

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

Anderson Rodrigues Sabino

EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
SOBRE *EUSCEPES POSTFASCIATUS* (FAIRMAIRE, 1849) (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE) EM BATATA-DOCE

Rio Largo - AL  
2021

Anderson Rodrigues Sabino

EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS  
SOBRE *EUSCEPES POSTFASCIATUS* (FAIRMAIRE, 1849) (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE) EM BATATA-DOCE

Tese de doutorado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia - Produção Vegetal da  
Universidade Federal de Alagoas,  
como requisito para a obtenção do  
grau de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula  
do Nascimento Prata

Coorientadora: Profa. Dra. Mariana  
Oliveira Breda

Rio Largo - AL  
2021

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S116e Sabino, Anderson Rodrigues Sabino  
Efeitos letais e subletais de inseticidas químicos e biológicos sobre  
*Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae) em  
batata-doce. / Anderson Rodrigues Sabino – 2021.  
75 f.; il.

Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade  
Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio  
Largo, 2021.

Orientação: Profa. Dra. Ana Paula do Nascimento Prata  
Coorientação: Profa. Dra. Mariana Oliveira Breda

Inclui bibliografia

1. Broca de batata - doce. 2. Controle químico. 3. Controle biológico.  
I. Título.

CDU: 635.22:632

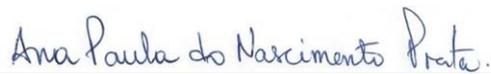
TERMO DE APROVAÇÃO

ANDERSON RODRIGUES SABINO

(Matrícula 2018102560)

“EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS DE INSETICIDAS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS SOBRE *EUSCEPES POSTFASCIATUS* (FAIRMAIRE, 1849) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM BATATA-DOCE”

Tese apresentada e avaliada pela banca examinadora em dezoito de novembro de 2021, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Produção Vegetal” do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS.



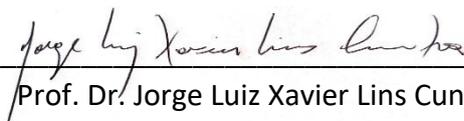
---

Profa. Dra. Ana Paula do Nascimento Prata  
Orientadora



---

Profa. Dra. Mariana Oliveira Breda  
Coorientadora



---

Prof. Dr. Jorge Luiz Xavier Lins Cunha  
Membro



---

Prof. Dr. Jose Vargas de Oliveira  
Membro



---

Profa. Dra. Ana Paula Albano Araújo  
Membro

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos pelo amor, convívio e auxílio em todos os momentos.

À minha esposa Anilde da Graça Sousa Maciel pelo amor, companheirismo e auxílios na condução deste trabalho.

Ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas pelas condições oferecidas.

Às professoras Ana Paula do Nascimento Prata e Mariana Oliveira Breda pela orientação, confiança e compreensão nos momentos de dificuldades.

Aos professores do Programa de Pós graduação em Produção Vegetal pelos preciosos ensinamentos.

À professora Adriana Guimarães Duarte pela amizade, ensinamentos e por auxiliar na condução dos experimentos.

À pesquisadora Priscylla Costa Dantas pela amizade e auxílio na condução dos experimentos.

Aos professores Renan Cantalice, Iêdo Teodoro, Hugo Henrique Costa do Nascimento, José Vargas de Oliveira, Jorge Luiz Xavier Lins Cunha e Ana Paula Albano Araújo por dedicarem seu tempo e usar seus conhecimentos para a correção desta tese.

A todos os colegas de turma: Cristian, Gerlan, Samuel, Terezinha, Dimas, Carlos Henrique, Lilás e Lucas.

Aos companheiros dos laboratórios: LECOM, LEAF, LECEB e Botânica Sistemática.

## **DEDICO**

A Deus e minha filha Yasmim Maciel Sabino  
(in memoriam).

## RESUMO GERAL

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), por sua importância alimentar e energética, vem ganhando destaque no cenário mundial. No entanto, a ocorrência de surtos populacionais de insetos-praga como *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae) vem limitando a produção dessa hortaliça. Assim, esse trabalho teve como objetivo avaliar táticas de controle químico e biológico para o manejo de *E. postfasciatus*. Para tal, foram testados inseticidas químicos (Espinectoram, Espiromesifeno, Lambda-Cialotrina, Tiametoxam, Tiametoxam + Lambda-cialotrina e Azadiractina) e biológicos (formulações a base de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*), em condições de laboratório. Para todos os produtos, foram avaliados os efeitos letais, a partir da mortalidade de adultos, além de efeitos subletais, através da repelência e estimativas de crescimento populacional. As análises estatísticas foram realizadas nos programas SAS e Assistat. Com os dados obtidos, foram determinadas as concentrações letais (CLs), tempo letal médio (TL<sub>50</sub>), porcentagem de repelência (PR) e taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ). Os resultados evidenciaram que os inseticidas lambda-cialotrina, tiametoxam, espinectoram e tiametoxam + lambda-cialotrina foram eficazes quanto à mortalidade para adultos de *E. postfasciatus* e proporcionaram reduções significativas na taxa de crescimento populacional, porém, não apresentaram efeito repelente. Os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* foram patogênicos à praga, porém a coaplicação mostrou-se antagônica. Assim, os resultados obtidos acrescentaram informações relevantes para o controle de *E. postfasciatus* que poderão servir como base para o desenvolvimento de programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) na batata-doce.

**Palavras-chave:** *Ipomoea batatas*; Broca-da-batata-doce; Controle químico; Controle Biológico.

## GENERAL ABSTRACT

The sweet potato (*Ipomoea potatoes* L.), due to its food and energy importance, has been gaining prominence on the world stage. However, the occurrence of population outbreaks of pest insects such as *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae) has limited the production of this vegetable. Thus, this work aimed to evaluate chemical and biological control tactics for the management of *E. postfasciatus*. To this end, chemical insecticides (spinetoram, spiromesifen, lambda-cyhalothrin, thiamethoxam, thiamethoxam + lambda-cyhalothrin and azadirachtin) and biological insecticides (based on *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*) were tested under laboratory conditions. For all products, lethal effects were evaluated, based on adult mortality, in addition to sublethal effects, through repellency and population growth estimates. Statistical analyzes were performed in the programs SAS and Assistat. With the data obtained, lethal concentrations (LCs), mean lethal time (LT<sub>50</sub>), percentage of repellency (PR) and instantaneous population growth rate ( $r_i$ ) were determined. The results showed that the insecticides lambda-cyhalothrin, thiamethoxam, spinetoram and thiamethoxam + lambda-cyhalothrin were effective in terms of adult mortality of *E. postfasciatus* and provided significant reductions in the population growth rate, however, they did not present a repellent effect. The fungi *B. bassiana* and *M. anisopliae* were pathogenic to the pest, but the co-application proved to be antagonistic. Thus, the results obtained added relevant information for the control of *E. postfasciatus* that could serve as a basis for the development of Integrated Pest Management (IPM) programs in sweet potato.

**Keywords:** *Ipomoea batatas*. West Indian sweetpotato weevils. Chemical control. Biological control.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Adulto de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire). <b>A</b> - Vista dorsal; <b>B</b> - Vista lateral; <b>C</b> - Vista ventral.....	17
<b>Figura 2:</b> Injúrias causadas por <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) em batata-doce. <b>A</b> - Aspecto externo de fragmento de batata-doce. <b>B</b> - Aspecto interno de fragmento de batata-doce com destaque para presença de larvas. <b>C</b> - Injúria interna em rama de batata-doce com destaque para a presença de pupa.....	18
<b>Figura 3:</b> Rodízio de matrizes de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) em câmara de reprodução. À esquerda, câmara de reprodução inicial. À direita, câmara de reprodução recebendo as matrizes.....	39
<b>Figura 4:</b> Câmara de incubação e desenvolvimento de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire). <b>A</b> – Fragmentos de batata-doce cinco dias após o contato com as matrizes. <b>B</b> – Fragmentos de batata-doce 40 dias após o contato com as matrizes (surgimento dos primeiros insetos adultos). .....	40
<b>Figura 5:</b> Câmara de acomodação dos insetos recém emergidos. <b>A</b> – Detalhe interno da câmara. <b>B</b> – Visão externa da câmara. ....	41
<b>Figura 6:</b> Etapas de desenvolvimento das plantas usadas em alguns experimentos. <b>A</b> - Seções de batata em copos contendo água. <b>B</b> – Plantas após 25 – 30 dias. <b>C</b> – Detalhe da planta com raízes, raiz tuberosa e parte aérea. <b>D</b> – Planta pronta para montagem do experimento. ....	42
<b>Figura 7:</b> Etapas de aplicação dos inseticidas exclusivamente de contato e ingestão. <b>A</b> – Aplicação direta do tratamento nos insetos. <b>B</b> – Imersão do fragmento de batata-doce. <b>C</b> – Composição de uma repetição.....	43
<b>Figura 8:</b> Imersão do fragmento de batata-doce em solução inseticida. ....	44
<b>Figura 9:</b> Arenas com chance de escolha para avaliação de repelência. ....	45
<b>Figura 10:</b> Mortalidade de adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) submetidos a Espiromesifeno (Oberon <sup>®</sup> ). ....	46
<b>Figura 11:</b> Mortalidade de adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) submetidos a Azadiractina (Azact <sup>®</sup> ).....	46
<b>Figura 12:</b> Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) exposto a concentrações letais. <b>A</b> - Espinetoram (Delegate <sup>®</sup> ). <b>B</b> - Tiametoxam (Actara <sup>®</sup> ). <b>C</b> - Lambda-Cialotrina (Karate <sup>®</sup> ). <b>D</b> - Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (Engeo Pleno <sup>®</sup> ).....	49

<b>Figura 13:</b> Diferentes concentrações fúngicas utilizadas nos experimentos. <b>A</b> - <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill. <b>B</b> - <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.).	60
<b>Figura 14:</b> Etapas de aplicação da suspensão fúngica. <b>A</b> – Aplicação direta nos insetos. <b>B</b> – Imersão do fragmento de batata-doce. <b>C</b> – Composição de uma repetição.	61
<b>Figura 15:</b> Insetos mortos dispostos em câmara úmida.	61
<b>Figura 16:</b> Taxa de mortalidade de adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) submetidos a conídios de <i>Beauveria bassiana</i> (Boveril®).	63
<b>Figura 17:</b> Taxa de mortalidade de adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) submetidos a conídios de <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metarril®).	64
<b>Figura 18:</b> Adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) mortos por fungos entomopatogênicos. <b>A</b> - Esporulação branca no exterior do inseto caracterizando mortalidade por <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill. <b>B</b> - Esporulação esverdeada caracterizando mortalidade por <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metsch.).	66
<b>Figura 19:</b> Expressividade proporcional de cada fungo após a morte de adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) submetidos a mistura fúngica de <i>Beauveria bassiana</i> (Boveril®) e <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metarril®). Concentrações em con./ml.	66

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Produtos de origem sintética, botânica e biológica usados sobre <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire), concentrações de ingredientes ativos (i.a.) e empresa detentora do registro. ....	42
<b>Tabela 2:</b> Concentrações letais (CLs) (mg/L) de inseticidas químicos sobre adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire). ....	48
<b>Tabela 3:</b> Número de larvas, pupas e adultos (Média $\pm$ EP) descendentes de fêmeas de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae) submetidas a inseticidas químicos em diferentes concentrações letais. ....	51
<b>Tabela 4:</b> Efeito das combinações de diferentes concentrações (con./ml) de fungos entomopatogênicos ( <i>Beauveria bassiana</i> e <i>Metarhizium anisopliae</i> ) na mortalidade de adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire). ....	65
<b>Tabela 5:</b> Tempo letal médio (TL <sub>50</sub> ) de diferentes concentrações de <i>Beauveria bassiana</i> (Boveril <sup>®</sup> ) e <i>Metarhizium anisopliae</i> (Metarril <sup>®</sup> ) em adultos de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire). ....	69

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1	Batata-doce ( <i>Ipomoea batatas</i> L.).....	14
2.2	<i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae).....	16
2.3	Manejo de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire).....	18
2.4	Inseticidas químicos e seus efeitos.....	19
2.5	Fungos entomopatogênicos.....	22
2.6	Batata-doce: uma cultura com suporte fitossanitário insuficiente (CSFI) ....	25
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
3	CONTROLE QUÍMICO DE <i>EUSCEPES POSTFASCIATUS</i> EM BATATA-DOCE: O PAPEL DOS EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS.....	36
3.1	INTRODUÇÃO .....	38
3.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3.2.1	Criação de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire).....	39
3.2.2	Preparo das mudas de batata-doce .....	41
3.2.3	Inseticidas químicos.....	42
3.2.4	Efeito letal de inseticidas químicos sobre <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire).....	43
3.2.5	Crescimento populacional de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) submetidos a inseticidas químicos .....	44
3.2.6	Repelência de inseticidas químicos para <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire).....	45
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
3.3.1.	Efeito letal de inseticidas químicos sobre <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire).....	46
3.3.2.	Crescimento populacional de <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire) submetidos a inseticidas químicos .....	49
3.3.3	Repelência de inseticidas químicos para <i>Euscepes postfasciatus</i> (Fairmaire).....	52
3.4	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
4	FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS PARA O MANEJO DE <i>EUSCEPES</i> <i>POSTFASCIATUS</i> (FAIRMAIRE, 1849) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM BATATA-DOCE.....	56
4.1	INTRODUÇÃO .....	58
4.2	MATERIAL E MÉTODOS .....	60

<b>4.2.1</b>	<b>Eficiência de fungos entomopatogênicos no controle de <i>Eusepes postfasciatus</i> (Fairmaire) em condições de laboratório .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>4.4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>71</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertencente à família Convolvulaceae e originária das Américas Central e do Sul, constitui uma das plantas com raiz tuberosa mais cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta, onde desempenha grande importância na alimentação de milhões de pessoas (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002; NUNES; CRUZ; FORTUNA, 2012; LEITE; VITOR; MATAVELI, 2018).

Essa cultura é hospedeira de aproximadamente 270 espécies de insetos, no campo ou no armazenamento, ao redor do mundo. Na medida que se intensifica o sistema de produção, aumentam as chances de surtos populacionais, necessitando a adoção de medidas de controle para evitar a ocorrência de danos econômicos (KALKMANN, 2011). No Brasil, um dos insetos que podem ocasionar perdas devido ao ataque agressivo nas raízes tuberosas, atingindo o status de praga, com perdas de até 50% da produção, é a broca-da-raiz, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae) (SEIXAS; AMARAL, 1952; AGUIAR-MENEZES, 2002).

O método de controle mais indicado para o manejo de *E. postfasciatus* é a utilização de variedades de batata-doce menos susceptíveis (ALLEYNE, 1982a; HALL; PHATAK, 1993; FRANÇA; RITSCHER, 2002; RICCI et al., 2011). Apesar disso, os prejuízos causados ainda podem ser significativos, necessitando do uso de inseticidas. No entanto, os produtores de batata-doce ainda encontram dificuldades para executar o manejo fitossanitário, indispensável para a cultura. Tal dificuldade decorre da escassez de agrotóxicos registrados, fazendo com que esta cultura seja uma, dentre várias, que fazem parte das Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI) (AENDA, 2021).

Diante de tal problemática, buscou-se a necessidade da adoção de medidas de controle que sejam eficientes, economicamente viáveis e sócio-ambientalmente responsáveis. Nesse contexto, a avaliação adequada e racional do controle químico, através da análise dos efeitos letais e subletais de inseticidas químicos sintéticos e botânicos, além da possibilidade de adoção do controle biológico, a partir do uso de bioformulações à base de fungos entomopatogênicos apresentam-se como demandas urgentes para a integração do manejo de *E. postfasciatus*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Batata-doce (*Ipomoea batatas* L.)

A família Convolvulaceae engloba 60 gêneros e cerca de 1.900 espécies. No entanto, apenas a batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) possui expressão econômica como fonte alimentar (ECHER, 2015; SIMÕES; STAPLES, 2017). De constituição herbácea e comportamento rasteiro, a batata-doce é uma Eudicotiledônea originária das Américas Central e do Sul (KIM et al., 2015), considerada uma hortaliça rústica, de simples cultivo, custo de produção relativamente baixo e importante fonte alimentar (FILGUEIRA, 2008; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; LIMA et al., 2014).

A batata-doce é uma das raízes tuberosas mais importantes do mundo devido a sua importância social no combate à fome na África, Ásia e América do Sul. Seu principal produto é a raiz tuberosa, a qual serve para alimentação humana e animal e para a produção de alimentos industrializados como doces, frituras, bebidas, etc. (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; LASE; JULIANTI; LUBIS, 2013; VIEIRA et al., 2016). Além disso, apresenta grande potencial agroenergético com a produção de etanol (GONÇALVES NETO et al., 2011; CASTRO et al., 2017). Sua parte aérea também é utilizada na alimentação animal, mas tem seu principal valor no plantio como propagação vegetativa (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; FIGUEIREDO et al., 2012). Essas características fizeram com que a batata-doce seja cultivada em todo o mundo, se tornando uma das dez hortaliças mais plantadas (SÁNCHEZ; SANTOS; VASILENKO, 2019).

O continente asiático destaca-se com mais de 90% da produção mundial de batata-doce, tendo a China como maior expoente, produzindo mais de 106 milhões de toneladas na safra de 2018 (FAOSTAT, 2019). O Brasil destaca-se no cenário da América do Sul como o maior produtor, com 741 mil toneladas e produtividade média de, aproximadamente, 14 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2019). No entanto, a produtividade brasileira é considerada baixa (ANDRADE JÚNIOR et al., 2018).

Ressalta-se que quase toda a totalidade da produção de batata-doce do mundo advém de pequenos agricultores, sendo que essa produção é praticamente consumida internamente, tornando-a uma das principais fontes de subsistência alimentar. Além disso, o excedente é comercializado contribuindo também financeiramente para a manutenção do homem no campo (NUNES; CRUZ; FORTUNA, 2012). Situação que no Brasil se apresenta com relevante importância socioeconômica na região Nordeste, com a capacidade de produzir cerca de 11 t

ha<sup>-1</sup>, com baixos requisitos para o cultivo e baixo aporte tecnológico, se torna uma das principais fontes de carboidrato (JESUS, et al., 2017; IBGE, 2019).

Apesar de ser uma cultura perene, a batata-doce é cultivada como planta anual obtendo-se, geralmente, ciclo de 120 a 150 dias (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; ECHER, 2015). O processo de plantio da batata-doce é feito em leiras ou camalhões com 30 a 40 cm de altura, espaçamento de 80 a 100 cm entre leiras e de 25 a 40 entre plantas (MIRANDA et al. 1995; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; GONÇALVES NETO et al., 2011).

Após o preparo do terreno, faz-se o plantio das ramas que são previamente selecionadas de acordo com a variedade que se deseja e se tem à disposição. As ramas podem ser obtidas de plantações já existentes, preferencialmente com até 90 dias, ou providas de viveiros onde as ramas são produzidas através de batatas selecionadas. As características ideais das ramas para o plantio é que elas estejam sadias, ou seja, livres de pragas e doenças, que tenham de oito a dez entrenós e meçam de 20 a 30 cm. Enterra-se pelo menos um terço das ramas nas leiras. É importante que se tenha umidade no solo nos primeiros dias de plantio para que se evite perda das ramas por desidratação (MIRANDA et al. 1995; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; RIGO, 2018).

Após o plantio, deve-se fazer o manejo da cultura por meio da eliminação das plantas daninhas por capina manual ou química até os primeiros 60 dias de desenvolvimento, irrigação em caso de escassez de chuvas, refazer as leiras (amontoa) para evitar as rachaduras e para evitar a exposição das raízes tuberosas ao ataque de insetos e dos raios solares (MIRANDA et al. 1995; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; CAVALCANTE et al., 2017; SANTOS et al., 2018).

Apesar de ser considerada uma cultura resistente e de ser possível cultivar sem o uso intensivo de agrotóxicos, a batata-doce é susceptível ao ataque de diversas doenças causadas por fungos, vírus, nematoides e bactérias, como também, à ocorrência de surto populacionais de ácaros, a exemplo do ácaro vermelho [*Tetranychus ludeni* (Zacher, 1913) (Acari: Tetranychidae)] e insetos, como vaquinhas [*Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae)] e *Diabrotica bivittula* (Kirsch., 1883) (Coleoptera: Chrysomelidae)], larva arame [*Conoderus* sp. (Coleoptera: Elateridae)], mosca branca [*Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae)], broca-das-hastes [*Megastes pusialis* (Snellen, 1875) (Lepidoptera: Crambidae)], gorgulho-da-batata-doce (*Cylas formicarius* (Fabricius, 1798) (Coleoptera: Brentidae)] e a broca-da-batata-doce (*Euscepes postfasciatus*) (AGUIAR-MENEZES, 2002; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008; RICCI et al., 2011).

