

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL
Cleriston Souza Silva

**AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DOS INSETICIDAS DELTAMETRINA E
NEEM, COM O ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium anisopliae* (METSCH.) SOROK.
E O PREDADOR *Podisus sagitta* (FAB.)**

Diamantina
2019

Cleriston Souza Silva

**AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DOS INSETICIDAS DELTAMETRINA E
NEEM, COM O ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium anisopliae* (METSCH.) SOROK.
E O PREDADOR *Podisus sagitta* (FAB.)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof.º Dr. Marcus Alvarenga Soares

DIAMANTINA - MG

2019

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586a

Silva, Cleriston Souza

Avaliação da compatibilidade dos inseticidas deltametrina e neem, com o entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e o predador *Podisus sagitta* (Fab.) / Cleriston Souza Silva, 2019.
65 p. : il.

Orientador: Marcus Alvarenga Soares

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

1. Controle biológico. 2. Percevejo. 3. Inseticidas. 4. Microrganismos.
I. Soares, Marcus Alvarenga. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 571.7

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Nádia Santos Barbosa – CRB6/3468

CLERISTON SOUZA SILVA

**AVALIAÇÃO DA COMPATIBILIDADE DOS INSETICIDAS DELTAMETRINA
E NEM, COM O ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium
anisopliae* (METSCH.) SOROK. E O PREDADOR *Podisus sagitta* (FAB.)**


Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM PRODUÇÃO
VEGETAL, nível de MESTRADO como
parte dos requisitos para obtenção do
título de MESTRE EM PRODUÇÃO
VEGETAL

Orientador (a): Prof. Dr. Marcus
Alvarenga Soares

Data da aprovação : 11/03/2019


Prof.Dr. MARCUS ALVARENGA SOARES - UFVJM


Prof.Dr.ª IVANI TEIXEIRA DE OLIVEIRA - UFVJM


Prof.Dr. SEBASTIÃO LOURENÇO DE ASSIS JÚNIOR - UFVJM

DIAMANTINA

AGRADECIMENTOS

A DEUS, a Ele toda honra e toda glória. “O Senhor é minha força e o meu escudo; nele o meu coração confia, e dele recebo ajuda” Salmos 28:7.

Aos meus pais, Elton e Rosangela, e a minha vizinha França por todo amor, carinho, confiança e incentivo para concretização desta conquista. AMO VOCÊS.

Aos meus irmãos, Erielton, Wesley e João Gabriel por estarem sempre ao meu lado.

À minha amada Dayane, pelo amor, carinho, paciência e apoio fundamental nos momentos difíceis. “O perfume do teu amor é mais intenso do que o das melhores especiarias” Ct. 4:10.

À toda minha família, em especial aos sobrinhos Linkon e Nicolas, aos tios Carlos e Mauro pelos conselhos e força, ao meu primo Johnny por me fazer sorrir e me motivar nos momentos de desânimo, ao meu avô Manuel pela simplicidade e carinho, e ao meu querido avô Jorge Thales (*in memoriam*) por ser meu espelho e exemplo de grande homem.

Ao meu orientador, Marcus Alvarenga Soares, pela oportunidade, confiança, dedicação, paciência, motivação e pelo exemplo de profissional. Muito obrigado pelo acolhimento, por acreditar em mim e pela grande contribuição em minha vida acadêmica e profissional.

À professora, Ivani Teixeira de Oliveira por todo aprendizado, paciência, atenção, esclarecimentos e valiosa contribuição no planejamento e execução deste trabalho.

À banca examinadora pela disponibilidade e contribuição.

Aos amigos de Porteirinha que sempre me apoiaram, Eloízio, Paulo Ricardo, Hélio, Denner, Darvlen, Karlos Stefan, Clewbber Felix, Fernando Tiago e Bruno.

Aos amigos Allan, Thiago, Pedro Henrique e Hudson por serem minha família em Diamantina e tornarem os momentos mais felizes e agradáveis.

Aos amigos e colegas do Mestrado, Eliane, Vinicius, Luciano, Thiago, Lucas e Andreia pelos momentos de alegrias, respeito e conhecimentos agregados. Em especial a Rafaele, pela amizade desde a graduação e apoio nos momentos difíceis.

Aos colegas do Laboratório de controle Biológico, André, Kelle, Gilson, Daniel, Eliz, Wilson, Cléber e especialmente a Zaira por me encorajar nos momentos de desânimo, pela grande ajuda na execução e coleta dos resultados. Obrigado pela disposição.

Aos colegas e irmãos da República Copo Cheio, Henrik, Farley, Saymon, Amadeus, Guilherme e Paulo pelo apoio e boa convivência.

À CAPES, pelo financiamento da bolsa de estudos.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pela minha formação.

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pelos ensinamentos, atenção e disponibilidade.

E a todos, que torceram, acompanharam e colaboraram com a realização deste sonho.

Muito obrigado!!

RESUMO

O manejo integrado de pragas - MIP possibilita o uso conjunto de táticas de controle visando manter a densidade populacional dos insetos abaixo do nível de dano econômico. Este trabalho teve como objetivo avaliar a compatibilidade dos inseticidas deltametrina e óleo de neem com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin e o predador *Podisus sagitta* (Fabricius). O trabalho foi dividido em dois bioensaios, o primeiro consistiu em avaliar compatibilidade *in vitro* dos inseticidas deltametrina e neem com o fungo *M. anisopliae*, e o segundo em verificar os efeitos causados pelo *M. anisopliae*, deltametrina e neem sobre o desenvolvimento e reprodução do predador *P. sagitta*. Os isolados ISO 01, ISO 02 e ISO 03 do fungo *M. anisopliae* foram obtidos a partir do produto comercial Metarriil® WPE9 da linhagem WP E9. Para o primeiro bioensaio, discos de 5 mm de meio de cultura com micélio dos isolados foram crescidos em meio Ágar Sabouraud Dextrose (SDA) isento de inseticida 0,00 (controle) e contaminado por 16,67; 33,33 e 66,66 mg L⁻¹ de deltametrina (25 g i.a.) ou 0,00; 0,75; 1,50 e 3,00% do óleo de neem (6000 ppm). No segundo bioensaio, ninfas de terceiro estágio com 24 horas de idade foram tratadas topicamente com 1,0 µL das suspensões de *M. anisopliae* nas concentrações de 10⁷ e 10⁸ conídios.mL⁻¹, e das soluções dos inseticidas deltametrina (25 g i.a.) e neem (6000 ppm). Os adultos foram sexados, individualizados e acasalados após a maturação sexual. Os inseticidas deltametrina e neem não afetaram a produção de conídios do entomopatógeno. Deltametrina foi compatível com o fungo entomopatogênico em todas as doses avaliadas. A compatibilidade do neem com *M. anisopliae* foi dependente da concentração e do isolado, sendo a concentração comercial compatível com todos os isolados. O fungo *M. anisopliae* provocou melhorias na performance de desenvolvimento e reprodução do *P. sagitta*, sendo possível o uso em conjunto desses agentes para controle de pragas. A deltametrina não foi seletiva ao percevejo reduzindo o peso dos machos e o número de ovos por postura e por fêmea. O óleo de neem ocasionou a redução do número de ovos por fêmea do predador. A escolha de métodos compatíveis em ensaios *in vitro*, pode garantir maior sucesso da estratégia conjunta quando forem utilizados em situação de campo.

Palavras chaves: Controle Biológico, Percevejo, Inseticidas, Microrganismos.

ABSTRACT

Integrated pest management - IPM allows the joint use of control tactics in order to maintain the population density of insects below the level of economic damage. This work aimed to evaluate the compatibility of insecticides deltamethrin and neem oil with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin and the predator *Podisus sagitta* (Fabricius). The work was divided in two bioassays, the first consisted in evaluating *in vitro* compatibility of the insecticides deltamethrin and neem with the fungus *M. anisopliae*, and the second one to verify the effects caused by *M. anisopliae*, deltamethrin and neem on the development and reproduction of the predator *P. sagitta*. The isolates ISO 01, ISO 02 and ISO 03 of the fungus *M. anisopliae* were obtained from the commercial product Metarril® WPE9 of the line WP E9. For the first bioassay, 5 mm disks of culture medium with mycelium of the isolates were grown in Sabouraud Dextrose Agar (SDA) medium free of insecticide 0.00 (control) and contaminated with 16.67; 33.33 and 66.66 mg L⁻¹ deltamethrin (25 g a.i.) or 0.00; 0.75; 1.50 and 3.00% neem oil (6000 ppm). In the second bioassay, 24-h third-stage nymphs were topically treated with 1.0 µL of *M. anisopliae* suspensions at concentrations of 10⁷ and 10⁸ conidia.mL⁻¹, and solutions of the insecticides deltamethrin (25 g ai) and neem (6000 ppm). The adults were sexed, individualized and mated after sexual maturation. The insecticides deltamethrin and neem did not affect the production of entomopathogen conidia. Deltamethrin was compatible with the entomopathogenic fungus at all doses evaluated. The compatibility of neem with *M. anisopliae* was concentration and isolate dependent, with the commercial concentration compatible with all isolates. The fungus *M. anisoplie* caused improvements in the development and reproduction performance of *P. sagitta*, being possible the joint use of these agents for pest control. Deltamethrin was not selective to bedbug by reducing the weight of males and the number of eggs per posture and per female. Neem oil caused a reduction in the number of eggs per female of the predator. The choice of compatible methods in *in vitro* assays can ensure greater success of the joint strategy when used in the field.

Keywords: Biological Control, Stinkbugs, Insecticides, Microorganisms.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	14
REFERÊNCIAS	14
ARTIGO I.....	12
1 INTRODUÇÃO	23
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 Fungo entomopatogênico - Origem e Produção de Inóculo	24
2.3 Análises estatísticas.....	26
3 RESULTADOS	26
4 DISCUSSÃO	31
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS	35
ARTIGO II	39
1 INTRODUÇÃO	43
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	44
2.1 Fungo entomopatogênico - Origem e Produção de Inóculo	44
2.2 Inseticidas	45
2.3 Insetos.....	45
2.4 Exposição de <i>P. sagitta</i> à deltametrina, óleo de neem, e <i>M. anisopliae</i>	45
2.5 Reprodução de <i>P. sagitta</i>	46
2.6 Análises estatísticas.....	46
3 RESULTADOS	46
3.1 Desenvolvimento ninfal de <i>P. sagitta</i>	46
3.2 Reprodução de <i>P. sagitta</i>	51
4 DISCUSSÃO	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	57
CONCLUSÕES GERAIS	62
APÊNDICE	63

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola no Brasil é uma das principais bases da economia do país. As condições edafoclimáticas favoráveis permitem a produção constante durante todo o ano, e isso proporciona uma posição de destaque no cenário mundial (FERNANDES *et al.*, 2019). A soja, o milho, o arroz e o algodão são as culturas com melhor desempenho no país. Estima-se que esses produtos corresponderão a 95% da produção da atual safra, com receita bruta de R\$ 200,76 bilhões (CONAB, 2019). Além dos cultivos agrícolas, os produtos de origem florestal também possuem uma contribuição considerável para a balança comercial do país, com receita bruta anual de R\$ 73,8 bilhões, sendo responsáveis por 6,1% do PIB industrial (IBÁ, 2017). Ainda, a indústria brasileira de árvores plantadas é líder mundial na exportação de celulose de fibra curta de eucalipto (DA SILVA, 2019). Embora esses dados sejam bastante otimistas, existem alguns obstáculos e desafios para manter a capacidade produtiva de ambos os setores, pois com condições climáticas favoráveis associadas à expansão e homogeneidade dos povoamentos florestais e dos plantios agrícolas observa-se alta incidência de insetos pragas. O ataque desses insetos é um fator limitante à produção, pois ocasionam prejuízos significativos e reduzem a produtividade (CZEPAK *et al.*, 2013; MAFIA; MENDES; CORASSA, 2014; CAMILO *et al.*, 2015; PALADINI *et al.*, 2018; FERNANDES *et al.*, 2019). Assim, métodos de controle eficientes devem ser utilizados para reduzir tais prejuízos.

O controle químico, ainda, é o mais utilizado no controle de pragas devido à diversidade de formulações disponíveis no mercado, facilidade de aplicação e efeito de choque. Entretanto, essa forma de controle possui uma série de implicações negativas como contaminação do meio ambiente, redução da população de inimigos naturais, resistência de pragas e aumento nos custos de produção (CAMILO *et al.*, 2015; FERNANDES *et al.*, 2019). Com intuito de resolver esses problemas a comunidade científica propôs uma nova filosofia de controle, o manejo integrado de pragas - MIP, que leva em consideração não somente o fator econômico, mas também o ecológico e social (KOGAN, 1998). Esta consiste na combinação de várias táticas de controle visando preservar os inimigos naturais e incrementar os fatores de mortalidade natural, de modo que a densidade populacional das pragas fique abaixo do nível de dano econômico, permitindo o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade do agroecossistema (BORTOLOTTO *et al.*, 2015). Essas táticas incluem métodos de controle de pragas tais como controle químico, genético com o uso de cultivares resistentes, comportamental e o controle biológico natural ou com a importação e liberação de inimigos naturais (CAMILO *et al.*, 2015).

A proibição no Brasil de diversas moléculas inseticidas que apresentam alta toxicidade e persistência no ambiente, contribuiu para formulação de novas moléculas que possuíssem menor persistência, sendo difundido o uso de piretroides como alternativa aos organoclorados (SANTOS; AREAS; REYES, 2008). Os piretroides possuem registro para controle de diversas pragas na agricultura e silvicultura (AGROFIT, 2019), sendo destaque na eucaliptocultura por apresentar resultados positivos no controle de lepidópteros desfolhadores (ZANUNCIO *et al.*, 1992). Atuam nos canais de sódio das membranas dos neurônios, afetando o sistema nervoso periférico e central do inseto (PEREIRA; CALDEIRA; SOARES, 2016). Dentre os inseticidas piretroides, a deltametrina tem sido muito utilizada nos monocultivos devido a seu amplo espectro de ação e não persistência no solo (VELÍSEK *et al.*, 2007).

Inseticidas botânicos possuem um grande potencial como alternativa a inseticidas sintéticos. O neem, *Azadirachta indica* A. Juss tem sido muito estudado por apresentar um grande potencial inseticida, possuir um baixo custo e poder residual, e menor risco de intoxicação para mamíferos (CHAUDHARY *et al.*, 2017; DELEITO; BORJA, 2008). O limonoide azadiractina é o principal composto encontrado em praticamente todas as partes dessa planta (TAN; LUO, 2011; WANG *et al.*, 2016). Azadiractina pode ocasionar inibição alimentar, alterações comportamentais, distúrbios fisiológicos, inibição do crescimento e do processo reprodutivo (DELEITO; BORJA, 2008; ZANUNCIO *et al.*, 2016; FRANCESENA; SCHNEIDE, 2018). Existem relatos de eficiência da azadiractina em diversas ordens de insetos pragas, tais como, Coleoptera, Hemiptera e Lepidoptera (ALI *et al.*, 2017; ALIM *et al.*, 2017; SHANNAG *et al.*, 2015).

O interesse por métodos de controle de pragas menos impactantes ao meio ambiente tem aumentado. O controle biológico pode ser utilizado como uma alternativa ou de forma complementar ao controle químico e tem se tornado uma tendência, pois além de contribuir no controle de pragas, melhorar a produtividade e a qualidade dos alimentos, reduz substancialmente a aplicação de inseticidas químicos (SÁ *et al.*, 2016; LOPES; PAIXÃO; CRUZ, 2018). No setor florestal, o controle biológico também contribui para o marketing positivo das empresas e com a concessão de selos de certificação florestal, que são uma exigência dos países importadores, e propicia agregar maior valor ao produto. Esse método de controle é realizado pela liberação, incremento e conservação de inimigos naturais como predadores, parasitoides e microrganismos, visando à regulação de populações de pragas (PERDIKIS; FANTINO; LYKOURESSIS, 2011).

