da importação de sementes contaminadas vindas do centro de origem e de Java (Indonésia). A partir do ano de 1924, foram observados os primeiros prejuízos causados pelo inseto que, posteriormente, disseminou-se pelas principais regiões produtoras de café brasileiras (BENASSI, 1995; MORAES, 1998; SOUZA & REIS, 1997).

Na região oeste do Brasil, no estado de Rondônia, LAURENTINO & COSTA (2004), fizeram observações, em condições laboratoriais, da duração das fases do ciclo de desenvolvimento do inseto, concluindo que o estágio ovo tem duração de 4 a 10 dias, com característica coloração branca, leitosos, elípticos e pequenos, medindo de 0,5 a 0,8 mm de comprimento. O estágio larval tem duração de 10 a 16 dias e o estágio pupal, de 5 a 6 dias. As larvas e pupas também seguem a coloração branca, medindo respectivamente cerca de 2 mm e 1,75 mm de comprimento. O ciclo tem duração de 22 a 32 dias. Os adultos, inicialmente, possuem coloração amarelo palha, contudo, vão escurecendo com o decorrer do tempo até alcançarem a completa melanização da cutícula, adquirindo a coloração escura brilhante.

As fêmeas vivem em média 156 dias, medindo 2,0 mm de comprimento. Os machos apresentam menor longevidade, em torno de 40 a 50 dias, e menor comprimento, medindo 1,4 mm. A proporção sexual é de um macho para cada dez fêmeas (MORAES, 1998; SOUZA & REIS, 1997; BERGAMIN, 1943). A fêmea oviposita os frutos em praticamente todos os seus estádios de maturação, geralmente na região da cicatriz floral, onde perfura o grão, abre a galeria e põe os ovos (SOUSA, 2016). Os maiores danos estão nas fêmeas colonizando frutos no estágio verdoengo ou maduro. Os prejuízos nos grãos chumbinho estão justamente na queda precoce dos frutos. As larvas do inseto são as que conferem danos ao fruto quando se alimentam internamente da parte aquosa, sendo responsáveis pela perda da produtividade e qualidade da bebida, com prejuízos que podem chegar a 21% somente com perda de peso

do grão. A perfuração do fruto pelo inseto, é uma porta de entrada para microrganismos que, sob condições específicas, podem se desenvolver e influenciar na perda da qualidade da bebida do café (BENASSI, 1989; SOUSA, 2016; GUHARAY & MONTERREY, 1997).

4.2. Manejo fitossanitário da broca-do-café

O ataque da broca-do-café tem início a partir de outubro, quando as fêmeas fecundadas saem dos frutos da safra anterior para perfurar os frutos ainda jovens. Como é um inseto com ciclo de vida críptico, ou seja, passa todo o seu ciclo de vida dentro do fruto, um conjunto de estratégias para o manejo da praga se fazem necessárias (DAMON, 2000).

4.2.1. Controle preventivo e cultural

As medidas de controle cultural devem sempre ser baseadas e fundamentadas em práticas preventivas que minimizem as condições favoráveis à proliferação da broca-do-café, bem como condições para que a cultura tenha uma maior capacidade de suportar os danos (MATIELLO *et al.*, 2010).

A retirada dos grãos de café que ficam no solo ou retidos na planta após a colheita, é um método eficiente de combate à broca-do-café, pois reduz a população da praga que poderia ficar para a safra seguinte. Além disso, também são medidas importantes a serem adotadas: a manutenção de

lavouras abertas, usando podas sempre que indicado; a redução das áreas de sombra; e a erradicação de lavouras abandonadas, uma vez que podem servir como fonte de proliferação do inseto (MATIELLO *et al.*, 2010; SOUZA *et al.*, 2013; FERNANDES *et al.*, 2014).

4.2.2. Controle químico

O principal método de controle utilizado é o químico, porém, o inseticida mais comum para o manejo da praga, o endossulfan, foi banido em vários países devido aos efeitos tóxicos ao ambiente e ao homem (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2010). Após o banimento do inseticida, houve uma explosão da presença da praga no campo, fato que fez com que o Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) decretasse estado de emergência no estado de Minas Gerais (BRASIL, 2014).

Considerando que o inseto passa a maior parte do seu ciclo dentro do fruto, o momento ideal de entrar com o controle químico seria quando as fêmeas acasaladas, no fim da entressafra, saem dos frutos velhos em busca de novos, com taxa de infestação variando de 3 a 5%, sendo amostradas ao menos trinta plantas por talhão e sessenta frutos por planta. Contudo, vai depender do monitoramento da lavoura, o que não é praticado de forma correta por muitos produtores (DAMON, 2000; SOUZA *et al.*, 2013).

4.2.3. Controle comportamental

O controle comportamental é baseado no conhecimento sobre os hábitos dos insetos, ou seja, olfativo ou visual. Ambos possuem influência sobre a preferência da praga por frutos maduros ou imaturos. Foi verificado que as fêmeas são atraídas por compostos à base de álcool, usados em armadilhas coloridas, sendo a cor vermelha, a mais atraente. No entanto, as armadilhas de coloração verde transparentes, mostraram ser mais eficazes (SILVA *et al.*, 2006; DUFOUR & FRÉROT, 2008).

FERNANDES *et al.*, (2014), em seu trabalho de campo utilizando garrafas pet de 2L, pintadas de vermelho, na quantidade de 30 garrafas por hectare, presas às plantas à 1,5 m do chão, contendo atraente composto por mistura de etanol (99,9% de pureza) e metanol (100% de pureza), na proporção de 1:3, com 1% de ácido benzóico, verificou em massa, a eficiência do método de controle comportamental sobre o inseto praga, por reduzir em até 57% a porcentagem de frutos broqueados. Porém, essa redução não foi o suficiente para manter a densidade populacional da broca abaixo do nível de controle, ou seja, inferior a pelo menos 3% de grãos brocados das plantas amostradas.

4.2.4. Controle biológico: *Beauveria bassiana*

O uso de microrganismos entomopatogênicos, o que inclui o fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae), no controle de pragas, é cada vez mais evidente no Brasil e no mundo, mostrando-se como solução efetiva e ecológica, além de facilidade de dispersão e manutenção do inóculo em campo (FERREIRA *et al.*, 2000; ALVES, 1998a).

B. bassiana, é naturalmente encontrada parasitando a broca-do-café em condições de campo (PARDEY, 2008), além de ser utilizado no controle de vários outros insetos praga dentro da agricultura, como a broca europeia do milho, moleque da bananeira, bicudo-do-algodoeiro, gorgulho-da-cana-de-açúcar, pragas de citros, entre outros (AZEVEDO *et al.*, 2000), deixando como característica visível e desejável de sua patogenicidade nos insetos atacados, a esporulação de um micélio branco em condições ideais de luz e umidade e infecção do hospedeiro em diversos estádios do seu ciclo de desenvolvimento, desde o ovo até o inseto adulto (ONOFRE *et al.*, 2002; ALVES, 1998b). Em condições laboratoriais, já apresentou uma letalidade de até 100% (ROHDE *et al.*, 2006).