## 2.2 *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae)

A broca-da-batata-doce é um inseto cosmopolita, considerado a principal praga desta cultura no continente Americano e a segunda mais danosa na Ásia, ficando atrás apenas da coleobroca, *Cylas formicarius*. *E. postfasciatus* pode ainda utilizar como planta hospedeira outras espécies do gênero *Ipomoea*, como *Ipomoea pentaphylla* (L.) Jacq., *Ipomoea triloba* L. e *Ipomoea reptans* Poir. (SHERMAN; TAMASHIRO, 1954; ALLEYNE, 1982b; AGUIAR-MENEZES, 2002).

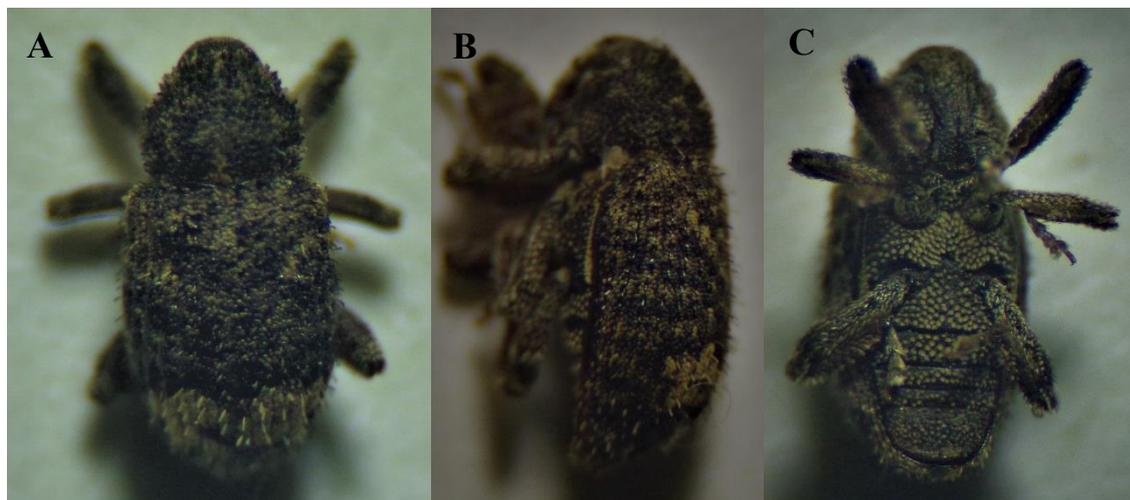
A duração do ciclo de vida de *E. postfasciatus* varia entre 32 a 46 dias, ocorrendo exclusivamente no interior da planta. O acasalamento ocorre, geralmente, a partir do 9º dia após a emergência dos adultos. Uma vez copuladas, as fêmeas passam por um período de pré-oviposição que dura cerca de três dias. Em seguida, ocorrem as posturas que se dão continuamente até o final da vida da fêmea. Cada fêmea oviposita em média uma única postura por dia, podendo, porém, depositar mais de 300 ovos durante a sua longevidade. Os ovos são postos de forma endofítica com o auxílio de perfuração feita com o rostro, individualmente, nas ramas da batata-doce, região do colo e quando possível, as fêmeas têm a preferência pelas raízes tuberosas. O período de incubação dos ovos varia de sete a dez dias, onde, em seguida, eclodem as larvas (SHERMAN; TAMASHIRO, 1954; ALLEYNE, 1982b; AGUIAR-MENEZES, 2002).

As larvas, de coloração branca-leitosa e corpo recurvado, passam por cerca de cinco ínstaes num período médio de 22,8 dias, podendo atingir ao final desse período 5 mm de comprimento. Em seguida, a larva entra no estágio de pré-pupa onde se abriga no interior de uma câmara que ela constrói no interior da planta, cessa a alimentação, diminui os movimentos e em até quatro dias transforma-se em pupa. Esta é do tipo exarada com cerca de 4 mm de comprimento e dentre 7 a 12 dias ocorre a emergência dos adultos. Estes ainda permanecem dentro da câmara por aproximadamente três dias para enrijecimento do seu exoesqueleto (ALLEYNE, 1982b; AGUIAR-MENEZES, 2002).

O adulto é um besouro curculionídeo de coloração marrom-escuro de 3 a 5 mm de comprimento e cerca de 1,6 mm de largura, de rostro recurvado e presença de pelos na região dorsal (Figuras 1A, 1B e 1C). O dimorfismo sexual é muito difícil de ser percebido, uma vez que a diferença morfológica só pode ser verificada na região ventral dos insetos adultos e quando manipulados, se fingem de mortos, recolhendo suas pernas e dificultando a

identificação do sexo. Em condições de laboratório, verificou-se uma longevidade de adultos de 30 a 288 dias (AGUIAR-MENEZES, 2002). Alleyne (1982b) observou longevidade média de adultos de 243 dias.

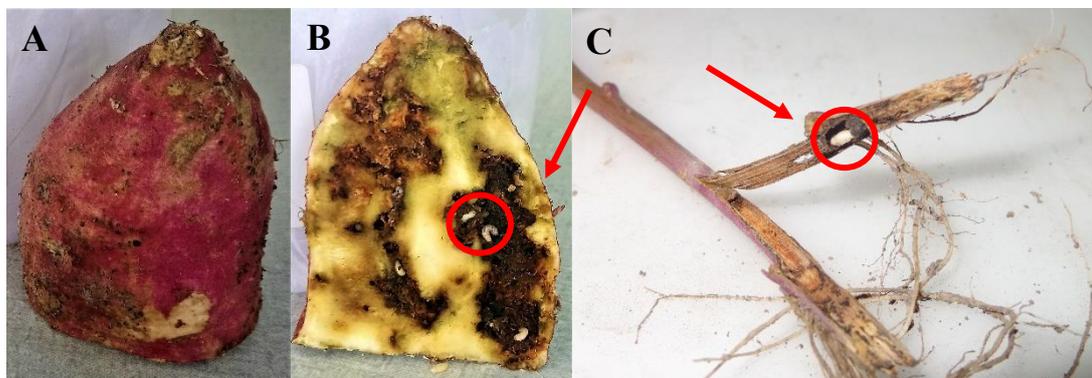
**Figura 1:** Adulto de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire). **A** - Vista dorsal; **B** - Vista lateral; **C** - Vista ventral.



Fonte: Autor, 2020.

As injúrias causadas pela broca-da-batata-doce podem ser de forma direta e indireta, acometendo as raízes tuberosas, tanto no campo como em armazenamento. A injúria direta ocorre a partir do seu comportamento alimentar, abrindo galerias no interior da planta. Quando essas galerias são feitas no interior das ramas e no colo, ocorre o seccionamento dos vasos condutores comprometendo o processo fisiológico e, conseqüentemente, o desenvolvimento vegetativo e a tuberização (Figura 2C). Quando as galerias são realizadas no interior das raízes tuberosas, além das injúrias causadas pela alimentação, há um comprometimento na qualidade da raiz, pois como forma de se proteger do ataque, a planta libera metabólitos secundários (compostos terpenoides) deixando a batata com odor desagradável e sabor amargo (Figuras 2 A e 2 B) (AGUIAR-MENEZES, 2002).

**Figura 2:** Injúrias causadas por *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) em batata-doce. **A** - Aspecto externo de fragmento de batata-doce. **B** - Aspecto interno de fragmento de batata-doce com destaque para presença de larvas. **C** - Injúria interna em rama de batata-doce com destaque para a presença de pupa.



Fonte: Autor, 2019.

As injúrias indiretas ocorrem por meio dos orifícios feitos pelos adultos durante a alimentação e/ou oviposição e pelos orifícios de saídas dos adultos. Esses orifícios apresentam-se como excelentes portais de entrada de fitopatógenos como fungos e bactérias causando diversos tipos de enfermidades na planta. Alta infestação de *E. postfasciatus* associada a ocorrência de microrganismo podem acarretar na perda de ramas, perdas das batatas ou mesmo morte da planta (AGUIAR-MENEZES, 2002).

Esses insetos têm hábito subterrâneo, não possuem a capacidade de voar e estão presentes em todas as fases de vida na cultura ao mesmo tempo, uma vez que suas gerações não são sincronizadas. Em decorrência dessas características, observa-se uma maior infestação e escala de danos em plantios com mais de 150 dias.

### 2.3 Manejo de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire)

No Brasil, devido ao perfil da maioria dos produtores, formado majoritariamente por agricultores familiares, com pouco ou nenhum acesso a assistência técnica, recomenda-se a colheita da batata-doce até 120 dias, para evitar ou diminuir os prejuízos causados por insetos-praga. No entanto, mesmo colhendo até os 120 dias, os danos causados por *E. postfasciatus* podem ocasionar perdas na ordem de 10 a 50% na produção de batata-doce (ALLEYNE, 1982a; AGUIAR-MENEZES, 2002). Wanderley, Boiça Júnior e Wanderley (2004) relataram que em cultivos mal manejados, nos quais as raízes tuberosas ficaram expostas ao ataque direto do inseto, as perdas ocasionadas por *E. postfasciatus* podem atingir entre 60 a 100%.

Visando diminuir os danos causados à cultura, recomenda-se como forma de controle o uso de variedades resistentes, por meio da antixenose ou não preferência, na qual a variedade utilizada é menos escolhida pelo inseto para alimentação, oviposição e abrigo, quando comparada a outras variedades em igualdade de condição (ALLEYNE, 1982a; HALL; PHATAK, 1993; AZEVEDO et al., 2002; FRANÇA; RITSCHHEL, 2002; WANDERLEY, BOIÇA JÚNIOR; WANDERLEY, 2004; RICCI et al., 2011; SUINAGA et al., 2011). No entanto, nem sempre o produtor tem acesso a mudas de variedades resistentes ou nem sempre estas atendem às características comerciais desejadas (e.g. cor, peso, formato, textura, sabor e etc.). Além disso, todas as variedades de batata-doce, resistentes ou susceptíveis, estão sujeitas ao ataque de pragas em maior ou menor intensidade. Diante disso, medidas de controle adicionais, através de tratamentos culturais, são utilizadas para diminuir a incidência de *E. postfasciatus*, como por exemplo a irrigação e amontoa, evitando ou dificultando o acesso dos insetos a raiz tuberosa (AGUIAR-MENEZES, 2002; SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2008).

Na Ásia, além das medidas de manejo de *E. postfasciatus* já citadas, têm-se buscado outros métodos de controle, como a técnica do inseto estéril (T.I.E.) (MORIYA; MIYATAKE, 2001; FOLLETT, 2006; KUMANO; HARAGUCHI; KOHAMA, 2008), uso de armadilhas luminosas para captura massal (NAKAMOTO; KUBA, 2004; KATSUKI et al., 2012) e aplicação de inseticidas químicos e biológicos (YASUDA, 2000). Na China, o uso de inseticidas químicos para o manejo de insetos na batata-doce é prática comum, obtendo-se taxas de controle acima de 70%, contribuindo para uma produtividade média 57% superior à produtividade brasileira (JIANZHI et al., 2013; FENGLI et al., 2014).

## **2.4 Inseticidas químicos e seus efeitos**

Os inseticidas, de modo geral, podem controlar os insetos por meio de diferentes modos de atuação, dentre eles, contato (direto e secundário ou residual), ingestão e fumigação. Onde, mais de um modo de atuação pode ser encontrado num mesmo inseticida. O contato direto ocorre quando a aplicação do produto é direcionada no corpo do inseto. O contato secundário ou residual é quando, primeiramente, aplica-se o inseticida sobre o tecido vegetal e só depois o inseto, ao ter contato com a planta, se intoxica com o produto. A ingestão, ocorre quando o inseto se alimenta da parte da planta contendo o inseticida. Na fumigação, o inseto é intoxicado pelos vapores liberados pelo produto químico (MALASPINA et al., 2008).

Sabe-se que, em condições de campo, os insetos podem ser expostos a diferentes doses/concentrações. Essas diferenças podem ser ocasionadas por falhas na aplicação (e.g. falta de agitação para a mistura homogênea e entupimento do bico do pulverizador) e/ou condições ambientais (e.g. precipitação, fotodegradação e termodegradação). Nesse cenário, é de grande importância conhecer os efeitos totais aos quais os insetos estão sujeitos (STARK; JEPSON; MAYER, 1995; FRANÇA et al., 2017).

Quando em contato com os inseticidas, os insetos podem sofrer ações de efeito letal (mortalidade) ou sofrer alterações de ordem comportamental (mobilidade, alimentação, cópula e oviposição), biológica (redução ou aumento do tempo de vida, taxas de desenvolvimento, fertilidade, fecundidade, proporção sexual, deformidade e crescimento populacional) e/ou fisiológica (alterações na imunidade, nutrição e reprodução), conhecidos como efeitos subletais (LEE, 2000).

O Brasil é reconhecidamente o país que mais consome agrotóxicos na agricultura (SCHMIDT, 2018). No entanto, há um grande número de insetos pragas em diversas culturas para os quais ainda não se tem produtos registrados, sendo esse o caso de *E. postfasciatus* em *I. batatas* (AGROFIT, 2021). Apesar da ausência de produtos registrados, desde a década de 1950 têm-se feitos estudos com o uso de inseticidas químicos para o controle de *E. postfasciatus* em todo o mundo (SHERMAN; TAMASHIRO, 1954; COSTA, 1961; MONTEIRO et al., 1972; NOVO; VEIGA; 1992a; NOVO; VEIGA, 1992b; JIANZHI et al., 2013; FENGLI et al., 2014). O registro de agrotóxicos, de acordo com a lei de agrotóxicos e afins, nº 7.802, de 11 de julho de 1989, validado por estudos científicos, engloba ainda o papel de evitar danos ambientais e à saúde, já que, visando minimizar os prejuízos causados por *E. postfasciatus* na batata-doce, alguns produtores usam, sem qualquer parecer técnico ou científico, inseticidas no solo que não são registrados em seus cultivos (AGUIAR-MENEZES, et al., 2002).

Os grupos químicos de inseticidas que apresentam princípios ativos registrados para batata-doce no Brasil e na China são: organofosforados, neonicotinoides, espinosinas, diamidas antranílicas (clorantraniliprole), cetoenol, tetranortriterpenoide, piretroide e éter piridiloxipropílico (CPRW, 2020; AGROFIT, 2021).

As espinosinas são moléculas com ação inseticida extraídas pelo processo de fermentação aeróbica, causada pela bactéria de solo *Saccharopolyspora spinosa*. De ação não sistêmica, porém translaminar, os inseticidas do grupo das espinosinas agem no sistema nervoso central

induzindo excitação e tremores contínuos nos insetos, que ficam paralisados devido à fadiga muscular e em seguida morrem (MOREIRA; MANSUR; MANSUR-FIGUEIRA, 2012; MARQUES, 2018). O princípio ativo espinetoram é uma espinosina com registro para o controle da broca-das-hastes [*Megastes pusialis* (Snellen, 1875) (Lepidoptera: Crambidae)] em batata-doce no Brasil (AGROFIT, 2021).

O cetoenol é um grupo químico que apresenta ação inseticida, mas seu principal uso é como acaricida. Com modo de atuação, por contato e ingestão, age como inibidor da enzima acetil CoA carboxilase e na biossíntese de lipídeos (SATO, 2008; BRAGA et al., 2017). No Brasil, o inseticida espiromesifeno é um cetoenol com registro para o controle de mosca branca [*Bemisia tabaci* biótipo B (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyroridae)] (AGROFIT, 2021).

Os neonicotinoides apresentam inseticidas oriundos de piretrinas naturais da nicotina e possuem modo de ação sistêmica, ou seja, são absorvidos e translocados pela seiva na planta. Esse grupo químico tem ação na transmissão sináptica, imitando e competindo com o efeito da acetilcolina, deixando-a em ativação permanente, permitindo a transmissão contínua e descontrolada dos impulsos nervosos, colapsando o sistema nervoso central e, posteriormente, levando a morte do inseto (TOMIZAWA; CASIDA, 2003; GUEDES, 2008; MOREIRA; MANSUR; MANSUR-FIGUEIRA, 2012). O acetamiprido, para o controle da mosca branca (*B. tabaci* biótipo B), é o ingrediente ativo representante dos neonicotinoides com registro para batata-doce no Brasil (AGROFIT, 2021).

Os piretroides agrupam os inseticidas sintéticos derivados das piretrinas naturais. Agem por contato e ingestão, tendo como mecanismo de ação os moduladores de canais de sódio, afetando a transmissão axônica. Os insetos intoxicados por piretroides apresentam rápidos sintomas de hiperexcitabilidade, perda da postura locomotora, paralisia e morte (CASIDA; QUISTAD, 1998; SANTOS; AREAS; REYES, 2007; VENTURINI, 2014). O princípio ativo lambda-cialotrina é um piretroide com registro para o controle de *Epicauta atomaria* (Germ., 1821) (Coleoptera: Meloidae) em batata-doce no Brasil (AGROFIT, 2019).

O tetranortriterpenoide é uma classe química cujo principal inseticida é a azadiractina. O modo de ação desse grupo é pouco conhecido, porém sabe-se que ele age como fago-inibidor, redutor da aptidão física do inseto, regulação na fecundidade e como regulador de crescimento (BITTENCOURT et al., 2009; PIKANÇO, 2010; SCHUMACHER et al, 2011). A azadiractina é registrada para o controle de mosca branca (*B. tabaci* biótipo B) (AGROFIT, 2021).

Além de inseticidas químicos e botânicos, os microbianos apresentam destaque no controle de pragas em todo o mundo. Podem ser utilizados em qualquer cultura e apresentam como ingredientes ativos nematoides, vírus, bactérias e principalmente fungos, onde há um maior número de produtos registrados (ALVES, 1986; AGROFIT, 2021).

## **2.5 Fungos entomopatogênicos**

Fungos são organismos eucariontes e heterotróficos, que se alimentam por absorção e produzem compostos químicos, como as micotoxinas, que causam efeitos adversos em outros organismos (RAVEN; EVERT; EICHHORN; 2014). Os fungos entomopatogênicos são aqueles que possuem a capacidade de causar enfermidades ou a morte a vários artrópodes (VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA, 2020). Cerca de 80% das doenças em insetos são causadas por centenas de espécies de fungos (AGUIAR-MENEZES; MENEZES, 2005). Em termos de distribuição geográfica, os fungos entomopatogênicos são cosmopolitas, havendo exemplos da recuperação em solos e insetos em diversos biomas mundiais e nas mais várias ordens de insetos (MEYLLING; THORUP-KRISTENSEN; EILENBERG, 2011).

Os fungos entomopatogênicos acometem seus hospedeiros por ingestão e/ou contato. Esta última via é a mais importante, pois ao aderir ao corpo do inseto, eles adentram na hemocele pelas aberturas naturais, como os espiráculos, ou mesmo pelo rompimento da cutícula. Essa habilidade de agir por contato, aliada ao fato de os fungos serem patogênicos a todas as fases de vida dos artrópodes, possibilita vantagem em relação a outros microrganismos entomopatogênicos, como vírus e bactérias, que atuam exclusivamente por ingestão (BLACKWELL, 2010; NARANJO-ORTIZ; GABALDÓN, 2019).

Valadares-Inglis, Lopes e Faria (2020) descreveram que o mecanismo de ação dos fungos entomopatogênicos inicia-se pela adesão do fungo ao exoesqueleto do hospedeiro, em seguida ocorre a germinação, penetração e colonização intra-hospedeiro.

A adesão é o primeiro contato dos propágulos infectivos dos fungos com o hospedeiro. Esse contato é propiciado, naturalmente, pela ação do vento ou pelo contato com substratos contaminados como o solo, plantas, água e outros artrópodes. No entanto, para fins de controle biológico aplicado, a aplicação inundativa é a adequada (ALVES, 1986; INTAGRI, 2016; VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA, 2020).

Uma vez na superfície do hospedeiro susceptível, os conídios iniciam o processo de germinação, onde ocorre o desenvolvimento do tubo germinativo e do apressório que é uma estrutura que auxilia na fixação e penetração mecânica na cutícula do inseto. Para que a germinação possa ocorrer, são necessárias, entre outros fatores, condições ambientais favoráveis e alto vigor dos conídios (ALVES, 1986; VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA, 2020).

A penetração é possibilitada por processos físicos (pressão mecânica das hifas feita pelo apressório) e químicos (liberação de enzimas que ajudam a digerir a cutícula). Há uma preferência pela penetração dos fungos pelas regiões intersegmentares do hospedeiro. Isso se deve ao fato dessas áreas serem menos esclerotizadas (ALVES, 1986; VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA, 2020).

Dentro do corpo do hospedeiro, ocorre ramificações dos corpos hifais colonizando a cavidade interna, liberando toxinas e, posteriormente, replicação do fungo. Em seguida, ocorrem ramificações das hifas, invadindo tecidos e órgãos levando à morte do hospedeiro. Com o esgotamento dos nutrientes, as hifas emergem do corpo do cadáver e sob condições abióticas favoráveis ocorre a reprodução (formação dos esporos) (ALVES, 1986; INTAGRI, 2016; VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA, 2020).

