

TAMÍRIS ALVES DE ARAÚJO

**PERÍODO RESIDUAL DE CONTROLE, RAPIDEZ DE AÇÃO E  
SELETIVIDADE DE INSETICIDAS A *Ascia monuste* E AO PREDADOR  
*Solenopsis saevissima***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2015

TAMÍRIS ALVES DE ARAÚJO

PERÍODO RESIDUAL DE CONTROLE, RAPIDEZ DE AÇÃO E SELETIVIDADE  
DE INSETICIDAS A *Ascia monuste* E AO PREDADOR *Solenopsis saevissima*

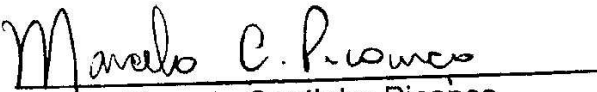
Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Fitotecnia, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 20 de fevereiro de 2015.

  
Gersen Adriano Silva

  
Júlio Cláudio Martins

  
Mateus Chediak

  
Marcelo Coutinho Picañço  
(Orientador)

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A663p  
2015  
Araújo, Tamíris Alves de, 1989-  
Período residual de controle, rapidez de ação e seletividade de inseticidas a *Ascia monuste* e ao predador *Solenopsis saevissima* / Tamíris Alves de Araújo. - Viçosa, MG, 2015.  
viii, 27f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Marcelo Coutinho Picanço.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f.25-27.

1. Inseticida. 2. Produtos químicos agrícolas - Controle. 3. Manejo integrado de pragas. 4. Pragas agrícolas - Controle integrado. 5. *Ascia monuste*. 6. *Solenopsis saevissima*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 668.651

*A Deus, por Ele ter cuidado de mim e me concedido sua constante graça.*

### Agradeço

*Aos meus pais, Francisco e Elineide, pelo amor e boa educação concedida;*

*Aos meus irmãos, Tiago e Ana Caroline, pelo carinho;*

*Ao meu namorado e amigo de laboratório, Dalton, pelo amor e  
companheirismo;*

*Aos meus familiares e amigos, pelo carinho e compreensão.*

### Dedico

*Ao povo brasileiro e aos cientistas.*

### Ofereço

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, pela vida, saúde, sabedoria e por guiar meus passos em mais uma etapa da minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador e amigo, professor Marcelo Coutinho Picanço, pela confiança, pelos ensinamentos, pela dedicação e comprometimento concedidos sempre. À sua esposa Kátia e aos seus filhos Mayara, Luíza e Marcelo Filho, pelo agradável convívio.

Aos professores Gerson Adriano Silva, Júlio Cláudio Martins e Mateus Chediak componentes da banca, pela disponibilidade em aceitar o convite e sua imensa contribuição ao meu crescimento científico.

Aos estagiários do laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Júlia, Lucas, Izaílda, Mirian, João Rafael, Daniel, Patrícia Fernandes, Patrícia Pimentel, Obiratanea, Thiago, Elenir, Vitor, Elizeu, Álvaro, João Vitor, Márcio e Daiane pela convivência maravilhosa, e principalmente a Júlia e ao Lucas pela grande ajuda na realização deste trabalho.

Aos amigos da pós-graduação do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, Ana, Antônio, Tarcísio, Ricardo, Renata, Paulo, Mayara e Rodrigo pela amizade e companheirismo ao longo deste mestrado.

Aos estagiários, mestres e doutores que passaram pelo Laboratório de Manejo Integrado de Pragas: Thadeu, Aelton, Jorgiane, Gerson, Mateus Chediak e Vânia.

A todos os colegas dos cursos de Fitotecnia e Entomologia pelo agradável convívio durante as disciplinas cursadas principalmente aos meus queridos amigos Sebastian, Maria Helena e Célia pela amizade, conselhos e paciência nos estudos em grupo.

As minhas queridas amigas Josi e Marlinda pela amizade, convívio e ajuda na minha fase de adaptação.

Aos professores da Universidade Federal de Viçosa, cujo os ensinamentos ampliaram meu conhecimento e horizonte científico.

As secretárias do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Tatiani e Lídia pela competência e dedicação ao trabalho.

À Universidade de Brasília, em especial ao corpo docente da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, pela contribuição a minha formação como Engenheira Agrônoma.

A minha amiga e ex-orientadora da graduação Professora Cristina Schetino Bastos da Universidade de Brasília, por ter acreditado em meu potencial e ter me inspirado na minha carreira científica.

Aos meus amigos da Universidade de Brasília, Santa Maria e todo Distrito Federal pela amizade, apoio e incentivo de sempre.

A todos os meus familiares que apoiaram e torceram por mais essa nova jornada da minha vida.

Aos meus irmãos, Tiago e Ana Caroline pelo carinho, amizade e compreensão pela ausência nestes últimos dois anos.

Ao Dalton, estagiário do laboratório de Manejo Integrado de Pragas e meu namorado, pelo amor, carinho, amizade, companheirismo, apoio e paciência demonstrada em todas as etapas desta jornada.

Agradeço principalmente aos meus pais Francisco e Elineide pela dedicação em minha educação, pelo amor, carinho, cuidado, apoio em meus sonhos mesmo que a vida me levasse para longe de casa.

Por fim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

## **BIOGRAFIA**

TAMÍRIS ALVES DE ARAÚJO, filha de Francisco de Assis Alves de Araújo e Elineide Alves de Araújo, nasceu em Taguatinga, Distrito Federal, no dia 07 de outubro de 1989.

Em março de 2008, ingressou no curso de Agronomia pela Universidade de Brasília, graduando-se em maio de 2013. Durante a graduação, de março de 2009 a julho de 2010 foi estagiária na Embrapa Hortaliças, desenvolvendo trabalhos na área de manejo da irrigação no controle de pragas e doenças do tomateiro. Em fevereiro de 2010 ingressou como estagiária no Laboratório de Proteção de Plantas, da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília, sob orientação da Professora Cristina Schetino Bastos. Desenvolveu vários trabalhos na área de Manejo Integrado de Pragas tanto em laboratório quanto em campo. Foi monitora das disciplinas de graduação: Hidráulica Aplicada, Manejo Integrado de Pragas, Agrotóxicos e MIP e Entomologia Econômica.

Em abril de 2013 ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Professor Marcelo Coutinho Picanço, defendendo a dissertação em fevereiro de 2015.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	viii
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	3
2.1. Insetos.....	4
2.2. Inseticidas.....	4
2.3. Toxicidade dos inseticidas a <i>A. monuste</i> .....	5
2.3.1. Seleção dos inseticidas com eficácia de controle para <i>A. monuste</i> ...7	
2.3.2. Rapidez de ação de inseticidas a <i>A. monuste</i> .....	7
2.4. Seletividade fisiológica dos inseticidas ao predador <i>S. saevissima</i> .....	8
2.4.1. Determinação dos inseticidas que possuem seletividade ao predador <i>S. saevissima</i> .....	8
2.4.2. Determinação dos mecanismos bioquímicos responsáveis pela seletividade dos inseticidas ao predador <i>S. saevissima</i> .....	9
2.5. Determinação do período residual de controle de <i>A. monuste</i> pelos inseticidas e impacto destes produtos a <i>S. saevissima</i> em função do tempo após a pulverização.....	10
3. RESULTADOS.....	12
3.1. Toxicidade de inseticidas a <i>A. monuste</i> .....	12
3.2. Seletividade fisiológica de inseticidas ao predador <i>S. saevissima</i> .....	16
3.3. Impacto dos inseticidas sobre <i>A. monuste</i> e <i>S. saevissima</i> em função do tempo após a pulverização.....	18
4. DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÕES.....	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25



## RESUMO

ARAÚJO, Tamíris Alves de, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Período residual de controle, rapidez de ação e seletividade de inseticidas a *Ascia monuste* e ao predador *Solenopsis saevissima*.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.