A classe Ascomycota, a qual *B. bassiana* pertence, é caracterizado por colônias brancas ou amareladas e, porventura, vermelhas. Possui conídios hialinos, globosos e elipsoidais, com tamanho que varia de 2 – 3 x 2 – 2,5 µm, com formação em aglomerados (ZIMMERMANN, 2007). Para o correto desenvolvimento de sua patogenicidade, algumas condições são essenciais,

como temperaturas entre 22 e 28°C, e umidade relativa do ar em torno de 80% (REIS & SOUZA, 1986, ALVES, 1998a). Também é necessário o contato do esporo com a cutícula do inseto, que pode entrar por via oral, respiratória ou tegumento, além da disponibilidade de nutrientes, água e oxigênio (ALVES, 1998b; ROSAS *et al.*, 2001).

Em condições ideais, o fungo tende a germinar num período de 12 a 18 horas. Após 72 horas de inoculação, o inseto apresenta-se totalmente colonizado, tendo sua morte em decorrência da falta de nutrientes e acúmulo de substâncias tóxicas. Internamente ao animal, há uma multiplicação generalizada do entomopatógeno, causando a morte do hospedeiro por destruição de seus tecidos e por algumas toxinas específicas, fazendo com que os insetos parem de se alimentar e apresentem lentidão em suas ações (VALICENTE, 2009; ALVES, 1998b).

De acordo com estudos realizados por ALVES (2003, 2010) o desenvolvimento de formulações de mico inseticidas, ou seja, formulações à base de fungos entomopatogênicos, é dependente de fatores como o conhecimento sobre a compatibilidade do formulante com os esporos do fungo (ALVES *et al.*, 2002), correto armazenamento, progressão da efetividade do fungo em relação às formulações anteriores produzidas (ALVES *et al.*, 1998c), bom espalhamento sobre o inseto e folhagem que apresente superfície hidrofóbica (ALVES *et al.*, 2001), testes de volatilidade do produto (ALVES *et al.*, 2000), experimentos com proporções determinadas entre formulantes e ingrediente ativo, medições de viscosidade com diferentes proporções de formulantes, visando acompanhar a relação entre evaporação e qualidade da

pulverização, capacidade de proteção dos esporos contra a radiação solar (ALVES *et al.*, 1998d), e a aceitação pelo comprador. A grande maioria dos produtores aplica esses produtos em formulações à base de água para controlar insetos-praga em diferentes volumes de aplicação, fazendo uso de pulverizadores com bicos hidráulicos ou atomizadores (MATTHEWS, 1992).

A virulência de *B. bassiana* e seu desempenho, também está relacionada a outros fatores ambientais, como a sua sensibilidade à radiação ultravioleta (UV), que representa um dos fatores ambientais que mais compromete a viabilidade e a persistência de microrganismos (BATISTA FILHO *et al.*, 2001) e, claro, a concentração e aplicação correta de produtos à base do microrganismo (ARISTIZÁBAL *et al.* 2016).

4.3. O uso de filmes de partículas na agricultura

Levando em consideração o conceito de agricultura moderna, na qual há a busca incansável por alternativas ao efeito negativo causado pelo uso intensivo de inseticidas através dos anos, é importante citar a tecnologia do uso de filmes de partículas. A tecnologia é considerada uma alternativa viável, capaz de reduzir e otimizar o uso de químicos na agricultura (SILVA & RAMALHO, 2013). O filme de partículas, propriamente dito, é uma camada microscópica de minerais que se liga à superfície da planta (SMEDT *et al.*, 2015). O uso de cobertura de partículas sobre as plantas tem importante papel no desenvolvimento de doenças, conduta de insetos e fisiologia da planta.

O caulim calcinado, derivado de rocha que contém silicato de alumínio $[Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$, é uma dessas substâncias capazes de gerar influência tanto no vegetal quanto nos hábitos do inseto. Na planta, alterando características como forma, brilho e reflectância (PRADO, 2015). Caulim, é pó de rocha utilizado em grandes quantidades nas indústrias de papel e revestimento e na produção de materiais refratários (MURRAY *et al.*, 2007; SARWAR & SALMAN, 2015), sendo classificado pela Environmental Protection Agency, como pesticida de risco reduzido, por conta de sua baixa toxicidade aos seres humanos, organismos não-alvo e meio ambiente (GARCIA *et al.*, 2003). Segundo PRADO (2015), o caulim calcinado quebra o caulim bruto em estrutura inferior e individual, permitindo que a luz necessária para a fotossíntese possa penetrar, não surtindo efeitos maléficos sobre os processos de abertura e fechamento estomático. A partícula reflexiva de parte da luz ultravioleta e infravermelha reduz a temperatura da folha, possibilitando que os estômatos fiquem abertos durante grande parte do dia, culminando em um aumento das trocas gasosas e por consequência a fotossíntese. As partículas reflexivas também atingem outros lugares antes sombreados da planta, possibilitando seu melhor desenvolvimento.

A conduta dos hábitos dos insetos será alterada pela modificação da coloração do vegetal, impedindo o contato visual direto e eficiente do inseto com a planta, além de alterar a textura da folha e fruto (ALAVO, 2006; PRADO, 2015). De acordo com PRADO (2015), o controle do ataque do bicho-mineiro-do-café *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae), apresentou eficiência de 100%, em mudas de cafeeiro tratadas com caulim em sua formulação

comercial (Surround® WP). Além disso, o caulim mostra-se eficiente no controle de várias pragas que necessitam de seus hábitos sensores, como afídeos, mosca-das-frutas, psílídeos, cigarrinhas e ácaros (COTTRELL *et al.*, 2002; DANIEL *et al.*, 2005; GLENN *et al.*, 1999; MAZOR & EREZ, 2004; PUTERKA *et al.*, 2000).

Em pesquisa realizada no Brasil, na cultura do algodoeiro, associando a tecnologia ao fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana*, no controle de lagartas falsa-medideira *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae), foi comprovada a maior eficiência dos produtos associados, do que aqueles empregados de forma isolada, demonstrando assim, uma associação promissora (GALDINO *et al.*, 2020).

5. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no campo, na Fazenda Paraná, localizada no município de Nova Ponte, Minas Gerais, situada à S 19°02'29,7", W 047°46'3 2,2"e 950 m de altitude. E no Laboratório de Controle Microbiano de Artrópodes Praga (LCMAP), na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias UNESP, campus de Jaboticabal, São Paulo.

Nos experimentos foram utilizados o bioinseticida Boveril® e um produto à base de caulim, Surround®WP. As suspensões preparadas foram aplicadas nas doses recomendadas descritas na bula correspondente, 1×10^8 conídios/ml para Boveril® e 15 g/L para Surround®WP, com 15% de concentração. A diluição e homogeneização dos produtos foram preparados com água destilada, e a aplicação foi realizada, através de um pulverizador manual pressurizado até o ponto de escorrimento.