Para se proteger da ação dos fungos entomopatogênicos, os insetos possuem alguns mecanismos de defesa que podem ser fisiológicos (produção e secreção de compostos), físico-químico (adaptações no exoesqueleto) e mudanças de hábitos (adaptações comportamentais). A cutícula é uma importante barreira física para impedir a entrada dos patógenos. Além disso, pelo processo de melanização da cutícula, o inseto pode inibir a ação e penetração dos fungos. Uma vez dentro do hospedeiro, as estruturas fúngicas podem ser combatidas por respostas celulares (hemócitos) e humorais. Outra forma de combater a ação dos patógenos é por meio de hábitos comportamentais, como constantes limpezas (observado em insetos sociais) e exposição à radiação solar para aumentar a temperatura interna e servir como termorregulador e essa exposição ao sol ajuda a inativar esporos dos fungos por meio da radiação ultravioleta (VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA, 2020).

Para que se tenha maior probabilidade de sucesso no controle de pragas com o uso de fungos entomopatogênicos é necessário verificar algumas condições abióticas como

temperatura entre 22 e 30°C, preferencialmente sem incidência de radiação ultravioleta e umidade relativa de 70 a 100% (ALVES, 1986).

As principais espécies mais utilizadas em programas de controle de pragas e para formulações de micoinseticidas são *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (MICHEREFF FILHO et al., 2009). Elas se destacam pela ampla gama de hospedeiros, são relativamente fáceis de serem encontradas na natureza e de serem produzidas em biofábricas, em comparação a outros microrganismos entomopatogênicos (ALVES; FARIA, 2010). *B. bassiana* e *M. anisopliae* tem sido relatadas como agentes de controle de diversos coleópteros da família Curculionidae, como *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (MEMBANG et al., 2020), *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (SMANIOTTO, 2019), *Metamasius hemipterus* (L., 1764) (SOUZA et al., 2020), *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (LIMA et al., 2020) e *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (SOUSA et al., 2019).

É possível encontrar alguns estudos com fungos entomopatogênicos no manejo de *E. postfasciatus* tais como Aguiar-Menezes et al. (2002) e Aguiar-Menezes (2003) que, no Brasil, testaram a eficácia de isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em adultos da broca-da-batata-doce, em condições de laboratório. Salazar (2008), na Bolívia, testou, em campo, *B. bassiana* em adultos de *E. postfasciatus*. Estes pesquisadores, concluíram que o uso de fungos entomopatogênicos é uma alternativa promissora de controle dessa praga. No entanto, esses microrganismos embora não sejam registrados para o controle de *E. postfasciatus*, são utilizados por produtores de batata-doce.

*Beauveria bassiana* é um entomopatógeno pertencente à ordem Hypocreales e a família Cordycipitaceae. Apresenta parasitismo facultativo, ou seja, pode se desenvolver no hospedeiro ou permanecer no ambiente em vida livre, sobrevivendo como saprófito no solo ou endófito em plantas (BOOMSMA et al., 2014; VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA, 2020). Há relatos de cerca de 15 ordens de insetos que apresentam espécies hospedeiras desse fungo (ZIMMERMANN, 2007). Os insetos colonizados por esse fungo desenvolvem a doença conhecida como muscardina branca, onde o corpo do hospedeiro fica coberto por estruturas fúngicas de coloração branca (ALVES, 1986).

*M. anisopliae*, pertencente à ordem Hypocreales e a família Clavicipitaceae, causador da doença conhecida como muscardina verde, é um dos fungos entomopatogênicos mais estudados e usados no controle biológico de pragas agrícolas (VALADARES-INGLIS; LOPES; FARIA,

2020). É comumente encontrado em solos, principalmente, na rizosfera. No Brasil, este agente foi o escolhido para o primeiro grande programa de controle biológico, onde em 1970 foi usado para controlar a cigarrinha da folha da cana-de-açúcar, *Mahanarva posticata* Stal, 1855 (Hemiptera: Cercopidae) (MICHEREFF FILHO et al., 2009), demonstrando eficiência no manejo desse inseto até os dias atuais.

No Brasil, existem alguns inseticidas microbianos registrados à base de *B. bassiana*, como Bassi Control, Boveril WP PL63, Mycotrol ES, Biobev, Bovenat, Vestix entre outros. Já para *M. anisopliae*, alguns dos registros são para os produtos Aradya, Biometa, Green Muscardine, Metabiol, Metarril WP E9 e Ousado entre outros. Há também registros de formulações micoinseticidas contendo a mistura de *B. bassiana* + *M. anisopliae* como Bometil, Dobbel, DuoControl, BI2003/16 e BMS MAX (AGROFIT, 2020). Além desses produtos formulados e registrados, existem as biofábricas “on farmer” de algumas usinas de cana-de-açúcar que produzem fungos para o controle de pragas, a exemplo das cigarrinhas.

Apesar de ser mais comum, o estudo da eficiência da aplicação de apenas um patógeno no hospedeiro, vale ressaltar que na natureza, a presença de mais de um microrganismo patogênico num mesmo hospedeiro causando infecções mistas é uma regra (ALVES, 1986; COX, 2001; SUJII et al., 2020). Nesse contexto, é de extrema importância verificar também a eficiência de coquetéis de entomopatógenos no controle de pragas para avaliar as interações. Entende-se por interação antagônica, quando um organismo diminui a eficiência do outro. Efeito aditivo é quando o resultado final da combinação de dois ou mais agentes não altera os resultados do uso isolado. Já sinergismo, ocorre quando dois ou mais organismos combinados, resulta num valor maior que a soma dos organismos isoladamente (PETTER et al., 2013). Santos et al. (2006), Salazar (2008), Pauli (2009) e Santos et al. (2018), são alguns exemplos de trabalhos que visaram determinar a eficiência da coaplicação de fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* para o controle de insetos pragas. No entanto, compreender como dois entomopatógenos interagem durante a patogênese ainda é um grande desafio e estudos nessa área podem facilitar a escolha da coaplicação de fungos em manejo de pragas (INGLIS et al., 2001).

## **2.6 Batata-doce: uma cultura com suporte fitossanitário insuficiente (CSFI)**

A batata-doce encontra-se no mesmo contexto de diversas outras culturas como alho, abacaxi, abóbora, cacau, cevada, coentro, graviola, inhame e dezenas de outras que carecem de produtos registrados para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Essas culturas

englobam as chamadas Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI) que mundialmente são conhecidas como Minor Crops (AENDA, 2021).

Visando amenizar a carência de produtos das CSFI, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) criaram a Instrução Normativa Conjunta N° 01 de 16 junho de 2014 (INC 1/2014). Esta estabelece as diretrizes e exigências para o registro dos agrotóxicos, seus componentes e afins para CSFI, bem como o limite máximo de resíduos permitido. Dessa forma, essa instrução normativa facilita, por meio do critério de similaridade, que agrotóxicos que já possuem uso autorizado para grandes culturas sejam também registrados para as CSFI.

Com o advento da INC 01/2014, por exemplo, desde 2016 (ATO N°64, de 21/11,2016) os produtores de batata-doce ganharam uma opção para o controle da mosca branca (*B. tabaci* biótipo B). Nessa ocasião, o produto registrado foi o Oberon (Espiromesifeno) da empresa Bayer, onde o registro foi permitido pelo critério de similaridade com a batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.), que é a cultura de maior referência para a batata-doce (AGROFIT, 2021).

No entanto, como já mencionado, os produtos até então registrados não contemplam o controle de *E. postfasciatus*. Diante disso, pesquisas usando produtos que já possuem registros para o controle de pragas na batata inglesa pode se tornar uma importante base de informações para que as empresas iniciem novos processos de registro e assim sanar a atual falta de inseticidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENDA – Associação Brasileira de Defensivos Pós-Patente. 2021. Disponível em: <http://www.aenda.org.br/minor-crop/>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. 2019. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 06 de abril de 2019.

AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. 2020. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 02 de junho de 2020.

AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. 2021. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 17 de agosto de 2021.

AGUIAR-MENEZES, E. L. Broca da Batata-doce (*Euscepes postfasciatus*): Descrição, Bionomia e Controle. Embrapa Agrobiologia. Seropédica (RJ), **Circular técnica 6**, p. 12, out. 2002.

AGUIAR-MENEZES, E. L. et al. Ação patogênica de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Entomologia, 2002, Manaus. p. 45, 2002.

AGUIAR-MENEZES, E. L. et al. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* virulentos e persistentes para o controle de *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). In: Anais do VIII Simpósio de Controle Biológico, 2003, São Pedro. p. 65, 2003.

AGUIAR-MENEZES, E. L.; MENEZES, E. B. Bases ecológicas das interações entre insetos e plantas no manejo ecológico de pragas agrícolas. In: AQUINO, A. M. (Ed.); ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: Princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Embrapa, p. 330, 2005.

ALLEYNE, E. H. Studies on the biology and behavior of the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae). **Caribbean food crops society**. v. 18, p. 236 - 243, 1982a.

- ALLEYNE, E. H. Varietal resistance as a control strategy against the west indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) on sweet potatoes in Barbados. **Caribbean food crops society**. v. 18, p. 254-262, 1982b.
- ALVES, R. T.; FARIA, M. Pequeno manual sobre fungos entomopatogênicos. Documentos 286. Embrapa Cerrados, DF. 47p. 2010.
- ALVES, S. B. Epizootiologia. In: ALVES, S. B. (Coord.) et al. **Controle Microbiano de Insetos**. Manole LTDA, 1986. p. 28.
- ANDRADE JÚNIOR, V. C. et al. Potencial quantitativo e qualitativo de genótipos batata-doce. **Revista Scientia Agraria**. v. 19, n. 1, p. 28 - 35, 2018.
- AZEVEDO, S. M. et al. Reação de clones de batata-doce aos insetos de solo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 26, n. 3, p. 545 - 549, 2002.
- BITTENCOURT, A. M. et al. O cultivo do nim indiano (*Azadirachta indica* A. JUSS.): uma visão econômica. **Floresta**. PR. v. 39, n. 3, p. 629 – 642, 2009.
- BLACKWELL, M. Fungal evolution and taxonomy. **BioControl**. v. 55, p. 7 - 16, 2010.
- BOOMSMA, J. J. et al. Evolutionary interaction networks of insect pathogenic fungi. **Annual Review of Entomology**, v. 54, p. 467 - 485, 2014.
- BRAGA, L. L. et al. Efeito do inseticida inibidor de síntese de lipídio (Espiromesifeno) sobre o percevejo-marrom da soja *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Anais da XXXVI Reunião de Pesquisa de Soja, Londrina – PR. 2017. Disponível em: <https://maissoja.com.br/efeito-do-inseticida-inibidor-de-sintese-de-lipidio-espiromesifeno-sobre-o-percevejo-marrom-da-soja-euschistus-heros-hemiptera-pentatomidae/>. Acesso em: 04 de junho de 2020.
- CASIDA, J. E.; QUISTAD, G. B. Golden age of insecticide research: past, present, or future. **Annual Review of Entomology**. v. 43, p. 1 - 16, 1998.
- CASTRO, L. A. S. et al. Cultivar de batata-doce “BRS Gaita” e técnicas de produção de mudas. Alternativas para a Diversificação da Agricultura Familiar de Base Ecológica. p. 37 - 46, 2017.
- CAVALCANTE, J. T. et al. Períodos de interferência de plantas daninhas em genótipos de batata-doce. **Cultura Agrônômica**. v. 26, n. 4, p. 640 - 656, 2017.
- COSTA, J. N. Controle das “brocas de batata-doce” *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (*E. batatas* Waterhouse, 1859) Coleoptera, Curculionidae e *Megastes pusialis* Snellen

Lepidoptera, Pyralidae. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Leste**, Cruz das Almas, v. 1, n. 6, p. 23-46, 1961.

COX, F. E. G. Concomitant infections, parasites and immune responses. **Parasitology**, Cambridge. v. 122, p. 23 - 38, 2001.

CPRW - China Pesticide Registration Watch. 2020. Disponível em: <http://data.agropages.com/PesticideList.html>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

ECHER, F. R. Nutrição e adubação da batata-doce. Presidente Prudente: Universidade do Oeste Paulista, 2015. 94p.

FAOSTAT. Crops. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

FENGLI, W. et al. Control effects of different pesticide treatments on sweet potato underground pest. **Shanxi Agricultural Science**, v. 11, 2014.

FIGUEIREDO, J. A. et al. Avaliação de silagens de ramas de batata-doce. **Horticultura Brasileira**. v. 30, p. 708 - 712, 2012.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ed. Viçosa: UFV, 2008, 421p.

FOLLETT, P. A. Irradiation as a methyl bromide alternative for postharvest control of *Omphisa anastomosalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Eusecepes postfasciatus* and *Cylas formicarius elegantulus* (Coleoptera: Curculionidae) in sweet potatoes. **Journal of Economic Entomology**. v. 99, n. 1, p. 32 - 37, 2006.

FRANÇA, F. H.; RITSCHER, P. S. Avaliação de acessos de batata-doce para resistência à broca-da-raiz, crisomelídeos e elaterídeos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 79-85, 2002.

FRANÇA, S. M. et al. The sublethal effects of insecticides in insects. In: SHIELDS, V. D. C. (Ed.). **Biological control of pest and vector insects**. IntechOpen, 17 p., 2017.

GONÇALVES NETO, A. C. et al. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, n. 11, p. 1513 - 1520, 2011.

GUEDES, R. N. Proteção de Plantas: Toxicologia de inseticidas e acaricidas. CEAD, Viçosa, 2008.

HALL, M. R.; PHATAK, S. C. Sweet potato *Ipomoea batatas* (L.) Lam. In G. Kaloo & B.O. Bergh (eds.), Genetic improvement of vegetable crops. New York, Pergamon Press, 808p, 1993.

IBGE. Tabela 1612 – Área plantada, área colhida quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias. 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>. Acesso em: 25 de maio de 2020.

INGLIS, G. D. et al. Use of Hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: BUTT, T. M. (Ed.); JACKSON, C. (Ed.); MAGAN, N. (Ed.). **Fungi as biocontrol agentes: progress, problems and potential**, Wallingford: CABI, 2001, p. 23 - 69.

INTAGRI, S. C. *Beauveria bassiana* en el control biológico de patógenos. Artículo: Fitosanidad, 2016. Disponível em: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/beauveria-bassiana-en-el-control-biologico-de-patogenos>. Acesso em: 15 de junho de 2020.

JESUS, M. et al. Teor de carotenoides de três variedades de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) cultivadas sob sistemas de produção orgânico e convencional. Cadernos de Agroecologia – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF. v. 13, n. 1, 6p. 2017.

JIANZHI, F. et al. Study on the control effect of underground pesticides in sweet potatoes. Shandong Agricultural Science, China. v. 11, 2013. Disponível em: <http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotál-AGRI201311031.htm>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

KALKMANN, D. C. **Produtividade, qualidade de raiz, resistência aos insetos de solo e aos nematoides de galhas, e estimativas de parâmetros genéticos em clones de batata doce cultivados no Distrito Federal**. 2011. 144f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

KATSUKI, M. et al. Ultraviolet light-emitting diode (UV LED) trap the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). **Applied Entomology and Zoology**. v. 47, p. 285 - 290, 2012.

KIM, H. J. et al. Variations in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 41, p. 188 - 193, 2015.

KUMANO, N.; HARAGUCHI, D.; KOHAMA, T. Effect of irradiation on mating performance and mating ability in the West indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 127, p. 229 - 236, 2008.

LASE, V. A.; JULIANTI, E.; LUBIS, L. M. Bihon type noodles from heat moisture treated starch of four varieties of sweet potato. **Jurnal Teknologi dan Industri Pangan**, Bogor-ID, v. 24, n. 1, p. 89 - 96, 2013.

LEE, C. Y. Sublethal effects of insecticide on longevity, fecundity, and behaviour of insect pest: a review. **Bioscience Journal**, v. 11, p. 107 - 112, 2000.

LEITE, V. H. G.; VITOR, C. J.; MATAVELI, M. Batata-doce: Cultivo, produtividade e rentabilidade, 2018. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/cprural/noticias/mostra/6069/batata-doce-cultivo-produtividade-e-rentabilidade.html>. Acesso em: 02 de março de 2019.

LIMA, F. S. O. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de batata-doce em Palmas, TO. **Horticultura Brasileira**. v. 31, n. 2, p. 1403 - 1410, 2014.

LIMA, H. M. A. et al. Effect of isolates of entomopathogenic fungi in the coconut eye borer. *Comunicata Scientiae*. v. 11, e. 3300, 2020.

MALASPINA, O. et al. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. In: **Anais do VIII Encontro sobre abelhas**, Ribeirão Preto, p. 41 - 48, 2008.

MARQUES, Leandro. Espinosinas: mecanismo de ação e características, 2018. Disponível em: <https://elevagro.com/materiais-didaticos/espinosinas-mecanismo-de-acao-e-caracteristicas/>. Acesso em: 02 de junho de 2020.

MEMBANG, G. et al. *Cosmopolites sordidus* (Germar) susceptibility to indigenous Cameroonian *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) isolates. **Journal of Applied Entomology**. 2020.

MEYLLING, N. V.; THORUP-KRISTENSEN, K.; EILENBERG, J. Below- and aboveground abundance and distribution of fungal entomopathogens in experimental conventional and organic cropping systems. **Biological Control**, v. 59, p. 180 - 186, 2011.

MICHEREFF FILHO, M. et al. MicoInseticidas e micoacaricidas no Brasil: Como estamos após quatro décadas? **Arquivos do Instituto Biológico**, SP. v. 76, n. 4, p. 769 - 779, 2009.

MIRANDA, J. E. C. et al. A cultura da batata-doce. Coleção Plantar. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. Brasília. EMBRAPA-SPI. 94 p. 1995.

MONTEIRO, D. A. et al. Controle da broca da batata-doce, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera, Curculionidae) com inseticidas modernos. **O Biológico**, São Paulo, v. 38, n. 7, p. 204-206, 1972.

MOREIRA, M. F.; MANSUR, J. F.; MANSUR-FIGUEIRA, J. Resistência de inseticidas: Estratégias, desafios e perspectivas no controle de insetos. INCTEM, cap. 15, 23p., 2012.

MORIYA, S.; MIYATAKE, T. Eradication programs of two sweetpotato pests, *Cylas formicarius* and *Euscepes postfasciatus*, in Japan with special reference to their dispersal ability. **Japan Agricultural Research Quarterly**. v. 35, n. 4, p. 227 - 234, 2001.

NAKAMOTO, Y; KUBA, H. The effectiveness of a green light emitting diode (LED) trap at capturing the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae) in a sweet potato field. **Applied Entomology and Zoology**. v. 39, n. 3, p. 491 - 495, 2004.

NARANJO-ORTIZ, M. A.; GABALDÓN, T. Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. **Biological Reviews**. v. 94, p. 2101 - 2137, 2019.

NOVO, R. J.; VEIGA, A. F. S. L. Eficiência de controle do Aldicarbe sobre *Megastes* spp. (Lepidoptera, Pyralidae) e *Euscepes postfasciatus* (Fair., 1849) (Coleoptera, Curculionidae) em batata-doce no Estado de Pernambuco. **Cad. Omena, Universidade Federal Rural de Pernambuco**, PE, Sér. Agron., Recife, n. 4, p. 225-232, 1992a.

NOVO, R. J.; VEIGA, A. F. S. L. Eficiência de inseticidas no controle de *Megastes* spp. (Lepidoptera, Pyralidae) e *Euscepes postfasciatus* (Fair., 1849) (Coleoptera, Curculionidae) em batata-doce no Estado de Pernambuco. **Cad. Omena, Universidade Federal Rural de Pernambuco**, PE, Sér. Agron., Recife, n. 4, p. 233-242, 1992b.

NUNES, M. U. C.; CRUZ, D. P.; FORTUNA, A. Tecnologia para Produção de Farinha de Batata-doce: Novo Produto para os Agricultores Familiares. 2012. Circular Técnico. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/acre/busca-de-publicacoes/-/publicacao/964625/tecnologia-para-producao-de-farinha-de-batata-doce-novo-produto-para-os-agricultores-familiares>.

Acesso em: 03 de março de 2019.