Percevejos predadores são importantes agentes de controle natural nos sistemas agrícolas e florestais devido à capacidade de controlar diversos insetos pragas (CASTRO *et al.*, 2013). O gênero *Podisus* pertencente à subfamília Asopinae (Pentatomidae) possui destaque em programas de controle biológico no Brasil, por apresentar maior agressividade e voracidade, ser encontrados em quase todo território nacional e apresentar comportamento generalista (PIRES *et al.*, 2015) com destaque para controle de lagartas desfolhadoras (ZANUNCIO *et al.*, 2003; CASTRO *et al.*, 2012). Entretanto, poucas informações estão disponíveis sobre a capacidade de predação da espécie *Podisus sagitta* (Fabricius), com relatos de ocorrência no sul dos Estados Unidos e para América do Sul, tendo registro para controle das formas larvares de Lepidoptera e Coleoptera nos cultivos de milho, arroz, amendoim, soja, repolho e tomate (DE CLERCQ; DEGHEELE, 1992; ADIDHAR, 1986).

Outra técnica do controle biológico que vem ganhando espaço no mercado é a utilização de fungos entomopatogênicos. Estes foram os primeiros agentes usados como controle microbiano, sendo responsáveis por cerca de 80% das mortalidades que ocorrem naturalmente nos insetos (ALVES, 1986; FRANÇA *et al.*, 2006). O sucesso dos fungos no controle microbiano é associado a alguns atributos favoráveis como ação por contato, não sendo necessária a ingestão. Além disso, apresentam largo espectro de ação por controlar diversas espécies de pragas agrícolas e florestais, ocasionar infecção em qualquer estágio de desenvolvimento do hospedeiro, são inócuos a mamíferos, possuem alta capacidade de dispersão no ambiente e boa capacidade de multiplicação, o que torna sua produção em massa de baixo custo (DE FARIA; WRIGHT, 2007; SHAHID *et al.*, 2012; LACEY *et al.*, 2015).

A ação dos fungos entomopatogênicos envolve as etapas de adesão, germinação, diferenciação, penetração da cutícula e disseminação interna por todo o corpo do hospedeiro (SHAHID *et al.*, 2012; SHIN; BAE; WOO, 2016). No decorrer desse processo, as enzimas secretadas pelos fungos, tais como proteases, quitinases e lipases, e os metabólitos secundários produzidos podem suprimir o sistema imunológico, modificar o comportamento e defender os recursos do hospedeiro contra microrganismos saprófitas concorrentes (BUTT, 2002; DUBOVSKIY *et al.*, 2013; SHIN; BAE; WOO, 2016). A espécie *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin é uma das mais promissoras no controle de um número significativo de pragas agrícolas e florestais, sendo seu sucesso atribuído, principalmente, pela alta eficiência no controle da cigarrinha-da-cana-açúcar, *Mahanarva posticata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) (LOUREIRO *et al.*, 2012; BRITO *et al.* 2019). Entretanto, apesar dos produtos à base de fungos entomopatogênicos terem ganhado espaço no mercado por apresentarem alta eficiência e possuírem vantagens em contraste com produtos químicos,

existem algumas preocupações com sua utilização, pois seu largo espectro de ação pode incluir inimigos naturais (FRANÇA *et al.*, 2006; HOLTZ, 2009; POTRICH *et al.*, 2009).

O emprego conjunto de fungos entomopatogênicos, inimigos naturais e inseticidas químico e botânico, pode propiciar maior eficácia na supressão das espécies pragas nos monocultivos, reduzir o impacto ambiental e o número de aplicações de inseticidas no campo, o que ocasiona maior economia e contribuição para conservação de inimigos naturais existentes no agroecossistema (SILVA *et al.*, 2017). Dessa forma, para um bom estabelecimento e efetividade no uso do MIP, é importante verificar a compatibilidade e seletividade desses métodos de controle, investigando a ação desses produtos químicos sobre as estruturas vegetativas e reprodutivas do fungo *M. anisopliae*, e analisando os impactos da aplicação desses agentes em insetos não alvos, como *P. sagitta*.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a compatibilidade dos inseticidas deltametrina e óleo de neem com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin e o predador *Podisus sagitta* (Fabricius).

2.2. Objetivos Específicos

- a. Avaliar a compatibilidade *in vitro* do inseticida sintético deltametrina e botânico óleo de neem com o fungo entomopatogênico *M. anisopliae*.
- b. Avaliar os efeitos causados pelo inseticida microbiano *M. anisopliae*, e pelos sintético deltametrina e botânico óleo de neem, em doses comerciais, sobre o desenvolvimento e a capacidade reprodutiva do predador *P. sagitta*.

REFERÊNCIAS

- ADIDHARMA, D. The development and survival of *Podisus sagittus* (Hemiptera: Pentatomidae) on artificial diets. **Australian Journal of Entomology**, v. 25, n. 1, p. 15-16, 1986.
- AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. 2019.
- ALI, K. *et al.* Impact of extracts of *Azadirachta indica* and *Datura innoxia* on the esterases and phosphatases of three stored grains insect pests of economic importance. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 54, n. 1, p. 71-81, 2017.

ALIM, M. A. *et al.* Bioassay of plant extracts against *Aleurodicus dispersus* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Florida Entomologist**, v. 100, n. 2, p. 350-357, 2017.

ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Manole. ed. Piracicaba, p. 407, 1986.

BORTOLOTTI, O. C. *et al.* The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2015.

BRITO, B. D. *et al.* Amazonian isolates of *Metarhizium* are effective for killing *Bactrocera carambolae* (Diptera: Tephritidae). **Acta Biológica Colombiana**, v. 24, n. 1, p. 118-124, 2019.

BUTT, T. M. Use of entomogenous fungi for the control of insect pests. **In: Kempken F. (eds) Aplicações Agrícolas**, v. 11 p. 111-134, 2002.

CAMILO, S. S. *et al.* Plantas hospedeiras de *Thyrintea arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) afetam o desenvolvimento do parasitoide *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 159-166, 2015.

CASTRO, A. A. *et al.* Effect of the insect growth regulator diflubenzuron on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology**, v. 21, n. 1, p. 96-103, 2012.

CASTRO, A. A. *et al.* Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). **Chemosphere**, v. 93, n. 6, p. 1043-1050, 2013.

CHAUDHARY, S. *et al.* Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 610, 2017.

CONAB: COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Monitoramento Agrícola Safra 2018/19**, v. 6, n. 4, p. 126, 2019.

CZEPAK, C. *et al.* First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.

DA SILVA, T. A. L. A apropriação capitalista da silvicultura no Brasil e sua lógica de produção do espaço. **Terra Livre**, v. 1, n. 50, p. 159-199, 2019.

DE CLERCQ, P.; DEGHEELE, D. A meat-based diet for rearing the predatory stinkbugs *Podisus maculiventris* and *Podisus sagitta* (Het.: Pentatomidae). **Entomophaga**, v. 37, n. 1, p. 149-157, 1992.

DE FARIA, M. R.; WRAIGHT, S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 43, n. 3, p. 237-256, 2007.

DELEITO, C. S. R.; BORJA, G. E. M. Nim (*Azadirachta indica*): uma alternativa no controle de moscas na pecuária. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 293-298, 2008.

DUBOVSKIY, I. M. *et al.* Can insects develop resistance to insect pathogenic fungi? **PloS One**, v. 8, n. 4, 2013.

FERNANDES, F. O. *et al.* Efficacy of insecticides against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 1, p. 494-503, 2019.

FRANCESENA, N.; SCHNEIDER, M. I. Selectivity assessment of two biorational insecticides, azadirachtin and pyriproxyfen, in comparison to a neonicotinoid, acetamiprid, on pupae and adults of a Neotropical strain *Eretmocerus mundus* Mercet. **Chemosphere**, v. 206, p. 349-358, 2018.

FRANÇA, Í. W. *et al.* Effects of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. on the predatory stinkbug *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 349-356, 2006.

HOLTZ, A. M. *et al.* Interferência do fungo entomopatogênico *Beauveria Bassiana* (Vuil.) no desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* em laboratório. **Scientia Agraria**, v. 10 n. 6, 2009.

IBÁ: INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Sumário executivo 2018. p. 6 Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

KOGAN, M. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. **Annual Review of Entomology**, v. 43, n. 1, p. 243-270, 1998.

LACEY, L. A. *et al.* Insect pathogens as biological control agents: back to the future. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 132, p. 1-41, 2015.

LOPES, S. R.; PAIXÃO, M. A. S.; CRUZ, I. Viabilidade econômica de biofábrica de *Trichogramma pretiosum* para uso contra pragas agrícolas da ordem Lepidoptera. **Revista IPecege**, v. 4, n 1, p. 44-50, 2018.

LOUREIRO, E. S. *et al.* Eficiência de isolados de *Metarhizium anisopliae* (metsch.) No controle da cigarra-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae) em condições de campo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 79, n. 1, p. 47-53, 2012.

MAFIA, R. G.; MENDES, J.E.P.; CORASSA, J.D.N. Análise comparativa dos surtos e danos causados pelos besouros desfolhadores *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) e *Costalimaita lurida* (Lefèvre, 1891) (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, 2014.

PALADINI, A. *et al.* Reports of new wing color polymorphism and taxonomic information to cercopids (Auchenorrhyncha: Cercopidae) from upland rice crop, Pará State, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 78, n. 4, p. 728-735, 2018.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agrícola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

PERDIKIS, D.; FANTINO, A.; LYKOURESSIS, D. Enhancing pest control in annual crops by conservation of predatory Heteroptera. **Biological Control**, v. 59, n. 1, p. 13-21, 2011.

PEREIRA, E. S.; CALDEIRA, Z. V.; SOARES, M. A. Manejo integrado de pragas na eucaliptocultura: inseticidas e parasitoides são compatíveis? **Agri-Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2016.

PIRES, E. M. *et al.* Seven decades of studies with Asopinae predators in Brazil (1933-2014). **Bioscience Journal**, v. 31, n. 5, p. 1530-1549, 2015.

POTRICH, M. *et al.* Seletividade de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 6, p. 822-826, 2009.

SANTOS, M. D.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretroides-uma visão geral. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18 n. 3, p. 339-349, 2008.

SÁ, L. A. N. *et al.* Quarentine facilities and legal issues of the use of biocontrol agents in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 502- 509, 2016.

SHANNAG, H. K. *et al.* Effects of neem-based insecticides on consumption and utilization of food in larvae of *Spodoptera eridania* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 151, 2015.

SHAHID, A. A. *et al.* Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. **Archives of Biological Sciences**, v. 64, n. 1, p. 21-42, 2012.

SHIN, T. Y.; BAE, S. M.; WOO, S. D. Screening and characterization of antimicrobial substances originated from entomopathogenic fungi. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 19, n. 4, p. 1053-1059, 2016.

SILVA, B. K. D. A. *et al.* Toxicity of insecticides used in muskmelon on first-instar larvae of *Chrysoperla genanigra* freitas (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 662-669, 2017.

TAN, Q. G.; LUO, X. D. Meliaceous limonoids: chemistry and biological activities. **Chemical reviews**, v. 111, n. 11, p. 7437-7522, 2011.

VELÍSEK, J. *et al.* Effects of deltamethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 23, n. 3, p. 297-301, 2007.

WANG, Y. *et al.* Comparative analysis of the terpenoid biosynthesis pathway in *Azadirachta indica* and *Melia azedarach* by RNA-seq. **Springer Plus**, v. 5, n. 1, p. 1-9, 2016.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Eficiência de *Bacillus thuringiensis* e de deltametrina, em aplicação aérea, para controle de *Thyrinteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) em eucaliptal no Pará. **Acta Amazônica**, v. 22, n. 4, p. 485-49, 1992.

ZANUNCIO, T. V. *et al.* Permethrin-induced hormesis on the predator *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). **Crop Protection**, v. 22, n. 7, p. 941-947, 2003.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Toxic effects of the neem oil (*Azadirachta indica*) formulation on the stink bug predator, *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Scientific Reports**, v. 6, p. 30261, 2016.

ARTIGO I

COMPATIBILIDADE DOS INSETICIDAS DELTAMETRINA E NEEM COM O FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO *Metarhizium anisopliae* (METSCH.) SOROK.

RESUMO

O uso associado de fungos entomopatogênicos com inseticidas sintético e botânico pode aumentar a eficiência no controle de insetos que causam prejuízos significativos ao agronegócio e setor florestal. Entretanto, a incompatibilidade desses métodos compromete o manejo integrado de pragas - MIP. O objetivo deste trabalho foi avaliar a compatibilidade *in vitro* do inseticida sintético deltametrina e botânico óleo de neem com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. Discos de 5 mm de meio de cultura com micélio dos isolados ISO 01, ISO 02 e ISO 03 de *M. anisopliae* foram crescidos por 18 dias em meio Ágar Sabouraud Dextrose (SDA) contendo 0,00 (controle); 16,67; 33,33 e 66,66 mg L⁻¹ de deltametrina (25 g i.a.) ou 0,00; 0,75; 1,50 e 3,00% do óleo de neem (6000 ppm). O bioensaio foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado com sete repetições. Após oito dias, a cada 72 horas, o crescimento radial dos isolados foi avaliado, a produção de conídios e a germinação foram obtidas no final do período de crescimento. A produção de conídios não foi afetada pelos inseticidas. Deltametrina estimulou o crescimento dos isolados de *M. anisopliae* e demonstrou-se compatível com o fungo entomopatogênico em todas as doses, possibilitando uso simultâneo desses agentes em programas de MIP. O aumento na concentração do óleo de neem afetou o crescimento vegetativo e a germinação dos isolados de *M. anisopliae*. Este inseticida botânico foi compatível com o isolado ISO 01 em todas as concentrações, entretanto a concentração de 3,00% de neem foi classificada como moderadamente tóxica aos isolados ISO 01 e ISO 03.

Palavras chaves: Agrotóxico, Controle Microbiano, Inseticida Botânico, Manejo Integrado de Pragas.

ARTICLE I

COMPATIBILITY OF THE INSECTICIDES DELTAMETRIN AND NEEM WITH THE ENTOMOPATHOGENIC FUNGUS *Metarhizium anisopliae* (METSCH.) SOROK.

ABSTRACT

The associated use of entomopathogenic fungi with synthetic and botanical insecticides can increase the efficiency of insect control that causes significant damage to the agribusiness and forest sector. However, the incompatibility of these methods compromises integrated pest management - IPM. The objective of this work was to evaluate the *in vitro* compatibility of the synthetic insecticide deltamethrin and botanical neem oil with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. 5 mm discs of myeloid culture media of the isolates ISO 01, ISO 02 and ISO 03 of *M. anisopliae* were grown for 18 days in Sabouraud Dextrose Agar medium (SDA) containing 0.00 (control); 16.67; 33.33 and 66.66 mg L⁻¹ deltamethrin (25 mg a.i.) or 0.00; 0.75; 1.50 and 3.00% neem oil (6000 ppm). The bioassay was developed in a completely randomized design with seven replicates. After eight days, every 72 hours, the radial growth of the isolates was evaluated, conidia production and germination were obtained at the end of the growth period. Conidia production was not affected by insecticides. Deltamethrin stimulated the growth of *M. anisopliae* isolates and was shown to be compatible with entomopathogenic fungi at all doses, allowing the simultaneous use of these agents in IPM programs. The increase in the concentration of neem oil affected the vegetative growth and the germination of the isolates of *M. anisopliae*. This botanical insecticide was compatible with the ISO 01 isolate in all concentrations. However the concentration of 3.00% neem was classified as moderately toxic to the isolates ISO 01 and ISO 03.

Keywords: Agrotoxic, Microbial Control, Botanical Insecticide, Integrated Pest Management.

1 INTRODUÇÃO

O controle microbiano com uso de fungos entomopatogênicos tem se destacado devido à sua ocorrência em condições naturais e por serem responsáveis por cerca de 80% das mortalidades que ocorrem naturalmente nos insetos (ALVES, 1986; FRANÇA *et al.*, 2006, DA COSTA *et al.*, 2015). O gênero *Metarhizium* é o mais bem caracterizado e amplamente estudado, sendo a espécie *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin uma das mais promissoras no controle biológico de diversas pragas agrícolas e florestais (NISHI; SATO, 2017; MAYERHOFER *et al.*, 2019).

Produtos químicos sintéticos ainda são os mais utilizados no controle de pragas devido ao efeito de choque e facilidade de aplicação (ECHEGARAY *et al.*, 2016). O inseticida deltametrina tem se destacado por controlar diversas pragas e não possuir persistência no solo. Atua nos canais de sódio das membranas dos neurônios, afetando o sistema nervoso periférico e central dos insetos (PEREIRA; CALDEIRA; SOARES, 2016).