Os inseticidas usados em programas de manejo integrado de pragas devem ser eficazes no controle das pragas e ter baixo impacto sobre organismos não-alvo como os inimigos naturais. *Ascia monuste* (Lepidoptera: Pieridae) é uma importante praga de brássicas nas Américas. Um importante predador desta praga é a formiga *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae). Assim o objetivo deste trabalho foi selecionar inseticidas a serem usados em programas de manejo integrado de *A. monuste*. Os inseticidas estudados foram: cartape, ciantraniliprole, clorantraniliprole, clorfenapir, deltametrina, espinosade, flubendiamida, indoxacarbe, malationa e metomil. Com exceção de flubendiamida os demais inseticidas foram eficientes (mortalidade >80%) no controle de *A. monuste*. Cartape e deltametrina apresentaram as ações mais rápidas de controle da praga (<1h). Malationa e metomil apresentaram os menores períodos residuais de controle (3 dias) enquanto ciantraniliprole e clorfenapir tiveram os maiores períodos residuais de controle (>60 dias). Ciantraniliprole, clorantraniliprole, espinosade e indoxacarbe apresentaram seletividade fisiológica ao predador. Monooxigenases dependentes do citocromo P450, glutationa S-transferases e esterases estiveram envolvidas na seletividade dos inseticidas ao predador. O alto impacto de cartape, clorfenapir, malationa ao predador não diminuiu 22, 11 e 60 dias após as aplicações. Já metomil e deltametrina não causaram impacto ao predador 3 e 5 dias após suas aplicações.

## ABSTRACT

ARAÚJO, Tamiris Alves de, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, February, 2015. **Residual period of control, speed of action and selectivity of insecticides to *Ascia monuste* and predator *Solenopsis saevissima*.** Adviser: Marcelo Coutinho Picanço.

The insecticides used in integrated pest management programs must be effective in pest control and have low impact on non-target organisms such as natural enemies. *Ascia monuste* (Lepidoptera: Pieridae) is an important pest of brassica in Americas. An important predator of this pest is the ant *Solenopsis saevissima* (Hymenoptera: Formicidae). Thereby the aim of this work was to select insecticides to be used in integrated pest management programs of *A. monuste*. The insecticides studied were: cartap, cyantraniliprole, chlorantraniliprole, chlorfenapyr, deltamethrin, spinosad, flubendiamide, indoxacarb, malathion and methomyl. Except for flubendiamide the other insecticides were effective (mortality > 80%) in the control of *A. monuste*. Cartap and deltamethrin showed the fastest actions of pest control (<1h). Malathion and methomyl had the shortest residual control periods (3 days) while cyantraniliprole and chlorfenapyr had the longest residual control periods (> 60 days). Cyantraniliprole, chlorantraniliprole, spinosad and indoxacarb showed physiological selectivity to the predator. Monooxygenases dependent of the cytochrome P450, glutathione S-transferases and esterases were involved in the selectivity of insecticides predator. The high impact of cartap, chlorfenapyr, malathion to predator not decreased by 22, 11 and 60 days after treatment. The methomyl and deltamethrin did not affect the predator 3 and 5 days after their applications.

## 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de inseticidas constitui o principal método usado no controle de insetos-praga nos agroecossistemas (Matthews 2008). Em programas de manejo de pragas, os inseticidas devem ser eficazes no controle das pragas e terem baixo impacto sobre organismos não-alvo como inimigos naturais. Além disso um inseticida deve apresentar rapidez de ação do inseticida de forma a impedir que as pragas causem danos econômicos e em especial quando ocorrem surtos populacionais destes organismos (Barbosa & Schultz 2012). Outra característica desejável é o conhecimento do período residual de controle destes produtos, a qual poderá influenciar o intervalo das aplicações e conseqüentemente o custo de controle das pragas (Bacci et al. 2009).

Outro aspecto importante na seleção de inseticidas a serem usados em programas de manejo integrado de pragas é a resistência dos insetos-praga a estes produtos. Neste contexto devem ser selecionados produtos eficientes no controle da praga que pertençam a diferentes modos de ação. Isto possibilita a rotação de produtos de modos de ação diferentes o que é feito com o objetivo de minimizar a seleção de populações da praga resistentes aos inseticidas (Gontijo et al. 2012).

A redução do impacto dos inseticidas sobre os inimigos naturais pode ser alcançada usando produtos que apresentem seletividade a estes organismos. A seletividade de inseticidas é classificada em seletividade ecológica e seletividade fisiológica (Ripper et al.1951). A seletividade ecológica consiste na aplicação do inseticida de forma a minimizar o contato do inimigo natural ao produto. Este tipo de seletividade pode ser obtido pela aplicação do produto em local ou período que minimize o contato do inimigo natural com o inseticida (Fernandes et al.

2010). Já a seletividade fisiológica é alcançada quando se usa inseticidas que são mais tóxicos à praga do que ao inimigo natural (Bacci et al. 2006).

Nos estudos sobre a seletividade fisiológica aos inimigos naturais é importante o conhecimento dos mecanismos envolvidos neste processo. Para determinar os mecanismos bioquímicos envolvidos na seletividade fisiológica comumente se faz o uso de produtos com ação sinergista (Siqueira et al. 2000, Pereira et al. 2014). Os sinergistas são compostos que inibem os principais grupos de enzimas detoxificativas dos insetos. O trifenil fosfato é um sinergista inibidor das esterases, enzimas responsáveis por processos no sistema nervoso central (Wigglesworth 1958), sensorial (Maibèche-Coisne et al. 2004), no comportamento reprodutivo (Vander Meer et al. 1986), regulação do hormônio juvenil (Sparks et al. 1983, Kamita et al. 2003) e na degradação de inseticidas (Terriere 1984). O dietil maleato, por sua vez, inibe as glutathione S- transferases, enzimas multifuncionais envolvidas na detoxificação de vários compostos xenobióticos (Enayati et al. 2005). O butóxido de piperonila inibi o complexo de enzimas monooxigenases dependentes do citocromo P450, enzimas que metabolizam inseticidas resultando na sua bioativação ou, mais frequentemente, na sua detoxificação (Kulkarni & Hodgson 1984, Feyereisen 1999).

A ordem Lepidoptera constitui um dos principais grupos de pragas das plantas cultivadas. Uma importante família desta ordem é a Pieridae que possui espécies praga de ocorrência na África, Europa, Ásia e Américas (CABI 2015). Entre as espécies de Pieridae que são pragas em cultivos está *Ascia monuste* (Godart) que ataca cultivos de plantas da família Brassicaceae nas Américas do Sul, Central e do Norte (Liu 2005). Esta praga ataca cultivos de couve, repolho, couve-flor, brócolis, couve-de-bruxelas e couve-rábano (Schilick-Souza 2011). As larvas de *A. monuste* desfolham as plantas podendo causar perdas de até

100% na produção (Morais et al. 2007). Entre os inimigos naturais de *A. monuste* está a formiga predadora *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). As formigas são predadoras de diferentes espécies, preferencialmente de lepidópteras, predando pupas e larvas de todos os ínstares (Way & Khoo 1992). A nidificação das formigas ocorre no solo e sua atividade de forrageamento ocorre nos horários com temperatura mais amena como a noite (Ramos et al. 2012).

Assim este trabalho teve o objetivo de determinar inseticidas a serem usados em programas de manejo integrado de *A. monuste*. Para isso foram determinados: (i) a eficiência e rapidez de ação de inseticidas a *A. monuste*, (ii) seletividade fisiológica dos inseticidas ao predador *S. saevissima*, (iii) os mecanismos bioquímicos da seletividade fisiológica dos inseticidas ao predador, (iv) o período residual de controle de *A. monuste* pelos inseticidas e (v) o impacto dos inseticidas ao predador em função do tempo após a pulverização.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para tanto, este trabalho foi realizado em três etapas, visando responder os objetivos propostos. Na primeira etapa foi estudada a toxicidade dos inseticidas a *A. monuste*. Na segunda etapa foi estudada a seletividade fisiológica dos inseticidas ao predador *S. saevissima*. Na terceira etapa foi estudado o impacto dos inseticidas na mortalidade de *A. monuste* e *S. saevissima* em função do tempo após a pulverização. Em todas as etapas foram usadas plantas do repolho híbrido Sacaia cultivado em vasos plásticos de cinco litros. No cultivo das plantas foram empregadas práticas culturais (FAO/MAPA/EMBRAPA 2002), sem utilização de pesticidas, com condução em

casa de vegetação no Campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG (20°48'45"S, 42°56'15"W, altitude de 600m e clima tropical de altitude).

## **2.1. Insetos**

A criação de *A. monuste* foi estabelecida a partir de larvas coletadas em cultivos comerciais de brássicas em Viçosa. A criação foi conduzida em casa de vegetação no Campus Viçosa da UFV. Na criação os adultos de *A. monuste* foram alimentados com solução de mel (20%) diluído em água. A oviposição dos adultos ocorria em plantas de repolho. As larvas foram alimentadas com folhas de repolho e a pupação ocorreu na casa de vegetação.