Foram avaliados os tratamentos: T1 – Fruto verde + água destilada; T2 – Fruto verde + Boveril®; T3 – Fruto verde + Surround®; T4 – Fruto verde + Boveril® + Surround®; T5 – Fruto cereja + água destilada; T6 – Fruto cereja + Boveril®; T7 – Fruto cereja + Surround®; T8 – Fruto cereja + Boveril® + Surround®.

5.1. Obtenção e manutenção de *Hypothenemus hampei*

Os insetos utilizados nos experimentos foram obtidos da criação estoque do LCMAP. A população inicial desta criação foi oriunda de área de café (*Coffea arábica* L. var. Mundo Novo), produzido de forma convencional, localizada na cidade de Nova Ponte, Minas Gerais. Após a coleta dos frutos a campo, estes foram lavados com solução de hipoclorito de sódio a 5% para desinfecção superficial. Em seguida, foram enxaguados em água corrente e expostos em ambiente ventilado, sem exposição direta à luz solar, por 24 horas. Os frutos foram acondicionados em recipientes plásticos (16,5 x 12,4 x 4,3cm) forrados com papel toalha e, sobre estes, disposta uma camada dupla de café. Para possibilitar as trocas gasosas, nas tampas foram feitas aberturas vedadas com tecido voil.

Para a continuação da criação, os insetos coletados foram colocados em contato com grãos sadios de café maduro com aproximadamente 45% de umidade, na proporção de uma broca por grão. As prateleiras para acondicionamento dos recipientes foram cobertas com tecido preto para proporcionar condições adequadas para reprodução. Periodicamente, foi

borrifada água destilada para a manutenção da umidade dos grãos (45%). A criação foi mantida em sala com condições controladas de temperatura $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60\pm 5\%$.

5.2. Atratividade de *H. hampei* em condições de campo

O experimento de campo foi conduzido em uma lavoura de produção convencional de café, *Coffea arábica* L. var. Mundo Novo, com plantas de 4 anos de idade e espaçamento 3,85 x 0,65m, em blocos ao acaso. Foi selecionada em cada uma das quarenta plantas de café uma roseta com frutos verdes e maduros, deixando cinco frutos em cada uma.

Após 30 minutos da aplicação dos tratamentos, período para que ocorra a secagem da solução, a roseta foi ensacada com tecido organza, e em seguida liberados 5 fêmeas de broca-do-café em cada roseta. Foram utilizados cinco blocos contendo todos os tratamentos. As avaliações de escolha (perfuração do fruto) e mortalidade da broca-do-café em campo foram realizadas doze dias após as aplicações (12 DAA), onde os ramos foram retirados da planta e levados ao LCMAP, para confirmação e retirada dos insetos dos frutos. Em seguida, os insetos foram acondicionados em câmara climatizada tipo B.O.D. a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $80 \pm 5\%$ de UR e fotofase de 12 h, durante dez dias, para a confirmação da mortalidade, através da esporulação do patógeno.

5.3. Atratividade de *H. hampei* em laboratório

Para avaliação da atratividade em laboratório foi realizado um experimento semelhante ao do campo. Foram utilizados frutos recém-coletados da fazenda, retirados com o pedúnculo. Foi realizada a assepsia com hipoclorito de sódio e a secagem natural. Após a secagem, os frutos foram acondicionados em recipientes plásticos de 13 x 10 x 4,5 cm, com tampa. Em cada recipiente foi feita uma abertura e adicionado o tecido voil para que houvesse trocas gasosas do recipiente com o ambiente externo. O fundo do recipiente foi forrado com papel filtro, para que fosse mantida a umidade dos frutos.

Dentro dos recipientes, foram colocados 5 frutos e liberadas 5 fêmeas de broca-do-café e mantidos em uma sala em condições controladas de temperatura $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 5\%$ e fotofase de 12 horas. Foram avaliados os danos e a mortalidade dos insetos durante doze dias após as aplicações (12 DAA). Após a avaliação, os insetos retirados dos frutos foram acondicionados em câmara climatizada tipo B.O.D a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, $80 \pm 5\%$ de UR e fotofase de 12 h, por dez dias, para confirmação da mortalidade através da esporulação do patógeno.

5.4. Olfatometria

Foram utilizados frutos recém-coletados do campo para que fossem reduzidas as variações nas respostas dos insetos. Os frutos foram coletados manualmente de modo a manter o pedúnculo e não produzir nenhum ferimento no fruto e acondicionados por tipo de fruto em recipientes plásticos. Os frutos foram coletados em dois estádios de maturação (classificados em verde-cana e cereja).

Amostras de 200 g dos frutos receberam a aplicação de cada tratamento e após a secagem foram transferidas para sacos de poliéster e anexados à arena central do olfatômetro, para posterior observação do comportamento e movimentação.

Foi utilizado um olfatômetro de acrílico com quatro braços, medindo cerca de 8,50 cm cada (arena de 12 x 12 cm) e os ensaios realizados em condições de temperatura e umidade controladas ($25\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $65\pm 5\%$) e iluminação superior uniforme. O fluxo de ar mantido dos quatro braços para o centro por meio de sucção foi de $2\text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ (para cada braço foi de $500\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$). A uniformidade da vazão foi regulada por meio de fluxômetro anexado ao sistema de sucção de ar.

Foram utilizadas dez fêmeas da broca-do-café colonizadoras recém emergidas de frutos, com cutículas completamente melanizadas, anteriormente mantidas individualizadas em microtubos de 2,0mL e em jejum por 12 horas antes da realização dos experimentos.

Uma única fêmea foi introduzida por vez na arena central do olfatômetro com o auxílio de um pincel macio, observando-se o seu comportamento e movimentação. A tampa de vidro do olfatômetro foi colocada imediatamente após a introdução da fêmea. Registrou-se o tempo de permanência e o número de entradas em cada braço do olfatômetro por meio de observação visual e cronômetro por um turno de 8 minutos. A passagem da fêmea por um limite definido entre a arena central e um dos braços do olfatômetro era considerada como uma escolha (ou entrada). A contagem do tempo de permanência em um braço do olfatômetro era feita a partir da escolha daquele braço pela fêmea avaliada; quando a fêmea retornava do braço para a arena central, a contagem do tempo era encerrada. Para isso foram utilizados dois cronômetros, um que registrava o tempo total do turno e outro que registrava o tempo de permanência da fêmea em cada um dos braços do olfatômetro. A cada cinco fêmeas avaliadas, a arena do olfatômetro foi rotacionada em $\frac{1}{4}$ em sentido horário para evitar possíveis efeitos de posição que pudessem interferir na resposta dos insetos. Os frutos não foram trocados. Fêmeas que permaneceram imóveis por 3 minutos consecutivos foram consideradas inativas e excluídas das análises; nesse caso, uma nova repetição era feita com uma nova fêmea. Os ensaios foram realizados entre as 14 e 18 horas, compreendendo o período de maior atividade e voo do inseto (SILVA *et al.*, 2014).