Inseticidas botânicos à base de azadiractina, encontrada em praticamente todas as partes da planta de neem, *Azadirachta indica* A. Juss, possuem um grande potencial como alternativa a inseticidas sintéticos (TAN; LUO, 2011; WANG, 2016). Os efeitos dessa molécula sobre os insetos incluem deterrência alimentar, alterações comportamentais, interferência na metamorfose, interrupção do crescimento e do processo reprodutivo (DELEITO; BORJA, 2008; ZANUNCIO *et al.*, 2016; FRANCESENA; SCHNEIDE, 2018).

A associação de inseticidas e fungos entomopatogênicos, pode tornar o controle de pragas mais eficiente e contribuir na redução de aplicações de agrotóxicos no campo (ABIDIN; EKOWATI; RATNANINGTYAS, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Embora os fungos entomopatogênicos permitam associações com outros métodos do manejo integrado de pragas - MIP, é importante verificar o grau de compatibilidade entre eles, visto que o uso de métodos incompatíveis pode resultar em efeitos deletérios no desenvolvimento e reprodução do entomopatógeno (CELESTINO *et al.*, 2018).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a compatibilidade *in vitro* do inseticida sintético deltametrina e botânico óleo de neem com o fungo entomopatogênico *M. anisopliae*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Fitopatologia - LF da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, em Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

2.1 Fungo entomopatogênico - Origem e Produção de Inóculo

Os isolados ISO 01, ISO 02 e ISO 03 de *M. anisopliae* foram obtidos da linhagem WP E9 de *M. anisopliae* por meio do produto comercial Metarril® WPE9, comercializado pela empresa Koppert Biological Systems.

Os isolados foram ativados com a deposição de esporos no centro das placas de Petri (100 mm) contendo meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose (SDA) e incubados em BOD a 25 °C, UR 70 ± 10%, com fotofase de 12 horas, por 15 dias. A partir dessas culturas, foram retirados discos de 5 mm de diâmetro para realização dos bioensaios.

2.2 Efeito de inseticidas sobre crescimento, produção de conídios e germinação do fungo entomopatogênico *M. anisopliae*

Os inseticidas utilizados foram o botânico óleo de neem, produto comercial Sempre Verde Killer Neem®, 6000 ppm e o inseticida sintético Decis 25 CE® (deltametrina, 25 g/l CE).

O bioensaio foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e sete repetições. Os inseticidas foram utilizados em três concentrações diferentes, sendo 0,75; 1,50 e 3,00% do óleo de neem e 16,67; 33,33 e 66,66 mg L⁻¹ de deltametrina. Estas concentrações foram estabelecidas a partir da concentração comercial recomendada pelos fabricantes de cada produto para controle de pragas na cultura do eucalipto (1,50% para o neem e 33,3 mg L⁻¹ para deltametrina). Um meio puro de SDA foi utilizado como controle. Os inseticidas foram esterilizados por filtração com o filtro Millipore 0,22 µm, e as quantidades pré-determinadas de cada tratamento foram adicionadas ao meio SDA ainda líquido, com temperatura entre 45 e 50 °C para evitar possíveis alterações de suas propriedades, e agitados por 2 minutos para homogeneizar os compostos adicionados. Foram vertidos 20 mL do meio em placas de Petri (100 mm) e após solidificação, um disco de 5 mm de diâmetro, retirado das bordas das colônias, crescidas por 15 dias, foi colocado no centro de cada placa com o micélio voltado para baixo. Foram utilizadas sete placas por tratamento, sendo cada placa considerada como uma repetição. As placas foram incubadas em BOD a 25 °C, UR 70 ± 10%, com fotofase de 12 horas, por 18 dias. O crescimento e a produção de conídios dos isolados de *M. anisopliae* foram avaliados. Após oito dias, o crescimento radial dos isolados foi avaliado a cada 72 horas, sendo medidos, em centímetros, dois diâmetros perpendiculares previamente marcados na parte externa do fundo da placa de Petri e calculada a média das duas medidas.

A produção de conídios foi avaliada aos 18 dias, final do período de crescimento vegetativo. Cinco placas representativas de cada tratamento foram aleatoriamente escolhidas e com auxílio de um perfurador de 5 mm de diâmetro previamente flambado, foram retirados três discos das bordas das colônias e transferidos para um eppendorf com 1 mL de solução esterilizada de Tween[®] 80 a 0,01% e homogeneizado com agitação por 1 minuto em vórtex. Em seguida, 100 µL da suspensão de conídios foi colocada na câmara de Neubauer e realizada a contagem direta em microscópio óptico para quantificar a produção de conídios (ALVES, 1998).

Para avaliação da germinação, foi retirado um disco de 5 mm das bordas das colônias crescidas por 18 dias e transferido para um eppendorf com 1 mL de solução esterilizada de Tween[®] 80 a 0,01% e homogeneizado com agitação por 1 minuto em vórtex. Os conídios foram suspensos nessa solução aquosa onde permaneceram por uma hora para hidratação (NEVES *et al.*, 2001). Em seguida, 30 µL de suspensão de cada tratamento foram colocados sobre discos de meio ágar-ágar de 9 mm mantidos na parte superior de lâminas de microscopia esterilizadas, foram usados três discos para cada tratamento. Posteriormente, as lâminas foram individualizadas, acondicionadas em câmara úmida, feita de placa de Petri forrada com papel filtro umedecido, e incubadas por 15 horas em BOD à 25 °C, UR 70 ± 10%, com fotofase de 12 horas. Por meio de um microscópio com aumento de 40× foi realizada a observação dos conídios. A avaliação de germinação foi realizada pela contagem de 100 a 150 conídios em cada disco. Foram considerados como germinados os conídios com tubo germinativo maior que seu diâmetro (LUZ; FARGUES, 1997).

A compatibilidade dos inseticidas com o fungo entomopatogênico foi calculada pela fórmula do Índice Biológico (IB): $IB = [47 * CV + 43 * ESP + 10 * GER] / 100$, onde CV é a porcentagem de crescimento vegetativo da colônia fúngica em relação ao controle; ESP é a porcentagem de esporulação de colônias em relação ao controle; GER é a porcentagem de germinação de conídios em relação ao controle. De acordo com os valores obtidos de IB, os inseticidas foram classificados como compatível ($IB > 66$), moderadamente tóxico ($42 \leq IB \leq 66$) e tóxico ($IB < 42$) (ROSSI-ZALAF *et al.*, 2008).

2.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey à 5%. Quando a interação ou efeito das doses foram significativos pelo teste F estabeleceu-se regressões.

3 RESULTADOS

Os isolados de *M. anisopliae* crescidos em meio de cultura contendo diferentes concentrações de inseticidas, obtiveram comportamento distintos para o crescimento vegetativo ao longo do período de incubação (Figura 1 e 2).

O crescimento dos isolados de *M. anisopliae* foi estimulado durante o período de incubação quando expostos ao inseticida deltametrina (Apêndice A e B). Todas as doses desse inseticida estimularam o crescimento do isolado ISO 01, sendo observado distanciamento das curvas de crescimento em relação ao controle. A dose 16,67 mg L⁻¹ propiciou maior estímulo no crescimento dos isolado ISO 02 e ISO 03, sendo observado um distanciamento das demais curvas (Figura 1).

As concentrações do óleo de neem reduziram o crescimento dos três isolados de *M. anisopliae*, sendo observada tendência de distanciamento das curvas de crescimento para a do controle com o aumento da concentração do neem, o que indica que esses isolados são sensíveis a esse inseticida (Figura 2).

Ocorreram diferenças ($p < 0,05$) no crescimento vegetativo de *M. anisopliae* aos 18 dias de incubação. O inseticida deltametrina estimulou o crescimento dos isolados e apresentou compatibilidade com o fungo em todas as doses testadas em laboratório. Já o neem foi prejudicial ao crescimento dos isolados de *M. anisoplie*, sendo moderadamente compatível quando expostos nas maiores concentrações (Tabelas 1 e 2).

O crescimento vegetativo aos 18 dias apresentou diferenças ($p < 0,05$) entre as doses do inseticida deltametrina e entre os isolados de *M. anisopliae*. A dose de 66,66 mg L⁻¹ de deltametrina proporcionou um aumento de 55,34% no crescimento do isolado ISO 01, em relação ao controle, sendo maior que os demais isolados. O crescimento vegetativo dos isolados ISO 02 e ISO 03 foi estimulado pela dose de 16,67 mg L⁻¹. As demais doses não diferiram (Tabela 1).

O crescimento das colônias dos isolados ISO 02 e ISO 03 foi reduzido na concentração de 3,00% do neem, diferindo dos demais tratamentos. O isolado ISO 01 não teve seu crescimento afetado quando exposto a esse inseticida (Tabela 1).

Figura 1 - Crescimento vegetativo dos isolados ISO 01 (a), ISO 02 (b) e ISO 03 (c) de *Metarhizium anisopliae* em meio de cultura contendo diversas doses de deltametrina.

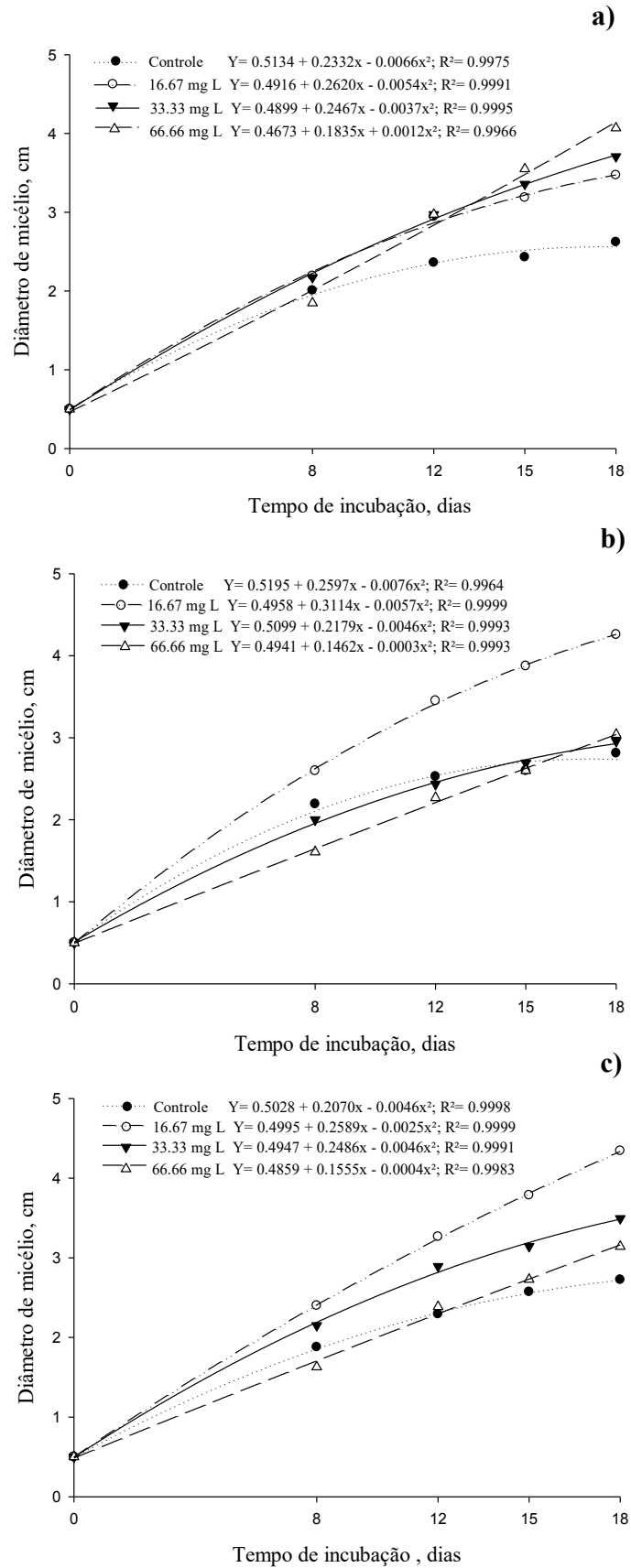


Figura 2 - Crescimento vegetativo dos isolados ISO 01 (a), ISO 02 (b) e ISO 03 (c) de *Metarhizium anisopliae* em meio de cultura contendo diversas concentrações de neem.

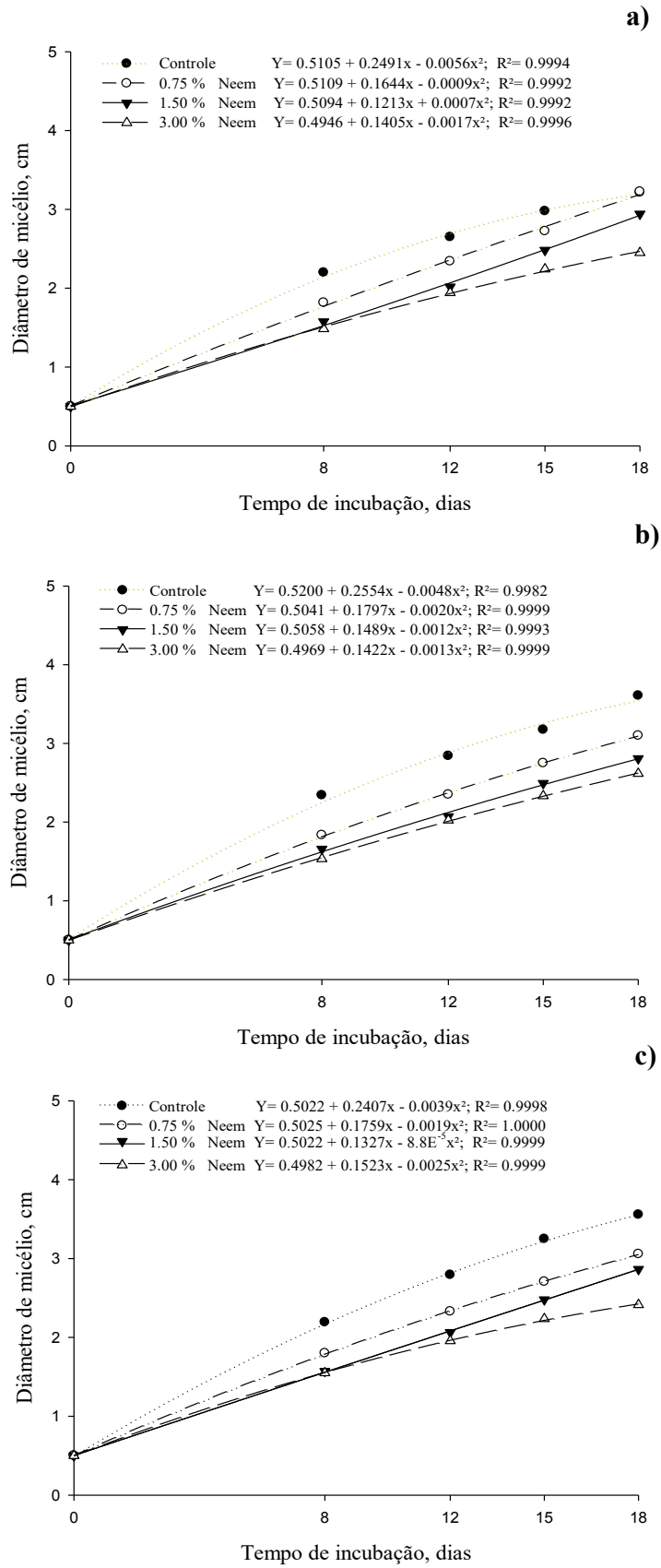


Tabela 1 - Crescimento micelial (Cresc.), esporulação e germinação (Germ.) de isolados do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* cultivados em meio de cultura contaminado com diversas doses/concentrações dos inseticidas deltametrina e neem.