Foram usadas larvas de segundo ínstar de *A. monuste* e adultos da formiga predadora *S. saevissima*. Os predadores foram coletados em formigueiros em Viçosa, MG.

## **2.2. Inseticidas**

As características dos inseticidas e as doses recomendadas que foram usadas neste trabalho estão descritas na Tabela 1. Estes inseticidas foram selecionados por pertencerem a diferentes grupos químicos usados no controle de lagartas. Entre esses produtos estão os mais novos inseticidas lançados no mercado para controle de lagartas. Nas caldas inseticidas foi usado 1 mL. L<sup>-1</sup> do espalhante adesivo nonil fenol polietileno glicol éter 125 SC (Milenia Agro Ciências S.A., Londrina, Brasil). No bioensaio de determinação dos mecanismos bioquímicos responsáveis pela seletividade dos inseticidas ao predador foi usado como controle água + espalhante adesivo + sinergista. Já nas demais partes do trabalho foi usado como controle água + espalhante adesivo.

### **2.3. Toxicidade dos inseticidas a *A. monuste***

Nesta parte do trabalho foram conduzidos dois bioensaios em laboratório a temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $75 \pm 5\%$  e fotofase de 12 horas. No primeiro bioensaio foram selecionados os inseticidas com eficácia de controle para *A. monuste*. No segundo bioensaio foi estudada a rapidez de ação de inseticidas a *A. monuste*. Os tratamentos foram às doses recomendadas dos inseticidas e o controle (Tabela 1). Os discos de folha foram imersas por cinco segundos nas caldas dos tratamentos e colocadas para secar. Após a secagem, os discos de folhas tratadas foram colocadas em potes plásticos.

**Tabela 1.** Características dos inseticidas usados neste trabalho.

Inseticidas	Grupo químico	Fabricante	Dose recomendada* (mg do i.a. mL <sup>-1</sup> )	Solubilidade em água (mg. L <sup>-1</sup> )	Pressão de vapor (mm de Hg)	Meia-vida em folha (dias)
Cartape 500 SP	Análogo à nereistoxina	Iharabrás S. A.	0,60	200000	$7,7 \cdot 10^{-7}$	12
Ciantraniliprole 100 OD	Diamida	Du Pont do Brasil S.A.	0,50	14,20	$<3,85 \cdot 10^{-17}$	35
Clorraniliprole 100 SC	Diamida	Du Pont do Brasil S.A.	0,015	1,00	$1,2 \cdot 10^{-14}$	210
Clorfenapir 240 SC	Análogo ao pirazol	BASF S.A.	0,18	0,14	$7,36 \cdot 10^{-8}$	3,5
Deltametrina 25 EC	Piretróide	Bayer S.A.	0,0075	0,0002	$1,5 \cdot 10^{-8}$	11
Espinosade 480 SC	Espinosina	Dow AgroSciences	0,432	235	$2,4 \cdot 10^{-10}$	9
Flubendiamida 480 SC	Diamida	Bayer S.A	0,0336	0,03	$< 7,5 \cdot 10^{-7}$	.
Indoxacarbe 300 WG	Oxadiazine	Du Pont do Brasil S.A.	0,10	0,20	$1,9 \cdot 10^{-10}$	18
Malationa 1000 EC	Organofosforado	Cheminova S.A.	1,50	125	$3,97 \cdot 10^{-5}$	4,5
Metomil 215 SL	Carbamato	Du Pont do Brasil S.A.	0,215	54700	$5,4 \cdot 10^{-6}$	1,1

\* i.a. = ingrediente ativo.

Fonte: *United States Environmental Protection Agency; National Library of Medicine HSDB Database e Chemical Safety Information from Intergovernmental Organizations.*



### **2.3.1. Seleção dos inseticidas com eficácia de controle para *A. monuste***

O delineamento experimental foi inteiramente causalizado com seis repetições. Cada parcela experimental foi constituída por pote plástico de 250 mL contendo dez larvas de segundo ínstar de *A. monuste*. No fundo do pote plástico foi colocado um disco de folha de repolho no qual foi aplicado o tratamento. Após 48 horas foi avaliada a mortalidade dos insetos. Foram considerados insetos mortos os indivíduos que não apresentaram nenhuma reação ao toque com pincel de ponta fina e não se alimentavam. Os dados de mortalidade dos insetos pelos inseticidas foram corrigidos em relação à mortalidade no controle usando-se a fórmula de Abbott (1925). As mortalidades corrigidas foram submetidas à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a  $p < 0,05$ . Para todos os dados foram verificados a homogeneidade de variância e normalidade dos erros (SAS Institute 2013) os quais indicaram que transformações não seriam necessárias. Os inseticidas que causaram mortalidade a *A. monuste*  $\geq 80\%$  foram selecionados para as próximas etapas deste trabalho, já que este é o limiar usado no Brasil para que um produto seja considerado eficiente no controle de uma praga (MAPA 1995).

### **2.3.2. Rapidez de ação de inseticidas a *A. monuste***

O delineamento experimental foi inteiramente causalizado com 60 repetições. Os tratamentos usados neste bioensaio foram os inseticidas selecionados no bioensaio anterior e o controle. Nesta parte do trabalho foram executados os procedimentos experimentais do bioensaio anterior. O intervalo entre avaliações para cada tratamento foi determinado a partir de bioensaio prévio, acompanhando até a mortalidade do último indivíduo.

Os dados de mortalidade de *A. monuste* em função do tempo após a aplicação dos tratamentos foram submetidos à análise de sobrevivência pelo método do produto-limite de Kaplan–Meier (SAS Institute 2013). Usando essas curvas, foram estimados os tempos letais para 50% da população (TL<sub>50</sub>). Os TL<sub>50</sub> dos inseticidas foram considerados diferentes quando suas médias não se inseriram no intervalo de confiança a 95% de probabilidade do outro inseticida.

#### **2.4. Seletividade fisiológica dos inseticidas ao predador *S. saevissima***

Foram conduzidos dois bioensaios: um para determinar quais inseticidas possuíam seletividade fisiológica ao predador e outro para determinar o mecanismo bioquímico responsável pela seletividade. Estes bioensaios foram realizados em laboratório a temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa do ar de  $75 \pm 5\%$  na ausência de luz. Nos dois bioensaios o delineamento experimental foi inteiramente causalizado com seis repetições. A parcela experimental foi constituída por pote plástico de 250 mL com dez adultos da formiga predadora *S. saevissima*. No fundo de cada pote foi colocado algodão umedecido e um recipiente plástico (1,5 cm de diâmetro x 1 cm de altura) com cãndi (85% de açúcar e 15% de mel) para alimentação das formigas.

##### **2.4.1. Determinação dos inseticidas que possuem seletividade ao predador *S. saevissima***

Os tratamentos foram os inseticidas eficientes para *A. monuste* e o controle. A mortalidade da formiga predadora foi avaliada 48 horas após a aplicação dos tratamentos. Os dados de mortalidade das formigas foram corrigidos em relação à mortalidade no controle usando-se a fórmula de Abbott (1925). As mortalidades corrigidas foram submetidas à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey a  $p < 0,05$ . As mortalidades

causadas por cada inseticida ao inseto praga *A. monuste* no bioensaio descrito no item 2.3.1. foram comparadas com aquelas que ele causou ao predador *S. saevissima* pelo teste t a  $p < 0,05$ . Para todos os dados foram verificadas a homogeneidade de variância e normalidade dos erros (SAS Institute 2013) os quais indicaram que transformações não seriam necessárias.

#### **2.4.2. Determinação dos mecanismos bioquímicos responsáveis pela seletividade dos inseticidas ao predador *S. saevissima***

Os tratamentos foram os inseticidas seletivos ao predador *S. saevissima* determinados no bioensaio anterior com ou sem a adição de sinergistas, além do controle. Os sinergistas utilizados foram butóxido de piperonila (Sigma-Aldrich®, 90% de pureza), dietil maleato (Sigma-Aldrich®, 97% de pureza) e trifetil fosfato (Sigma-Aldrich®, 99% de pureza).