5.5. Análises estatísticas

Todos os dados obtidos foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Bartlett), e em seguida submetidos à análise de variância e médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). Os dados sobre a resposta comportamental foram transformados por $\sqrt{x} - 1$, sendo posteriormente submetidos à análise de variância Scott-Knott. Os dados foram processados utilizando o programa estatístico R, versão 4.0.4.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Análise de grãos perfurados do experimento de campo

Para os grãos perfurados no campo constatou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($p>0,05$) (Figura 1). Indicando que, independentemente do tratamento, houve perfuração nos grãos. O tratamento T5 - Fruto cereja + água destilada, foi o mais perfurado, com média de 4 grãos, enquanto que o tratamento T7 - Fruto cereja + Surround®WP foi o menos perfurado, com média de 1,8 grãos. O tratamento T4 - Fruto verde + Boveril® + Surround®, teve média de 3,6 grãos perfurados.

SOUZA, 2019, visando avaliar a resposta de *H. hampei* a estímulos visuais e olfativos em campo, concluiu, através do uso de armadilhas feitas em garrafas pet de colorações vermelha, verde e vermelha + verde, contendo atrativos químicos, que todas as colorações de armadilhas e misturas atrativas

capturaram insetos adultos, além de ser constatada a presença do inseto em todos os estádios fenológicos do fruto, onde há mudança de textura e coloração.

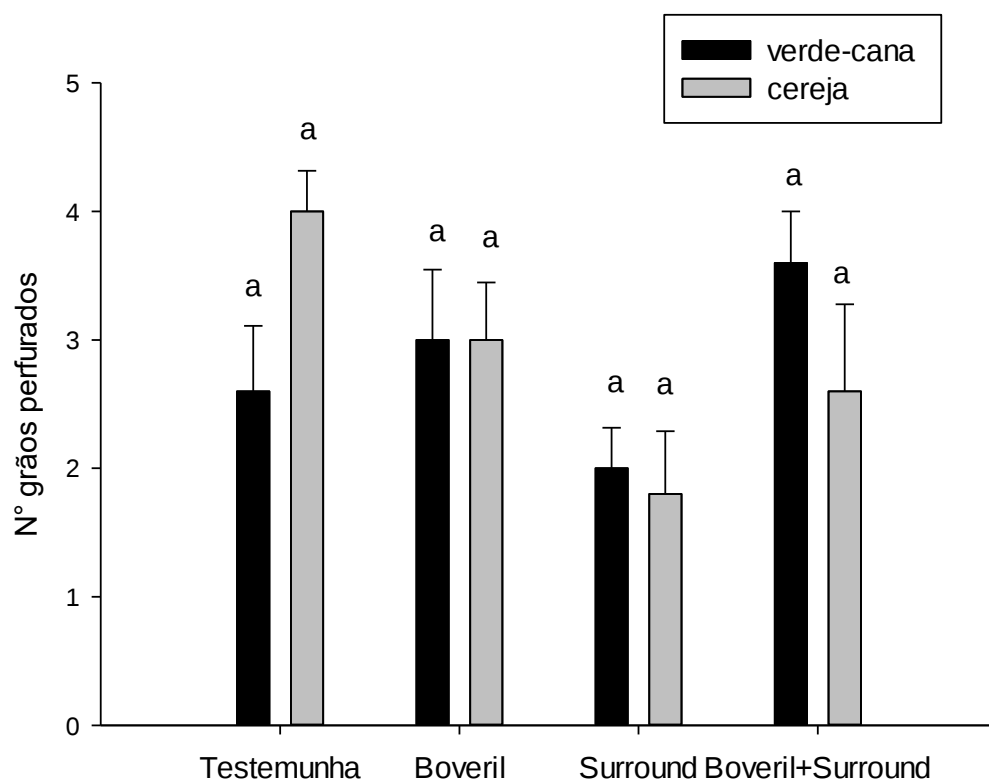


Figura 1. Número médio ($\pm$ E.P.) de grãos perfurados por adultos de broca-do-café em condições de campo. Médias ($\pm$ E.P.) seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

6.2. Análise da esporulação de insetos do experimento de campo

A avaliação de esporulação e confirmação de mortalidade do inseto praga no experimento de campo, constatou (Figura 2) que houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). Os tratamentos T4 – Fruto verde + Boveril® + Surround® e T8 – Fruto cereja + Boveril® + Surround® foram significativamente superiores aos tratamentos caracterizados somente por Boveril® quanto a esporulação de *H. hampei*, com 3 e 2,6 insetos de média esporulados respectivamente, contra uma média de 1,75 e 1,8 insetos, correspondentes aos tratamentos T2 Fruto verde+ Boveril®) e T6 – Fruto cereja + Boveril®, respectivamente.

A virulência de *B. bassiana* está relacionada a fatores ambientais, como a sua sensibilidade à radiação ultravioleta (UV), que representa um dos fatores ambientais que mais compromete a viabilidade e a persistência de microrganismos (BATISTA FILHO *et al.*, 2001). O caulim, possui a propriedade de reflectância, reduzindo o estresse térmico da planta e diminuição da incidência de raios UV (GLENN *et al.*, 2001).

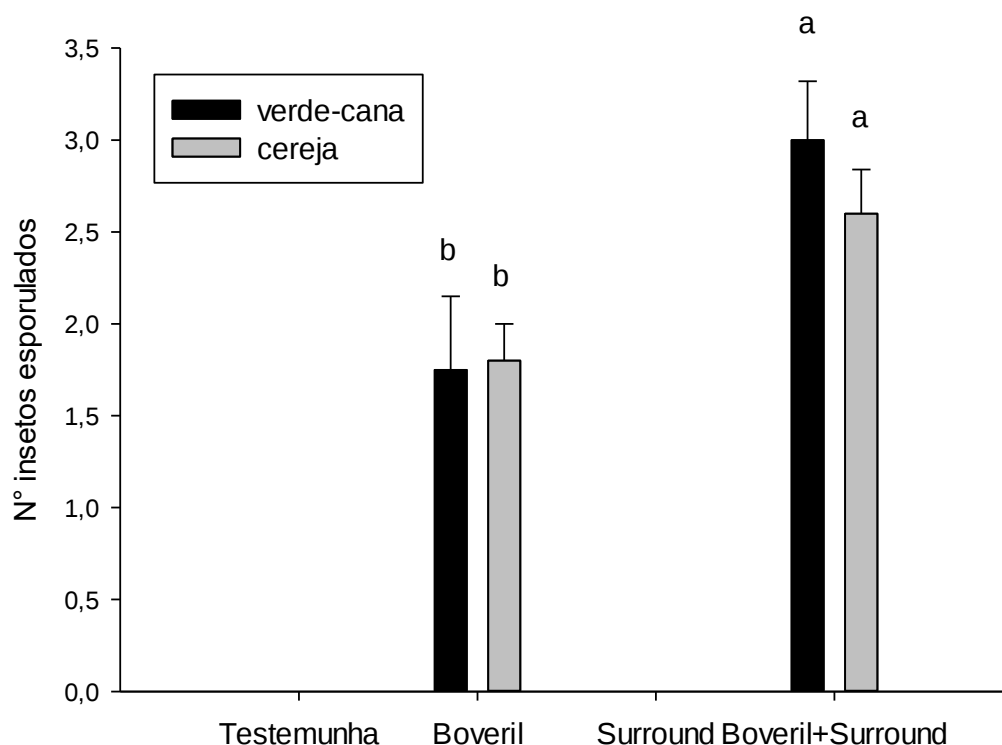


Figura 2. Número médio ($\pm$ E.P.) de fêmeas adultas de *Hypothenemus hampei* submetidos aos tratamentos em condições de campo, que, após mantidas em BOD ($26 \pm 0,5$ °C, UR > 60% e 12 horas de fotofase) mostraram esporulação. Médias ($\pm$ E.P.) seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