- PAULI, G. **Interação de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.), *Beauveria bassiana* (Bals.) e vírus da granulose, principais patógenos de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae).** 90 p. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- PETTER, F. A. et al. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae**, v. 4, p. 129-138, 2013.
- PICANÇO, M. C. **Manejo integrado de pragas.** UFV, Viçosa - MG, 146p. 2010.
- RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal: Fungos.** Cap. 14. 8ª edição. Editora: Guanabara Koogan - RJ, p. 278, 2014.
- RICCI, M. S. F. et al. Incidência de broca-da-raiz (*Euscepes postfasciatus*) em cultivares de batata-doce cultivadas em sistema orgânico. Embrapa Agrobiologia. Seropédica (RJ), **Comunicado técnico 142** p. 3, 2011.
- RIGO, D. Avaliação de cultivares de batata-doce nas condições edafoclimáticas do município de Concórdia, Oeste Catarinense. 2018. 41f. Dissertação (Mestrado Profissional em Olericultura) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, GO, 2018.
- SALAZAR, A. C. M. **Efecto del hongo *Beauveria bassiana* B. en el control del gorgojo (*Euscepes postfasciatus* F.) del camote (*Ipomoea batatas* L.).** 84 p. 2008. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Mayor de San Andres, La Paz, 2008.
- SÁNCHEZ, C.; SANTOS, M.; VASILENKO, P. Batata-doce branca, roxa ou alaranjada? Avaliação qualitativa e nutricional. Dossier Técnico. INIAV, I.P. p. 30 - 32, 2019.
- SANTOS, E. A. et al. Selectivity of pre-emergente herbicides in sweet potato genotypes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias.** v. 13, n. 1, p. 1 - 8, 2018.
- SANTOS, G. T. S. et al. Eficiência da combinação de fungos entomopatogênicos no controle de adultos de *Metamasius hemipterus*. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 3, n. 1, p. e6605, 2018.
- SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretroides: uma visão geral. **Alimentos e Nutrição Araraquara.** v. 18, n. 3, p. 339 – 349, 2007.
- SANTOS. et al. Efeito da combinação de espécies de fungos entomopatogênicos e de temperatura de incubação na mortalidade de *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 525 - 532, 2006.

SATO, M. E. Controle químico de ácaros. In: IV Minicurso sobre acarologia agrícola. p. 94 - 108, 2008. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/1991894/apostila-acarologia-2008>. Acesso em: 04 de junho de 2020.

SCHMIDT, T. Campeão mundial de agrotóxicos, Brasil prejudica pequeno produtor e população. 2018. Disponível em: <https://br.sputniknews.com/brasil/2018061111445855-brasil-campeao-mundial-uso-agrotoxico-isencao-fiscal-agricultura-familiar-impacto-saude/>. Acesso em: 21 de maio de 2020.

SCHUMACHER, M. et al., Anti-inflammatory, pro-apoptotic, and anti-proliferative effects of a methanolic neem (*Azadirachta indica*) leaf extract are mediated via modulation of the nuclear factor-*κ*B pathway. **Genes Nutr.** online v. 6, p. 149 - 160, 2011.

SEIXAS, C.A.; AMARAL, S. F. Uma praga da batata doce. **Biológico** v7, p100-104, 1952.

SHERMAN, M.; TAMASHIRO, M. The Sweet potato Weevils in Hawaii Their Biology and Control. **Technical Bulletin** n. 23, 1954.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Como plantar batata-doce. Sistemas de Produção 6. Versão Eletrônica. Embrapa Hortaliças. 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortalicas/como-plantar-batata-doce>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA, M. P. (Org.). **Agricultura: tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill. p. 448-505, 2002.

SIMÕES, A. R.; STAPLES, R. Dissolution of Convolvulaceae tribe Merremieae and a new classification of the constituent genera. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 183, p. 561 - 586, 2017.

SMANIOTTO, G. Compatibilidade com inseticidas químicos e encapsulamento de *Beauveria bassiana* para controle de *Sphenophorus levis*. 2019. 92f. Tese (Doutorado em Agronomia – Entomologia Agrícola) – UNESP – Campus Jaboticabal, 2019.

SOUSA, L. M. et al. Patogenicidade de diferentes fungos entomopatogênicos ao bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* (Coleoptera: Curculionidae). Anais do 16º Siconbiol, PR. p. 120, 2019.

SOUZA, T. I. B. D. et al. Eficiência de diferentes concentrações do fungo *Beauveria bassiana* no controle de adultos de *Metamasius hemipterus* L. **Global Science and Technology**, Rio Verde. v. 13, n. 1, p. 219 - 224, 2020.

STARK, J. D.; JEPSON, P. C; MAYER, D. Limitations to the use of topical toxicity data for predictions of pesticide side effects in the field. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, n. 5, p. 1081 - 1088, 1995.

SUINAGA, F. A. et al. Resistência de genótipos de batata doce a insetos broqueadores de raízes tuberosas. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Olericultura, Viçosa. p. 977 - 981, 2011.

SUJII, E. R. et al. Relações ecológicas no controle biológico. In: FONTES, E. M. G. (Ed.); VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. Embrapa, 2020. p. 45 - 62.

TOMIZAWA, M.; CASIDA, J. E. Selective toxicity of neonicotinoids attributable to specificity of insect and mammalian nicotinic receptors. **Annual Review Entomology**. v. 48, p. 339 - 364, 2003.

VALADARES-INGLIS, M. C.; LOPES, R. B.; FARIAS, M. R. Controle de artrópodes-praga com fungos entomopatogênicos. In: FONTES, E. M. G. (Ed.); VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. Embrapa, 2020. p. 201 - 236.

VENTURINI, F. R. Efeitos da exposição à lambda-cialotrina no teleósteo *Brycon amazonicus*: Metabolismo antioxidante, parâmetros histológicos e hematológicos. 2014. 141f. Tese (Doutorado em Genética Evolutiva e Biologia Molecular) – Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciência Biológicas e da Saúde. 2014.

VIEIRA, A. D. et al. Agronomic evaluation of clones of sweet potato with potential for ethanol production. **Applied Research & Agrotechnology**. v. 8, n. 1, p. 69 - 74, 2016.

WANDERLEY, P. A.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; WANDERLEY, M. J. A. Resistência de cultivares de batata-doce a *Euscepes postfasciatus* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**. v. 33, n. 3, p. 371 - 377, 2004.

YASUDA, K. Integrated pest management of west Indian sweet potato weevil *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) and sweet potato weevil *Cylas formicarius* (Fabricius) in Okinawa, Japan. **Bulletin of Okinawa Agricultural Experiment Station**. 7 p., 2000.

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

### 3 CONTROLE QUÍMICO DE *EUSCEPES POSTFASCIATUS* EM BATATA-DOCE: O PAPEL DOS EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS

#### RESUMO

A broca-da-batata-doce, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae), destaca-se por causar injúrias diretas, ao se alimentar da parte aérea e das raízes tuberosas, e injúrias indiretas por permitir, por meio dos orifícios feitos na alimentação e/ou oviposição, a entrada de fitopatógenos. Como forma de evitar ou diminuir tais injúrias e carência de produtos registrados para o controle de *E. postfasciatus*, estudos que visam determinar os efeitos de inseticidas químicos nesta praga, são de grande relevância. Diante disso, este trabalho teve como objetivo testar os efeitos letais (mortalidade) e subletais (repelência e estimativa de crescimento populacional), que alguns inseticidas podem causar em *E. postfasciatus*. Utilizaram-se os inseticidas Delegate<sup>®</sup> (Espinetoram), Oberon<sup>®</sup> (Espiromesifeno), Karate<sup>®</sup> (Lambda-cialotrina), Actara<sup>®</sup> (Tiametoxam), Engeo Pleno<sup>®</sup> (Tiametoxam + Lambda-cialotrina) e Azact<sup>®</sup> (Azadiractina). As aplicações foram realizadas de acordo com a indicação de cada fabricante. As avaliações de mortalidade foram registradas, diariamente, por 10 dias, de repelência após 24 horas e aos 40 dias para o crescimento da população. Os dados foram submetidos a análises estatísticas, utilizando-se os programas SAS e Assistat. Determinaram-se as concentrações letais (CLs), tempo letal médio (TL<sub>50</sub>), repelência e taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ). Os inseticidas lambda-cialotrina, tiametoxam, tiametoxam + lambda-cialotrina e espinetoram foram eficazes, quanto aos efeitos letais. Já espiromesifeno e azadiractina por não serem efetivos, não foi possível determinar suas CLs. Quanto aos efeitos subletais, todos os inseticidas testados proporcionaram reduções significativas na taxa de crescimento populacional, porém, não foram repelentes à adultos de *E. postfasciatus*.

**Palavras-chave:** Broca-da-batata-doce. Inseticida. Concentração letal. Repelência. Crescimento populacional.

## ABSTRACT

The sweet potato borer, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae), stands out for causing direct injuries, when feeding on the area and tuberous roots, and indirect injuries for allowing, through holes made in feeding and/or oviposition, the entry of phytopathogens. As a way to avoid or reduce such injuries and lack of registered products for the control of *E. postfasciatus*, studies that aim to determine the effects of chemical insecticides on this pest are of great relevance. Therefore, this work aimed to test the lethal (mortality) and sublethal (repellent and population growth estimates) effects that some insecticides can cause in *E. postfasciatus*. The insecticides Delegate® (spinetoram), Oberon® (spiromesifen), Karate® (lambda-cyhalothrin), Actara® (thiamethoxam), Engeo Pleno® (thiamethoxam + lambda-cyhalothrin) and Azact® (azadirachtin) were used. The applications were carried out according to the indication of each manufacturer. Mortality assessments were recorded daily for 10 days, repellency after 24 hours and at 40 days for population growth. Data were subjected to statistical analysis using the SAS and Assistat programs. Lethal concentrations (LCs), mean lethal time (LT<sub>50</sub>), repellency and instantaneous population growth rate ( $r_i$ ) were determined. The insecticides lambda-cyhalothrin, thiamethoxam, thiamethoxam + lambda-cyhalothrin and spinetoram were effective in terms of lethal effects. Spiromesifen and azadirachtin, on the other hand, as they are not effective, it was not possible to determine their LCs. As for the sublethal effects, all tested insecticides provided significant reductions in the population growth rate, however, they were not repellent to *E. postfasciatus* adults.

**Keywords:** Sweet potato borer. Insecticide. Lethal concentration. Repellency. Population growth.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O uso de inseticidas químicos no controle de pragas é uma prática realizada a milênios, sendo muito estudada e amplamente difundida (MATIAS, 2011). No entanto, algumas culturas não são contempladas ou são escassos os estudos, quanto ao número de agrotóxicos registrados para o controle de pragas e patógenos. É nessa realidade que a batata-doce e várias outras culturas se enquadram como Culturas com Suporte Fitossanitário Insuficiente (CSFI) (ALAVOURA, 2018). Nesse sentido, o registro adequado de agrotóxicos para as CSFI passa necessariamente pela compreensão dos efeitos letais e subletais sobre os organismos-alvo (STARK; JEPSON; MAYER, 1995; FRANÇA et al., 2017).

Entende-se por efeitos letais causados por inseticidas, a mortalidade ocasionada por determinada dose/concentração, as quais o inseto é submetido. Já os efeitos subletais, são alterações de ordem comportamental, biológica e/ou fisiológica que os insetos sofrem quando expostos a doses/concentrações de inseticidas abaixo da letalidade. Assim, o estudo dos efeitos letais e subletais de inseticidas oferece uma compreensão total e completa, auxiliando a indicação e registro de um produto fitossanitário para o controle de determinado inseto (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007; FRANÇA et al., 2017; ENTO+, 2020).

*Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae) danifica cultivos de batata-doce em todo o mundo, podendo causar perdas superiores a 50%, constituindo fator limitante para a segurança alimentar de pequenos produtores. Apesar disso, não existem registros de produtos fitossanitários no Brasil para o manejo de *E. postfasciatus* em batata-doce (AGROFIT, 2021), levando ao uso de produtos de forma inadequada (e.g. diferentes doses/concentrações) e com baixa eficiência (AGUIAR-MENEZES et al., 2002).

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos letais e subletais de inseticidas químicos sobre *E. postfasciatus*, visando a obtenção de uma base de dados para auxiliar o desenvolvimento de programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) na batata-doce.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratórios de Ecologia e Comportamento de Artrópodes (LECOM) e de Entomologia Agrícola e Florestal (LEAF) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – UFAL, sob temperatura média de  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , umidade relativa de  $45\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas.

### 3.2.1 Criação de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire)

Os insetos utilizados nos bioensaios foram provenientes de criação estoque desenvolvida no LECOM. O processo de criação de *E. postfasciatus* foi realizado de acordo com o seguinte protocolo:

#### Reprodução

Utilizou-se recipientes circulares com capacidade para 1 litro, forrado internamente, com papel toalha, contendo cerca de 200 g de batata-doce cortadas em fragmentos. Em seguida, adicionou-se cerca de 200 adultos de *E. postfasciatus*, com idade entre 30 a 60 dias, para servirem como matrizes. Cobriu-se o recipiente com tecido voil e com as tampas previamente perfuradas, vedou-se a abertura. Essas matrizes ficaram em contato com os fragmentos de batata-doce por cinco dias para as fêmeas realizarem as posturas. Em seguida, os insetos foram retirados e alocados numa nova câmara de reprodução e dessa forma seguiram em rodízios por 20 dias (quatro ciclos de posturas) até serem sacrificados e descartados (Figura 3).

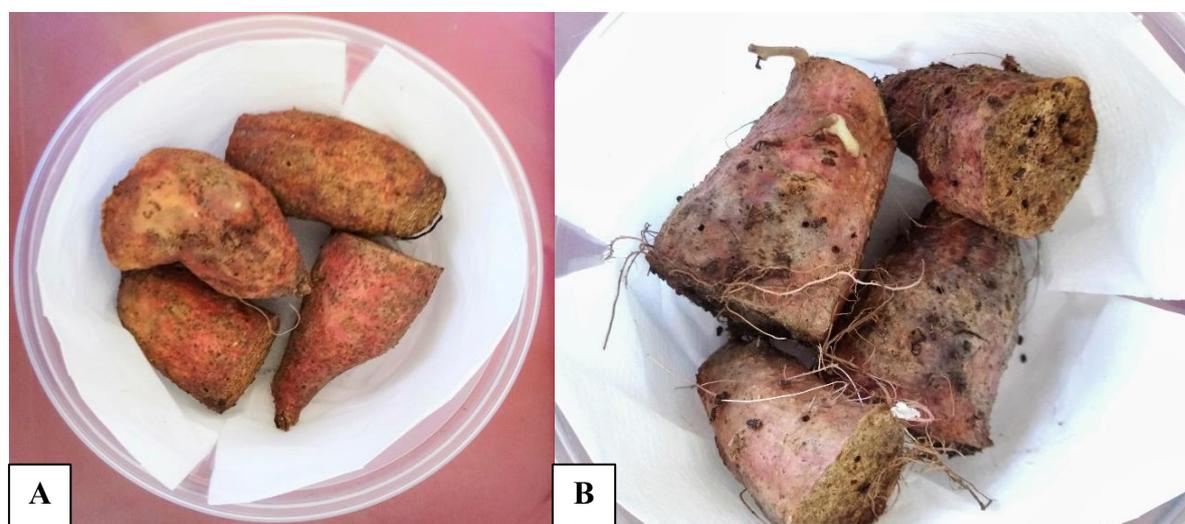
**Figura 3:** Rodízio de matrizes de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) em câmara de reprodução. À esquerda, câmara de reprodução inicial. À direita, câmara de reprodução recebendo as matrizes.



## Incubação e desenvolvimento

Nesta etapa, os fragmentos de batata-doce provenientes das câmaras de reprodução, foram postos em recipientes com as mesmas configurações descritas na etapa anterior (Figura 4A). Dessa forma, permaneceram por cerca de 40 dias, que é o período de desenvolvimento das fases imaturas, até o início do aparecimento dos primeiros adultos de *E. postfasciatus* (Figura 4B). Durante os 40 dias, foram efetuadas trocas semanais dos papéis toalhas para evitar acúmulo de umidade no interior das câmaras.

**Figura 4:** Câmara de incubação e desenvolvimento de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire). **A** – Fragmentos de batata-doce cinco dias após o contato com as matrizes. **B** – Fragmentos de batata-doce 40 dias após o contato com as matrizes (surgimento dos primeiros insetos adultos).



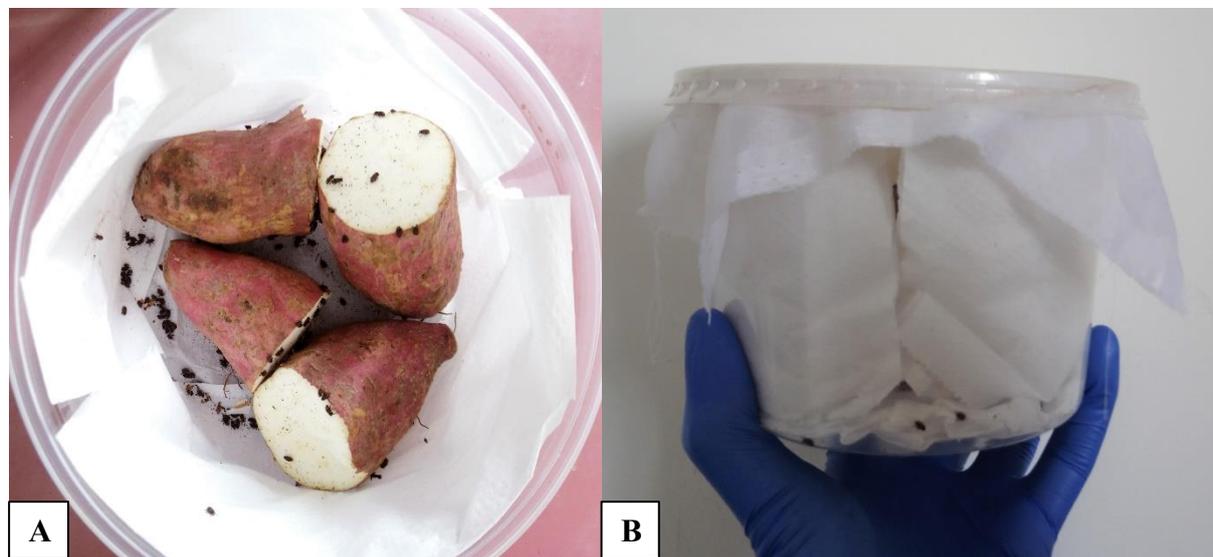
Fonte: Autor, 2020.

## Seleção dos insetos para os bioensaios

Após decorridos os 40 dias do período de desenvolvimento das fases imaturas, os adultos recém emergidos foram coletados a cada três dias e postos em câmara de acomodação. Para os bioensaios foram usados insetos provenientes das três primeiras coletas, os quais foram postos em novos recipientes contendo batata-doce para alimentação (Figuras 5A e 5B). Para os testes letais, usou-se adultos de cinco a 30 dias de idade. Respeitou-se o período mínimo de cinco dias para que os adultos recém emergidos pudessem estar bem nutridos e ambientados para participar dos experimentos. Já para os experimentos subletais, usou-se insetos adultos de 15 a 30 dias de idade. O período mínimo de 15 dias foi determinado para atender o tempo de maturidade sexual das fêmeas, bem como, seu período de pré-oviposição. Os insetos que

passaram dos 30 dias de idade e não foram utilizados nos bioensaios, foram usados como matrizes na etapa de reprodução.

**Figura 5:** Câmara de acomodação dos insetos recém emergidos. **A** – Detalhe interno da câmara. **B** – Visão externa da câmara.

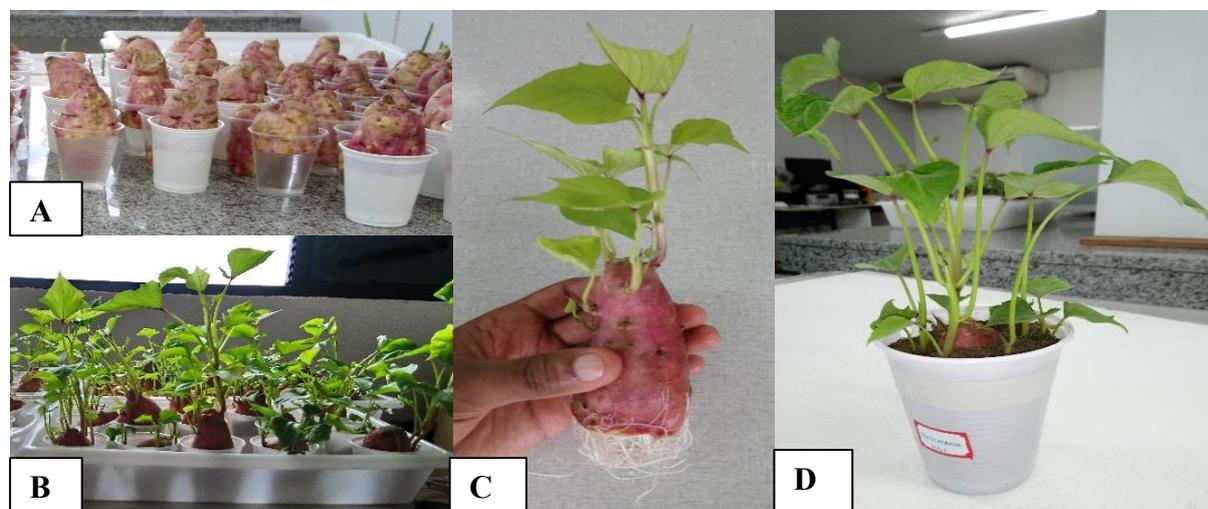


Fonte: Autor, 2020.