Inseticida	Dose/ Conc.	ISO 01			ISO 02			ISO 03		
		Cresc. (cm)	Esporulação 10 ⁶ cnds mL	Germ. (%)	Cresc. (cm)	Esporulação 10 ⁶ cnds mL	Germ. (%)	Cresc. (cm)	Esporulação 10 ⁶ cnds mL	Germ. (%)
Deltametrina (mg L ⁻¹)	Controle	2.62 b A	18.24 a A	83.35 ab A	2.81 b A	1.76 a B	72.44 a A	2.73 b A	21.92 a A	86.87 a A
	16.67	3.47 ab A	28.00 a A	88.62 a A	4.26 a A	3.60 a B	78.45 a A	4.34 a A	23.52 a A	73.51 a A
	33.33	3.71 ab A	16.16 a A	85.12 ab A	2.96 b A	8.00 a A	86.07 a A	3.49 ab A	18.48 a A	41.89 b B
	66.66	4.07 a A	29.12 a A	67.18 b A	3.04 b B	9.92 a B	56.59 a A	3.14 b B	25.68 a A	41.68 b A
Neem (%)	Controle	3.21 a A	18.32 a A	83.35 a A	3.61 a A	6.48 a A	72.44 a A	3.56 a A	12.24 a A	86.87 a A
	0.75	3.23 a A	15.04 a A	42.36 b A	3.10 ab A	6.96 a A	52.05 a A	3.06 ab A	13.44 a A	33.9 bc A
	1.5	2.94 a A	27.04 a A	71.67 a A	2.81 ab A	12.88 a A	45.58 a A	2.86 ab A	28.48 a A	56.8 ab A
	3	2.45 a A	5.36 a B	36.02 b A	2.62 b A	28.16 a A	27.68 a A	2.41 b A	6.48 a B	23.86 c A

Médias entre concentrações seguidas de letras iguais minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância e as médias entre isolados fúngicos seguidas de letras iguais maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância; Conc.: Concentração; cnds mL: Conídios por mL.

A produção de conídios não apresentou diferenças ($p < 0,05$) entre os tratamentos de ambos inseticidas. Entretanto, os isolados diferiram ($p < 0,05$), sendo o ISO 02 mais sensível a deltametrina na dose $66,66 \text{ mg L}^{-1}$ apresentando média de $9,92 \times 10^6$ conídios mL^{-1} , sendo sua produção de conídios menor em relação aos demais isolados. ISO 02 foi o isolado mais tolerante ao neem tendo uma produção de conídios maior em relação aos demais quando exposto a concentração de 3,00%, apresentando média de $28,16 \times 10^6$ conídios mL^{-1} (Tabela 1).

A presença dos inseticidas no meio de cultura reduziu a germinação dos isolados ISO 01 e ISO 03 de *M. anisopliae* (Tabela 1). Observou-se ainda um efeito dose-resposta com as maiores doses do inseticida deltametrina, provocando redução de 19,40% na germinação do isolado ISO 01, em relação ao controle, quando exposto a dose de $66,66 \text{ mg L}^{-1}$, e de 51,78 e 52,02% do isolado ISO 03 quando exposto as doses $33,33$ e $66,66 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente. A germinação na dose $33,33 \text{ mg L}^{-1}$ apresentou diferença ($p < 0,05$) entre os isolados de *M. anisopliae*, sendo o isolado ISO 03 o mais sensível ao deltametrina (Tabela 1).

A germinação dos isolados não foi afetada pelo neem quando expostos à concentração comercial de 1,50%. Entretanto, o isolado ISO 01 teve a germinação reduzida em 49,18 e 56,78%, em relação ao controle, quando exposto as concentrações de 0,75% e 3,00%. O isolado ISO 03 foi o mais sensível tendo uma redução de 72,53%, comparado ao controle, na maior concentração do neem (Tabela 1).

O inseticida deltametrina proporcionou os maiores valores de índices biológicos para os três isolados de *M. anisopliae*, sendo considerado compatível com o fungo entomopatogênico em todas as doses avaliadas (Tabela 2).

O inseticida botânico óleo de neem apresentou compatibilidade com o isolado ISO 02 de *M. anisopliae* em todas as concentrações. Entretanto, esse inseticida foi classificado como moderadamente tóxico aos isolados ISO 01 e ISO 03 na concentração de 3,00% (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores do Índice Biológico e classificação dos inseticidas deltametrina e neem quanto à toxicidade aos isolados do fungo *Metarhizium anisopliae* conforme as doses utilizadas.

Inseticida	Dose/ Conc.	ISO 01		ISO 02		ISO 03	
		IB	Classificação	IB	Classificação	IB	Classificação
Deltametrina (mg L ⁻¹)	Controle	100	-	100	-	100	-
	16.67	139	C	170	C	129	C
	33.33	115	C	257	C	101	C
	66.66	150	C	301	C	109	C
Neem (%)	Controle	100	-	100	-	100	-
	0.75	88	C	94	C	92	C
	1.5	115	C	128	C	144	C
	3	53	MT	225	C	57	MT

Conc.: Concentração; IB: Índice biológico (%); C: compatível; MT: moderadamente tóxico; T: tóxico.

4 DISCUSSÃO

O MIP vem tornando-se cada vez mais usual nas empresas, no intuito de controlar o ataque de insetos que causam prejuízos significativos na produção. Esse programa visa utilizar de forma integrada todas as técnicas de controle possíveis de forma ecologicamente correta e sustentável, visto que o objetivo não é erradicar o inseto do agroecossistema, mas sim manter a sua densidade populacional abaixo do nível de dano econômico (BORTOLOTTO *et al.*, 2015). Dessa forma, para maior eficiência no uso do MIP, existe a necessidade de avaliação prévia da compatibilidade de fungos entomopatogênicos com inseticidas químicos e botânicos.

O incremento no crescimento vegetativo e ausência de efeito negativo nos parâmetros reprodutivos dos isolados de *M. anisopliae*, em meio SDA contaminado por doses de deltametrina, demonstra compatibilidade desse inseticida com esse fungo entomopatogênico. Por outro lado, a redução no crescimento e germinação na concentração de 3,00% de neem, demonstra que esse inseticida é incompatível com esses isolados, sendo essa concentração classificada como moderadamente tóxica a *M. anisopliae*. O maior crescimento vegetativo dos isolados de *M. anisopliae* em contato com o inseticida deltametrina foi também observado para o isolado MA-7 de *M. anisopliae* quando exposto as concentrações 40 e 200 ppm, representando 0,004% e 0,02% de imidaclopride (SCHUMACHER; POEHLING, 2012). Tal estímulo pode ser explicado pela presença de

adjuvantes na formulação comercial (ANDERSON *et al.*, 1989). Adjuvantes atuam como abrasivos suaves e quebram aglomerações de conídios, que aumentam o número de propágulos, promovendo maior crescimento (MOHAN *et al.*, 2007). Também, pode ser decorrente da capacidade do fungo em degradar a molécula do ingrediente ativo e utilizá-la como fonte de carbono e nitrogênio. Diferenças de crescimento observadas entre os isolados podem ser explicadas por taxas diferentes de degradação das moléculas inseticidas e formas distintas de usos desses recursos posteriormente (TIXIER *et al.*, 2000; TAMAI *et al.*, 2002). Assim, o estímulo no crescimento microbiano em presença da deltametrina poderia ser uma sobrecompensação do fungo entomopatogênico ao enfrentar um ambiente estressante, que em resposta, aumenta o seu crescimento vegetativo (SANTOS *et al.*, 2009; SCHUMACHER; POEHLING, 2012).

A redução do crescimento vegetativo dos isolados ISO 02 e ISO 03 observada na maior concentração (3,00%) do neem pode ser explicada por esse inseticida botânico apresentar efeito fungicida. Tendo sido observada redução no crescimento de *M. anisopliae* e *B. bassiana* ocasionada pela formulação comercial de 2% de neem (HIROSE *et al.*, 2001), inibição do crescimento de *B. bassiana* submetido a 1% do extrato aquoso de semente de neem (DEPIERI.; MARTINEZ; MENEZES, 2005), redução micelial de *M. anisopliae* em concentrações de 0,04 à 5% (MARQUES; MONTEIRO; PEREIRA *et al.*, 2004) e efeito inibitório no crescimento de *M. anisopliae* quando submetido à 50% da concentração recomenda pelo fabricante (SANTOS *et al.*, 2009). Os impactos observados em diferentes escalas de concentrações do neem podem ser devido a diferenças na extração da azadiractina dos produtos utilizados. Ainda, à alta variabilidade na quantidade de azadiractina presente no produto comercial, ou atribuída a variações genéticas inter e intraespecífica dos isolados (SCHUMACHER; POEHLING, 2012; FREGONESI; MOCHI; MONTEIRO, 2016).

A redução na produção de conídios ocasionada pela deltametrina e estímulo na produção gerada pelo neem, pode estar relacionada com a suscetibilidade de fungos entomopatogênicos aos produtos, que apresentam variabilidade entre diferentes inseticidas e inclusive em isolados de um mesmo fungo (OLIVEIRA *et al.*, 2018). A produção de conídios está ligada à capacidade do fungo entomopatogênico completar todo o ciclo dentro do hospedeiro e provocar infestações secundárias no campo (ALVES, 1998). Assim, selecionar isolados com maior potencial na produção de conídios e que sejam compatíveis com inseticidas, aumentam as chances do fungo se manter no campo e estender seu efeito residual, o que diminui a necessidade de novas aplicações.

A variação nos impactos dos inseticidas sobre a germinação dos isolados de *M. anisopliae* com o inseticida e a dose/concentração utilizada pode estar relacionada com a grande variabilidade genética existente em fungos entomopatogênicos (ROSSI-ZALAF *et al.*, 2008; CELESTINO *et al.*, 2018). O efeito dose-resposta observado com o aumento das doses/concentrações e a redução na germinação dos isolados ISO 01 e ISO 03, mostra maior sensibilidade dos isolados quando expostos ao neem. Por outro lado, a menor sensibilidade dos isolados expostos a deltametrina indica baixo impacto na germinação de *M. anisopliae*. Esse é um resultado promissor, tendo em vista que a germinação dos conídios é um aspecto biológico importante para virulência do patógeno, pois corresponde a etapa inicial da epizootia, sendo o sucesso na infecção do hospedeiro dependente da germinação (ALVES, 1998; NEVES *et al.*, 2001; PIRES *et al.*, 2010). Resultados semelhantes foram obtidos em estudo com o isolado MA-K de *M. anisopliae* que teve pouco efeito sobre a germinação quando expostos a permetina na concentração de 200 ppm representando 0,02% desse inseticida (SCHUMACHER; POEHLING, 2012). Isso pode ser um indicativo de que piretroides não causam efeitos significativos à germinação de *M. anisopliae*, sendo possível o uso em conjunto no manejo de pragas sem prejudicar a virulência do patógeno.

A redução da germinação dos isolados expostos a maior concentração do neem (3,00%), pode ser atribuída à composição do produto. Em estudo com fungos entomopatogênicos *M. anisopliae*, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Paecilomyces fumosoroseus* (Wise) Brown e Smith, expostos ao neem na concentração de 5%, a germinação não foi afetada (MARQUES; MONTEIRO; PEREIRA, 2004). Nessa situação, o produto testado não seria indicado para uso conjunto com os isolados de *M. anisopliae* ISO 01 e ISO 03, pois com menor germinação de conídios em campo, o potencial para o fungo infectar insetos será reduzido (SILVA *et al.*, 2012). Já o neem na concentração comercial não prejudicou a germinação dos isolados de *M. anisopliae* corroborando com outros estudos com o mesmo fungo entomopatogênico, que não tiveram efeito negativo na germinação, quando expostos a concentração comercial de neem (PIRES *et al.*, 2010; SCHUMACHER; POEHLING, 2012). Dessa forma, a dose comercial do neem poderá ser utilizada em combinação com *M. anisopliae* no campo, mantendo taxas adequadas de germinação, colonização do inseto-praga e provocando a patologia mesmo em presença desse inseticida botânico.

A compatibilidade do inseticida deltametrina com os isolados de *M. anisopliae* demonstra a capacidade de serem utilizados como estratégia conjunta no manejo integrado de

pragas. Resultados semelhantes foram obtidos em estudo com os inseticidas deltametrina, fenpropatrina (Meothrin 300), betacyflutrin e permetrina, todos pertencentes ao grupo químico dos piretroides, que apresentaram compatibilidade com os fungos entomopatogênicos *B. bassiana* e *M. anisopliae* (TAMAI *et al.*, 2002; SCHUMACHER; POEHLING, 2012). Essa compatibilidade é essencial na preservação dos agentes microbianos, e ainda pode contribuir na melhoria do potencial do fungo como agente de controle, visto que algumas substâncias sintéticas podem provocar estresse no inseto, facilitar a infecção fúngica e acelerar a proliferação da doença (ALVES, 1998; DAMIN *et al.*, 2011).

A variabilidade genética dos isolados pode ter sido o fator determinante para as diferentes classificações de compatibilidade com o neem na maior concentração (CELESTINO *et al.*, 2018). A incompatibilidade do neem com isolados de fungos entomopatogênicos *M. anisopliae* e *B. bassiana* também foi encontrada em outros estudos com neem a 2% da dose recomendada (HIROSE *et al.*, 2001), óleo de neem emulsionável nas concentrações 0,5; 1,0 e 1,5% (DEPIERI *et al.*, 2005) e com o produto comercial Neemseto® na concentração de 0,5% (ARAÚJO Jr; MARQUES; OLIVEIRA, 2009). Entretanto, nas concentrações 0,00; 0,75 e 1,50% os valores encontrados do IB foram classificados como compatíveis com todos os isolados, o que corrobora com resultados obtidos com isolados de *M. anisoplie* expostos ao produto NeemAzal nas concentrações 0,32; 1,6; 8,0; 40 e 200 ppm, representado $3,2 \times 10^{-5}$; $1,6 \times 10^{-4}$; 8×10^{-4} ; 0,004 e 0,02% desse inseticida botânico (SCHUMACHER; POEHLING, 2012). Dessa forma, inseticidas a base de neem devem ser utilizados com restrições, pois podem afetar os parâmetros reprodutivos de fungos entomopatogênicos e apresentar incompatibilidade, o que dependerá da concentração e do produto utilizado.

A preservação dos fungos entomopatogênicos em campo é essencial para equilíbrio da população de insetos pragas. Os estudos *in vitro* permitem alta exposição desses agentes microbianos à ação de inseticidas e, quando comprovada a inocuidade do produto em laboratório espera-se um menor efeito em situação de campo devido aos vários fatores que dificultam a exposição ao microrganismo (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Assim, a escolha de isolados compatíveis com inseticidas em ensaios *in vitro*, pode garantir maior sucesso na estratégia conjunta quando forem submetidos em situação de campo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de conídios de *M. anisopliae* não foi afetada pelos inseticidas deltametrina e neem. O efeito de fungitoxicidade dos inseticidas foi dependente do isolado desse fungo e da dose/concentração utilizada do inseticida.

A associação do inseticida deltametrina com *M. anisoplie* estimulou o crescimento dos isolados. Esse inseticida foi compatível com o fungo entomopatogênico em todas as doses avaliadas. Isso possibilita uso simultâneo desses agentes em programas de MIP.

O aumento na concentração do óleo de neem interferiu no desenvolvimento e reprodução de *M. anisopliae*. De acordo com o teste de compatibilidade *in vitro*, os isolados desse fungo apresentaram potencial de associação com o inseticida botânico na dose comercial. Entretanto, em concentrações maiores o neem apresentou toxicidade moderada, não sendo recomendado uso simultâneo com o fungo entomopatogênico *M. anisoplie*.

REFERÊNCIAS

- ABIDIN, A. F.; EKOWATI, N.; RATNANINGTYAS, N. I. Compatibility of insecticides with entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. **Scripta Biologica**, v. 4, n. 4, p. 273-279, 2017.
- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba, FEALQ, p. 1163, 1998.
- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. Manole. ed. Piracicaba, p. 407, 1986.
- ANDERSON, T. E. *et al.* Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): effects of combinations of *Beauveria bassiana* with insecticides. **Journal of Economic Entomology**, v. 82, n. 1, p. 83-89, 1989.
- ARAUJO JR, J. M.; MARQUES, E. J.; OLIVEIRA, J. V. Potencial de isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* e do óleo de nim no controle do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 4, p. 520-525, 2009.
- BORTOLOTTI, O. C. *et al.* The use of soybean integrated pest management in Brazil: a review. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 25-32, 2015.
- CELESTINO, F. N. *et al.* Compatibilidade *in vitro* entre *Beauveria bassiana* e o óleo de mamona. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 4, 2018.
- DAMIN, S. *et al.* Ação de fungicidas sobre o crescimento do fungo entomopatogênico *Metarhizium sp.* **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, v. 9, n. 1, p. 41-49, 2011.