Os tratamentos T4 - Fruto verde + Boveril® + Surround®WP e T8 - Fruto cereja + Boveril® + Surround®WP em sua esporulação em laboratório, com os insetos advindos do experimento de campo, tiveram esporulação superior aos tratamentos T2 – Fruto verde + Boveril® e T6 – Fruto cereja + Boveril®, tratados apenas com o mico inseticida, sugerindo que o filme de partículas beneficiou o potencial de esporulação do fungo, atuando como protetor.

6.3. Análise de grãos perfurados do experimento de laboratório

Observou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos experimentados em laboratório ($p < 0,05$) (Figura 3). Enquanto os tratamentos T1 – Fruto verde + água destilada e T5 – Fruto cereja + água destilada, testemunhas, tiveram média de 4,8 e 4 grãos perfurados, respectivamente, e tratamento T6 – Fruto cereja + Boveril® com uma média de 3,4 de grãos, todos os demais tratamentos submetidos ao filme de partículas, seja em consórcio ao fungo *B. bassiana* ou não, com exceção do tratamento T6 – Fruto cereja + Boveril®, obtiveram no máximo 2,6 grãos em média com perfurações. O tratamento T3 – Fruto verde+ Surround®WP, apresentou uma média de apenas 2,2 grãos perfurados.

De acordo com PRADO (2015), o controle do ataque do bicho-mineiro-do-café *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) em casa de vegetação, apresentou eficiência de 100%, em mudas de cafeeiro tratadas com caulim em sua formulação comercial (Surround® WP).

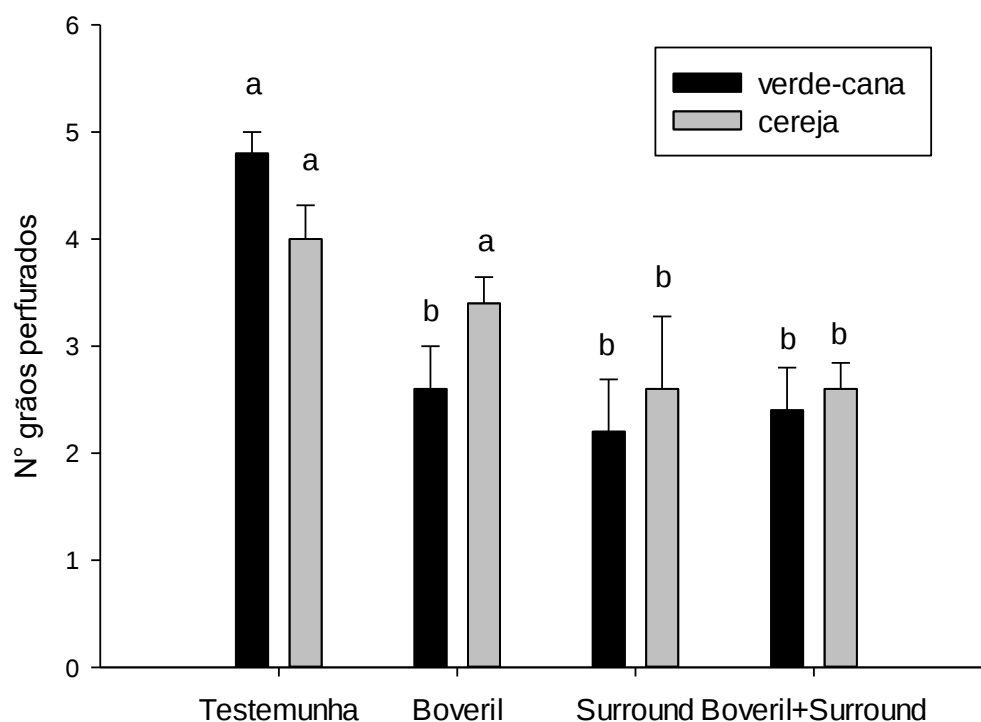


Figura 3. Número médio ($\pm$ E.P.) de grãos perfurados por adultos de broca-do-café em condições controladas de temperatura $25\pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 5\%$ e fotofase de 12 horas. Médias ($\pm$ E.P.) seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).

6.4. Análise da esporulação de insetos do experimento de laboratório

Na análise de esporulação e confirmação de mortalidade da broca-do-café no experimento de laboratório, foi possível constatar (Figura 4) que houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados ($p<0,05$). Todos os tratamentos constituídos por Boveril® em consórcio com Surround®WP ou não, tiveram esporulações e confirmação de mortalidade dos insetos. Todos os tratamentos constituídos por Boveril® tiveram esporulação de pelo menos 4

insetos de média. O tratamento T4 – Fruto verde + Boveril® + Surround®WP obteve a maior média, com 4,6 insetos esporulados.