### 3.2.2 Preparo das mudas de batata-doce

Pedaços de raízes tuberosas de 100 g foram cortadas no sentido transversal e postas, com a base cortada para baixo, em copos descartáveis contendo água mineral, sendo uma seção de batata por copo. As bases cortadas das batatas ficaram em contato com coluna d'água de 2 cm (Figura 6A). A água no interior dos copos foi substituída a cada dois dias. Após 25 – 30 dias de desenvolvimento, as plantas estavam aptas a serem usadas nos experimentos (Figura 6B). Optou-se por utilizar brotações por estas possuem raízes, raiz tuberosa e parte aérea bem desenvolvidas (Figura 6C), acreditando que é possível simular a preferência de *E. postfasciatus* em condições de campo. Cinco dias antes da montagem dos experimentos, as plantas foram retiradas do copo com água e plantadas em copos descartáveis de 400ml, contendo solo submetido à peneira de 20 mesh (Figura 6D). Essas plantas foram usadas nos ensaios com os inseticidas de ação sistêmica e para o todo o experimento de repelência.

**Figura 6:** Etapas de desenvolvimento das plantas usadas em alguns experimentos. **A** - Seções de batata em copos contendo água. **B** – Plantas após 25 – 30 dias. **C** – Detalhe da planta com raízes, raiz tuberosa e parte aérea. **D** – Planta pronta para montagem do experimento.



Fonte: Autor, 2019.

### 3.2.3 Inseticidas químicos

Os produtos comerciais, ingredientes ativos, concentrações de ingredientes ativos e empresas, estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1:** Produtos de origem sintética, botânica e biológica usados sobre *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire), concentrações de ingredientes ativos (i.a.) e empresa detentora do registro.

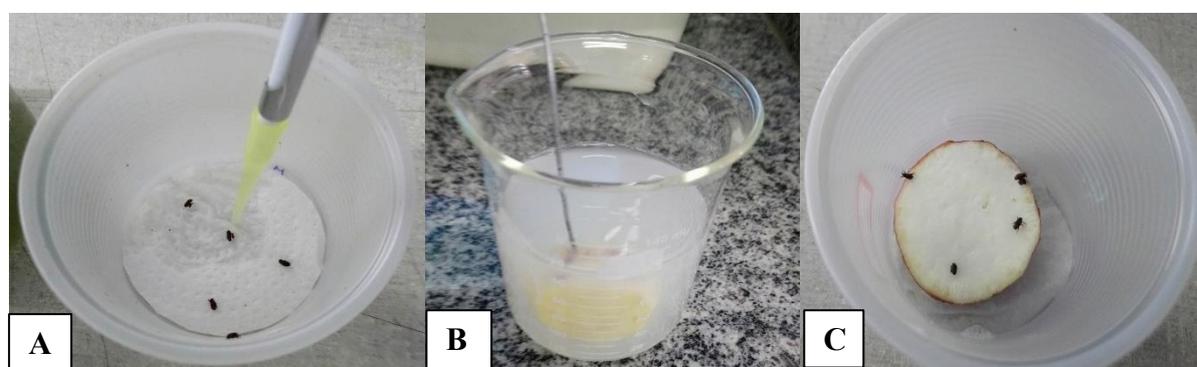
Produto	Ingrediente ativo (i.a)	Concentração de i.a.	Empresa
Oberon	Espiromesifeno	240 g/L	Bayer
Karate	Lambda-cialotrina	50 g/L	Syngenta
Actara	Tiametoxam	250 g/Kg	Syngenta
Engeo Pleno	Tiametoxam + Lambda-cialotrina	141 g/L + 106 g/L	Syngenta
Delegate	Espinetoram	250 g/Kg	Down AgroSciences
Azact	Azadiractina	2,4 g/L	Lacsa

Tais inseticidas foram escolhidos para os experimentos por serem registrados para a cultura da batata-doce (cultura hospedeira de *E. postfasciatus*) e/ou batata inglesa (*Solanum tuberosum* L.) (cultura representativa para batata-doce de acordo com a Instrução Normativa Conjunta 01/2014) (AENDA, 2021).

### 3.2.4 Efeito letal de inseticidas químicos sobre *Eusepes postfasciatus* (Fairmaire)

Os inseticidas de contato e ingestão (Espinetoram, Espiromesifeno, Lambda-Cialotrina e Azadiractina) foram aplicados por via tópica sobre os adultos de *E. postfasciatus* e fragmentos de batata-doce foram usados para a alimentação dos insetos, os quais foram previamente imersos nas caldas dos inseticidas. Para tal, foram postos cinco insetos em recipientes circulares de 100 ml forrados com dupla camada de papel filtro, e em seguida pipetou-se 0,5 ml de cada tratamento (Figura 7A). Os fragmentos de batata ficaram imersos por 30 segundos nas soluções (Figura 7B). Considerou-se cada recipiente como uma repetição (Figura 7C).

**Figura 7:** Etapas de aplicação dos inseticidas exclusivamente de contato e ingestão. **A** – Aplicação direta do tratamento nos insetos. **B** – Imersão do fragmento de batata-doce. **C** – Composição de uma repetição.



Fonte: Autor, 2019.

Para os inseticidas sistêmicos (Tiametoxam e Tiametoxam + Lambda-Cialotrina) as aplicações foram realizadas nas plantas ( $7,8 \pm 0,2$  ml/planta) com auxílio de pulverizador manual. Para Tiametoxam (sistêmico), a infestação foi efetuada 60 minutos após a aplicação. Para Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (sistêmico, contato e ingestão) a liberação dos insetos nas plantas aconteceu antes da aplicação. Foram utilizadas 10 repetições por tratamento. A avaliação foi realizada após 10 dias, contabilizando-se a mortalidade.

Para todos os inseticidas, buscou-se determinar as concentrações letais (CLs). Realizou-se pré-testes com todos os inseticidas para determinar os valores próximos do limite superior (100% de mortalidade) e do limite inferior (mortalidade quase nula). Os dados obtidos foram submetidos a fórmula de BLISS (1934) para determinar as concentrações a serem usadas nos experimentos. Fórmula de BLISS:  $q = (a_n \div a_1)^{\frac{1}{n+1}}$ , Onde: q = razão da progressão geométrica (pg); n = número de concentrações a extrapolar;  $a_n$  e  $a_1$  = limites superior e inferior, respectivamente, da pg.

Para os inseticidas Espiromesifeno e Azadiractina não foi possível estimar as concentrações letais (CLs), devido a impossibilidade de determinação do limite superior, visto que tais produtos não atingiram o patamar de 100% de mortalidade. Para os demais, os dados foram submetidos à análise de Probit pelo programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

### 3.2.5 Crescimento populacional de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) submetidos a inseticidas químicos

Para os inseticidas, exclusivamente, de contato e ingestão (Espineteram e Lambda-Cialotrina) foram efetuadas aplicações tópicas sobre cinco fêmeas copuladas de *E. postfasciatus* (0,1 ml/inseto), além da prévia imersão (30 segundos) dos fragmentos de batata-doce (100g) nas soluções inseticidas, para alimentação e oviposição (Figura 8). Já para os inseticidas sistêmicos (Tiametoxam e Tiametoxam + Lambda-Cialotrina) as aplicações foram realizadas nas plantas ( $7,8 \pm 0,2$  ml/planta) com auxílio de pulverizador manual. Para Tiametoxam (sistêmico) a infestação foi feita 60 minutos após a aplicação. Para Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (sistêmico, contato e ingestão) a liberação dos insetos nas plantas aconteceu antes da aplicação. Após a infestação cobriu-se cada planta com saco microperfurado. Foram utilizadas 10 repetições por tratamento.

**Figura 8:** Imersão do fragmento de batata-doce em solução inseticida.



Fonte: Autor, 2019.

A avaliação foi realizada após 40 dias (aproximadamente o ciclo do inseto), contabilizando-se o número de descendentes e a quantidade de fêmeas sobreviventes. Calculou-se a taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ), que estima o crescimento de uma população através da análise de sobrevivência e fecundidade.

A  $r_i$  é calculada pela seguinte fórmula:  $r_i = \frac{\ln(N_f/N_0)}{\Delta T}$ , onde:  $N_f$  é o número final de insetos (adultos e imaturos),  $N_0$  é o número inicial de insetos,  $\Delta T$  é o tempo de exposição das fêmeas aos produtos (STARK; BANKS, 2003). O valor positivo de  $r_i$  significa que a população está em crescimento,  $r_i = 0$  indica estabilidade populacional, enquanto um valor negativo de  $r_i$

indica que a população está em declínio, podendo levar à extinção. Os dados foram submetidos à análise de regressão pelo programa SAS (SAS INSTITUTE, 2003), e as curvas de regressão foram feitas pelo programa SigmaPlot 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2012).

### 3.2.6 Repelência de inseticidas químicos para *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire)

As pulverizações foram realizadas nas plantas, individualmente, de cima para baixo, aplicando-se  $7,8 \pm 0,2$  ml dos tratamentos, com auxílio de pulverizador manual, aguardando 60 minutos para a secagem das folhas. Em seguida, cobriu-se a parte aérea das plantas com sacolas plásticas microperfuradas, que permitiam as trocas gasosas e impediam a fuga dos insetos. Foram utilizadas cinco repetições/tratamento, constando cada uma de uma arena, contendo duas plantas (uma tratada com inseticida e a outra com água destilada) interligadas, através de um canudo (8 cm de comprimento e 0,6 cm de diâmetro), a uma câmara central (copo plástico de 100 ml com tampa), onde liberou-se 10 adultos de *E. postfasciatus* (Figura 9). A avaliação foi realizada após 24 horas, contando-se o número de insetos em cada planta.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de qui-quadrado ( $\chi^2$ ), com uma resposta esperada de 50% dos insetos em cada planta. Os insetos que não escolheram nenhuma das duas plantas foram desconsiderados para as análises. Utilizou-se o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE, 2003). Para os tratamentos que foram significativos, calculou-se a porcentagem de repelência pela fórmula:  $PR = \frac{NC-NT}{NC+NT} \times 100$ , onde PR é a porcentagem de repelência, NC e NT, respectivamente, o número médio de insetos no controle e no tratamento.

**Figura 9:** Arenas com chance de escolha para avaliação de repelência.



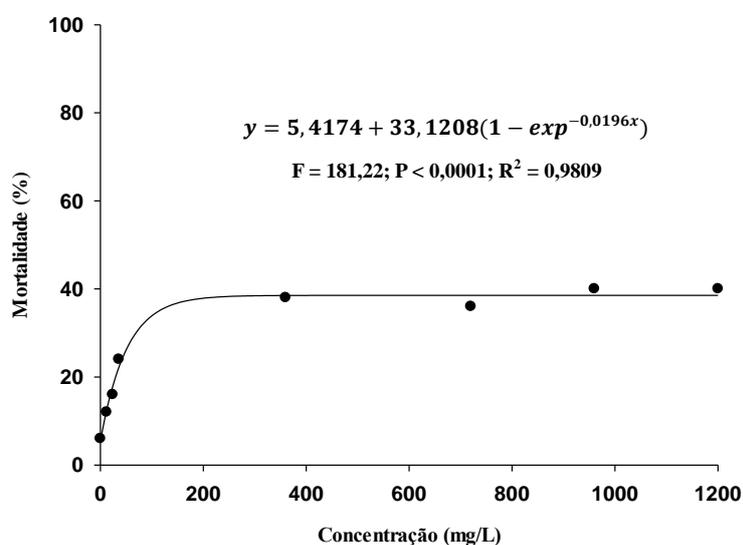
Fonte: Autor, 2019.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

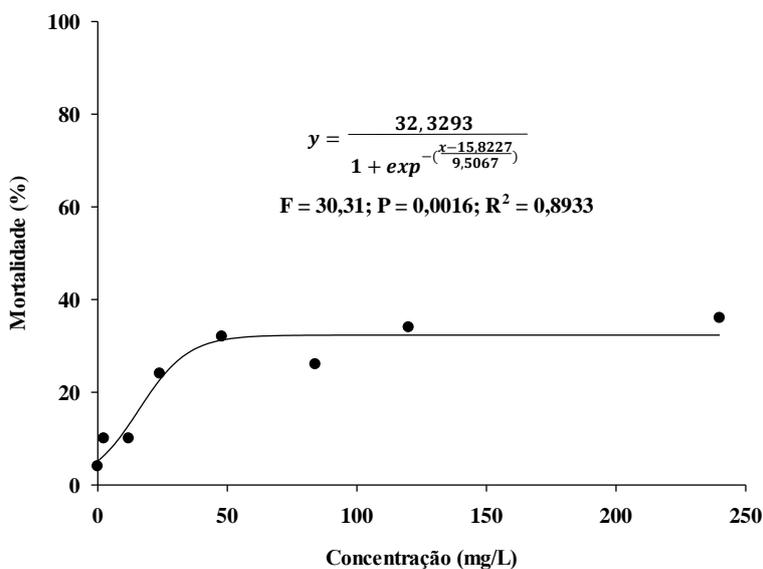
#### 3.3.1. Efeito letal de inseticidas químicos sobre *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire)

Todos os inseticidas químicos testados causaram mortalidade em adultos da broca-da-batata-doce. No entanto, espiromesifeno e azadiractina apresentaram taxas de mortalidades insuficientes (12 a 40% e 10 a 36%, respectivamente), para determinação de concentrações letais (CLs) (Figuras 10 e 11).

**Figura 10:** Mortalidade de adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) submetidos a Espiromesifeno (Oberon®).



**Figura 11:** Mortalidade de adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) submetidos a Azadiractina (Azact®).



Espiromesifeno não foi eficiente em relação à mortalidade de adultos desta praga. Atua como inibidor da enzima acetil-CoA carboxilase, resultando na falta de lipídios necessários para construir novas células e dessa forma o inseto interrompe o desenvolvimento. Sendo assim, poderia ser mais efetivo no controle de fases imaturas deste inseto. Os resultados obtidos por Alves et al. (2018) em percevejo-marrom-da-soja (*Euschistus heros* F. (Heteroptera: Pentatomidae) e Miranda (2016), com o ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), comprovaram maior mortalidade nas fases imaturas em relação aos adultos, corroborando com os resultados obtidos no presente trabalho.

Apesar da azadiractina não ter proporcionado resultados de mortalidade satisfatórios, pôde-se observar que, à medida que se submetiam os adultos da praga a maiores concentrações, diminuía-se a movimentação e alimentação dos insetos Segundo Aguiar-Menezes (2002), adultos de *E. postfasciatus* podem passar cerca de um mês sem se alimentar e de acordo com Bittencourt et al. (2009) e Schumacher et al. (2011) a azadiractina age como fago-inibidor e redutor da aptidão física do inseto, o que pode explicar o fato da pouca mobilidade dos insetos, diminuição na alimentação e baixa mortalidade até o décimo dia.

Para espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina, com base nos valores das CLs, de forma geral, tiametoxam foi o inseticida mais tóxico a adultos de *E. postfasciatus* apresentando razão de toxicidade mais do que o dobro dos demais inseticidas (Tabela 2).

**Tabela 2:** Concentrações letais (CLs) (mg/L) de inseticidas químicos sobre adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire).

	Tratamentos			
	Espinetoram (Delegate®)	Tiametoxam (Actara®)	Lambda- Cialotrina (Karate®)	Tiametoxam + Lambda- Cialotrina (Engeo Pleno®)
<b>CL<sub>01</sub></b>	0,018	0,022	0,022	0,009
<b>(IC 95%)</b>	(0,005 – 0,045)	(0,007 – 0,049)	(0,006 – 0,054)	(0,002 – 0,025)
<b>CL<sub>30</sub></b>	1,103	0,812	1,323	0,899
<b>(IC 95%)</b>	(0,673 – 1,672)	(0,537 – 1,153)	(0,815 – 2,071)	(0,512 – 1,441)
<b>CL<sub>50</sub></b>	3,645	2,306	4,359	3,437
<b>(IC 95%)</b>	(2,442 – 5,487)	(1,640 – 3,306)	(2,767 – 7,424)	(2,185 – 5,439)
<b>CL<sub>70</sub></b>	12,047	6,552	14,363	13,141
<b>(IC 95%)</b>	(7,836 – 20,383)	(4,465 – 10,640)	(8,320 – 30,063)	(8,123 – 23,561)
<b>CL<sub>90</sub></b>	67,687	29,594	80,345	91,105
<b>(IC 95%)</b>	(36,961 – 154,735)	(17,015 – 64,104)	(37,031 – 249,382)	(46,502 – 227,565)
<b><sup>1</sup> RTg</b>	2,15	*	2,56	2,76
<b>χ<sup>2</sup></b>	2,83	6,92	5,52	4,3768
<b>P</b>	0,5866	0,1402	0,1378	0,3574
<b>Inclinação ± EP</b>	1,01 ± 0,10	1,16 ± 0,11	1,01 ± 0,11	0,90 ± 0,08

<sup>1</sup> Razão de toxicidade geral.  $RTg = \sum \frac{CLs \text{ de um outro inseticida}}{CLs \text{ do inseticida de maior toxicidade}}$

\*Inseticida de maior toxicidade.

O fato dos inseticidas de ação neurotóxicas terem sido eficientes também foi observado por Ichinose e Fukami (2020), onde constataram que clorpirifós e clorantraniliprole, que também são inseticidas neurotóxicos, diminuíram, respectivamente, em relação a testemunha (plantas não tratadas), 46 e 56% a infestação de *E. postfasciatus* e em 56 e 58% as injúrias encontradas na batata-doce.

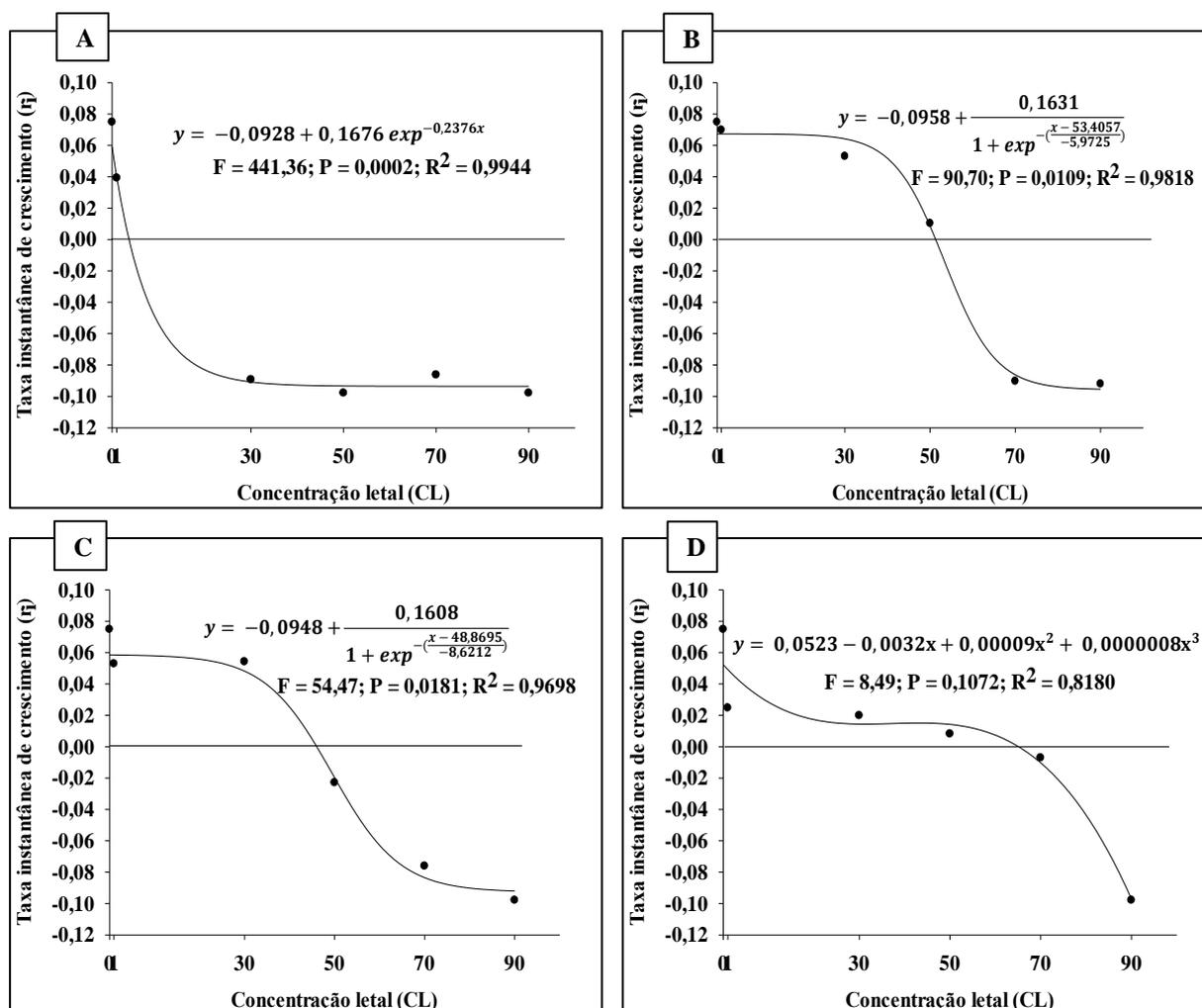
Mesmo atuando de forma semelhante aos demais inseticidas de ação neurotóxica tiametoxam usado isoladamente apresentou maior toxicidade a adultos de *E. postfasciatus*. No entanto, quando em mistura com lambda-cialotrina a toxicidade foi diminuída, acompanhando a razão de toxicidade geral do uso isolado da lambda-cialotrina.