Os tratamentos foram aplicados nas folhas como descrito no bioensaio de toxicidade dos inseticidas a *A. monuste*. Os discos foliares foram imersos nas caldas inseticidas e após a evaporação da água foi aplicada uma solução de 0,1% do sinergista em acetona. A pulverização do sinergista foi feita usando torre de Potter (Burkard®, Potter spray Tower - Manual Load, BS00282) a uma pressão de 103 KPa. Posteriormente, o disco foliar foi colocado em pote plástico de 250 mL. Neste pote foram liberados dez adultos de *S. saevissima*. Após 48 horas foi avaliada a mortalidade dos insetos.

Os dados de mortalidade do predador pelos inseticidas e inseticidas + sinergistas foram corrigidos em relação ao controle utilizando-se a fórmula de Abbott (1925). As mortalidades corrigidas do inseticida foram comparadas com aquelas causadas pelo inseticida + sinergista pelo teste t a  $p < 0,05$ .

## **2.5. Determinação do período residual de controle de *A. monuste* pelos inseticidas e impacto destes produtos a *S. saevissima* em função do tempo após a pulverização**

Este experimento foi conduzido conduzida no Campus Viçosa da UFV de novembro/2014 a janeiro/2015. As plantas utilizadas foram repolhos cultivados em vasos plásticos de cinco litros adotando as práticas recomendadas (FAO/MAPA/EMBRAPA 2002). Para *A. monuste* os tratamentos foram os inseticidas selecionados como eficientes no controle desta praga e o controle. Já para *S. saevissima* os tratamentos foram os inseticidas não seletivos a este predador e o controle.

Inicialmente cinco plantas de repolho, 30 dias após o transplântio, foram pulverizadas com cada um dos tratamentos. Nesta aplicação foi usado pulverizador costal pressurizado de CO<sub>2</sub> com uma pressão de 310 KPa, vazão de 1 L min<sup>-1</sup>, volume de calda de 240 L ha<sup>-1</sup> e ponta do tipo MGA 8002 (Magnojet, Ind. Com. Prod. Agrícolas LTDA, Paraná-PR, Brasil). As plantas foram colocadas para secar a sombra por duas horas e posteriormente elas foram colocadas em casa de vegetação. Aos 0, 3, 5, 8, 11, 16, 19, 22, 31, 43 e 60 dias após a pulverização foram coletadas ao acaso folhas nas plantas de repolho tratadas com cada um dos inseticidas. As folhas das plantas de repolho que surgiram após a pulverização não foram usadas nos testes. Durante o período experimental na casa de vegetação a temperatura do ar foi 30,79±0,61 °C, umidade relativa 55,94±1,46%, fotoperíodo de 13:11 e insolação de 943,53 kJ/m<sup>2</sup>

Discos de folhas (7,5 cm de diâmetro) foram confeccionados e colocados em pote plástico de 250 mL. Nos potes foram liberadas 10 larvas de segundo ínstar de *A. monuste* ou foram liberados 10 adultos de *S. saevissima*. Nos potes com o predador foram inseridos dois recipientes plásticos um com cãndi e outro

com água. Este material permaneceu por 48 horas em laboratório e após este período foi avaliada a mortalidade dos insetos.

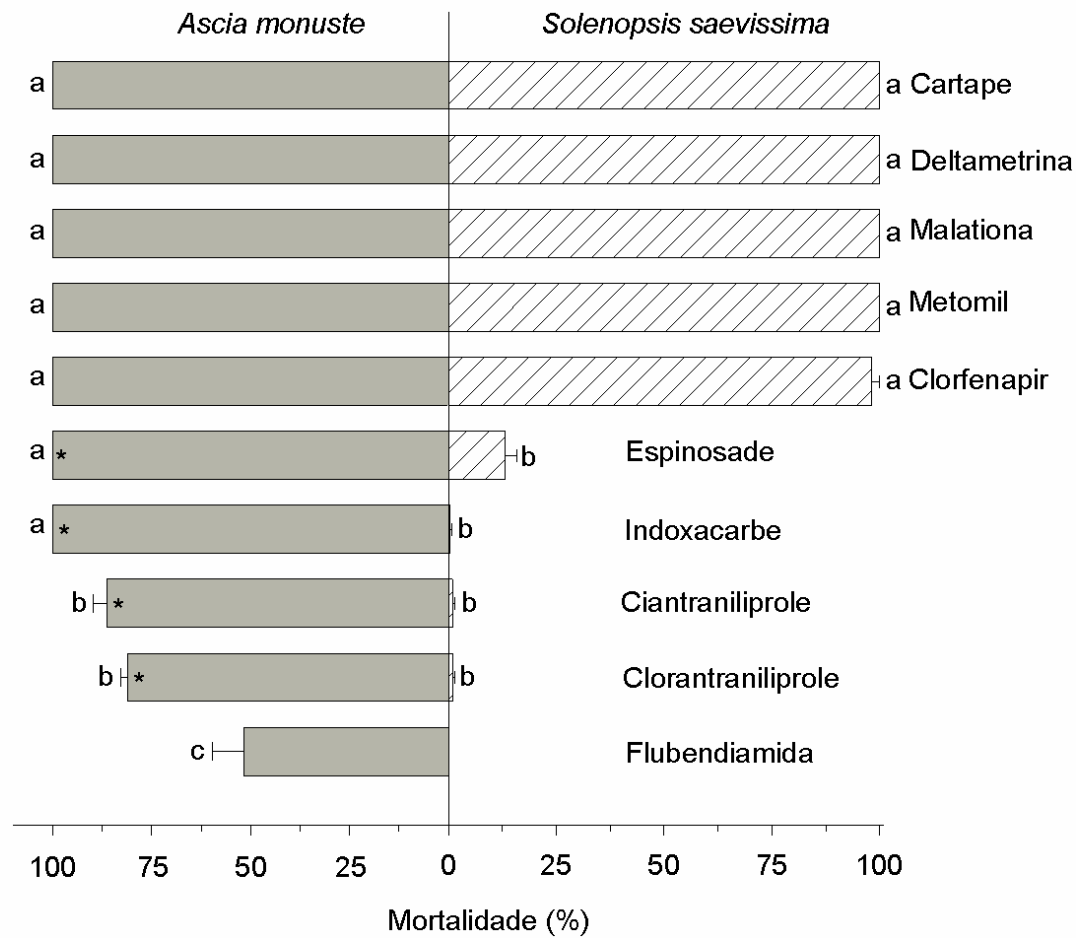
Os dados de mortalidade corrigida dos insetos em função do tempo após a pulverização foram submetidos à análise regressão a  $p < 0,05$ . Foram realizadas análises de correlação a  $p < 0,05$  dos dados de solubilidade, pressão de vapor e meia-vida em folha dos inseticidas (Tabela 1) com o poder residual de controle da praga por estes produtos. O período residual de controle da praga foi definido como o intervalo de tempo após a pulverização em que o inseticida causou mortalidade  $\geq 80\%$  a *A. monuste*. Isto foi feito devido a este ser o limiar usado no Brasil para que um produto seja considerado eficiente no controle de uma praga (MAPA 1995). Já os períodos em que os produtos causaram alto ou nenhum impacto ao predador foram definidos como os intervalos de tempo após a pulverização em que o inseticida causaram mortalidade ao predador  $\geq 80\%$  e  $< 30\%$ , respectivamente. Estes critérios são usados no IOBC para que um produto seja considerado como tendo alto ou nenhum impacto sobre um inimigo natural (Hassan et al. 1991).