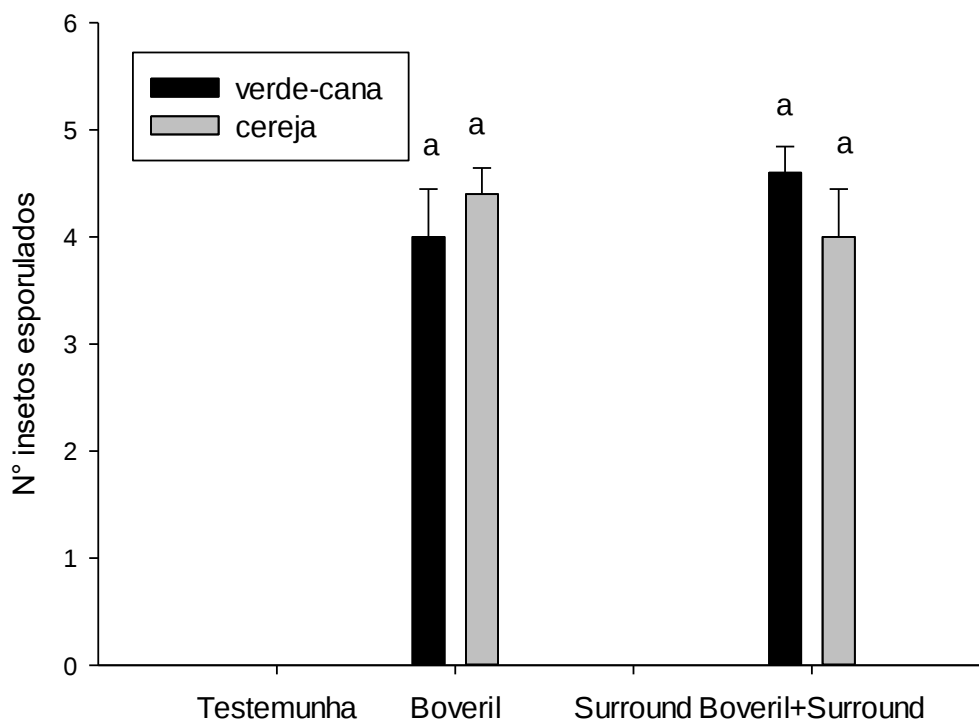


Figura 4. Número médio ($\pm$ E.P.) de fêmeas adultas de *Hypothenemus hampei* submetidos aos tratamentos em condições controladas de temperatura $25\pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60\pm 5\%$ e fotofase de 12 horas, que, após mantidas em BOD ($26 \pm 0,5^\circ\text{C}$, UR > 60% e 12 horas de fotofase) mostraram esporulação. Médias ($\pm$ E.P.) seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$).

6.5. Olfatometria

A atratividade da broca-do-café aos frutos, com o uso de olfatômetro, mostra que houve diferença significativa ($p<0,05$) entre os tratamentos T1 – Fruto verde + água destilada, T2 – Fruto verde + Boveril®, T3 – Fruto verde + Surround®WP e T4 – Fruto verde + Boveril® + Surround®WP e que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre T5 – Fruto cereja + água destilada, T6 –

Fruto cereja + Boveril®, T7 – Fruto cereja + Surround®WP e T8 – Fruto cereja + Boveril® + Surround®WP (Figura 5).

O tratamento T4 – Fruto verde + Boveril® + Surround®WP mostra a maior atratividade de média, com aproximadamente 5,91 insetos atraídos durante um tempo médio de permanência de 47,6 segundos enquanto que o tratamento T3 – Fruto verde + Surround®WP mostra a menor atratividade, com 2,41 insetos de média atraídos em um tempo médio de permanência de 11,9 segundos.

O fato do tratamento T4 – Fruto verde + Boveril® + Surround®WP, ter atraído mais adultos de *H. hampei*, sugere, em olfatometria, que as propriedades de não preferência proporcionadas por Surround®WP não tiveram influência sobre a preferência da broca-do-café, muito pelo contrário, houve a maior atratividade entre todos os tratamentos.

Considerando a atratividade da broca-do-café a compostos voláteis emitidos pelos frutos em seus diferentes estádios de maturação, em olfatometria, o uso associado entre Boveril® + Surround®WP em fruto verde, sugere que pode ter sido emitido composto ainda mais atrativo às fêmeas de *H. hampei*.

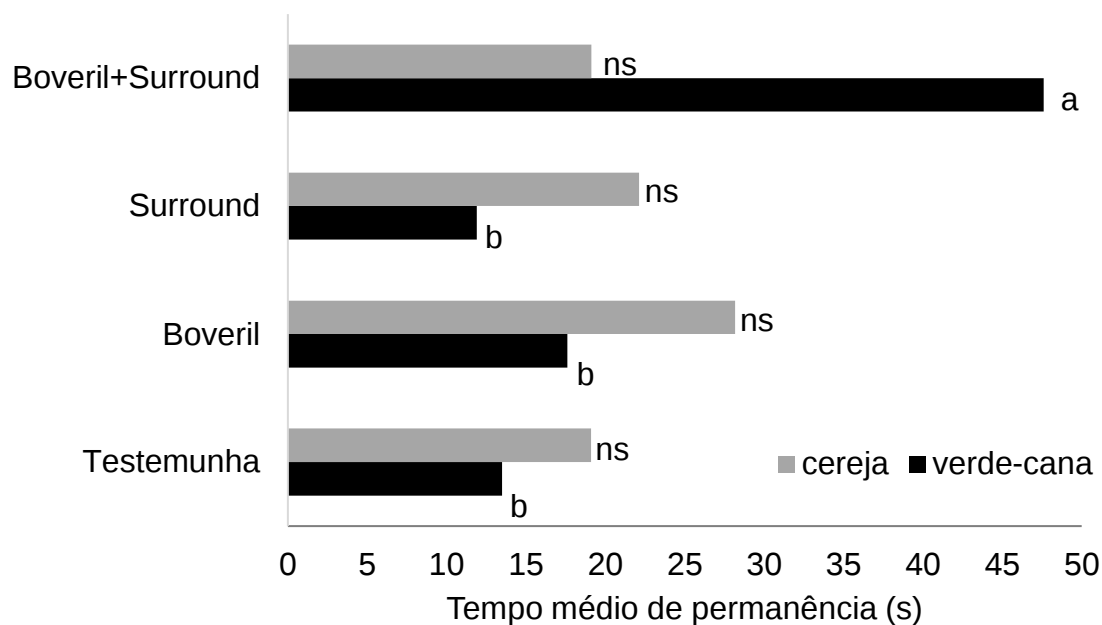


Figura 5. Tempo médio de permanência ($\pm$ E.P.) de fêmeas adultas de *Hypothenemus hampei* atraídas e submetidas aos tratamentos em olfatômetro de quatro braços. Médias ($\pm$ E.P.) seguidas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott ($P>0,05$), sendo n.s. = não significativo.

RAINHO, 2015, visando obter resultados da resposta comportamental da broca-do-do-café, a compostos voláteis que são emitidos em frutos de diferentes estádios de maturação obteve resultado totalmente oposto em olfatometria, onde as fêmeas colonizadoras de *H. hampei* foram significativamente mais atraídas por voláteis de frutos de *C. arabica* nos estádios de maturação cereja.

6.7. Considerações finais

Os estudos sobre a associação entre a tecnologia do filme de partículas caulim e o uso do fungo entomopatogênico *B. bassiana* atuando no controle de pragas da agricultura ainda são incipientes, porém, mostram-se promissores e importantes, levando em consideração o contexto de agricultura moderna sustentável e manejo integrado de pragas. É necessário a busca por novas tecnologias e estratégias que atendam a demanda do manejo, e que apresentem um resultado significativo, compensatório e eficiente.

7. CONCLUSÕES

Em condições de campo, os frutos submetidos a aplicação de Surround®WP não influenciaram a preferência de *Hypothenemus hampei*.

Insetos advindos do campo tiveram esporulação de *Beauveria bassiana* superior quando submetidos aos tratamentos associados à Surround®WP.

Em condições laboratoriais, os frutos submetidos a aplicação de Surround®WP influenciaram a preferência de *Hypothenemus hampei*.

Surround®WP não interferiu na esporulação de *Beauveria bassiana*.

Em olfatometria, os frutos submetidos a aplicação de Surround®WP não influenciaram a preferência de *Hypothenemus hampei*.

8. LITERATURA CITADA

ALAVO, T.B.C. **Biological control agents and eco-friendly compounds for the integrated management of cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae): perspectives for pyrethroid resistance management in West Africa.** Archives of Phytopathology and Plant Protection, v.39, p.105-111, 2006. DOI: 10.1080/03235400500181576.