Apesar do tiametoxam ter sido o mais tóxico para *E. postfasciatus* em batata-doce, ressalta-se que este inseticida não tem registro para a cultura e faz parte da lista de inseticidas com proibição para requerimento de uso para as culturas com suporte fitossanitário insuficiente. Portanto, impossibilita, neste momento, um possível futuro uso do tiametoxam para o controle da broca-da-batata-doce no Brasil.

### 3.3.2. Crescimento populacional de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) submetidos a inseticidas químicos

Os valores negativos obtidos para a taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *E. postfasciatus* submetido aos inseticidas espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina indicam efeito deletério no crescimento populacional, com tendência para a extinção da população. No entanto, esse efeito deletério é mais notável para espinetoram, fato comprovado pelo declínio populacional observado a partir da  $CL_{30}$ , enquanto que para tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina, valores negativos de  $r_i$  são observados, respectivamente, a partir da  $CL_{70}$ ,  $CL_{50}$ ,  $CL_{70}$  (Figura 12).

**Figura 12:** Taxa instantânea de crescimento populacional ( $r_i$ ) de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) exposto a concentrações letais. **A** - Espinetoram (Delegate®). **B** - Tiametoxam (Actara®). **C** - Lambda-Cialotrina (Karate®). **D** - Tiametoxam + Lambda-Cialotrina (Engeo Pleno®).



Houve redução significativa no número de larvas ( $F = 6,2903$ ;  $P < 0,0001$ ) descendentes de fêmeas tratadas por diferentes concentrações dos inseticidas espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina (Tabela 3). De forma geral, espinetoram reduziu com maior significância o número de larvas em relação aos inseticidas tiametoxam e lambda-cialotrina e foi estatisticamente semelhante ao tiametoxam + lambda-cialotrina ( $DMS = 4,8898$ ).

Para espinetoram observou-se a presença de larvas apenas na  $CL_{01}$  numa quantidade relativamente baixa, não diferindo estatisticamente da ausência de larvas nas demais concentrações ( $DMS = 11,6201$ ). Para tiametoxam, maior número de larvas foram encontrados até a  $CL_{30}$ , diferindo das demais concentrações letais ( $DMS = 11,6201$ ). Para lambda-cialotrina, o maior número de larvas foi observado na  $CL_{30}$ , diferindo das demais concentrações ( $DMS = 11,6201$ ). Com exceção do espinetoram, observou-se ausência total de larvas apenas na concentração  $CL_{90}$ . Houve diferença significativa ( $F = 169,3391$ ;  $P < 0,001$ ), quanto ao número de larvas entre a interação (inseticidas x CLs) com o controle (Tabela 3).

As concentrações letais de todos os inseticidas reduziram significativamente, em relação ao tratamento controle, o número de pupas descendentes de fêmeas tratadas ( $DMS = 9,6996$ ). Para espinetoram, o maior número de pupas ocorreu na menor concentração. Nenhuma pupa foi obtida a partir da  $CL_{70}$  para tiametoxam e na  $CL_{90}$  para lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina (Tabela 3).

Não houve diferença significativa entre as concentrações letais de espinetoram e tiametoxam + lambda-cialotrina para o número de adultos descendentes ( $DMS = 6,4772$ ). Um maior número de adultos foi obtido na  $CL_{01}$  para o inseticida tiametoxam, diferindo estatisticamente das demais concentrações. Lambda-cialotrina proporcionou uma maior quantidade de adultos nas  $CL_{01}$  e  $CL_{30}$ , não diferindo entre si, mas diferiram das demais ( $DMS = 6,4772$ ). A partir das  $CL_{50}$  não ocorreu diferença estatística para todos os inseticidas testados. No entanto, houve diferença estatística ( $F = 86,5240$ ;  $P < 0,0001$ ) entre a interação dos fatores com o controle, quanto aos adultos descendentes (Tabela 3).

**Tabela 3:** Número de larvas, pupas e adultos (Média ± EP) descendentes de fêmeas de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae) submetidas a inseticidas químicos em diferentes concentrações letais.

	<b>Espinetoram (Delegate®)</b>	<b>Tiametoxam (Actara®)</b>	<b>Lambda-cialotrina (Karate®)</b>	<b>Tiametoxam + Lambda-cialotrina (Engeo Pleno®)</b>
<b>Larvas</b>				
<b>CL<sub>01</sub></b>	3,6 ± 0,9 bA	30,8 ± 5,2 Aa	9,7 ± 2,9 bAB	5,7 ± 1,0 bA
<b>CL<sub>30</sub></b>	0,0 ± 0,0 cA	36,7 ± 8,4Aa	16,3 ± 3,6 bA	7,6 ± 2,6 bcA
<b>CL<sub>50</sub></b>	0,0 ± 0,0 bA	15,1 ± 2,1 aB	3,0 ± 0,9 bB	6,7 ± 2,7 abA
<b>CL<sub>70</sub></b>	0,0 ± 0,0 aA	0,2 ± 0,2 Ac	0,3 ± 0,2 aB	3,7 ± 1,2 aA
<b>CL<sub>90</sub></b>	0,0 ± 0,0 aA	0,0 ± 0,0 aC	0,0 ± 0,0 aB	0,0 ± 0,0 aA
<b>Controle</b>			46,7 ± 4,9**	
<b>Pupas</b>				
<b>CL<sub>01</sub></b>	15,4 ± 3,0 bA	33,7 ± 3,8 aA	22,4 ± 3,7 bA	5,1 ± 1,8 cAB
<b>CL<sub>30</sub></b>	0,0 ± 0,0 cB	18,2 ± 3,7 aB	18,6 ± 1,7 aA	9,3 ± 4,3 bA
<b>CL<sub>50</sub></b>	0,0 ± 0,0 bB	9,7 ± 1,2 aB	2,4 ± 0,8 abB	7,7 ± 3,1 abAB
<b>CL<sub>70</sub></b>	0,1 ± 0,1 aB	0,0 ± 0,0 aC	0,3 ± 0,2 aB	4,0 ± 1,7 aAB
<b>CL<sub>90</sub></b>	0,0 ± 0,0 aB	0,0 ± 0,0 aC	0,0 ± 0,0 aB	0,0 ± 0,0 aB
<b>Controle</b>			52,4 ± 3,9**	
<b>Adultos</b>				
<b>CL<sub>01</sub></b>	4,6 ± 0,5 cA	18,8 ± 5,2 aA	11,2 ± 3,0 bA	3,1 ± 1,1 cA
<b>CL<sub>30</sub></b>	0,2 ± 0,2 bA	2,9 ± 1,6 bB	10,4 ± 2,2 aA	3,3 ± 1,5 bA
<b>CL<sub>50</sub></b>	0,0 ± 0,0 aA	3,5 ± 1,8 aB	0,2 ± 0,1 aB	4,7 ± 2,0 aA
<b>CL<sub>70</sub></b>	0,1 ± 0,1 aA	0,0 ± 0,0 aB	0,0 ± 0,0 aB	1,9 ± 1,3 aA
<b>CL<sub>90</sub></b>	0,0 ± 0,0 Aa	0,1 ± 0,1 aB	0,0 ± 0,0 aB	0,0 ± 0,0 aA
<b>Controle</b>			19,1 ± 1,7**	

Médias ± erro padrão seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Letra maiúscula para coluna. Letra minúscula para linha.

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

Quantificar e dividir os descendentes em estágios, ajuda a entender até que momento nos tratamentos, as fêmeas continuaram ativas fazendo posturas. Se o número médio de larvas for maior que o de pupas ou adultos significa que essas fêmeas passaram mais tempo vivas e em condições de fazer posturas. Dessa forma, tiametoxam foi o tratamento que inibiu mais tardiamente as posturas, e espinetoram inibiu em menor tempo a ação das fêmeas.

Observou-se que adultos de *E. postfasciatus* tratados com espinetoram reduziam a mobilidade e alimentação, já nas primeiras 48 horas, no entanto, alguns insetos permaneciam vivos até o décimo dia (último dia da avaliação), ou seja, apesar de não causarem mais injúrias na batata, não morriam. Dessa forma, foi preciso aumentar em cerca de vinte vezes, por exemplo, uma concentração que causava mortalidade de 58% para se alcançar mortalidade de 98%. Isso explica o porquê do espinetoram não ser o de menor toxicidade, mas ser o que mais afetou o crescimento populacional de *E. postfasciatus*.

### 3.3.3 Repelência de inseticidas químicos para *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire)

Não foi observada significância quanto ao efeito repelente dos quatro inseticidas nas concentrações testadas em adultos de *E. postfasciatus*. Espinetoram [(CL<sub>01</sub>:  $x^2 = 1,7554$ ; P = 0,1852), (CL<sub>30</sub>:  $x^2 = 2,8694$ ; P = 0,0903), (CL<sub>50</sub>:  $x^2 = 1,3648$ ; P = 0,2427), (CL<sub>70</sub>:  $x^2 = 0,2667$ ; P = 0,6055) e (CL<sub>90</sub>:  $x^2 = 0,2558$ ; P = 0,6130)]. Tiametoxam [(CL<sub>01</sub>:  $x^2 = 0,2229$ ; P = 0,6368), (CL<sub>30</sub>:  $x^2 = 0,4525$ ; P = 0,5011), (CL<sub>50</sub>:  $x^2 = 0,0455$ ; P = 0,8311), (CL<sub>70</sub>:  $x^2 = 0,4110$ ; P = 0,5215) e (CL<sub>90</sub>:  $x^2 = 0,1603$ ; P = 0,6889)]. Lambda-cialotrina [(CL<sub>01</sub>:  $x^2 = 0,2667$ ; P = 0,6055), (CL<sub>30</sub>:  $x^2 = 0,5242$ ; P = 0,4691), (CL<sub>50</sub>:  $x^2 = 0,2667$ ; P = 0,6055), (CL<sub>70</sub>:  $x^2 = 3,4971$ ; P = 0,0615) e (CL<sub>90</sub>:  $x^2 = 0,0172$ ; P = 0,8955)]. Tiametoxam + lambda-cialotrina [(CL<sub>01</sub>:  $x^2 = 0,1112$ ; P = 0,7388), (CL<sub>30</sub>:  $x^2 = 1,0531$ ; P = 0,3048), (CL<sub>50</sub>:  $x^2 = 0,1670$ ; P = 0,6828), (CL<sub>70</sub>:  $x^2 = 0,0919$ ; P = 0,7617) e (CL<sub>90</sub>:  $x^2 = 0,3060$ ; P = 0,5801)].

Por não serem repelentes à adultos de *E. postfasciatus*, mas sendo letais, os inseticidas espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina apresentam potencialidade para o uso em iscas inseticidas. O uso desses inseticidas compoendo uma substância contendo atrativo alimentar e/ou feromônio, poderia ser uma medida de controle específica para *E. postfasciatus* e diminuiria os riscos ao meio ambiente. O uso da técnica atraí-mata vem sendo usada com êxito para o controle do gorgulho vermelho das palmeiras (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, 1790, Coleoptera: Curculionidae), onde a empresa Isca desenvolveu o produto HOOK RPW<sup>®</sup>, que consiste de uma formulação pastosa contendo feromônio de agregação e o inseticida cipermetrina (EL-SHAFIE et al., 2011; FALEIRO et al., 2016).

### 3.4 CONCLUSÕES

- Não é possível determinar as concentrações letais de azadiractina e espiromesifeno.
- Espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina proporcionam efeitos letais significativos em adultos de *E. postfasciatus*.
- Espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina afetam negativamente o crescimento populacional de *E. postfasciatus*.
- Espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina não são repelentes a adultos de *E. postfasciatus*.
- Juntamente com algum atrativo, espinetoram, tiametoxam, lambda-cialotrina e tiametoxam + lambda-cialotrina são inseticidas promissores no uso da técnica atraí-e-mata para adultos de *E. postfasciatus*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENDA – Associação Brasileira de Defensivos Pós-Patente. 2021. Disponível em: <http://www.aenda.org.br/minor-crop/>. Acesso em: 14 de agosto de 2021.

AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. 2021. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 02 de junho de 2021.

AGUIAR-MENEZES, E. L. Broca da Batata-doce (*Euscepes postfasciatus*): Descrição, Bionomia e Controle. Embrapa Agrobiologia. Seropédica (RJ), **Circular técnica 6**, p. 12, out. 2002.

AGUIAR-MENEZES, E. L. et al. Ação patogênica de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Entomologia, 2002, Manaus. p. 45, 2002.

ALAVOURA. 2018. Disponível em: <https://alavoura.com.br/colunas/panorama/brasil-tera-mapa-de-minor-crops-culturas-com-suporte-fitossanitario-insuficiente/>. Acesso em: 04 de julho de 2021.

ALVES, D. C. S. et al. Efeito não-alvo do inseticida-acaricida espiromesifeno sobre o percevejo-marrom *Euschistus heros* em soja. In: Anais do VIII Congresso Brasileiro de Soja, 2018, Goiânia. p. 198 – 200, 2018.

BLISS, C. I. The method of probits. *Science*, v. 79, p. 38 - 39, 1934.

BITTENCOURT, A. M. et al. O cultivo do nim indiano (*Azadirachta indica* A. JUSS.): uma visão econômica. **Floresta**. PR. v. 39, n. 3, p. 629 – 642, 2009.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annual pods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81 – 106, 2007.

EL-SHAFIE, H. A. F. et al. Bait-free attract and kill technology (HOOK™ RPW) to suppress red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) in date palm. **Florida Entomologist**, v. 4, p. 774 – 778, 2011.

ENTO+. Inseticidas e seus efeitos. 2020. Disponível em: <https://ento.com.br/inseticidas-e-seus-efeitos/>. Acesso em: 29 de julho de 2020.

FALEIRO, J. R. et al. Controlled release products for managing insect pests. **Outlooks on Pest Management**, 6p, 2016.

FRANÇA, S. M. et al. The sublethal effects of insecticides in insects. In: SHIELDS, V. D. C. (Ed.). **Biological control of pest and vector insects**. IntechOpen, 17 p., 2017.

ICHINOSE, K.; FUKAMI, K. Efficacy of chlorantraniliprole for control of two sweetpotato weevil species, 2019. **Arthropod Management Tests**, v. 45, p. 1 – 2, 2020.

MATIAS, R. S. História dos inseticidas. 2011. Disponível em: <http://matiassinantropicos.blogspot.com/2011/08/historia-dos-inseticidas.html#:~:text=HIST%C3%93RIA%20DOS%20INSETICIDAS,dos%20pesticidas%20come%C3%A7a%20na%20antiguidade.&text=Compostos%20org%C3%A2nicos%20naturais%20como%20a,cerca%20de%202.000%20anos%20atr%C3%A1s>. Acesso em: 01 de junho de 2020.

MIRANDA, J. R. Manejo de populações resistentes de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em videira no Vale do São Francisco. 2016. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônoma) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão de Pernambuco - *Campus Petrolina Zona Rural*. 2016

SAS Institute Inc. Statistical Analysis System user's guide, version 9,1, Ed. Cary: Institute, USA, 2003.

SCHUMACHER, M. et al., Anti-inflammatory, pro-apoptotic, and anti-proliferative effects of a methanolic neem (*Azadirachta indica*) leaf extract are mediated via modulation of the nuclear factor-*κ*B pathway. **Genes Nutr.** online v. 6, p. 149 - 160, 2011.

STARK, J.D.; BANKS, J. E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 505 - 519, 2003.

STARK, J. D.; JEPSON, P. C; MAYER, D. Limitations to the use of topical toxicity data for predictions of pesticide side effects in the field. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, n. 5, p. 1081 - 1088, 1995.

SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for Windows**. Version 12,0. San Jose: Systat Software, 2012.

#### **4 FUNGOS ENTOMOPATOGÊNICOS PARA O MANEJO DE *EUSCEPES POSTFASCIATUS* (FAIRMAIRE, 1849) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM BATATA-DOCE.**

##### **RESUMO**

A incidência de insetos na batata-doce pode ocasionar perdas significativas. Nesse contexto, *Euscepes postfasciatus* destaca-se como uma das principais pragas dessa cultura. Na busca de uma tática de controle eficiente e ambientalmente segura, os fungos entomopatogênicos destacam-se nesse cenário. Objetivou-se testar a patogenicidade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em adultos de *E. postfasciatus*. Usou-se formulações à base de fungos entomopatogênicos, Boveril® (*B. bassiana* cepa PL63) e Metarril® (*M. anisopliae* cepa E9) em concentrações que variaram de  $1 \times 10^5$  a  $1 \times 10^7$  conídios/ml. Além disso, as coaplicações das formulações foram avaliadas, visando determinar os efeitos das diferentes combinações dos fungos (aditivo, sinergismo ou antagonismo). As aplicações foram realizadas diretamente sobre os insetos e a avaliação foi efetuada durante 15 dias, contabilizando-se a mortalidade. Os dados foram submetidos à análise de Probit para estimativa do tempo letal médio (TL<sub>50</sub>). Os resultados evidenciaram que os fungos são patogênicos a adultos de *E. postfasciatus* e causaram mortalidade de 80% na maior concentração. A coaplicação mostrou-se ser menos eficiente que o uso isolado, uma vez que se observou antagonismo nas combinações e retardamento na mortalidade dos insetos. Há predominância no processo infeccioso de *M. anisopliae* em relação à *B. bassiana*. O TL<sub>50</sub> para *M. anisopliae* foi mais tardio que *B. bassiana*, sendo este mais promissor. Assim, os fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae*, principalmente a aplicação isolada de *B. bassiana* cepa PL63, são potenciais ferramentas para reduzir os danos causados por *E. postfasciatus* em cultivos de batata-doce.

**Palavras-chave:** *Beauveria bassiana*. *Metarhizium anisopliae*. Broca-da-batata-doce. Controle biológico. Hortaliça. Coaplicação.

## ABSTRACT

The incidence of insects in sweet potato can cause significant losses. In this context, *Euscepes postfasciatus* stands out as one of the main pests of this crop. In the search for an efficient and environmentally safe control tactic, entomopathogenic fungi stand out in this scenario. This study aimed to test the pathogenicity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in adults of *E. postfasciatus*. Formulations based on entomopathogenic fungi, Boveril® (*B. bassiana* strain PL63) and Metarril® (*M. anisopliae* strain E9) were used in concentrations ranging from  $1 \times 10^5$  to  $1 \times 10^7$  conidia/ml. Furthermore, the co-applications of the formulations were evaluated, aiming to determine the effects of different combinations of fungi (additive, synergism or antagonism). The applications were carried out directly on the insects and the evaluation was carried out for 15 days, counting the mortality. Data were subjected to Probit analysis to estimate the mean lethal time (LT<sub>50</sub>). The results showed that the fungi are pathogenic to adults of *E. postfasciatus* and caused 80% mortality at the highest concentration. Co-application proved to be less efficient than isolated use, since antagonism in the combinations and delay in insect mortality were observed. There is a predominance in the infectious process of *M. anisopliae* in relation to *B. bassiana*. The LT<sub>50</sub> for *M. anisopliae* was later than for *B. bassiana*, which is more promising. Thus, the fungi *B. bassiana* and *M. anisopliae*, especially the isolated application of *B. bassiana* strain PL63, are potential tools to reduce the damage caused by *E. postfasciatus* in sweet potato crops.

**Keywords:** *Beauveria bassiana*; *Metarhizium anisopliae*; West Indian sweetpotato weevil; Biological control; Vegetable; Co-application

## 4.1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma das hortaliças mais importantes, sendo fonte nutricional e de renda para pequenos agricultores e população em vulnerabilidade socioeconômica, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. Além disso apresenta potencial para a produção de etanol. De constituição herbácea e comportamento rasteiro, a batata-doce é uma hortaliça tuberosa considerada rústica e custo de produção relativamente baixo (FILGUEIRA, 2008; SILVA et al., 2008; GONÇALVES NETO et al., 2011).