### 3. RESULTADOS

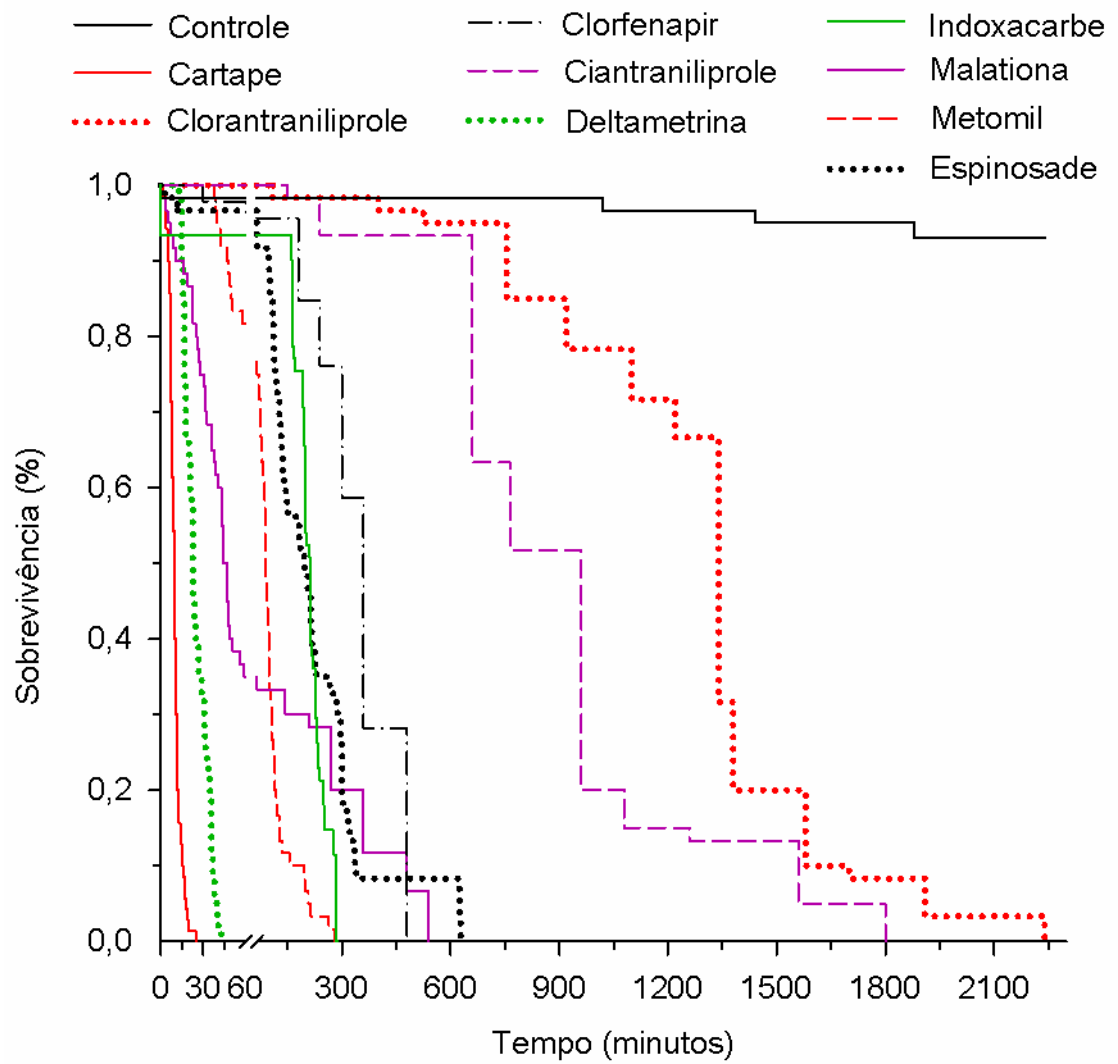
#### 3.1. Toxicidade de inseticidas a *A. monuste*

Houve diferença significativa na mortalidade das larvas de *A. monuste* em função dos inseticidas ( $F_{9;50} = 31,42$ ;  $p < 0,0001$ ). De acordo com a mortalidade causada a *A. monuste* os inseticidas estudados podem ser divididos em três grupos. No primeiro grupo estão o cartape, clorfenapir, deltametrina, espinosade, indoxacarbe, malationa e metomil que causaram 100% de mortalidade a *A. monuste*. No segundo grupo estão os inseticidas ciantraniliprole e clorantraniliprole que causaram mortalidades entre 81,20 e 86,32% a *A. monuste*. No terceiro grupo está a flubendiamida que causou 51,76% de mortalidade a *A. monuste* (Figura 1).

Foram detectadas diferenças significativas (teste Log-rank,  $\chi^2 = 1469,73$ ,  $gl = 9$ ,  $p < 0,0001$ ) nas curvas de sobrevivência de *A. monuste* em função dos inseticidas. De acordo com a rapidez de ação sobre as larvas de *A. monuste* os inseticidas estudados podem ser divididos em três grupos. Os inseticidas de ação mais rápida foram cartape e deltametrina os quais mataram todas as larvas de *A. monuste* em menos de uma hora. Clorfenapir, espinosade, indoxacarbe, malationa e metomil mataram todas as larvas de *A. monuste* em até 11 horas. Ciantraniliprole e clorantraniliprole mataram todas as larvas de *A. monuste* em até 38 horas (Figura 2). Os tempos letais para a metade da população de *A. monuste* ( $TL_{50}$ ) de todos os inseticidas diferiram entre si. A ordem crescente dos  $TL_{50}$  foi: cartape < deltametrina < malationa < metomil < espinosade < indoxacarbe < clorfenapir < clorantraniliprole < ciantraniliprole (Figura 3).

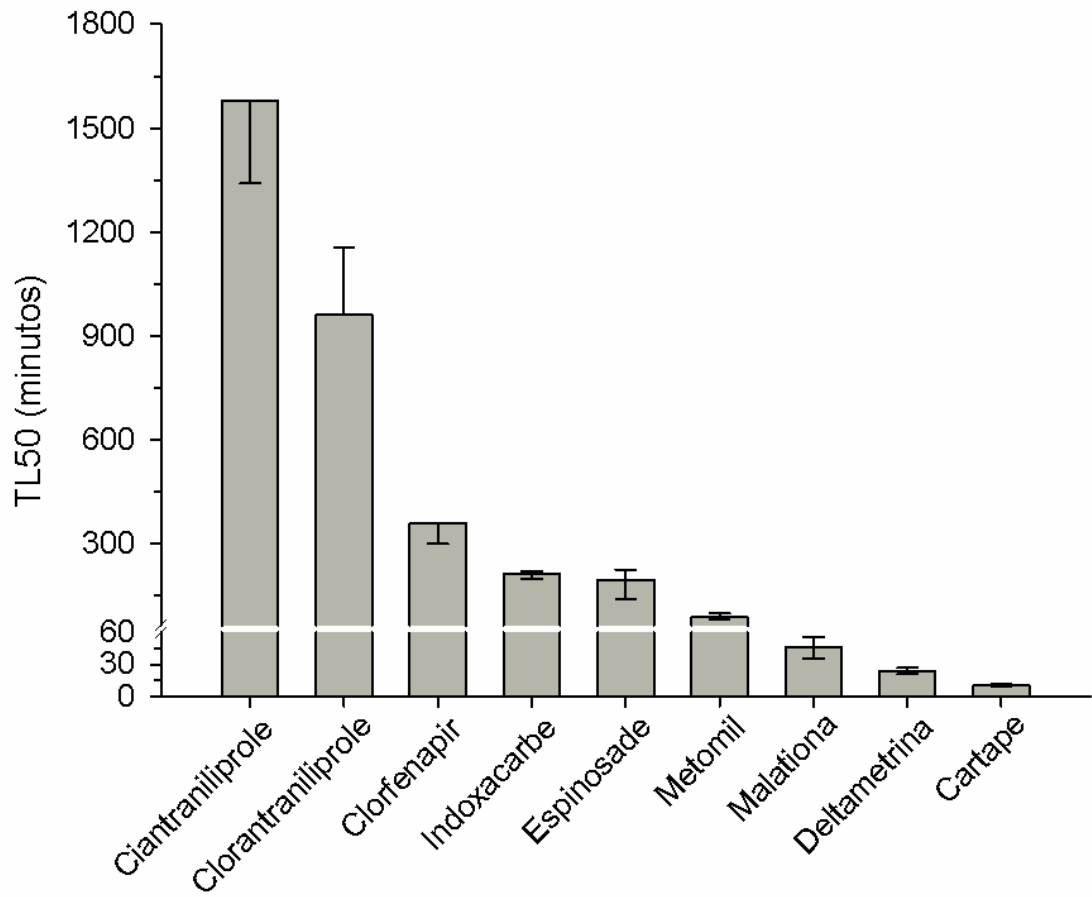


**Figura 1.** Mortalidades (média + erro padrão) de larvas de *Ascia monuste* e dos adultos de *Solenopsis saevissima* causadas pelas doses recomendadas dos inseticidas. Para a mesma espécie, os histogramas seguidos da mesma letra possuem médias que não diferem, entre si, pelo teste Tukey a  $p < 0,05$ . \* O asterisco indica que a mortalidade causada por este inseticida foi maior a *A. monuste* do que ao predador de acordo com o teste t a  $p < 0,05$ .