ALVES, R.T.; BATEMAN, R. P.; GUNN, J.; PRIOR, C.; LEATHER, S. R. **Effects of different formulations on viability and medium-term storage of *Metarhizium anisopliae* conidia.** Neotropical Entomology, PR, v. 31, n. 1, p. 91-99, 2002.

ALVES, R.T.; BATEMAN, R. P.; PRIOR, C.; LEATHER, S. R. **Effects of simulated solar radiation on conidial germination of *Metarhizium anisopliae* in different formulations.** Crop Protection, 17, p. 675-679, 1998d.

ALVES, R.T.; BATEMAN, R. P.; PRIOR, C.; LEATHER, S. R. **Volatility comparisons of different formulations used to apply mycoinsecticides.** In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENTOMOLOGIA, 21., Foz do Iguaçu. Abstracts... Londrina, PR, 2000. v. 1. p. 512-512.

ALVES, R.T.; BATEMAN, R. P.; PRIOR, C. **Performance of *Metarhizium anisopliae* formulations with oil adjuvants on *Tenebrio molitor*.** In: SYMPOSIUM ON ADJUVANTS FOR AGROCHEMICALS, 15., 1998. Proceedings... Memphis, USA, 1998c. p. 170-175.

ALVES, R. T. **Formulação e armazenamento de fungos entomopatogênicos**. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8., 2003. São Pedro, SP. Livro de resumos do 8º Simpósio de Controle Biológico. Piracicaba, SP: Sociedade Entomológica do Brasil – SEB, 2003. P. 42-42.

ALVES, R.T.; OLIVEIRA, M. A. S.; BATEMAN, R. P.; PRIOR, C.; LEATHER, S. R. **Espalhamento e eficiência de uma formulação de fungo à base de óleo adjuvante emulsionável**. Planaltina, DF: Embrapa cerrados, 2001 (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 6).

ALVES, R. T. **Pequeno manual sobre fungos entomopatogênicos**. In: ALVES, R. T.; FARIA, M. Controle biológico. 1. Ed. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. p. 50-50.

ALVES, S.B. 1998a. **Patologia e controle microbiano: vantagens e desvantagens**, p. 21-37. In: S.B. Alves (ed.), Controle Microbiano de Insetos. Piracicaba, FEALQ, 1998. p. 1163p.

ALVES, S.B. 1998b. **Fungos Entomopatogênicos**. In: ALVES, S.B. Ed. Controle Microbiano de Insetos/ Piracicaba: FEALQ, p. 289-381.

ARISTIZÁBAL, L.F.; BUSTILLO, A.E.; ARTHURS, S.P. **Integrated Pest Management of Coffee Berry Borer: Strategies from Latin America that Could Be Useful for Coffee Farmers in Hawaii**. Insects, Basel, v.7, p.1-24, 2016.

AZEVEDO, J.L.de, ARAÚJO, W.L. de, MACHERONI, W.Jr. 2000. **Importância dos microorganismos endofíticos no controle de insetos**, In: Controle Biológico, volume 3, EMBRAPA Meio Ambiente – SP, p. 58-87.

BATISTA FILHO, A., ALVES, S.B., AUGUSTO, N.T., PEREIRA, R.M., ALVES, L.F.A. **Stability and persistence of two formulations containing *Anticarsia gematalis* nuclear polyedrovirus (AgMNPV)**. Neotropical Entomology 30 (3): 411-416, 2001.

BENASSI, V. L. R. M. **A broca-do-café**. Vitória: EMCAPA, 1989. 63 p. (EMCAPA. Documentos, 57).

BENASSI, V. L. R. M. **Levantamento dos inimigos naturais da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolytidae) no norte do Espírito Santo**. EMCAPA, 1995. p. 635- 638. (EMCAPA. Comunicação Científica).

BENAVIDES, M.; VEGA, F.E.; ROMERO-SEVERSON, J.; BUSTILLO, A.; STUART, J. **Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of coffee, coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)**. Annals of the Entomological Society of America, v.98, p.359-366, 2005.

BERGAMIN, J. **Contribuição para o conhecimento da biologia da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Ipidae)**. Arquivos do Instituto Biológico São Paulo, v. 14, p. 31-72, 1943.

BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. Contemporary Topics in Entomology 2. New York: Chapman & Hall, 1994. p. 14-54.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Portaria nº 186, de 12 de março de 2014. Diário Oficial [da] União da República Federativa do Brasil, 13 mar. 2014. Seção 1, p.5.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>>. Acesso em: 20 mar. 2021.

COTTRELL, T.E.; WOOD, B.W.; REILLY, C. C. **Particle film affects black pecan aphid (Homoptera: Aphididae) on pecan**. Journal of Economic Entomology, Lanham, v. 95, p. 782-788, 2002.

CURE, J. R.; SANTOS, R. H. S.; MORAES, J. C.; VILELA, E. F.; GUTIERREZ, A. P. **Fenologia e dinâmica populacional da broca do café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) relacionadas às fases de desenvolvimento do fruto**. Anais da sociedade Entomológica do Brasil, v. 27, p. 325-335, 1998.

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

DANIEL, C.; PFAMMATTER, W.; KEHRLI, P.; WYSS, E. **Processed kaolin as an alternative insecticide against the European pear sucker, *Cacopsylla pyri* (L.)**. Journal of Applied Entomology, Berlin, v. 129, p. 363-367, 2005.

DUFOUR, B.P.; FRÉROT, B. **Optimization of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Col., Scolytidae), mass trapping with an attractant mixture**. Journal of Applied Entomology, v.132, p.591-600, 2008. DOI: 10.1111/j.1439-0418.2008.0129. x.

FERREIRA, J.M.S., Araújo, R.P.C.de, Sarro, F.B. 2000. **Controle Biológico de pragas do Coqueiro com uso de fungos entomopatogênicos.**, p. 01.

FERNANDES, F.L.; PIKANÇO, M.C.; SILVA, R.S.; SILVA, I.W.; FERNANDES, M.E.S.; RIBEIRO, L.H. **Controle massal da broca-do-café com armadilhas de garrafa Pet vermelha em cafeeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.49, n.8, p.587-594, 2014.

GALDINO, J. S.; SILVA, C. A. D.; ZANUNCIO, J. C.; CASTELLANI, M. A. **Susceptibility of *Alabama argillacea* and *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to *Beauveria bassiana* associated with kaolin**. Brazilian Journal of Biology, Oct. 2020. DOI: 10.1590/1519-6984.233340. No prelo.

GARCIA, M. E.; BERKETT, L. P.; BRADSHAW, T. **Does Surround® have non-target impacts on New England orchards?** In: NEW ENGLAND FRUIT MEETINGS, 108-109., 2002-2003, Sturbridge. Proceedings... North Amherst: Massachusetts Fruit Growers' Association, 2003. p. 35-39. Disponível em: <http://www.massfruitgrowers.org/nefrmtg/proc--2002-03/v108-109.pdf#page=37>. Acesso em: 22 jul. 2021.