- DA COSTA, V. H. D. *et al.* *Nomuraea rileyi* (Hypocreales: Clavicipitaceae) in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae in Brazil. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 2, p. 796-798, 2015.
- DELEITO, C. S. R.; BORJA, G. E. M. Nim (*Azadirachta indica*): uma alternativa no controle de moscas na pecuária. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 28, n. 6, p. 293-298, 2008.
- DEPIERI, R. A.; MARTINEZ, S. S.; MENEZES JR, A. O. Compatibility of the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycetes) with extracts of neem seeds and leaves and the emulsible oil. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 601-606, 2005.
- ECHEGARAY, E. R. *et al.* *Potato psyllid* (Hemiptera: Triozidae) response to insecticides under controlled greenhouse conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 1, p. 142-149, 2016.
- FRANÇA, Í. W. *et al.* Effects of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. on the predatory stinkbug *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 349-356, 2006.
- FRANCESENA, N.; SCHNEIDER, M. I. Selectivity assessment of two biorational insecticides, azadirachtin and pyriproxyfen, in comparison to a neonicotinoid, acetamiprid, on pupae and adults of a Neotropical strain *Eretmocerus mundus* Mercet. **Chemosphere**, v. 206, p. 349-358, 2018.
- FREGONESI, A. F.; MOCHI, D. A.; MONTEIRO, A. C. Compatibilidade de isolados de *Beauveria bassiana* a inseticidas, herbicidas e maturadores em condições de laboratório. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 83, p. 01-08, 2016.
- HIROSE, E. *et al.* Effect of biofertilizers and neem oil on the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 44, n. 4, p. 419-423, 2001.
- LUZ, C.; FARGUES, J. Temperature and moisture requirements for conidial germination of an isolate of *Beauveria bassiana*, pathogenic to *Rhodnius prolixus*. **Mycopathologia**, v. 138, n. 3, p. 117-125, 1997.
- MARQUES, R. P.; MONTEIRO, A. C.; PEREIRA, G. T. Crescimento, esporulação e viabilidade de fungos entomopatogênicos em meios contendo diferentes concentrações do óleo de Nim (*Azadirachta indica*). **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1675-1680, 2004.
- MAYERHOFER, J. *et al.* A species-specific multiplexed PCR amplicon assay for distinguishing between *Metarhizium anisopliae*, *M. brunneum*, *M. pingshaense* and *M. robertsii*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 161, p. 23-28, 2019.
- MOHAN, M. C. *et al.* Growth and insect assays of *Beauveria bassiana* with neem to test their compatibility and synergism. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, n. 10, p. 1059-1069, 2007.
- NEVES, P. M. O. J. *et al.* Compatibility of entomopathogenic fungi with neonicotinoid insecticides. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2001.

- NISHI, O.; SATO, H. Species diversity of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. flavoviride* species complexes isolated from insects in Japan. **Mycoscience**, v. 58, n. 6, p. 472-479, 2017.
- OLIVEIRA, R. P.; PESSOA, L. G. A.; LOUREIRO, E. S.; OLIVEIRA, M. P. Compatibilidade de inseticidas utilizados no controle da mosca branca em soja com *Beauveria bassiana*. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 4, p. 88-93, 2018.
- PEREIRA, E. S.; CALDEIRA, Z. V.; SOARES, M. A. Manejo integrado de pragas na eucaliptocultura: inseticidas e parasitoides são compatíveis? **Agri-Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2016.
- PIRES, L. M. *et al.* Selection of isolates of entomopathogenic fungi for controlling *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and their compatibility with insecticides used in tomato crop. **Neotropical Entomology**, v. 39, n. 6, p. 977-984, 2010.
- ROSSI-ZALAF, L. S. *et al.* Interação de microrganismos com outros agentes de controle de pragas e doenças. **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba, FEALQ, p. 270-302, 2008.
- SANTOS, Á. B. S. *et al.* Efeito fungitóxico do óleo de nim sobre *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* e *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, 2009.
- SCHUMACHER, V.; POEHLING, H. M. In vitro effect of pesticides on the germination, vegetative growth, and conidial production of two strains of *Metarhizium anisopliae*. **Fungal Biology**, v. 116, n. 1, p. 121-132, 2012.
- SILVA, R. A. *et al.* Compatibility of conventional agrochemicals used in rice crops with the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Scientia Agricola**, v. 70, n. 3, p. 152-160, 2013.
- TAMAI, M. A. *et al.* Toxicidade de produtos fitossanitários para *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 69, n. 3, p. 89-96, 2002.
- TAN, Q. G.; LUO, X. D. Meliaceous limonoids: chemistry and biological activities. **Chemical Reviews**, v. 111, n. 11, p. 7437-7522, 2011.
- TIXIER, C. *et al.* Fungal biodegradation of a phenylurea herbicide, diuron: structure and toxicity of metabolites. **Pest Management Science**, v. 56, n. 5, p. 455-462, 2000.
- ZANUNCIO, J. C. *et al.* Toxic effects of the neem oil (*Azadirachta indica*) formulation on the stink bug predator, *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Scientific Reports**, v. 6, p. 30261, 2016.

ARTIGO II

COMPATIBILIDADE DE *Metarhizium anisopliae* (METSCH.) SOROK. E SELETIVIDADE DE DELTAMETRINA E NEEM AO PERCEVEJO PREDADOR *Podisus sagitta* (FAB.) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

RESUMO

A adoção de métodos complementares no manejo integrado de pragas - MIP pode contribuir e aumentar a eficiência no controle de insetos. Entretanto, é importante verificar a compatibilidade desses métodos de controle, pois podem não ser seletivos aos inimigos naturais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar, os efeitos causados pelo fungo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, e pelos inseticidas deltametrina e óleo de neem, sobre o desenvolvimento e a capacidade reprodutiva do predador *Podisus sagitta* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). Ninfas de terceiro estágio com 24 horas de idade foram tratadas topicamente com 1,0 µL das suspensões de *M. anisopliae* nas concentrações de 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹, e com soluções dos inseticidas deltametrina na dose de 33,33 mg L⁻¹ (25 mg i.a.) e óleo de neem na concentração de 1,5% (6000 ppm). Na fase de desenvolvimento foram avaliados diariamente a sobrevivência ninfal, duração dos estágios imaturos e o peso de fêmeas e machos adultos. Após emergência do adulto, estes foram individualizados em potes por 48 horas para maturação sexual, em seguida foram formados casais para avaliação diária das variáveis de reprodução. O fungo *M. anisoplie* melhorou a performance de desenvolvimento e reprodução do *P. sagitta*, sendo possível o uso conjunto desses organismos para controle de pragas. A deltametrina não foi seletiva ao percevejo, reduzindo o peso dos machos e o número de ovos por postura e por fêmea. O óleo de neem ocasionou a redução do número de ovos por fêmea. Esses resultados sugerem que a molécula sintética deltametrina e inseticidas botânicos à base de azadiractina podem afetar a biologia reprodutiva de *P. sagitta*. Investigações prévias dos efeitos destes inseticidas (sintético, botânico e microbiológico) em predadores são importantes para associação de métodos de controle em programas de MIP.

Palavras chaves: Asopinae, Controle Biológico, Entomopatógeno, Inimigo Natural, Inseticidas.

ARTICLE II

Metarhizium anisopliae (METSCH.) SOROK. COMPATIBILITY AND SELECTIVENESS OF DELTAMETHRIN AND NEEM TO PREDATOR PERCEPTION *Podisus sagitta* (FAB.) (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)

ABSTRACT

The adoption of complementary methods in integrated pest management - IPM can contribute and increase the efficiency in insect control. However, it is important to check the compatibility of these control methods, as they may not be selective to natural enemies. The objective of this work was to evaluate the effects of the fungus *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin and the insecticides deltamethrin and neem oil on the development and reproductive capacity of the predator *Podisus sagitta* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae). Three-hour, third-stage nymphs were treated topically with 1.0 μL of *M. anisopliae* suspensions at concentrations of 10^7 and 10^8 conidia.mL⁻¹, and with solutions of the insecticides deltamethrin at a dose of 33.33 mg L⁻¹ (25 mg ai) and 1.5% (6000 ppm) neem oil. In the development phase, nymphal survival, duration of immature stages and weight of adult females and males were evaluated daily. After adult emergence, these were individualized in pots for 48 hours for sexual maturation, and then couples were formed for daily evaluation of reproduction variables. The fungus *M. anisopliae* improved the development and reproduction performance of *P. sagitta*, being possible the joint use of these organisms for pest control. Deltamethrin was not selective to stinkbugs, reducing the weight of males and the number of eggs per posture and per female. Neem oil reduced the number of eggs per female. These results suggest that the synthetic molecule deltamethrin and botanical insecticides based on azadirachtin may affect the reproductive biology of *P. sagitta*. Previous investigations of the effects of these insecticides (synthetic, botanical and microbiological) on predators are important for the association of control methods in IPM programs.

Keywords: Asopinae, Biological Control, Entomopathogen, Natural Enemy, Insecticides.

1 INTRODUÇÃO

Os setores agrícola e florestal brasileiros são referências mundiais em produção e possuem contribuições expressivas na economia, com receita bruta anual total de R\$ 207,27 e R\$ 73,8 bilhões respectivamente (CONAB, 2019; IBÁ, 2018). Entretanto, existem alguns obstáculos e desafios para manter essa capacidade produtiva, como por exemplo, o ataque de insetos pragas que constituem um dos principais fatores limitantes à produção (MAFIA; MENDES; CORASSA, 2014; CHATTOPADHYAY; BANERJEE; MUKHERJEE, 2017).

O uso de produtos químicos sintéticos ainda tem sido a medida de controle mais utilizada, por ser de fácil aquisição e rápida ação (ECHEGARAY *et al.*, 2016). Dentre os inseticidas utilizados para controle de pragas, a deltametrina é destaque na classe dos piretroides, por possuir um amplo espectro de ação e não persistência no solo (ZANUNCIO *et al.*, 1992; VELÍSEK *et al.*, 2007). Atua nos canais de sódio das membranas dos neurônios, afetando o sistema nervoso periférico e central do inseto (PEREIRA; CALDEIRA; SOARES, 2016). Entretanto, possuem limitações, tais como a contaminação ambiental, incluindo do solo e da água, erupção de pragas, seleção de insetos resistentes, redução das populações de inimigos naturais e aumento dos custos de produção (PEREIRA *et al.*, 2011; SIEGWART *et al.*, 2015; CHATTOPADHYAY; BANERJEE; MUKHERJEE, 2017). Diante disso, há a necessidade de adoção de métodos de controle complementares que sejam menos impactantes ao meio ambiente (SIEGWART *et al.*, 2015), como o controle biológico microbiano e com macroorganismos e o controle químico a base de inseticidas botânicos (KRELL *et al.*, 2017; NAPOLEÃO *et al.*, 2013).

A azadiractina é o principal composto encontrado e extraído de sementes do neem, *Azadirachta indica* A. Juss (Sapindales: Meliaceae) que apresenta um grande potencial inseticida (CHAUDHARY *et al.*, 2017). Esse composto botânico pode provocar alterações comportamentais, ecdise incompleta, alterações morfológicas e afetar o desenvolvimento do inseto (FRANCESENA; SCHNEIDE, 2018).

O controle biológico com insetos predadores (macroorganismos) tem despertado o interesse de pesquisadores, sendo apontado como adequado no controle de pragas, por ser uma técnica menos agressiva ao ecossistema e inserida dentro do manejo integrado de pragas - MIP. Percevejos do gênero *Podisus* (Hemiptera: Pentatomidae: Asopinae) são inimigos naturais de grande importância para o equilíbrio populacional de vários insetos e de ocorrência natural em diversos ecossistemas (ZANUNCIO *et al.*, 2002; CASTRO *et al.*, 2013; MAGISTRALI *et al.*, 2014). A espécie *Podisus sagitta* (Fabricius) possui comportamento

generalista e ataca, principalmente, as formas imaturas de Coleoptera e Lepidoptera, sendo seu gênero importante controlador natural de lagartas desfolhadoras (DE CLERCQ; DEGHEELE, 1992; ZANUNCIO *et al.*, 2003; CASTRO *et al.*, 2012).

Outra técnica do controle biológico que vem ganhando espaço no mercado é a utilização de microrganismos entomopatogênicos, sendo o fungo *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin uma das espécies mais promissoras no controle biológico de diversas pragas agrícolas e florestais (ALVES, 1998; DE FARIA; WRAIGHT, 2007; NISHI; SATO, 2017). Esse microrganismo apresenta alta patogenicidade em diferentes espécies de pragas (GROTH *et al.*, 2017), utilizando uma combinação de enzimas para transpor a cutícula do inseto hospedeiro e acessar os nutrientes da hemocele (BUTT, 2002). Ainda, produz metabólitos secundários para suprimir o sistema imunológico do inseto durante o processo de colonização (VEY; MATHA; DUMAS, 2002; DUBOVSKIY *et al.*, 2013).

O emprego conjunto de fungos entomopatogênicos, predadores e inseticidas químico e botânico, pode propiciar maior eficácia na supressão das espécies pragas. Portanto, é importante verificar a compatibilidade desses métodos de controle, investigando os impactos da aplicação em insetos autóctones não alvos, como *P. sagitta*. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos causados pelo inseticida microbiano *M. anisopliae*, e pelos sintético deltametrina e botânico óleo de neem, em doses comerciais, sobre o desenvolvimento e a capacidade reprodutiva do predador *P. sagitta*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos - LCBI e de Fitopatologia - LF da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, em Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

2.1 Fungo entomopatogênico - Origem e Produção de Inóculo

Os isolados ISO 01, ISO 02 e ISO 03 de *M. anisopliae* foram obtidos da linhagem WP E9 de *M. anisopliae* por meio do produto comercial Metarril® WPE9, comercializado pela empresa Koppert Biological Systems.

Os isolados foram ativados com a deposição de esporos no centro das placas de Petri (100 mm) contendo meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose (SDA) e incubados em BOD à 25 °C, UR 70 ± 10%, com fotofase de 12 horas, por 15 dias. Com o auxílio de uma alça de Drigalski, a superfície da colônia dos isolados foi raspada e os conídios suspensos em água destilada esterilizada mais espalhante adesivo (Tween® 80 a 0,01%), em seguida foram

quantificados com o auxílio de câmara de Neubauer e um microscópio óptico, segundo metodologia adaptada de ALVES (1998). Após a quantificação, a concentração da suspensão foi ajustada para $1,0 \times 10^7$ e $1,0 \times 10^8$ conídios mL⁻¹.

2.2 Inseticidas

Os compostos utilizados foram o inseticida botânico óleo de Neem, produto comercial Sempre Verde Killer Neem[®], 6000 ppm e o inseticida sintético Decis 25 CE[®] (deltametrina, 25 g/l CE).

2.3 Insetos

Ovos de *P. sagitta* foram obtidos da criação desse predador mantida no LCBI da UFVJM, sendo coletados com algodão seco e acondicionados em placas de Petri de plástico (150 x 20 mm) contendo um chumaço de algodão no seu interior, umedecido diariamente com água destilada para manutenção da umidade. Após a eclosão, as ninfas foram alimentadas com pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum* (ZANUNCIO *et al.*, 1994).

2.4 Exposição de *P. sagitta* à deltametrina, óleo de neem, e *M. anisopliae*

Este bioensaio foi composto por cinco tratamentos, sendo o controle (solução estéril do espalhante adesivo Tween[®] 80 a 0,01%, mais água destilada); suspensões da mistura dos isolados ISO 01, ISO 02 e ISO 03 do fungo *M. anisopliae* nas concentrações 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹; a dose recomendada pelo fabricante de 33,3 mg L⁻¹ do inseticida deltametrina e a concentração recomendada de 1,5% do óleo de neem.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dez repetições, conduzido em sala climatizada sob as condições de temperatura no intervalo entre 23 e 27 °C, umidade relativa entre 60 e 80% e fotofase de 12 horas.

Ninfas de terceiro estágio, com 24 horas de idade de *P. sagitta*, foram tratadas topicamente com a deposição de 1,0 µL com as soluções dos tratamentos propostos. As aplicações das soluções foram feitas no dorso dos insetos com uma pipeta automática (DUBOVSKIY *et al.*, 2013). Após a aplicação, as ninfas foram transferidas para potes plásticos de 500 mL, onde permaneceram até a fase adulta. Cada repetição foi constituída por sete ninfas de mesma idade, que receberam água destilada, pupas de *T. molitor* e uma folha de eucalipto como suplementação alimentar fixada no tubo anestésico *ad libitum* (ASSIS JÚNIOR *et al.*, 1998; ZANUNCIO *et al.*, 2004; VIEIRA *et al.*, 2018). Os adultos recém-emergidos foram pesados em balança analítica, sexados pelo tamanho do corpo e aparência

externa da genitália. Posteriormente, foram individualizados em potes de 100 mL para maturação dos órgãos reprodutores durante 48 horas, acasalados e mantidos nas mesmas condições das ninfas, com um casal por pote e 10 repetições por tratamento. Diariamente avaliou-se: a sobrevivência ninfal, duração dos estádios imaturos, e após emergência o peso de fêmeas e de machos adultos oriundos das ninfas tratadas.