**Figura 2.** Curvas de sobrevivência para larvas de *Ascia monuste* submetidas ao controle e à dose recomendada de nove inseticidas.





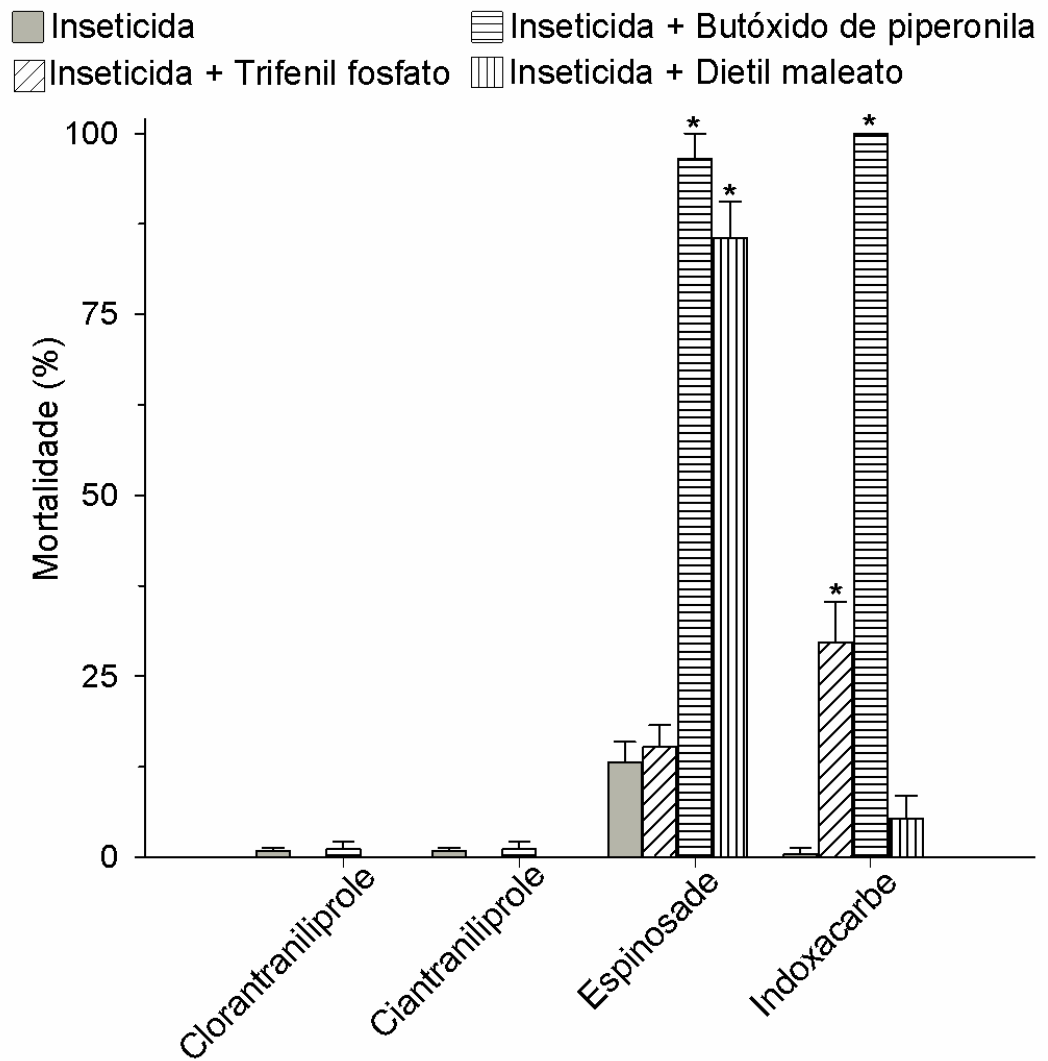
**Figura 3.** Tempos letais para a metade (TL<sub>50</sub>) da população de larvas de *Ascia monuste* em função da aplicação da dose recomendada de nove inseticidas. Os segmentos de reta verticais representam os intervalos de confiança das TL<sub>50</sub> a 95% de probabilidade.

### 3.2. Seletividade fisiológica de inseticidas ao predador *S. saevissima*

Diferenças significativas foram encontradas na mortalidade de adultos da formiga predadora *S. saevissima* em função dos inseticidas ( $F_{8;45} = 227,47$ ,  $p < 0,0001$ ). Os inseticidas cartape, deltametrina, malationa, metomil e clorfenapir causaram 100% de mortalidade a *S. saevissima*. Já os inseticidas espinosade, indoxacarbe, ciantraniliprole e clorantraniliprole causaram as menores mortalidades a *S. saevissima* (Figura 1).

Os inseticidas ciantraniliprole ( $t = 7,71$ ,  $p < 0,001$ ), clorantraniliprole ( $t = 44,91$ ,  $p < 0,001$ ), espinosade ( $t = 30,98$ ,  $p < 0,001$ ) e indoxacarbe ( $t = 264,2$ ,  $p < 0,001$ ) causaram maior mortalidade a *A. monuste* do que ao predador *S. saevissima*, sendo portanto seletivos à *S. saevissima*. O cartape, clorfenapir, deltametrina, malationa e metomil causaram mortalidades semelhantes à praga e ao predador (Figura 1).

As mortalidades causadas por espinosade ao predador *S. saevissima* aumentaram com a aplicação dos sinergistas butóxido de piperonila ( $t = 18,72$ ;  $p < 0,001$ ) e dietil maleato ( $t = 12,53$ ,  $p < 0,001$ ). Já as mortalidades causadas por indoxacarbe ao predador *S. saevissima* aumentaram com a aplicação dos sinergistas butóxido de piperonila ( $t = 264,2$ ,  $p < 0,001$ ) e trifetil fosfato ( $t = 3,25$ ,  $p = 0,009$ ) (Figura 4).



**Figura 4.** Mortalidade (média + erro padrão) de adultos de *Solenopsis saevissima* causadas pelos inseticidas seletivos ao predador. \*A mortalidade causada pelo inseticida com o sinergista foi maior que aquela causada pelo inseticida, de acordo com o teste t a  $p < 0,05$ .

### **3.3. Período residual de controle de *A. monuste* pelos inseticidas e impacto destes produtos a *S. saevissima* em função do tempo após a pulverização**

As mortalidades causadas por ciantraniliprole e clorfenapir a *A. monuste* não diminuiu até os 60 dias após a pulverização destes inseticidas. Já para cartape, clorantraniliprole, deltametrina, espinosade, indoxacarbe, malationa e metomil ocorreu redução da mortalidade de *A. monuste* em função do tempo após a pulverização. As curvas de mortalidade de *A. monuste* em função do tempo após a pulverização podem ser divididas em quatro grupos. No primeiro grupo estão malationa e metomil, no segundo cartape e deltametrina, no terceiro clorantraniliprole e indoxacarbe e no quarto o espinosade. Os períodos residuais de controle dos inseticidas (tempo em que eles causaram mortalidades  $\geq 80\%$  à praga) foram de 3 dias para malationa e metomil, 16 dias para cartape e deltametrina, 22 dias para clorantraniliprole e indoxacarbe, 31 dias para espinosade e mais que 60 dias para ciantraniliprole e clorfenapir (Figura 5). Das características dos inseticidas usados neste estudo (Tabela 1) só foi verificada correlação positiva ( $r=0,65$ ;  $t= 2,27$ ;  $p=0,029$ ) entre a meia vida dos inseticidas nas folhas das plantas e o efeito residual de controle dos inseticidas para *A. monuste*.