GLENN, D.M.; PUTERKA, G.J., DRAKE, S.R., UNRUH, T.R.; KNIGHT, A. L., BAHERLE, P.; PRADO, E.; BAUGHER, T.A. **Particle film application influences apple leaf physiology, fruit yield, and fruit quality.** Journal of America Social Horticulture, v.126, p.175-181, 2001.

GLENN, D.M.; PUTERKA, G.J.; VENDERZWET, T.; BYERS, R.E.; FELDHAKE, C. **Hidrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases.** J. Econ. Entomol, v. 92, p. 759-771, 1999.

GUHARAY, J.; MONTERREY, J. **Manejo ecologico de la broca del cafeto (*Hypothenemus hampei*) em America Central.** Manejo Integrado de Plagas, Managua, n. 22, set. 1997. p. 1-8.

KAISER D, BACHER S, MÈNE-SAFFRANÉ L and GRABENWEGER G, **Efficiency of natural substances to protect *Beauveria bassiana* conidia from UV radiation.** Pest Manag Sci 75:556–563 (2019).

LA ROSA W.; ALATORRE, R.; TRUJILLO, J; BARRERA, J.F. **Virulence of *Beauveria bassiana* (Deuteromycetes) strains against the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae).** J. Econ. Entomol. 90, 1997. p.1534-1538.

LAURENTINO, E.; COSTA, J. N. M. **Descrição e caracterização biológica da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*, Ferrari 1867) no Estado de Rondônia.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 21 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 90).

MATTHEWS, G. A. **Pesticide application methods.** 2nd ed. New York: Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex. 1992. 405 p.

MATHIEU, F.; BRUN, L. O.; FRÉROT, B. **Factors related to native host abandonment by the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Col., Scolytidae).** Journal of Applied Entomology, v. 121, p. 175-180, 1997.

MATHIEU, F.; GAUDICHON, V.; BRUN, L. O.; FRÉROT, B. **Effect of physiological status on olfactory and visual responses of female *Hypothenemus hampei* during host plant colonization.** Physiological Entomology, v. 26, p. 189-193, 2001.

MATIELLO, J. B., SANTINATO, R., Garcia, A. W. R., Almeida, S. R.; Fernandes, D. R. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações.** Rio de Janeiro/ Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010.

MAZOR, M.; EREZ, A. **Processed kaolin protects fruit from Mediterranean fruit fly infestations**. Crop Protection, Guildford, v. 23, p. 47-51, 2004.

MORAES, J. C. **Pragas do cafeeiro: importância e métodos alternativos de controle**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 74 p.

MURRAY, H. H.; ALVES, C. A.; BASTOS, C. H. **Mining, processing and applications of the Capim Basin kaolin, Brazil**. Clay Minerals, v. 42, n. 2, p. 145-151, 2007.

ONOFRE, S.B. *et al.* **Controle biológico de pragas na agropecuária por meio de fungos entomopatogênicos**. In: SERAFINI, L.A. *et al.* Biotecnologia: avanços na agricultura e na agroindústria. Caxias do Sul: EDUCS, 2002. Cap.8, p.295-328.

PARDEY, A.E.B. **El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)**. Rev. Acad. Colomb. Cien., v. 8, p. 1-13, 2008.

PRADO, E. **Tecnologia de partículas e perspectivas de uso em cafezais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 41., 2015, Poços de Caldas. Anais... Brasília, DF: Embrapa Café, 2015. (1 CD-ROM), 1 p.

PUTERKA, G. J.; GLENN, D. M.; SEKUTOWSKI, D. G.; UNRUH, I. R.; JONES, S. K. **Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear**. Environmental Entomology, v. 29, n. 2, p. 329-339, 2000.

RAINHO, H. L. **Resposta comportamental da broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) a voláteis de frutos de café**. 2015. x, 59 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/135939>>.

REIS, P.R.; SOUZA J.C. de. 1986. **Cultura do Cafeeiro**, Pragas do Cafeeiro, Piracicaba, SP, p. 362.

ROHDE C; ALVES LFA; NEVES PMOJ; ALVES SA; SILVA ER; ALMEIDA JEM. **Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. contra o cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae)**. Neotropical Entomology 35. 2006. p. 231-240.

ROSAS, F.H., ROSAS, R.A., CASTAÑEDA, G.S, GAYTON, J.F.B. 2001. **Respuesta de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. a diferentes substratos bajo estrés hídrico**, décima cuarta reunion científic – Tecnología Florestal y Agropecuária, Vera Cruz., p. 04-06.

SARWAR, M.; SALMAN, M. **Biological insecticide *Trichogramma spp.* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) strikes for caterpillar control**. International Journal of Entomology Research, v. 1, n. 1, p. 31-36, 2015.

SILVA, C.A.D.; RAMALHO, F.S. **Kaolin spraying protects cotton plants against damages by boll weevil *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae).** Journal of Pest Science, v.86, p.563-569, 2013. DOI: 10.1007/s10340-013-0483-0.

SILVA, F.C. da; VENTURA, M.U.; MORALES, L. **Capture of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in response to trap characteristics.** Scientia Agricola, v.63, p.567-571, 2006. DOI: 10.1590/S0103-90162006000600010.

SILVA, W. D.; COSTA, C. M.; BENTO, J. M. S. **How old are colonizing *Hypothenemus hampei* (Ferrari) females when they leave the native coffee fruit?** Journal of Insect Behavior, New York, v. 27, n. 6, p. 729-735, 2014.

SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. **Potential and actual uses of zeolites in crop protection.** Pest Management Science, v. 71, n. 10, p. 1355-1367, 2015.

SOUSA, G. L. A. **Prejuízos causados pela Broca-do-Café.** Universidade Federal de Lavras – 3rlab, Lavras, 26 ago. 2016. Café, p. 1. Disponível em: <<https://3rlab.wordpress.com/2016/08/26/prejuizos-causados-pela-broca-do-cafe/>>. Acesso em: 7 fev. 2020.

SOUZA, J.C.; REIS, P.R.; SILVA, R.A.; CARVALHO, T.A.F.; PEREIRA, A.B. **Controle químico da broca-do-café com cyantraniliprole.** Coffee Science, v.8, n.4, p.404-410, 2013.

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

SOUZA, R. A.. **Métodos de manejo para broca-do-café, *Hypothenemus hampei* Ferrari (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE).** 2019. 77 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2019.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Endosulfan phase out.** 2010. Disponível em: <<http://www.epa.gov/oppsrrd1/reregistration/endosulfan/endosulfan-agreement.html/>>. Acesso em: 7 fev. 2020.

VALICENTE, F. H. **Controle biológico de pragas com entomopatógenos.** Controle biológico de pragas, doenças e plantas invasoras, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 30, n. 251, ago. 2009. p. 48-55.

ZIMMERMANN, G. **Review on safety of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii*.** Biocontrol Science and Technology, v. 17, n. 6, p. 553-596, 2007.