Para os tratamentos com suspensões de *M. anisopliae*, além da contagem e retirada dos insetos mortos, os indivíduos que apresentaram características de morte por infecção dos fungos foram transferidos para câmara úmida para observar a esporulação do fungo e confirmar sua mortalidade.

2.5 Reprodução de *P. sagitta*

As posturas de *P. sagitta* foram retiradas, diariamente, com chumaço de algodão e colocadas em placas de Petri, em seguida acondicionadas em sala climatizada nas mesmas condições anteriormente citadas.

As avaliações consistiram na obtenção das seguintes variáveis: pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição; número de posturas, número de ovos por postura e por fêmea; período embrionário; viabilidade dos ovos; número de ninfas eclodidas; longevidade de machos e fêmeas e Razão Sexual.

2.6 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), e quando significativos, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS

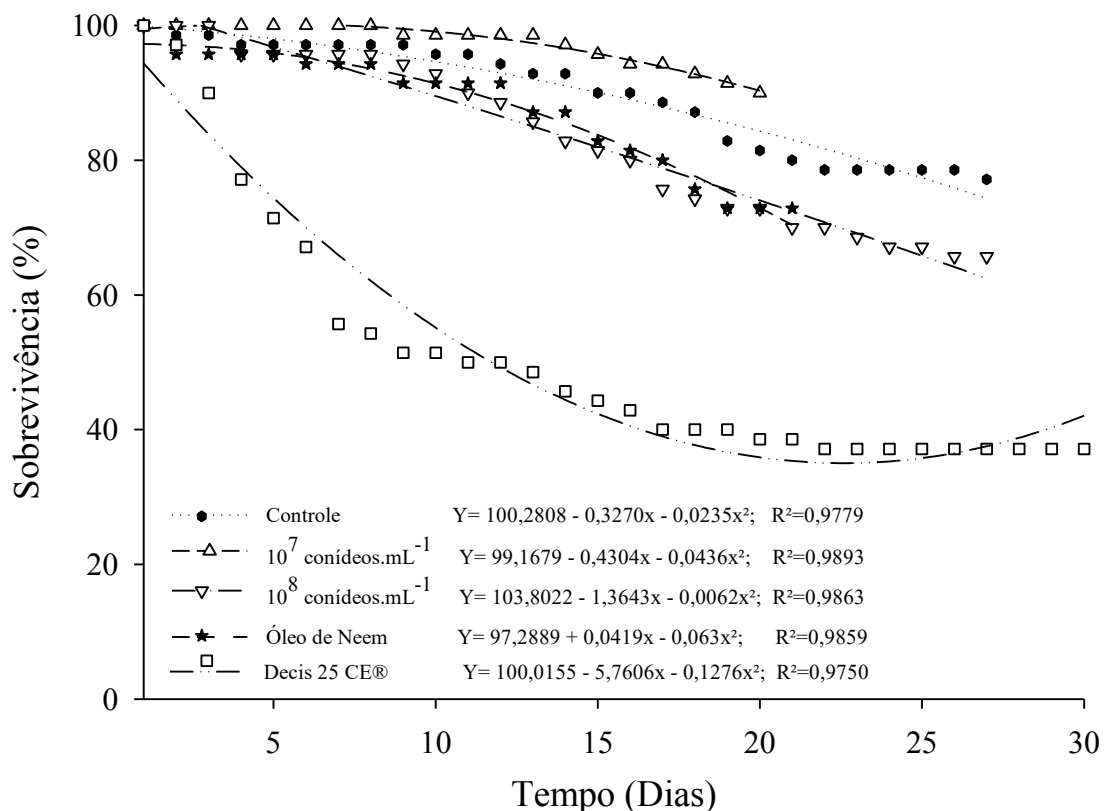
3.1 Desenvolvimento ninfal de *P. sagitta*

A curva de sobrevivência das ninfas de *P. sagitta* tratadas com deltametrina, 33,3 mg L⁻¹, apresentou comportamento diferente das demais, com alta mortalidade inicial estabilizando-se por volta dos 35%. As curvas dos demais tratamentos tiveram um comportamento similar, sendo menos sinuosas e apresentando número de mortes constantes ao longo do tempo (Figura 1).

As ninfas de *P. sagitta* tratadas com *M. anisopliae* na concentração 10⁷ conídios.mL⁻¹ apresentaram sobrevivência superior à aquelas do tratamento controle, ficando acima de 90%, durante os primeiros 20 dias após o tratamento. Ainda, foi o tratamento com

menor tempo entre o terceiro estágio ninfal (aplicação das soluções) e a emergência dos adultos, pois os insetos viraram adultos em até 20 dias (Figura 1).

Figura 1 - Sobrevivência de ninfas de terceiro instar de *Podisus sagitta* (Hemiptera: Pentatomidae) tratadas topicamente com fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* nas concentrações 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹; ao inseticida deltametrina - Decis 25 CE® na dose recomendada de 33,3 mg L⁻¹ e ao óleo de neem na concentração recomendada de 1,5% (25 ± 2 °C, 70 ± 10% UR e fotoperíodo de 12 horas).



A observação em câmara úmida comprovou que a morte dos insetos submetidos às suspensões fúngicas foi decorrente da patogenicidade do fungo *M. anisopliae*, sendo observada características morfológicas da doença provocada por esse entomopatógeno, apresentando esporulação de coloração verde escura, aspecto mumificado nos insetos mortos e hifas características do gênero (ALVES, 1998) (Figura 2 e 3).

O período ninfal não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, e as médias variaram de 30,50 a 37,60 dias (Tabela 1).

Apenas o período de desenvolvimento do terceiro estágio ninfal apresentou diferença significativa ($p < 0,05$). Ninfas submetidas ao fungo *M. anisopliae* na concentração 10^7 conídios.mL⁻¹ apresentaram duração média de 3,9 dias, inferior ao tratamento com deltametrina, com maior média, de 7,7 dias (Tabela 1).

Figura 2 - Ninfas de *Podisus sagitta* (Fabricius) mortas pelas suspensões dos isolados ISO 01, ISO 02 e ISO 03 de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin nas concentrações $1,0 \times 10^7$ e $1,0 \times 10^8$ conídios mL⁻¹. (A) Três dias após a morte, (B) cinco dias após a morte, (C) nove dias após a morte, (D) e (E) estrutura das hifas de *M. anisopliae*.

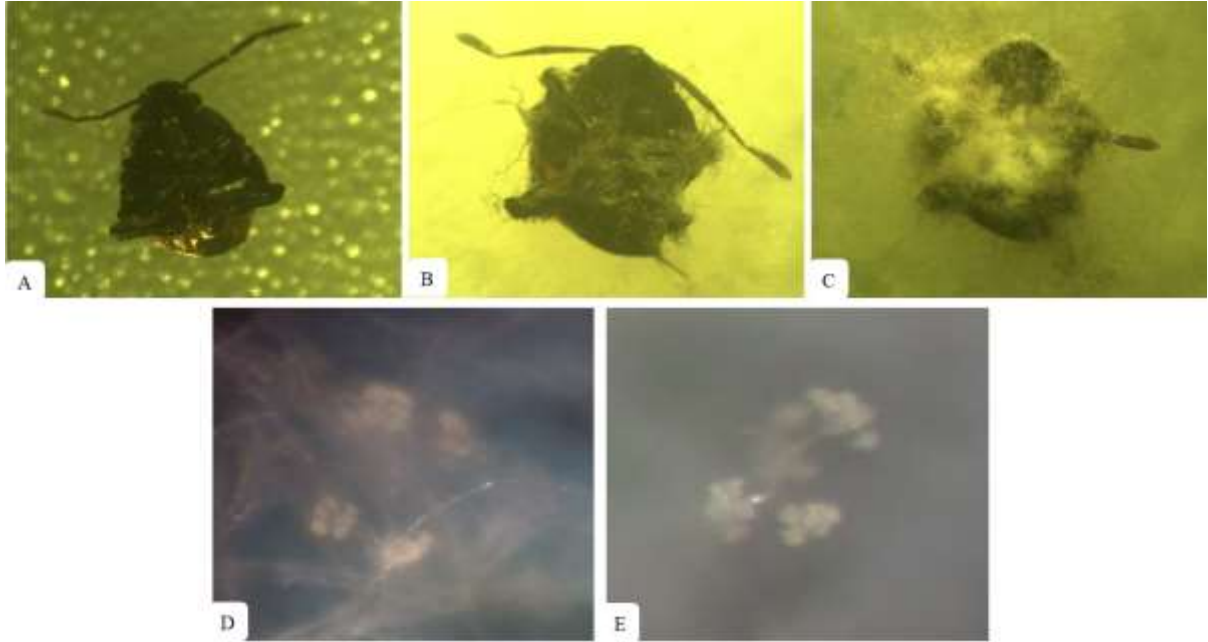


Figura 3 - (A) Nífa e (B) adulto recém emergido de *Podisus sagitta* (Fabricius) mortos pelas suspensões dos isolados ISO 01, ISO 02 e ISO 03 de *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin.

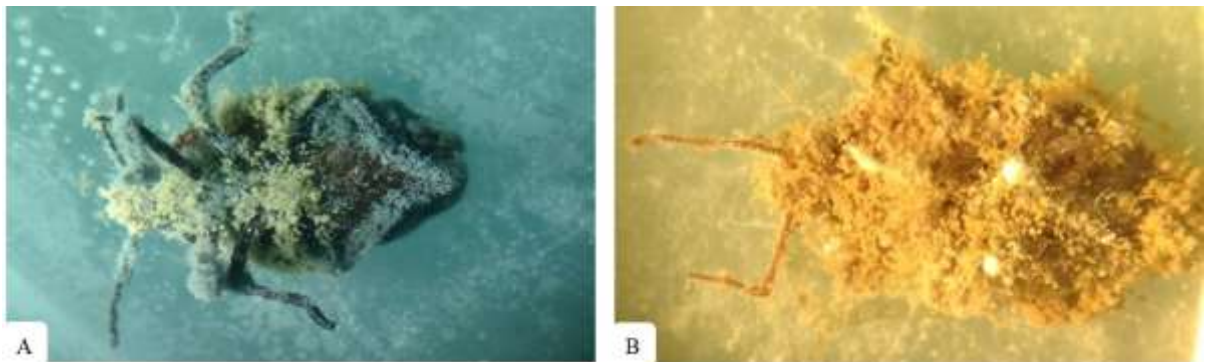


Tabela 1 - Duração em dias (médias \pm erro padrão) dos I, II, III, IV e V estádios e da fase ninfal de *Podisus sagitta* (Heteroptera: Pentatomidae) exposto ao fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* nas concentrações 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹; ao inseticida deltametrina (Decis 25 CE®) na dose recomendada de 33,3 mg L⁻¹ e ao óleo de neem na concentração recomendada de 1,5% (25 \pm 2 °C, 70 \pm 10% UR e fotoperíodo de 12 horas).

Estádios	Duração (dias)				
	Controle	10^7	10^8	Óleo de neem	Decis
I ^{ns}	2,40 \pm 0,16	2,40 \pm 0,31	2,00 \pm 0,21	2,10 \pm 0,1	2,20 \pm 0,2
II ^{ns}	5,00 \pm 0,73	6,20 \pm 0,95	5,10 \pm 0,35	5,60 \pm 0,54	5,10 \pm 0,46
III (aplicação)	5,70 \pm 0,76 ab	3,90 \pm 0,31 b	6,10 \pm 0,57 ab	6,20 \pm 1,22 ab	7,70 \pm 0,87 a
IV ^{ns}	8,10 \pm 0,64	7,70 \pm 1,16	10,50 \pm 0,97	8,30 \pm 1,26	8,90 \pm 1,26
V ^{ns}	14,20 \pm 1,13	10,30 \pm 0,79	13,90 \pm 1,28	12,00 \pm 0,49	10,50 \pm 1,40
Fase ninfal ^{ns}	35,40 \pm 1,40	30,50 \pm 1,65	37,60 \pm 1,71	34,20 \pm 2,10	34,40 \pm 2,90

Médias das variáveis seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

^{ns} - Não significativo.

O peso médio dos machos de *P. sagitta* na fase adulta foi reduzido a 38,47 mg, com aplicação de deltametrina no terceiro estágio ninfal, diferindo ($p < 0,05$) dos demais tratamentos (Figura 4). As fêmeas apresentaram médias de peso similares e variando de 51,94 a 66,02 mg (Figura 5).

Figura 4 - Peso de machos (médias \pm erro padrão) de *Podisus sagitta* (Hemiptera: Pentatomidae) expostos ao fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* nas concentrações 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹; ao inseticida deltametrina - Decis 25 CE[®] na dose recomendada (33,3 mg L⁻¹) e ao óleo de neem na concentração recomendada (1,5%) (25 \pm 2 °C, 70 \pm 10% UR e fotoperíodo de 12 horas).

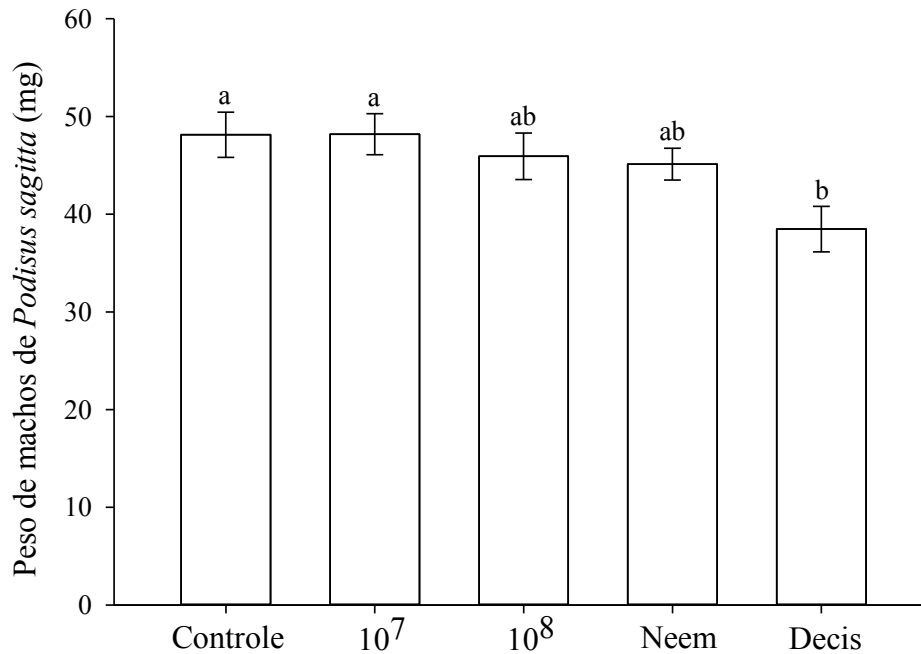
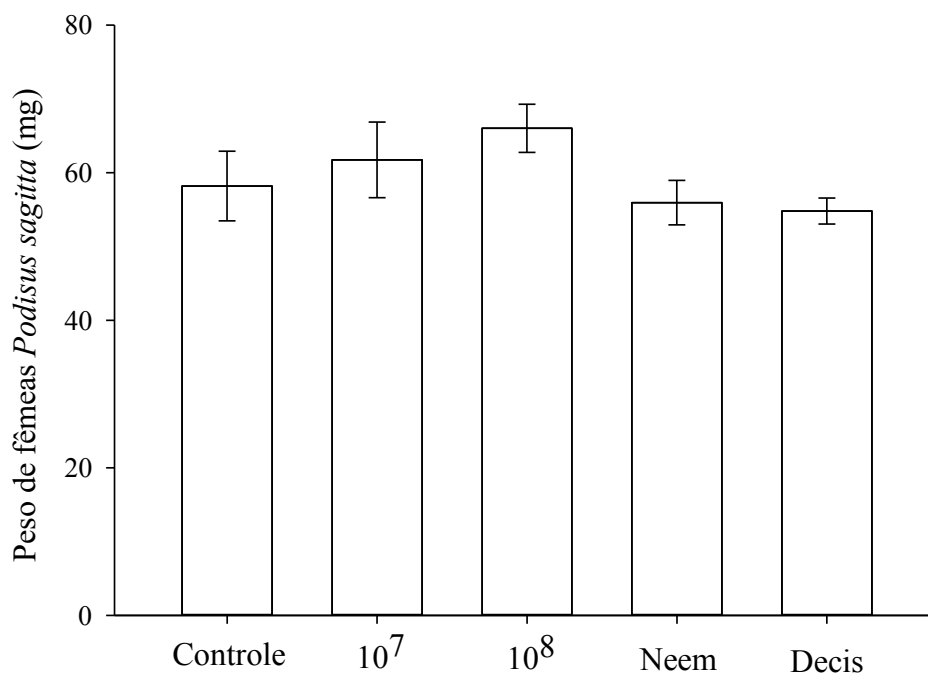


Figura 5 - Peso de fêmeas (médias \pm erro padrão) de *Podisus sagitta* (Hemiptera: Pentatomidae) expostas ao fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* nas concentrações 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹; ao inseticida deltametrina - Decis 25 CE[®] na dose recomendada (33,3 mg L⁻¹) e ao óleo de neem na concentração recomendada (1,5%) (25 \pm 2 °C, 70 \pm 10% UR e fotoperíodo de 12 horas).