A mortalidade causada por malationa ao predador *S. saevissima* não diminuiu ao longo do tempo após a pulverização (até os 60 dias). Já para cartape, clorfenapir, deltametrina e metomil ocorreu redução da mortalidade ao predador em função do tempo após a pulverização. As curvas de mortalidade do predador em função do tempo após a pulverização podem ser divididas em quatro grupos. No primeiro está o metomil, no segundo deltametrina, no terceiro clorfenapir e no quarto cartape. Os períodos após a pulverização que esses inseticidas causaram alto impacto ao predador (mortalidades  $\geq 80\%$ ) foram de 1,

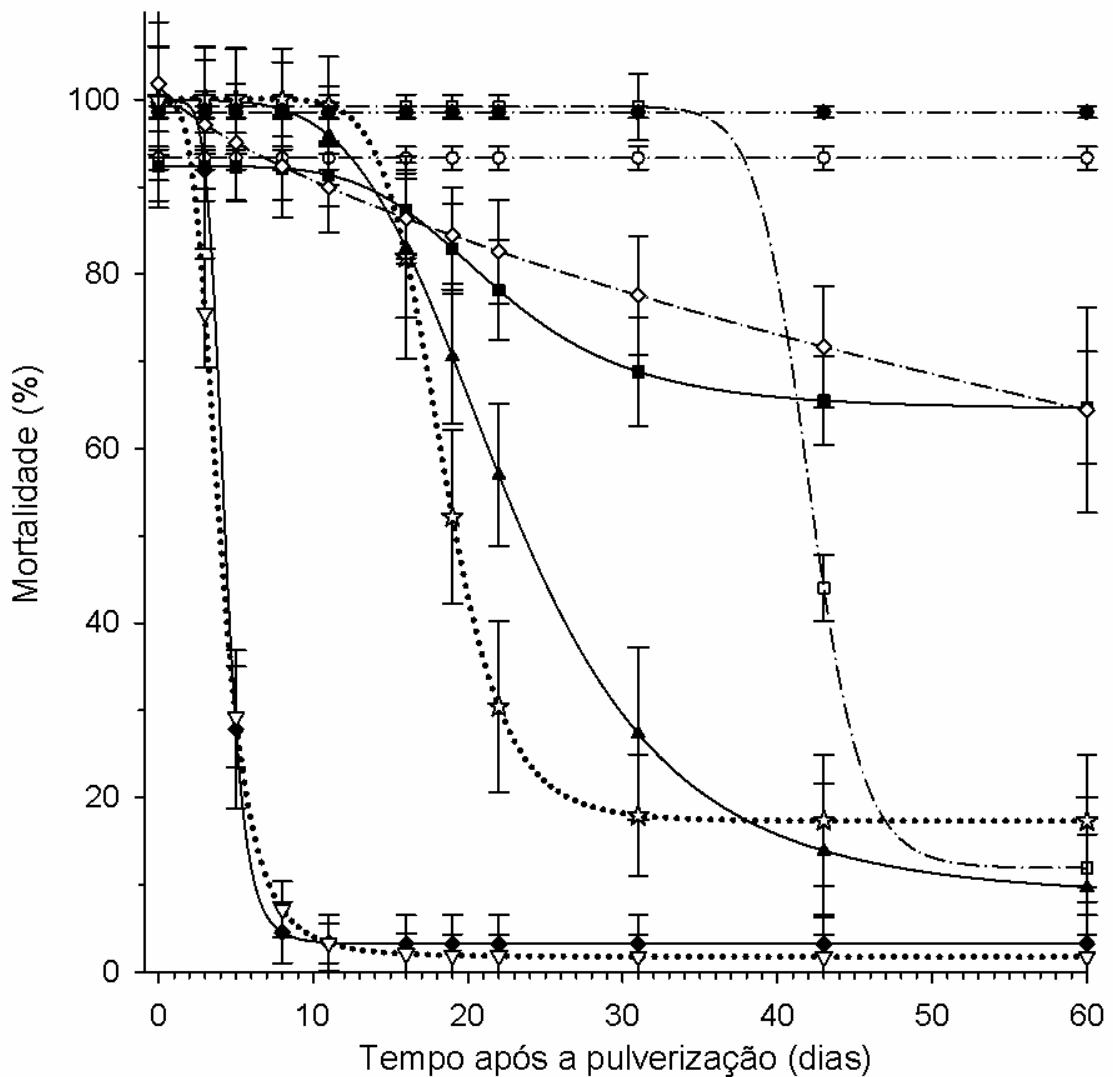
3, 11 e 22 dias para metomil, deltametrina, clorfenapir e cartape, respectivamente. Já os períodos após a pulverização que os inseticidas não causaram impacto ao predador (mortalidades <30%) foram de 3, 5, 31 e 60 dias para metomil, deltametrina, clorfenapir e cartape, respectivamente (Figura 6).

#### 4. DISCUSSÃO

O fato de cartape, ciantraniliprole, clorantraniliprole clorfenapir, deltametrina, espinosade, indoxacarbe, malationa e metomil terem causado alta mortalidade (>80%) a *A. monuste* e eles pertencerem a sete modos de ação diferentes, tem implicação em programas de manejo de resistência de pragas a inseticidas. No controle desta praga deve ser realizada a rotação destes modos de ação de forma a se evitar seleção de populações resistentes a inseticidas (Cloyd 2010, Yang et al. 2014).

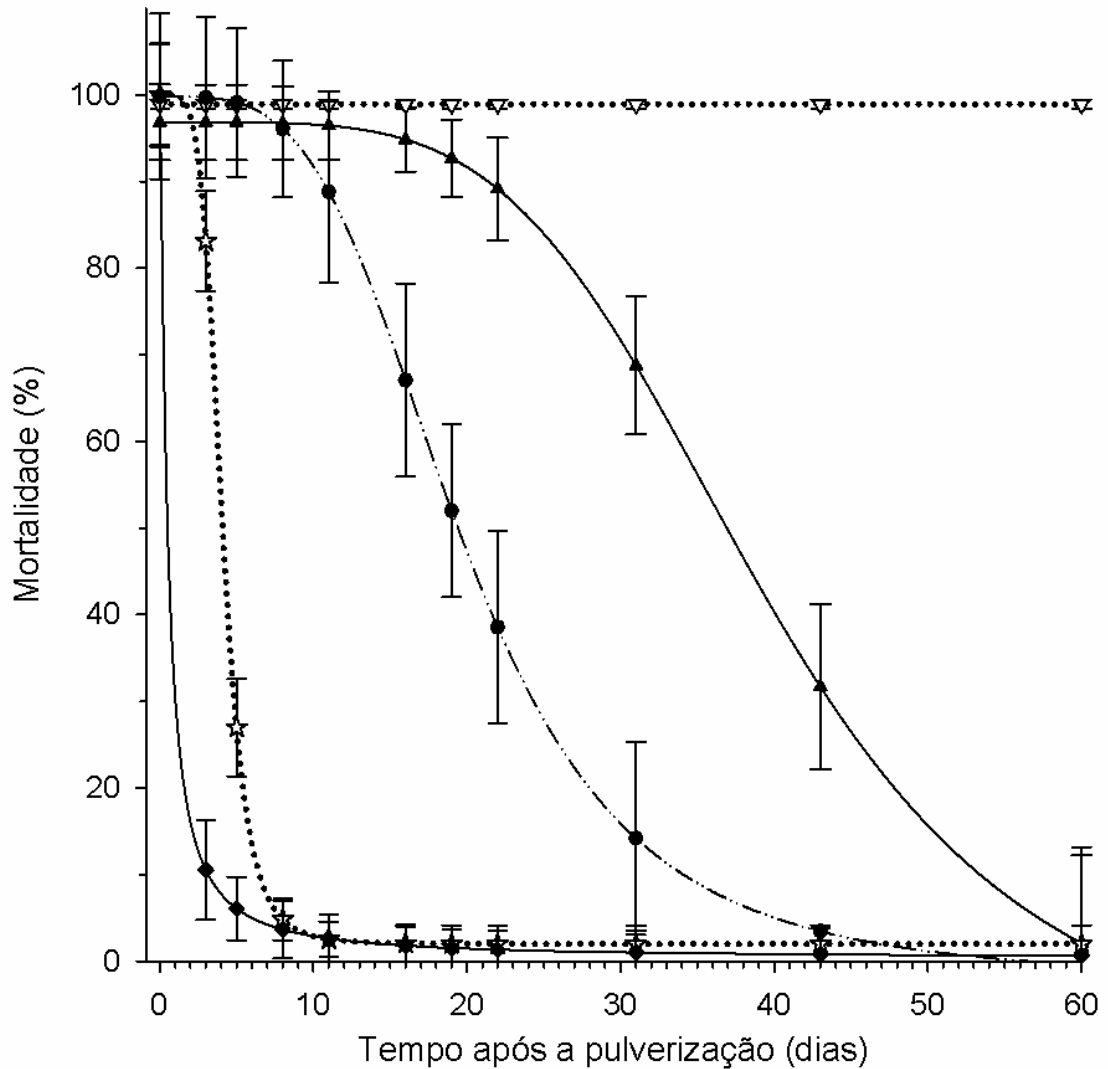
Em períodos de alta infestação de pragas nas lavouras quando ocorrem surtos populacionais destes organismos é necessário o controle rápido das pragas antes que elas causem danos econômicos (Barbosa & Schultz 2012). Nesta situação o uso do cartape e da deltametrina no controle de *A. monuste* é ideal já que estes dois inseticidas controlam esta praga em menos de uma hora. Também quando se detecta nos cultivos o ataque de lagartas de últimos ínstaes o controle da praga deve ser realizado com a aplicação de inseticidas de ação rápida já que estes insetos podem causar altos danos às plantas. Isto ocorre devido ao fato de lagartas de ínstaes maiores possuírem alta capacidade de alimentação (Scriber & Slansky 1981, Zalucki et al. 2002).