Apesar de ser considerada uma cultura resistente e de ser possível cultivar sem o uso de agrotóxicos, a batata-doce é susceptível ao ataque de diversas pragas. Nesse cenário, destaca-se a broca-da-raiz *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera: Curculionidae) (AGUIAR-MENEZES, 2002; RICCI et al., 2011). Esse inseto tem hábito subterrâneo e está presente em todas as fases de desenvolvimento da cultura. O adulto se alimenta, principalmente, da parte aérea e a larva da raiz tuberosa (ALLEYNE, 1982; AGUIAR-MENEZES, 2002). O dano desse inseto pode limitar, significativamente, a capacidade produtiva e comercial da cultura, provocando perdas superiores a 60% (WANDERLEY et al., 2004; SALAZAR, 2008).

Levando-se em consideração os hábitos de *E. postfasciatus* e o consolidado sucesso no controle de pragas em diversas culturas, os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, 1912 e *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff, 1879) Sorokin, 1883, surgem como uma potencial tática de controle dessa praga. Esses microrganismos atuam em seus hospedeiros, principalmente, por contato, podendo permanecer por todo o período de cultivo e causar epizootias (BLACKWELL, 2010; NARANJO-ORTIZ; GABALDÓN, 2019; VALADARES-INGLIS et al., 2020).

Fungos entomopatogênicos aplicados separadamente ou em conjunto tem sido testados para o controle de coleópteros em batata-doce. Reddy, Zhao e Humber (2014) em condições de campo, usando, entre outros tratamentos, *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *B. bassiana* + *M. anisopliae* no controle do gorgulho da batata-doce (*Cylas formicarius* (Fabricius, 1798) (Coleoptera: Brentidae) observaram reduções significativas nos níveis de dano e aumento do rendimento de batata-doce em relação à testemunha. Maranhão (1994), Aguiar-Menezes et al.

(2003), Jiakai et al. (2009), Jianzhi et al. (2013) e Yuling (2013) constataram ação patogênica em *E. postfasciatus*.

No entanto, as pesquisas de controle de *E. postfasciatus* com fungos entomopatogênicos ainda são escassos no mundo. Portanto, na busca por meios de controle da broca-da-raiz que seja eficiente e ambientalmente seguro, este trabalho teve como objetivo testar a patogenicidade de *B. bassiana* cepa PL63 e *M. anisopliae* cepa E9 em adultos de *E. postfasciatus*.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

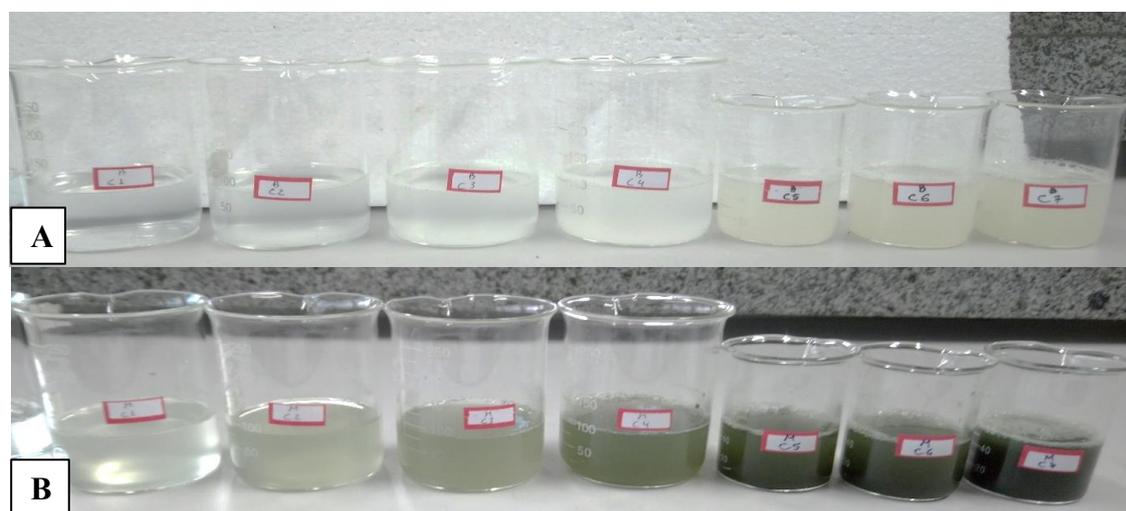
Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Ecologia e Comportamento de Artrópodes (LECOM) do Centro de Ciências Agrárias – UFAL sob temperatura média de  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $25\pm 10\%$  e fotofase de 12 horas.

Os insetos adultos de *E. postfasciatus* com até 30 dias de idade utilizados nos bioensaios foram provenientes de criações estoque do LECOM.

### 4.2.1 Eficiência de fungos entomopatogênicos no controle de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) em condições de laboratório

Foram utilizados os fungos *B. bassiana* cepa PL63 e *M. anisopliae* cepa E9, provenientes dos produtos comerciais, respectivamente, Boveril® e Metarril®. Como tratamento controle utilizou-se água destilada. As concentrações testadas para os dois fungos foram  $1\times 10^5$ ,  $2,5\times 10^5$ ,  $5\times 10^5$ ,  $7,5\times 10^5$ ,  $1\times 10^6$ ,  $2,5\times 10^6$ ,  $5\times 10^6$ ,  $7,5\times 10^6$ ,  $1\times 10^7$  conídios/ml (Fig. 13 A e 13B). Testou-se também a eficiência da mistura desses fungos nas seguintes concentrações: [ $(5\times 10^5 + 5,0\times 10^5 = 1\times 10^6$  con/ml);  $(2,5\times 10^6 + 7,5\times 10^6 = 1\times 10^7$  con/ml);  $(5\times 10^6 + 5\times 10^6 = 1\times 10^7$  con/ml);  $(7,5\times 10^6 + 2,5\times 10^6 = 1\times 10^7$  con/ml)].

**Figura 13:** Diferentes concentrações fúngicas utilizadas nos experimentos. **A** - *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **B** - *Metarhizium anisopliae* (Metsch.).

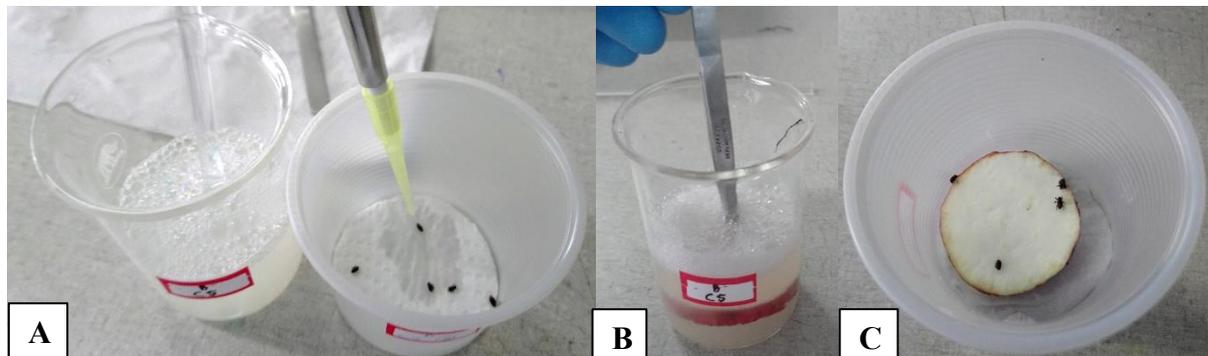


Fonte: Autor, 2019.

A aplicação do fungo foi efetuada de forma direta sobre adultos de *E. postfasciatus*. Para tal, colocou-se cinco insetos em recipiente circular (100 ml), forrados com dupla camada de papel filtro e pipetou-se 0,5 ml da suspensão fúngica (Fig. 14A). Os fragmentos de batata-doce usados para a alimentação dos insetos foram previamente imersos por 30 segundos nas

suspensões fúngicas (Fig. 14B). Considerou-se cada recipiente como uma repetição (Fig. 14C). Foram utilizadas 10 repetições por tratamento.

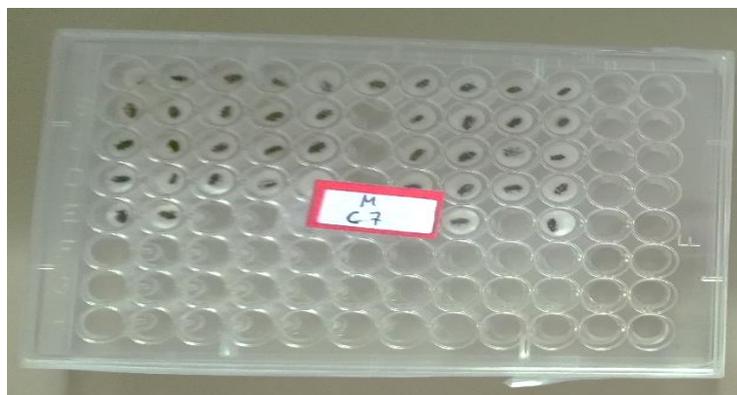
**Figura 14:** Etapas de aplicação da suspensão fúngica. **A** – Aplicação direta nos insetos. **B** – Imersão do fragmento de batata-doce. **C** – Composição de uma repetição.



Fonte: Autor, 2019.

A avaliação foi realizada diariamente por 15 dias, contabilizando-se a mortalidade. Os insetos mortos foram individualizados em câmara úmida (placas de Elisa forradas com algodão umedecido) para fornecer condições ideais para esporulação do fungo e confirmação do agente causal da morte. Os insetos mortos permaneceram em câmara úmida por até dez dias (Fig. 15).

**Figura 15:** Insetos mortos dispostos em câmara úmida.



Fonte: Autor, 2019.

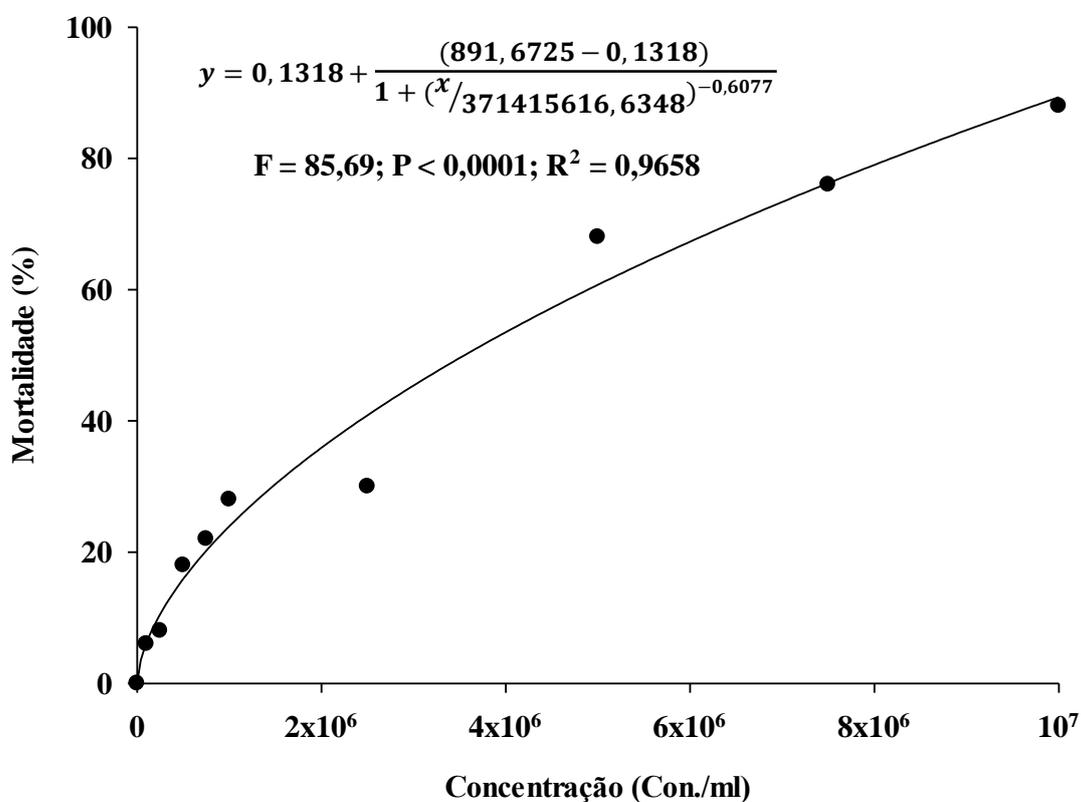
Os dados de mortalidade confirmada, utilizando-se apenas um fungo (*B. bassiana* ou *M. anisopliae*) foram submetidos à análise de regressão. Já os dados de mortalidade, resultante da combinação dos fungos, foram submetidos à análise de variância com teste de comparação entre médias (teste t) a 5% de probabilidade. Os dados de mortalidade diária, para os tratamentos que obtiveram eficiência igual ou superior a 50%, foram submetidos à análise de Probit para determinação do tempo letal médio (TL<sub>50</sub>). As comparações entre médias dos tempos letais foram determinadas pela sobreposição do intervalo de confiança (IC95%). Para as análises estatísticas utilizou-se o programa SAS (SAS INSTITUTE, 2003).

Para verificar se existiu efeito aditivo, sinérgico ou antagônico na aplicação conjunta dos fungos, fez-se o teste binomial de comparações de mortalidade observada e mortalidade esperada. Esse teste foi feito de acordo com a fórmula de Nishimatsu e Jackson (1998):  $P_E = P_O + (1 - P_O) \times (P_1) + (1 - P_O) \times (1 - P_1) \times (P_2)$ , onde  $P_E$  é a mortalidade percentual esperada na combinação dos dois agentes inseticidas,  $P_O$  é a mortalidade decimal no tratamento controle,  $P_1$  é a mortalidade decimal no tratamento apenas com *B. bassiana* e  $P_2$  é a mortalidade decimal no tratamento apenas com *M. anisopliae*. Para determinar o qui-quadrado ( $\chi^2$ ) utilizou-se a fórmula:  $\chi^2 = (L_O - L_E)^2 / L_E + (D_O - D_E)^2 / D_E$ , onde  $L_O$  é o número de insetos vivos observado,  $L_E$  é o número de insetos vivos esperado,  $D_O$  é o número de insetos mortos observado e  $D_E$  é o número de insetos mortos esperado. Efeito aditivo é indicado se  $\chi^2 < 3,84$ . Ocorre antagonismo se  $\chi^2 > 3,84$  e  $P_C < P_E$ , onde  $P_C$  é mortalidade (%) observada na combinação dos dois fungos. Sinergismo é indicado se  $\chi^2 > 3,84$  e  $P_C > P_E$ .

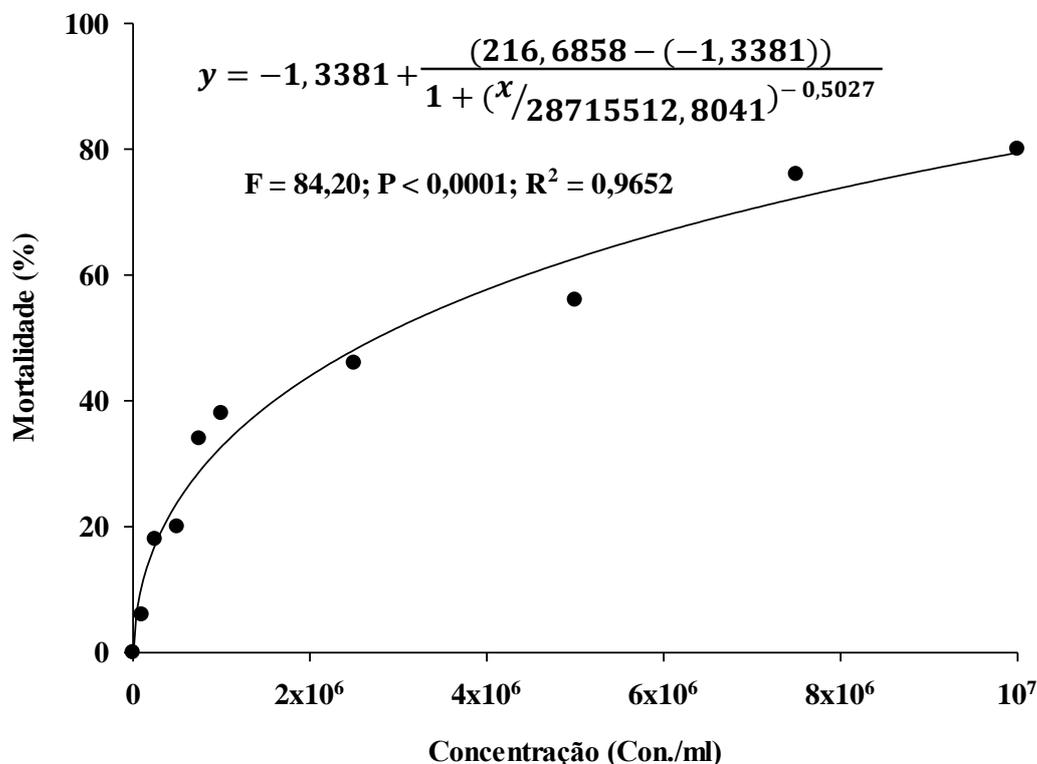
### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as concentrações testadas dos fungos *B. bassiana* e *M. anisopliae* foram patogênicas aos adultos de *E. postfasciatus*. Observou-se relação direta entre o aumento da concentração e o acréscimo da mortalidade confirmada que variou de 6 a 88% para *B. bassiana* e de 6 a 80% para *M. anisopliae*. Para os dois fungos, as concentrações  $5 \times 10^6$ ,  $7,5 \times 10^6$  e  $1 \times 10^7$  con./ml foram as que apresentaram maior eficiência (superior a 50%) (Figuras 16 e 17).

**Figura 16:** Taxa de mortalidade de adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) submetidos a conídios de *Beauveria bassiana* (Boveril®).



**Figura 17:** Taxa de mortalidade de adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) submetidos a conídios de *Metarhizium anisopliae* (Metarril®).



Em relação ao comportamento patogênico à adultos de *E. postfasciatus*, os resultados deste trabalho corroboram com os obtidos por Aguiar-Menezes et al. (2003), onde estes autores testaram a patogenicidade de 10 isolados de *B. bassiana* e 11 de *M. anisopliae*, e verificaram que todos foram patogênicos a adultos de *E. postfasciatus*. Ação patogênica também foi observada nos estudos de Maranhão (1994), Aguiar-Menezes et al. (2003), Jiagai et al. (2009), Jianzhi et al. (2013) e Yuling (2013).

Resultados igualmente satisfatórios aos encontrados nesse trabalho com aplicação isolada dos fungos, foram constatados em outras pragas da batata-doce como *C. puncticollis*, onde Ondiaka et al. (2008), usando concentrações de *B. bassiana* e *M. anisopliae* entre  $1 \times 10^6$  a  $1 \times 10^8$  con./ml obtiveram mortalidade entre 77,5 a 84,2% para o primeiro fungo e 62,5 a 89,2% para o segundo. Micheli (2005) verificou que alguns isolados de *B. bassiana* causaram mortalidade em *D. speciosa* na ordem de 60%, em concentrações semelhantes às utilizadas para *E. postfasciatus* no presente estudo ( $1 \times 10^7$  con./ml).

Analisando a eficiência do uso associado dos fungos, observou-se que o tratamento com quantidade maior de conídios de *M. anisopliae* foi o mais patogênico, diferindo estatisticamente

dos demais ( $F = 6,33$ ;  $P = 0,0055$ ;  $CV = 27,90$ ). O uso concomitante dos fungos em adultos de *E. postfasciatus* apresentou, em todas as combinações testadas, efeito antagonico (Tabela 4).

**Tabela 4:** Efeito das combinações de diferentes concentrações (con./ml) de fungos entomopatogênicos (*Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*) na mortalidade de adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire).

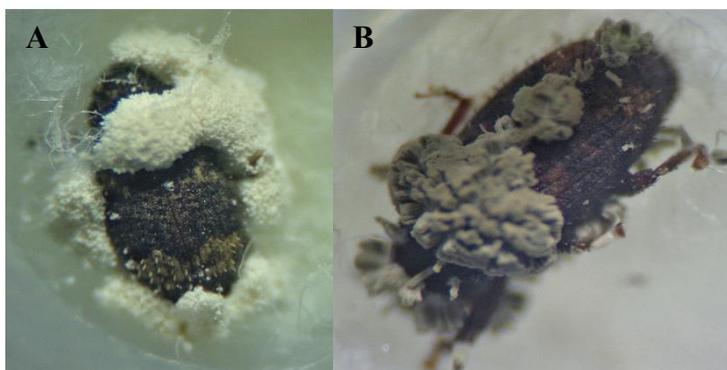
<i>Beauveria bassiana</i> +	Mortalidade (%)		$\chi^2$	Efeito <sup>a</sup>	
	<i>Metarhizium anisopliae</i>	Observada (P <sub>C</sub> )			Esperada (P <sub>E</sub> )
$2,5 \times 10^6$	$7,5 \times 10^6$	56,0 ± 2,67 a	83,2	8,89	Antagonismo
$5,0 \times 10^6$	$5,0 \times 10^6$	44,0 ± 2,67 b	85,92	20,45	Antagonismo
$7,5 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$	36,0 ± 5,81 b	87,04	29,93	Antagonismo

<sup>a</sup> Interação aditiva foi indicada se  $\chi^2 < 3,84$ . Antagonismo foi indicado se  $\chi^2 > 3,84$  e  $P_C < P_E$ . Sinergismo foi indicado quando  $\chi^2 > 3,84$  e  $P_C > P_E$ .