3.2 Reprodução de *P. sagitta*

As variáveis biológicas pré-oviposição, números de ovos por postura e número total de ovos por fêmeas do percevejo *P. sagitta*, tratados com fungo *M. anisoplie*, deltametrina e óleo de neem diferiram ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey. As demais variáveis não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 2).

O período de pré-oviposição desse percevejo foi menor nos tratamentos com *M. anisoplie* nas concentrações de 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹, com médias de 2,20 e 2,30 dias respectivamente. Diferindo ($p < 0,01$) do tratamento com deltametrina, com média de 3,70 dias (Tabela 2).

O número de ovos por postura diferiu ($p < 0,05$) entre os tratamentos com fungo *M. anisopliae* na concentração 10^7 conídios.mL⁻¹ e com o inseticida deltametrina (33,3 mg L⁻¹). O contato com a deltametrina ocasionou a redução dos ovos por postura de *P. sagitta* com uma média de 10,27 ovos, e o fungo *M. anisoplie* nas concentrações de 10^7 propiciou o maior incremento, com média de 16,89 ovos por postura (Tabela 2).

O tratamento com fungo *M. anisoplie* na concentração de 10^7 conídios.mL⁻¹, diferiu ($p < 0,05$) dos tratamentos com os inseticidas deltametrina e neem. O número de ovos colocados por fêmea aumentou no tratamento com 10^7 conídios.mL⁻¹, apresentando a melhor performance com média de 491,20 ovos. Por outro lado, os tratamentos com deltametrina e neem reduziram o número total de ovos das fêmeas de *P. sagitta*, sendo as médias de 237,10 e 245,22 ovos, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 - Média (\pm erro padrão) das variáveis de reprodução de *Podisus sagitta* (Hemiptera: Pentatomidae) exposto ao fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* nas concentrações 10^7 e 10^8 conídios.mL⁻¹; ao inseticida deltametrina - Decis 25 CE® na dose recomendada (33,3 mg L⁻¹) e ao óleo de neem na concentração recomendada (1,5%) (25 \pm 2 °C, 70 \pm 10% UR e fotoperíodo de 12 horas).

Variáveis	Controle	10 ⁷	10 ⁸	Óleo de Neem	Decis
Pré-oviposição (Dias) **	2,56 \pm 0,29 ab	2,20 \pm 0,13 b	2,30 \pm 0,15 b	2,67 \pm 0,29 ab	3,70 \pm 0,52 a
Oviposição (Dias) ^{ns}	24,44 \pm 1,48	27,20 \pm 4,57	19,90 \pm 2,77	18,22 \pm 4,38	20,40 \pm 2,50
Pós-oviposição (Dias) ^{ns}	2,00 \pm 0,44	2,57 \pm 0,61	4,11 \pm 1,12	2,25 \pm 0,45	3,13 \pm 1,04
Número de Posturas ^{ns}	25,00 \pm 1,67	28,3 \pm 4,40	21,2 \pm 2,74	20,56 \pm 4,88	20,9 \pm 4,23
Nº Ovos por Postura *	16,12 \pm 1,66 ab	16,89 \pm 1,11 a	15,96 \pm 1,59 ab	12,79 \pm 1,89 ab	10,27 \pm 1,21 b
Nº Total de Ovos *	397,44 \pm 47,34 ab	491,20 \pm 78,13 a	325,40 \pm 47,24 ab	245,22 \pm 52,36 b	237,10 \pm 56,89 b
Período embrionário ^{ns}	4,52 \pm 0,44	4,29 \pm 0,17	4,41 \pm 0,13	4,33 \pm 0,12	4,5 \pm 0,61
Viabilidade dos Ovos ^{ns}	84,55 \pm 2,50	83,78 \pm 3,15	81,66 \pm 3,04	73,40 \pm 4,83	68,20 \pm 6,37
Longevidade das Fêmeas ^{ns}	28,20 \pm 2,88	33,20 \pm 4,92	27,90 \pm 3,15	24,70 \pm 4,03	28,70 \pm 2,47
Longevidade dos Machos ^{ns}	28,00 \pm 3,81	35,90 \pm 3,72	24,00 \pm 2,34	26,00 \pm 3,41	26,40 \pm 4,33
Razão Sexual ^{ns}	0,46 \pm 0,07	0,46 \pm 0,06	0,58 \pm 0,1	0,44 \pm 0,05	0,50 \pm 0,14

(ns) Não significativo; Médias das variáveis seguidas pela mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% (*) e a 1% (**).

4 DISCUSSÃO

A integração de métodos de controle é importante para minimizar os prejuízos causados na agricultura por insetos-pragas. Entre as bases para programas de MIP está a utilização de métodos seletivos e compatíveis, pois assim contribuem para a conservação de inimigos naturais presentes no agroecossistema (SILVA *et al.*, 2017). Dessa forma, para um bom estabelecimento e efetividade no uso do MIP, torna-se importante verificar a compatibilidade de inseticidas microbiano, químico e botânico ao predador autóctone *P. sagitta*.

A melhor performance no desenvolvimento ninfal e na biologia reprodutiva de *P. sagitta* quando expostas ao fungo *M. anisoplie*, demonstra que esses predadores tiveram capacidade de recuperação da patologia e investiram recursos energéticos para passar rapidamente ao estágio reprodutivo e deixar maior número de descendes. Entretanto, o alongamento do período ninfal e os efeitos negativos sobre o peso dos machos e a biologia reprodutiva das fêmeas de *P. sagitta*, expostas ao inseticida deltametrina na dose recomendada de 33,3 mg L⁻¹, demonstra sensibilidade do predador a esse inseticida. Também, a exposição ao neem na concentração comercial de 1,5%, pode afetar a fase reprodutiva das fêmeas, reduzindo o número de ovos desse inimigo natural. Já a curva de sobrevivência das ninfas de *P. sagitta* apresentou comportamento classificado como do tipo I, na qual a mortalidade dos indivíduos concentra-se em idades mais avançadas (PEARL, 1928; DEEVEY, 1947). A deltametrina foi o único tratamento que alterou o comportamento da curva de sobrevivência para o tipo III, com alta mortalidade inicial das ninfas, se estabilizando aos 20 dias, por volta dos 35% (PEARL, 1928; DEEVEY, 1947). Esse comportamento mostra que o predador não alvo, *P. sagitta* é suscetível à deltametrina, fato que corrobora com resultados obtidos com *Podisus nigrispinus* Dallas e *Supputius cincticeps* Stal (ambos Hemiptera: Pentatomidae), que sofreram 100% de mortalidade das ninfas, após seis e 11 dias respectivamente, quando expostos a concentração recomendada (50 mg a.i. mL⁻¹) de deltametrina no controle de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (DE CASTRO *et al.* 2013).

O melhor desempenho de ninfas e adultos de *P. sagitta* no tratamento com *M. anisoplie* na concentração 10⁷ conídios.mL⁻¹ contribuiu para redução da duração do terceiro estágio ninfal, pois o inseto conseguiu acumular reservas suficientes para mudar de estágio em menor tempo que os demais tratamentos. Isto diminui as chances do inseto ser predado ainda na fase imatura e de não alcançar o estágio reprodutivo. Em geral, percevejos são

naturalmente resistentes à infecção fúngica (SOSA-GÓMEZ; MOSCARDI, 1998) o que corrobora com os resultados desse ensaio com *P. sagitta*. Essa resistência pode estar associada aos ácidos graxos fungistáticos e enzimas fenoloxidasas presentes na cutícula do inseto, estas impedem a adesão e germinação de entomopatógenos, o que pode ter ajudado na defesa à penetração desse fungo (DUBOVSKIY *et al.*, 2013). O mesmo comportamento não foi encontrado para *P. nigrispinus*, que quando exposto à 10^7 conídios.mL⁻¹ de *M. anisopliae* apresentou mortalidade de 52% das ninfas (FRANÇA *et al.*, 2006). Esta diferença pode estar relacionada com o comportamento de defesa e a ação das enzimas e ácidos graxos, de cada espécie e ainda pelo uso de isolados distintos que podem ter ocasionado diferentes respostas de infecção (SHAHID *et al.*, 2012).

A maior duração do estágio ninfal de *P. sagitta* expostos ao inseticida deltametrina pode estar diretamente relacionado à redução da alimentação, sendo necessária a maior permanência dos indivíduos naquele instar para alocação de reservas necessárias para troca de estágio. Os piretroides em geral apresentam largo espectro de ação, além da ação por contato, o que pode ocasionar danos em qualquer estágio de vida do percevejo predador e apresentar menor seletividade para espécies não alvos (STECCA *et al.*, 2017; CASTRO *et al.*, 2013).

Já o peso similar de fêmeas de *P. sagitta* expostas à deltametrina indica baixo impacto desse produto para esses indivíduos. Esse pode ser um resultado promissor devido à fecundidade possuir correlação positiva com a massa corpórea do organismo, pois fêmeas mais pesadas tendem a deixar maior número de descendentes (OLIVEIRA *et al.*, 2005; DE BORTOLI *et al.*, 2016; ZANUNCIO *et al.*, 2018). O peso dos indivíduos é o fator primordial para um bom desempenho na reprodução de percevejos predadores (LUNDGREN, 2011). Outra característica importante para o sucesso reprodutivo é a preferência para cópula, e em estudo com *P. nigrispinus* foi constatada maior preferência dos machos por fêmeas mais pesadas, pois as desnutridas possuem menor capacidade reprodutiva o que compromete a perpetuação da espécie (PEREIRA *et al.*, 2017). Dessa forma, é necessário que as fêmeas possuam um bom *fitness*, propiciando maior atração de machos para o acasalamento e melhores condições nutricionais, aumentando as chances do sucesso reprodutivo da espécie.

O baixo peso dos machos expostos a deltametrina também pode ter contribuído com o efeito negativo na biologia reprodutiva da espécie *P. sagitta*. A qualidade dos machos também é importante para o sucesso da prole, pois fêmeas virgens colocam ovos inférteis, sendo necessário machos bem nutridos e ativos para tornar a fêmea mais receptiva ao acasalamento (DE CLERCQ *et al.*, 1998; PEREIRA *et al.*, 2017). Ainda indica que machos

de *P. sagitta* são mais sensíveis a deltametrina, o que pode comprometer os parâmetros reprodutivos, pois após o acasalamento as fêmeas podem esgotar os espermatozoides armazenados em seu trato reprodutor sendo necessária inseminações adicionais, e a subnutrição dos machos pode ocasionar escassez de espermatozoides (DE BORTOLI *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2011) e ainda alongar o período de aceitação das fêmeas (PEREIRA *et al.*, 2017). Assim, a aplicação de deltametrina não é recomendada em áreas com esse inimigo natural, pois afeta o estado nutricional dos machos diminuindo a atração das fêmeas para cópula e dificultando o armazenamento de reservas necessárias para produção de gametas, o que compromete sua reprodução e, conseqüentemente, a sua permanência em campo.

O menor período de pré-oviposição de *P. sagitta* originários de ninfas expostas ao fungo *M. anisoplie* em relação aquelas expostas à deltametrina, indica uma maior alocação de energia para reprodução. Além disso, períodos de pré-oviposição mais curtos promovida pela patologia, proporcionam melhor desempenho reprodutivo, maior número de posturas e de ovos (MENEZES *et al.*, 2014). Esse encurtamento do período de pré-oviposição pode estar relacionado ao bom estado nutricional das ninfas mesmo expostas ao fungo, que obtiveram reservas suficientes para mudança rápida de estágio e, assim, puderam antecipar a oviposição. Quando o fungo entra em contato com a cutícula do inseto, as enzimas antifúngicas são ativadas para combater o patógeno (DUBOVSKIY *et al.*, 2013). Possivelmente, essa ativação provocou um estresse no metabolismo do predador e em resposta a alocação de energia para aceleração de seu ciclo.

O percevejo *P. sagitta* inibiu satisfatoriamente o efeito patogênico do fungo *M. anisoplie*, pois manteve a sobrevivência da população exposta acima de 80% e obteve os melhores resultados reprodutivos neste tratamento, com maior produção de ovos por fêmea. Esse resultado difere dos encontrados em ninfas de *P. nigrispinus*, que tiveram a produção de ovos das fêmeas afetada quando alimentadas com presas tratadas com *M. anisopliae* (FRANÇA *et al.*, 2006). Também, foi constatado que o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Vuil.) afeta negativamente a reprodução de *P. nigrispinus* quando submetido tratamento tópico das ninfas (HOLTZ, 2009). Isso porque, geralmente, o investimento em defesa provoca redução da fecundidade (DUBOVSKIY *et al.*, 2013), e ainda o fungo pode ser específico e infectar apenas um determinado tipo de hospedeiro (THUNGRABEAB; TONGMA, 2007). Dessa forma, o uso em conjunto de *M. anisopliae* com o *P. sagitta* em

programas de MIP é viável, pois o percevejo tem boa capacidade de recuperação da patologia e apresenta estímulos provocados por realocações energéticas no ciclo e reprodução.

Os inseticidas deltametrina e neem ocasionaram efeitos negativos na biologia reprodutiva de *P. sagitta*. O aumento significativo no período de pré-oviposição das fêmeas de *P. sagitta*, expostas ao inseticida deltametrina no terceiro estágio ninfal, pode estar relacionado à redução da capacidade de predação dos machos na fase imatura, resultando em baixo peso, e como existe a preferência das fêmeas por machos mais pesados para cópula (PEREIRA *et al.*, 2017), possivelmente, essas não foram receptivas ao acasalamento. Esse alongamento no período de pré-oviposição corrobora com resultados obtidos com fêmeas de *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) expostas a deltametrina na dose de 12,5 mg i.a. L⁻¹ (MOHAGHEGH; CLERCQ; TIRRY, 2000). No entanto, em ninfas de terceiro estágio de *S. cincticeps* expostas as doses $5,74 \times 10^{-3}$ e $5,74 \times 10^{-2}$ ppb de permetrina, o período de pré-oviposição foi mais curto (ZANUNCIO *et al.*, 2003). Isso demonstra que o efeito de piretroides é dependente da espécie de inseto e da molécula utilizada, pois percevejos predadores possuem sensibilidades distintas a esses inseticidas. O que demonstra a necessidade de investigação dos efeitos de piretroides em outros inimigos naturais.

A redução do número de ovos por postura e por fêmea de *P. sagitta*, expostas ao inseticida deltametrina no terceiro estágio ninfal, indica que piretroides podem afetar a reprodução deste predador. Embora o Decis 25 CE[®] seja classificado como mediamente tóxico (classe toxicológica III) (MAIA *et al.*, 2018), estudos têm demonstrado que piretroides são tóxicos a artrópodes benéficos (CROFT 1990; CORDEIRO *et al.* 2010). Assim como constatado em resultados com *P. nigrispinus*, que também tiveram a redução da produção de ovos quando alimentados com lagartas de *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) expostas a esse produto químico (DE CASTRO *et al.*, 2015). Esses resultados demonstram que a reprodução de *P. sagitta* é afetada por inseticidas neurotóxicos de amplo espectro como a deltametrina, e seu uso possui grande impacto na redução populacional desse predador.