Comparando-se os resultados obtidos na aplicação conjunta das espécies com os dados da aplicação em separado dos fungos, verifica-se que a utilização isolada de *B. bassiana* ou *M. anisopliae*, em concentrações a partir de  $5 \times 10^6$  con./ml apresentou resultados superiores aos das aplicações conjunta.

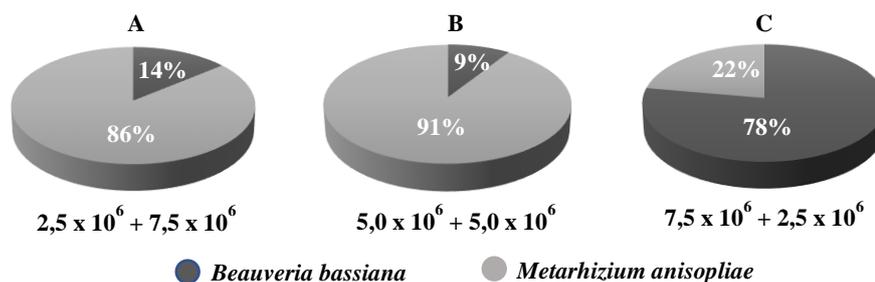
Todos os adultos de *E. postfasciatus* submetidos à aplicação conjunta de *B. bassiana* e *M. anisopliae* apresentaram, após mortalidade, sinais de apenas um dos patógenos envolvidos na infecção, ou seja, em nenhum caso mais de um fungo completou o processo infeccioso no mesmo inseto (Figuras 18A e 18B). Nos tratamentos com concentração maior ou igual de *M. anisopliae*, houve predominância de sinais de infecção causada por este fungo (Figuras 19A e 19B). Maior número de insetos com crescimento micelial de *B. bassiana* foi encontrado apenas quando a concentração deste fungo foi três vezes superior à concentração de *M. anisopliae* (Figuras 19C).

**Figura 18:** Adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) mortos por fungos entomopatogênicos. **A** - Esporulação branca no exterior do inseto caracterizando mortalidade por *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **B** - Esporulação esverdeada caracterizando mortalidade por *Metarhizium anisopliae* (Metsch.).



Fonte: Autor, 2019.

**Figura 19:** Expressividade proporcional de cada fungo após a morte de adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) submetidos a mistura fúngica de *Beauveria bassiana* (Boveril®) e *Metarhizium anisopliae* (Metarril®). Concentrações em con./ml.



Reddy, Zhao e Humber (2014) testaram a eficiência de formulações de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em uso isolado e em conjunto, para o manejo de adultos de *C. formicarius* em batata-doce e observaram 100% de mortalidade ( $1,6 \times 10^{11}$  con./g). Esses resultados são superiores aos aqui encontrados em adultos de *E. postfasciatus*. No entanto, esses pesquisadores usaram formulações com centenas de vezes mais ingredientes ativos e as concentrações dezenas de vezes maior que a testada no presente estudo para *E. postfasciatus* e tais concentrações tornaria o uso do Boveril® e Metarril® inviáveis do ponto de vista econômico.

O fato da aplicação combinada dos fungos demonstrarem efeito antagônico na mortalidade de adultos de *E. postfasciatus*, quando comparado ao uso isolado desses agentes patogênicos, não se mostra um caso isolado. Comportamento semelhante foi observado por Santos et al. (2006), que verificaram o efeito da combinação de isolados de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em adultos de *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae)

em proporções iguais às utilizadas no presente estudo (100% *B. bassiana*, 25 : 50, 50 : 50, 75 : 25 e 100% *M. anisopliae*) e observaram que a coaplicação de fungos reduziu de 22 a 29% a taxa de mortalidade de *A. diaperinus*, em relação ao teste só com *B. bassiana*. Santos et al. (2018), ao testarem a eficiência da combinação de *B. bassiana* e *M. anisopliae* em adultos de *Metamasius hemipterus* (L., 1764) (Coleoptera: Curculionidae), também consideraram seus resultados abaixo do esperado (30% de mortalidade).

Uma das possíveis explicações para que a mistura de espécies de fungos seja menos eficiente que o uso isolado é que o exoesqueleto em Coleoptera é bastante esclerotizado, protegendo o corpo dos insetos da penetração desses agentes entomopatogênicos. Então, restam as regiões entre os tagmas, as articulações dos apêndices e aberturas naturais como o aparelho bucal, ânus e espiráculos. Com uma área de ação reduzida, houve competição para iniciar o processo de adesão, germinação e penetração dos fungos. Isso, provavelmente, pode ter afetado negativamente a ação de ambas as espécies em *E. postfasciatus*, porém, apesar de ter seu desempenho afetado, *M. anisopliae* cepa E9 mostrou-se mais eficiente.

Essa hipótese de que o tamanho da área de ação determinada pela esclerotização do exoesqueleto pode aumentar a competição e diminuir a eficiência da aplicação conjunta, pode ser reforçada pelo fato de que misturas de *B. bassiana* e *M. anisopliae* testadas por Santos et al. (2006) e Pauli (2009), respectivamente, em larvas de *A. diaperinus* e lagartas de *Diatraea saccharalis* (Fab., 1794) (Lepidoptera: Crambidae), demonstraram maior eficiência da combinação dos fungos, quando comparada ao uso isolado. Sabe-se que larvas de Lepidoptera, apresentam, notadamente, quase a totalidade de seus corpos menos rígidos, quando comparado a adultos de Coleoptera. Assim, ambos os fungos conseguem completar o processo de adesão, germinação e penetração no corpo das larvas e lagartas, sem apresentar elevado grau de competição.

Além disso, as enzimas envolvidas na adesão e/ou penetração no inseto, quando liberadas por uma espécie de fungo e em contato com a outra espécie, pode interferir negativamente na capacidade de romper a cutícula do inseto. Para os resultados obtidos em *E. postfasciatus* no presente estudo, a liberação de enzimas de ambas as espécies pode ter ocasionado a aniquilação de *B. bassiana*, a espécie perdedora na competição, (comprovado pela ausência de esporulação mista num mesmo cadáver) e a queda de vigor de *M. anisopliae*, a espécie vencedora, e/ou problemas na formação dos tubos germinativos, diminuindo sua capacidade de penetrar e/ou

liberar toxinas e/ou de se proteger do sistema imunológico do inseto (comprovado pela diminuição na taxa de mortalidade e aumento do TL<sub>50</sub> em relação ao uso isolado).

Outra possível explicação sobre os efeitos antagônicos nas combinações testadas, é a competição intra-hospedeiro entre *B. bassiana* e *M. anisopliae* onde, as toxinas liberadas por um fungo prejudicou a ação do outro tornando-o incapaz de se proteger dos hemócitos e de colonizar o interior do corpo do inseto. Esse tipo de competição na hemocele também pode ser explicada, usando como comparação os resultados e hipóteses apresentados por Pauli (2009), pois para explicar o fato de a aplicação conjunta dos fungos resultarem em efeito aditivo, hipotetizou que a quantidade de nutrientes presente no corpo da lagarta de *Diatraea saccharalis* foi suficiente para que os dois organismos atuassem para levar o inseto a morte. Como adultos de *E. postfasciatus* apresentam um volume corpóreo significativamente menor que *D. saccharalis* e, conseqüentemente, uma menor quantidade de nutrientes, a disputa pela alimentação e colonização pode ser aumentada e acaba por inibir a ação do fungo perdedor. Ainda nesse sentido, Hughes e Boomsma (2004) preconizam que a limitação de nutrientes de um hospedeiro, inevitavelmente, leva a uma competição entre patógenos quando há uma infecção mista.

No entanto, apesar da aplicação conjunta dos fungos ter causado mortalidade inferior ao uso isolado em *E. postfasciatus* em condições de laboratório, tais resultados não devem ser considerados ineficientes. Estudos futuros em condições de campo, que considerem a influência de diversos fatores abióticos, devem ser conduzidos para verificar a possibilidade de diferentes níveis de tolerância e adaptação às condições adversas, relacionadas às diferentes cepas de *M. anisopliae* e *B. bassiana*. Na Bolívia, Salazar (2008) testou o efeito de *B. bassiana* sobre *E. postfasciatus* em condições de campo, e constatou que o patógeno quando aplicado em momento oportuno foi efetivo, quando à mortalidade, redução das injúrias e aumento na produtividade. Resultados semelhantes podem ser obtidos no Brasil usando os fungos isoladamente ou em conjunto.

Apesar de apresentarem resultados semelhantes quanto à mortalidade, observou-se que os fungos se comportaram de forma diferente, quanto ao tempo de patogenicidade. Comparando-se as concentrações, de ambos os fungos, que causaram mortalidade superior a 50%, observou-se que *B. bassiana* precisou de 2,3 a 2,6 vezes menos tempo para causar mortalidade letal média (TL<sub>50</sub>) em relação a *M. anisopliae*. Para ambos agentes

entomopatogênicos, observou-se tendência de redução do TL<sub>50</sub> para as concentrações crescentes (Tabela 5).

O uso combinado das duas espécies fúngicas proporcionou mortalidade mais tardia em relação ao uso isolado dos fungos. Observou-se uma tendência de aumento do TL<sub>50</sub> à medida que a concentração de *B. bassiana* no composto foi mais elevada ou seja, os valores de TL<sub>50</sub> foram inversamente proporcionais a quantidade de *M. anisopliae* nos tratamentos. A adição de 25% de *M. anisopliae* na composição com *B. bassiana*, fez com que houvesse uma redução de cerca de 6 vezes na velocidade de mortalidade quando se usou apenas *B. bassiana*. Já quando se inverteu a proporção na composição da mistura, a influência foi menor em *M. anisopliae* (1,53 vezes), no entanto, significativa. Já em igualdade de proporções o TL<sub>50</sub> foi, novamente, mais acentuado em *B. bassiana* (3,49 vezes), em relação a *M. anisopliae* (1,31 vezes) (Tabela 5).

**Tabela 5:** Tempo letal médio (TL<sub>50</sub>) de diferentes concentrações de *Beauveria bassiana* (Boveril®) e *Metarhizium anisopliae* (Metarril®) em adultos de *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire).

<i>Beauveria bassiana</i>				
Concentração (con./ml)	TL <sub>50</sub> (dias) (IC 95%)	$\chi^2$	P	Inclinação ± EP
5,0 x 10 <sup>6</sup>	4,25 f (3,31 – 5,16)	19,28	0,1147	1,16 ± 0,15
7,5 x 10 <sup>6</sup>	3,32 fg (2,22 – 4,31)	21,95	0,0562	1,36 ± 0,20
1,0 x 10 <sup>7</sup>	2,49 g (2,01 – 2,94)	16,41	0,2277	1,92 ± 0,17
<i>Metarhizium anisopliae</i>				
5,0 x 10 <sup>6</sup>	11,32 c (10,39 – 12,54)	18,41	0,1424	2,96 ± 0,28
7,5 x 10 <sup>6</sup>	7,73 d (7,10 – 8,41)	18,69	0,1329	2,77 ± 0,22
1,0 x 10 <sup>7</sup>	6,42 e (5,83 – 7,02)	12,27	0,5056	2,58 ± 0,20
<i>Beauveria bassiana</i> + <i>Metarhizium anisopliae</i>				
2,5 x 10 <sup>6</sup> + 7,5 x 10 <sup>6</sup>	11,86 bc (10,80 – 13,30)	15,67	0,2676	2,80 ± 0,27
5,0 x 10 <sup>6</sup> + 5,0 x 10 <sup>6</sup>	14,83 ab (13,19 – 17,43)	6,88	0,9083	2,79 ± 0,31
7,5 x 10 <sup>6</sup> + 2,5 x 10 <sup>6</sup>	20,41 a (16,14 – 29,73)	10,60	0,6439	1,59 ± 0,22

Analisando-se as taxas de mortalidade e os tempos letais dos tratamentos nas concentrações mais eficientes (5x10<sup>6</sup> a 1x10<sup>7</sup>), observa-se que *B. bassiana* cepa PL63 apresentou resultados mais promissores em relação aos demais. Fato este que foi determinado

pelo TL<sub>50</sub>, onde todas as concentrações de *B. bassiana* diferiram de forma significativa das testadas com *M. anisopliae*. Além disso, até o terceiro dia após a aplicação, *B. bassiana* causou mortalidade média de cerca de 7 vezes mais que *M. anisopliae* nas três maiores concentrações. Já as médias de mortalidade, após 15 dias da aplicação, de ambos os fungos em todos as concentrações não diferiram entre si ( $F = 2,0352$ ;  $P = 0,0882$ ;  $CV = 32,81\%$ ).

O fato de *B. bassiana* ter proporcionado resultados mais promissores, levando-se em conta a taxa de mortalidade e tempo letal, corrobora com o tropismo desse fungo aos coleópteros relatado por Zimmermann (2007). Nos trabalhos de Potrich et al. (2006) e Moreira et al. (2017) também foi atribuída maior eficiência de *B. bassiana*, em relação a *M. anisopliae*, no controle de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em milho e *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae) em bananeira, respectivamente, ajudando a solidificar essa teoria.

A predominância de *M. anisopliae*, quando em igualdade de condições com *B. bassiana*, no processo infeccioso em *E. postfasciatus*, difere das observações obtidas por Pauli (2009) e Santos et al. (2018), onde houve predominância de *B. bassiana* em detrimento a *M. anisopliae* em *D. saccharalis* e *M. hemipterus*, respectivamente. Essa inversão na predominância de um fungo sobre o outro, pode ser devido as condições, nas quais as pesquisas foram desenvolvidas, pela particularidade dos isolados utilizados ou mesmo pelas suscetibilidades dos hospedeiros. No entanto, a ausência de esporulação mista no presente trabalho coincide com Pauli (2009).

De modo geral, o uso de *B. bassiana* cepa PL63 e *M. anisopliae* cepa E9 apresentaram grande potencial para o controle de adultos de *E. postfasciatus* em batata-doce. Porém, a indicação de aplicação conjunta dos fungos entomopatogênicos mostrou-se antagônica, em condições de laboratório, necessitando de pesquisas futuras, em condição de campo, para melhor entendimento das relações e processos infecciosos.

#### 4.4 CONCLUSÕES

- Os fungos entomopatogênicos *B. bassiana* cepa PL63 e *M. anisopliae* cepa E9 provocam patogenicidade significativa em adultos de *E. postfasciatus*.
- O uso apenas de *B. bassiana* cepa PL63 na concentração  $1 \times 10^7$  con./ml é o mais promissor por causar mortalidade média (TL<sub>50</sub>) em adultos da broca-da-raiz em menos de 60h após a aplicação.
- A aplicação conjunta de *B. bassiana* cepa PL63 e *M. anisopliae* E9 em *E. postfasciatus* é antagônica em condições de laboratório, prevalecendo a infecção por *M. anisopliae*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-MENEZES, E. L. A Broca da Batata-doce (*Euscepes postfasciatus*): Descrição, Bionomia e Controle. Embrapa Agrobiologia. Seropédica (RJ), **Circular técnica 6**, p. 12, out. 2002.

AGUIAR-MENEZES, E. L. et al. Ação patogênica de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* sobre *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). In: Anais do XIX Congresso Brasileiro de Entomologia, 2002, Manaus. p. 45, 2002.

AGUIAR-MENEZES, E. L. et al. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* virulentos e persistentes para o controle de *Euscepes postfasciatus* (Coleoptera: Curculionidae). In: Anais do VIII Simpósio de Controle Biológico, 2003, São Pedro. p. 65, 2003.

ALLEYNE, E. H. Studies on the biology and behavior of the West Indian sweet potato weevil, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae). **Caribbean food crops society**. v. 18, p. 236 - 243, 1982.

BLACKWELL, M. Fungal evolution and taxonomy. **BioControl**. v. 55, p. 7 - 16, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ed. Viçosa: UFV, 2008, 421p.

GONÇALVES NETO, A. C. et al. Aptidões de genótipos de batata-doce para consumo humano, produção de etanol e alimentação animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 46, n. 11, p. 1513 - 1520, 2011.

HUGHES, W. O. H.; BOOMSMA, J. J. Let your enemy do the work: within-host interactions between two fungal parasites of leaf-cutting ants. **Biology Letters**, London, v. 271, p. 104 - 106, 2004.

JIACAI, W. et al. Preliminary study on the *Beauveria bassiana* controlling underground pest of sweet potato. **Hubei Plant Protection**, China. ed. 2, 2009. Disponível em: <http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotál-HBZB200902009.htm>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

JIANZHI, F. et al. Study on the control effect of underground pesticides in sweet potatoes. **Shandong Agricultural Science**, China. v. 11, 2013. Disponível em:

<http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotal-AGRI201311031.htm>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

MARANHÃO, L. M. A. C. **Estudos da broca da raiz, *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire, 1849) (Coleoptera, Curculionidae) no cultivo da batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), ocorrência de parasitoides e utilização do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em Pernambuco.** 1994. 151p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1994.

MICHELI, A. **Variabilidade intraespecífica, inimigos naturais e avaliação da mistura de fungos entomopatogênicos e inseticidas para o controle de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae).** 135 p. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MOREIRA, F. J. C. et al. Controle de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) com os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* em banana. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 366 - 373, 2017.

NARANJO-ORTIZ, M. A.; GABALDÓN, T. Fungal evolution: diversity, taxonomy and phylogeny of the Fungi. **Biological Reviews**. v. 94, p. 2101 - 2137, 2019.

NISHIMATSU, T.; JACKSON, J. J. Interaction of insecticides, entomopathogenic nematodes, and larvae of the western corn rootworm. **Journal of Economic Entomology**. v. 91, n. 2, p. 410 - 418, 1998.

ONDIKA, S. et al. Virulence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* to sweet potato weevil *Cylas puncticollis* and effects on fecundity and egg viability. **Annals of Applied Biology**. v. 153, n. 1, p. 41 - 48, 2008.

PAULI, G. **Interação de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.), *Beauveria bassiana* (Bals.) e vírus da granulose, principais patógenos de *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae).** 90 p. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

POTRICH, M. et al. Avaliação de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. para controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **BioAssay**, v. 1, n. 12, 9 p., 2006.

REDDY, G. V. P.; ZHAO, Z.; HUMBER, R. A. Laboratory and field efficacy of entomopathogenic fungi for the management of the sweetpotato weevil, *Cylas formicarius* (Coleoptera: Brentidae). **Journal of Invertebrate Pathology**. v. 122, p. 10 - 15, 2014.

RICCI, M. S. F. et al. Incidência de broca-da-raiz (*Euscepes postfasciatus*) em cultivares de batata-doce cultivadas em sistema orgânico. Embrapa Agrobiologia. Seropédica (RJ), **Comunicado técnico 142** p. 3, 2011.

SALAZAR, A. C. M. **Efecto del hongo *Beauveria bassiana* B. en el control del gorgojo (*Euscepes postfasciatus* F.) del camote (*Ipomoea batatas* L.)**. 84 p. 2008. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Universidade Mayor de San Andres, La Paz, 2008.

SANTOS, G. T. S. et al. Eficiência da combinação de fungos entomopatogênicos no controle de adultos de *Metamasius hemipterus*. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 3, n. 1, p. e6605, 2018.

SANTOS. et al. Efeito da combinação de espécies de fungos entomopatogênicos e de temperatura de incubação na mortalidade de *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae). **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 4, p. 525 - 532, 2006.

SAS Institute Inc. Statistical Analysis System user's guide, version 9,1, Ed. Cary: Institute, USA, 2003.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Como plantar batata-doce. Sistemas de Produção 6. Versão Eletrônica. Embrapa Hortaliças. 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/hortaliças/como-plantar-batata-doce>. Acesso em: 20 de maio de 2020.

VALADARES-INGLIS, M. C.; LOPES, R. B.; FARIAS, M. R. Controle de artrópodes-praga com fungos entomopatogênicos. In: FONTES, E. M. G. (Ed.); VALADARES-INGLIS, M. C. (Ed.). **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. Embrapa, 2020. p. 201 - 236.

WANDERLEY, P. A.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; WANDERLEY, M. J. A. Resistência de cultivares de batata-doce a *Euscepes postfasciatus* Fairmaire (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**. v. 33, n. 3, p. 371 - 377, 2004.

YULING, Z. Study on the control effect of diferente pesticides on sweet potato underground pest. **Agricultural Science Bulletin of Anhui**, China. v. 17, 2013. Disponível em:

<http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTotat-AHNB201317043.htm>. Acesso em: 23 de junho de 2020.

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