A redução no número de ovos por fêmea decorrente da exposição das ninfas de *P. sagitta* ao neem na concentração recomendada de 1,5%, pode estar relacionada com a inibição da ovogênese e síntese de ecdisteroides ovarianos decorrente do efeito da azadiractina (CHAUDHARY *et al.*, 2017). Entretanto, não foi constatada interferência na oviposição do predador *Euborellia annulipes* Lucas (Dermaptera: Anisolabididae) quando submetido as concentrações 0,00; 0,50; 2,25 e 5,00% de neem (produto comercial Nim-I-GO) no estágio ninfal (COSTA *et al.*, 2007). Espécies diferentes de inimigos naturais e concentrações ou

formas de extrações de azadiractina diferentes podem provocar respostas distintas em testes toxicológicos.

Os resultados desse estudo sugerem que inseticidas neurotóxicos de largo espectro de ação e inseticidas botânicos podem afetar a biologia reprodutiva de *P. sagitta*. Portanto, é necessária uma investigação prévia de seus efeitos em organismos autóctones não alvos antes de utilizá-los conjuntamente em programas de MIP.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A associação do inseticida microbiano *M. anisoplie* com o percevejo predador *P. sagitta* provocou melhorias no desenvolvimento e reprodução desse inseto, e boa capacidade de recuperação da patologia. Isso possibilita uso simultâneo desses agentes em programas de manejo integrado de pragas.

O inseticida sintético deltametrina ocasionou efeito negativo sobre o desenvolvimento e biologia reprodutiva de *P. sagitta*. Assim, seu uso não é indicado quando esse inimigo natural se encontra em altos níveis populacionais no campo.

O inseticida botânico neem apresentou baixa toxicidade para as ninfas do *P. sagitta*. Contudo, observou-se alongamento do ciclo e redução no número de ovos por fêmea indicando que essa associação deve ser melhor investigada.

REFERÊNCIAS

ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. 2. ed. Piracicaba, FEALQ, p. 1163, 1998.

ASSIS JÚNIOR S. L. *et al.* Efeito da suplementação de folhas de *Eucalyptus urophylla* no desenvolvimento e reprodução do predador *Supputius cincticeps* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 2 p. 245-253, 1998.

BUTT, T. M. Use of entomogenous fungi for the control of insect pests. **In: Kempken F. (eds) Aplicações Agrícolas**, v. 11 p. 111-134, 2002.

CASTRO, A. A. *et al.* Effect of the insect growth regulator diflubenzuron on the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology**, v. 21, n. 1, p. 96-103, 2012.

CASTRO, A. A. *et al.* Survival and behavior of the insecticide-exposed predators *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). **Chemosphere**, v. 93, n. 6, p. 1043-1050, 2013.

CHATTOPADHYAY, P.; BANERJEE, G.; MUKHERJEE, S. Recent trends of modern bacterial insecticides for pest control practice in integrated crop management system. **3 Biotech**, v. 7, n. 1, p. 60, 2017.

CHAUDHARY, S. *et al.* Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 610, 2017.

CONAB: COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **Monitoramento Agrícola Safra 2018/19**, v. 6, n. 4, p. 126, 2019.

CORDEIRO, E. M. G. *et al.* Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. **Chemosphere**, v. 81, n. 10, p. 1352-1357, 2010.

COSTA, N. P. *et al.* Influência do nim na biologia do predador *Euborellia annulipes* e estudo de parâmetros para sua criação massal. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 2, 2007.

CROFT, B. A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. John Wiley and Sons Inc., 1990.

DE BORTOLI, S. A. *et al.* Selection of prey to improve biological parameters of the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) in laboratory conditions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 2, p. 307-314, 2016.

DE BORTOLI, S. A. *et al.* Comparative biology and production costs of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae) when fed different types of prey. **Biological Control**, v. 58, n. 2, p. 127-132, 2011.

DE CASTRO, A. A. *et al.* Demographic parameters of the insecticide-exposed predator *Podisus nigrispinus*: implications for IPM. **BioControl**, v. 60, n. 2, p. 231-239, 2015.

DE CLERCQ, P. *et al.* Criação de laboratório do percevejo predador *Podisus sagitta* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Mededelingen Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent**, v. 53, p. 1213-1217, 1998.

DE CLERCQ, P.; DEGHEELE, D. A meat-based diet for rearing the predatory stinkbugs *Podisus maculiventris* and *Podisus sagitta* (Het.: Pentatomidae). **Entomophaga**, v. 37, n. 1, p. 149-157, 1992.

DEEVEY, E. S. Life tables for natural populations of animals. **Quarterly Review of Biology**, v. 22, n. 4, p. 283-314, 1947.

DE FARIA, M. R.; WRIGHT, S. P. Mycoinsecticides and mycoacaricides: a comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. **Biological Control**, v. 43, n. 3, p. 237-256, 2007.

DUBOVSKIY, I. M. *et al.* Can insects develop resistance to insect pathogenic fungi?. **PLoS One**, v. 8, n. 4, 2013.

ECHEGARAY, E. R. *et al.* Potato psyllid (Hemiptera: Trioizidae) response to insecticides under controlled greenhouse conditions. **Journal of Economic Entomology**, v. 110, n. 1, p. 142-149, 2016.

- FRANCESENA, N.; SCHNEIDER, M. I. Selectivity assessment of two biorational insecticides, azadirachtin and pyriproxyfen, in comparison to a neonicotinoid, acetamiprid, on pupae and adults of a Neotropical strain *Eretmocerus mundus* Mercet. **Chemosphere**, v. 206, p. 349-358, 2018.
- FRANÇA, Í. W. *et al.* Effects of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. on the predatory stinkbug *Podisus nigrispinus* (Dallas)(Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 3, p. 349-356, 2006.
- GROTH, M. *et al.* Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* isolates on *Nezara viridula* and *Dichelops melacanthus* in wheat crop. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 84, 2017.
- HOLTZ, A. M. *et al.* Interferência do fungo entomopatogênico *Beauveria Bassiana* (Vuil.) no desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* em laboratório. **Scientia Agraria**, v. 10 n. 6, 2009.
- IBÁ: INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Sumário executivo 2018. p. 6 Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/digital-sumarioexecutivo-2018.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2019.
- KRELL, V. *et al.* Encapsulation of *Metarhizium brunneum* enhances endophytism in tomato plants. **Biological Control**, v. 116, p. 62-73, 2017.
- KUNKEL, B. A.; HELD, D. W.; POTTER, D. A. Lethal and sublethal effects of bendiocarb, halofenozide, and imidacloprid on *Harpalus pennsylvanicus* (Coleoptera: Carabidae) following different modes of exposure in turfgrass. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, n. 1, p. 60-67, 2001.
- LUNDGREN, J. G. Reproductive ecology of predaceous Heteroptera. **Biological Control**, v. 59, n. 1, p. 37-52, 2011.
- MAFIA, R.G.; MENDES, J. E. P.; CORASSA, J. D. N. Análise comparativa dos surtos e danos causados pelos besouros desfolhadores *Costalimaita ferruginea* (Fabricius, 1801) e *Costalimaita lurida* (Lefèvre, 1891) (Coleoptera: Chrysomelidae) em plantios de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 38, n. 5, 2014.
- MAGISTRALI, I. C. *et al.* Novos registros de Asopinae (Pentatomidae) predadores de lagartas *Nystalea nyseus* (Cramer, 1775) (Lepidoptera: Notodontidae). **Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 209-212, 2014.
- MAIA, J. M. M. *et al.* Perfil de intoxicação dos agricultores por agrotóxicos em Alagoas. **Diversitas Journal**, v. 3, n. 2, p. 486-504, 2018.
- MENEZES, C. W. G. D. *et al.* Can the diet of the prey *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) affect the development of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)? **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 81, n. 3, p. 250-256, 2014.
- MOHAGHEGH, J.; CLERCQ, P. D.; TIRRY, L. Toxicity of selected insecticides to the spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 33-40, 2000.

NAPOLEÃO, T. H. *et al.* Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 54, p. 26-33, 2013.

NISHI, O.; SATO, H. Species diversity of the entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* and *M. flavoviride* species complexes isolated from insects in Japan. **Mycoscience**, v. 58, n. 6, p. 472-479, 2017.

OLIVEIRA, I. *et al.* Effect of female weight on reproductive potential of the predator *Brontocoris tabidus* (Signoret, 1852) (Heteroptera: Pentatomidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 2, p. 295-301, 2005.

PEARL, R. *The Rate of living*. Knopf, New York, 1928.

PEREIRA, F.F. *et al.* Thermal requirements and estimate number of generations of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) in different *Eucalyptus* plantations regions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 431-436, 2011.

PEREIRA, E. S.; CALDEIRA, Z. V.; SOARES, M. A. Manejo integrado de pragas na eucaliptocultura: inseticidas e parasitoides são compatíveis? **Agri-Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 1-13, 2016.

PEREIRA, A. I. A. *et al.* Lightweight males of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) neglect lightweight females due low reproductive fitness. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, n. 2, p. 267-276, 2017.

SHAHID, A. A. *et al.* Entomopathogenic fungi as biological controllers: new insights into their virulence and pathogenicity. **Archives of Biological Sciences**, v. 64, n. 1, p. 21-42, 2012.

SIEGWART, M. *et al.* Resistance to bio-insecticides or how to enhance their sustainability: a review. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 381, 2015.

SILVA, B. K. D. A. *et al.* Toxicity of insecticides used in muskmelon on first-instar larvae of *Chrysoperla genanigra* freitas (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 662-669, 2017.

SOARES, M. A. *et al.* Ovary development, egg production and oviposition for mated and virgin females of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 4, p. 597-602, 2011.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; MOSCARDI, F. Laboratory and Field Studies on the Infection of Stink Bugs, *Nezara viridula*, *Piezodorus guildinii*, and *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) with *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* in Brazil. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 71, n. 2, p. 115-120, 1998.

STECCA, C. S. *et al.* Selectivity of insecticides used in soybean crop to the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 6, p. 3469-3480, 2017.

THUNGRABEAB, M.; TONGMA, S. Efeito de fungos entomopatogênicos, *Beauveria bassiana* (Balsam) e *Metarhizium anisopliae* (Metsch) em insetos não-alvo. **Ciência e Tecnologia Aplicadas Atual**, v. 7, n. 1, p. 8-12, 2007.

VELÍSEK, J. *et al.* Effects of deltamethrin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 23, n. 3, p. 297-301, 2007.

VEY, A.; MATHA, V.; DUMAS, C. Effects of the peptide mycotoxin destruxin E on insect haemocytes and on dynamics and efficiency of the multicellular immune reaction. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 80, n. 3, p. 177-187, 2002.

VIEIRA, E. R. D. *et al.* Lack of macronutrients in *Eucalyptus urophylla* ST Blake (Myrtaceae) seedlings affects feed and development of *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: pentatomidae). **Bioscience Journal**, v. 34, p. 42, 2018.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Eficiência de *Bacillus thuringiensis* e de deltametrina, em aplicação aérea, para controle de *Thyrinteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) em eucalíptal no Pará. **Acta Amazônica**, v. 22, n. 4, p. 485-49, 1992.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Nova metodologia para criação em laboratório de hemípteros predadores. **Revista Ceres**, v. 41, n. 233, p. 88-93, 1994.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Nymphal development and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with combinations of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. **Biocontrol Science and Technology**, v. 11, n. 3, p. 331-337, 2001.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Uma década de estudos com percevejos predadores: conquistas e desafios. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**, p. 495-505, 2002.

ZANUNCIO, T. V. *et al.* Permethrin-induced hormesis on the predator *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). **Crop Protection**, v. 22, n. 7, p. 941-947, 2003.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Fertility table and rate of population growth of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) on one plant of *Eucalyptus cloeziana* in the field. **Annals of Applied Biology**, v. 144, n. 3, p. 357-361, 2004.

ZANUNCIO, J. C. *et al.* Glyphosate-based herbicides toxicity on life history parameters of zoophytophagous *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 245-250, 2018.

CONCLUSÕES GERAIS

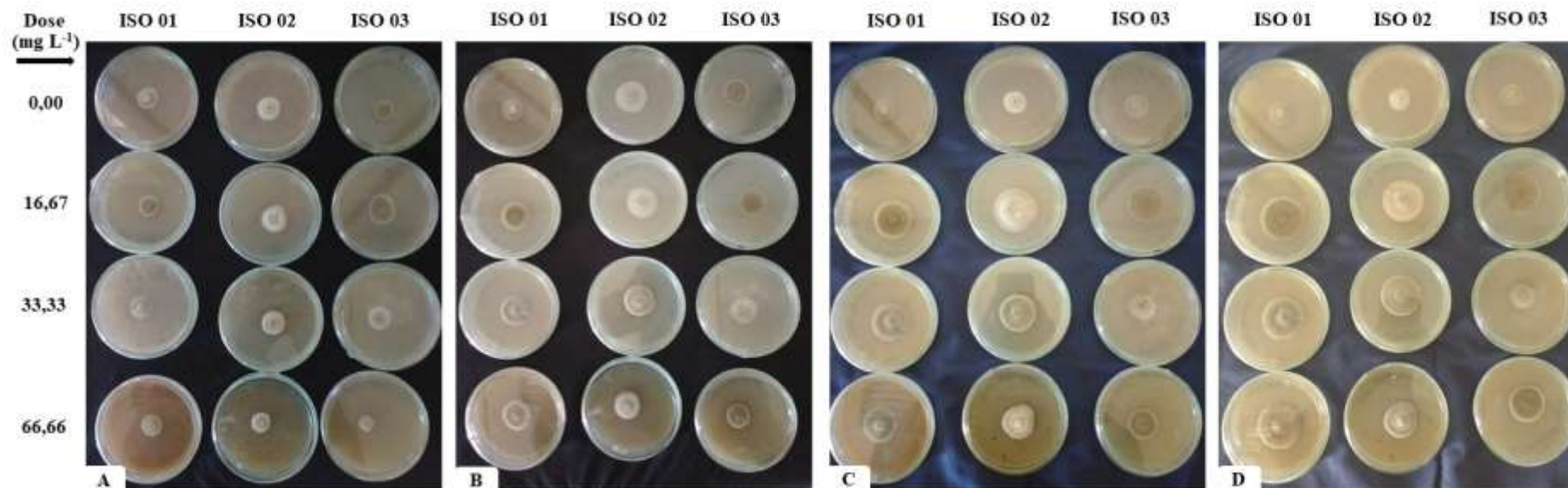
A associação de inseticidas químico e botânico com *M. anisopliae* devem apresentar compatibilidade e permitir a preservação desse agente microbiano no campo, propiciando um controle de pragas mais efetivo. O uso de deltametrina associado com esse fungo apresentou compatibilidade e propiciou incremento no crescimento vegetativo, sendo viável para o MIP. Entretanto, o inseticida botânico neem deve ser utilizado com restrição, pois a concentração aplicada pode apresentar incompatibilidade com fungos entomopatogênicos, ocasionando um risco elevado para o uso em conjunto como agentes de controle.

O fungo entomopatogênico *M. anisopliae* além de apresentar eficiência no controle de insetos pragas, pode apresentar compatibilidade com percevejos predadores. Ninfas de *P. sagitta* expostas a esse entomopatógeno se recuperaram da patologia e obtiveram melhor desenvolvimento na fase imatura e melhor performance reprodutiva. Assim, o uso em conjunto desses inimigos naturais proporcionará aumento dos níveis populacionais de *P. sagitta* no campo, contribuindo no aumento da eficiência do controle populacional das pragas.

Inseticidas neurotóxicos de largo espectro de ação e inseticidas botânicos podem afetar o desenvolvimento e os parâmetros reprodutivos de *P. sagitta*. Isso sugere cautela no uso desses inseticidas em conjunto com esse inimigo natural, para não afetar o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade dos agroecossistemas.

APÊNDICE

Apêndice A - Isolados de *Metarhizium anisopliae* crescidos em meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose (SDA) contaminado por deltametrina nas doses 0,00; 16,67; 33,33 e 66,66 mg L⁻¹. Crescimento vegetativo aos oito dias (A), 12 dias (B), 15 dias (C) e 18 dias (D).



Apêndice B - Isolados de *Metarhizium anisopliae* crescidos em meio de cultura Ágar Sabouraud Dextrose (SDA) contaminado por óleo de neem nas concentrações 0,00; 0,75; 1,50 e 3,00%. Crescimento vegetativo aos oito dias (A), 12 dias (B), 15 dias (C) e 18 dias (D).