- ▲ — Cartape ( $Y = 8,33 + 91,65 [1 + (X/22,65)^{4,27}]^{-1}$ ;  $R^2=0,90$ ;  $F=113,8$ ;  $p<0,001$ )
- - - - Ciantraniliprole ( $Y=93,3 \pm 1,31$ ;  $F=1,43$ ;  $p=0,210$ )
- — Clorantraniliprole ( $Y = 64,48 + 27,87 [1 + (X/21,84)^{4,82}]^{-1}$ ;  $R^2=0,67$ ;  $F=26,47$ ;  $p<0,001$ )
- - - - Clorfenapir ( $Y=98,55 \pm 0,66$ ;  $F=1,65$ ;  $p=0,136$ )
- ☆..... Deltametrina ( $Y = 17,31 + 82,78 [1 + (X/18,36)^{9,23}]^{-1}$ ;  $R^2=0,90$ ;  $F=119,8$ ;  $p<0,001$ )
- - - - Espinosade ( $Y = 11,91 + 87,28 [1 + (X/42,06)^{24,59}]^{-1}$ ;  $R^2=0,98$ ;  $F=803,7$ ;  $p<0,001$ )
- ◇ — Indoxacarbe ( $Y = -182,14 + 283,98 [1 + (X/782,38)^{0,73}]^{-1}$ ;  $R^2=0,44$ ;  $F=10,28$ ;  $p<0,001$ )
- ▽..... Malationa ( $Y = 1,75 + 98,02 [1 + (X/3,96)^{4,03}]^{-1}$ ;  $R^2=0,97$ ;  $F=396,0$ ;  $p<0,001$ )
- ◆ — Metomil ( $Y = 3,23 + 96,56 [1 + (X/4,27)^{6,85}]^{-1}$ ;  $R^2=0,94$ ;  $F=224,2$ ;  $p<0,001$ )



**Figura 5.** Curvas de mortalidade (média  $\pm$  intervalo de confiança) de larvas de segundo instar de *Ascia monuste* em função do tempo após a pulverização de nove inseticidas.

- ▲ — Cartape ( $Y = -12,67 + 109,5 [1 + (X/39,42)^{4,43}]^{-1}$ ;  $R^2=0,91$ ;  $F=135,4$ ;  $p<0,001$ )
- — Clorfenapir ( $Y = -2,15 + 101,98 [1 + (X/19,66)^{3,64}]^{-1}$ ;  $R^2=0,85$ ;  $F=75,03$ ;  $p<0,001$ )
- ☆ ..... Deltametrina ( $Y = 1,98 + 98,04 [1 + (X/4,06)^{5,17}]^{-1}$ ;  $R^2=0,97$ ;  $F=519,1$ ;  $p<0,001$ )
- ▽ ..... Malationa ( $Y = 98,93 \pm 0,53$ ;  $F=1,73$ ;  $p=0,115$ )
- ◆ — Metomil ( $Y = 0,34 + 99,66 [1 + (X/0,51)^{1,22}]^{-1}$ ;  $R^2=0,96$ ;  $F=328,8$ ;  $p<0,001$ )



**Figura 6.** Curvas de mortalidade (média  $\pm$  intervalo de confiança) de adultos de predador *Solenopsis saevissima* em função do tempo após a pulverização dos cinco inseticidas não seletivos a este predador.

O efeito residual de controle de um pesticida é função da sua taxa de degradação ao longo do tempo e da sensibilidade da praga ao produto (Stark & Banks 2003, Lu et al. 2014). Tais fatos foram confirmados neste trabalho já que foi verificada correlação positiva entre a meia vida dos inseticidas nas folhas das plantas e o efeito residual de controle dos inseticidas para *A. monuste*. O cartape causou por mais tempo alto impacto (mortalidade >80%) a *S. saevissima* do que a *A. monuste* devido a maior sensibilidade deste predador a este inseticida. No caso de clorfenapir, deltametrina e metomil foi a praga que apresentou uma maior sensibilidade a estes inseticidas

O fato dos inseticidas possuírem diferentes efeitos residuais de controle tem impacto em programas de manejo desta praga. Os produtos que possuem menores efeitos residuais de controle necessitam de maior número de aplicações por cultivo do que aqueles que têm maiores efeitos residuais. Assim para o controle de *A. monuste* no cultivo de brássicas é necessário o uso de um maior número de aplicações de malationa e metomil (que possuem menores efeitos residuais de controle) do que de ciantraniliprole e clorfenapir (que possuem altos efeitos residuais de controle). Já o número de aplicações de cartape, clorantraniliprole, deltametrina, espinosade e indoxacarbe para o controle desta praga seria intermediário a estes extremos.

Dentre os produtos com alta eficiência de controle sobre *A. monuste* cartape, clorfenapir, deltametrina, malationa e metomil causaram alta mortalidade a *S. saevissima*, portanto estes produtos não apresentaram seletividade ao predador. Assim esses inseticidas devem ser aplicados de forma a não atingirem este predador (seletividade ecológica). Uma das formas de atingir este objetivo é aplicação destes inseticidas pelo direcionamento do jato de pulverização para as folhas que é o local de ataque da praga (Fernandes et



al. 2010) e evitar que os inseticidas atinjam o solo que é o local onde esta formiga nidifica (Way & Khoo 1992, Folgarait 1998). Como foram curtos os períodos (1 a 3 dias) que metomil e deltametrina causaram alto impactos sobre *S. saevissima* a aplicação destes dois produtos deve ser realizada durante o dia quando é baixa a atividade deste predador (Ramos et al. 2012).

Ciantraniliprole, clorantraniliprole, espinosade e indoxacarbe foram seletivos à *S. saevissimas* já que eles causaram baixas mortalidades (<13%) a este predador. Além disto, as mortalidades causadas por estes inseticidas ao predador foram menores que as mortalidades que eles causaram as larvas de *A. monuste*. Os inseticidas seletivos aos inimigos naturais são os produtos ideais para uso em programas de manejo integrado de pragas, uma vez que eles são eficientes no controle das pragas e preservam as populações destes agentes do controle biológico (Naranjo 2001, Bacci et al. 2009).

Os mecanismos bioquímicos envolvidos na seletividade do espinosade à *S. saevissima* envolve a atuação das enzimas destoxicativas monooxigenases dependentes do citocromo P450 e glutathione S-transferases. Já que o uso de butóxido de piperonila e dietil maleato aumentou a mortalidade do espinosade ao predador e estes sinergistas inibem respectivamente as enzimas monooxigenases dependentes do citocromo P450 e glutathione S-transferases (Siqueira et al. 2000). Por outro lado os mecanismos bioquímicos envolvidos na seletividade do indoxacarbe à *S. saevissimas* envolve a atuação das enzimas destoxicativas monooxigenases dependentes do citocromo P450 e esterases. Já que o uso de butóxido de piperonila e trifetil fosfato aumentou a mortalidade do indoxacarbe ao predador e estes sinergistas inibem respectivamente as enzimas monooxigenases dependentes do citocromo P450 e esterases (Pereira et al. 2014).

## 5. CONCLUSÕES

Cartape, ciantraniliprole, clorantraniliprole, clorfenapir, deltametrina, espinosade, indoxacarbe, malationa e metomil podem ser usados em rotação no controle de *Ascia monuste*. Cartape e deltametrina devem ser usados quando ocorre alta infestação de *A. monuste*. Malationa e metomil apresentam os menores períodos residuais de controle da praga. Ciantraniliprole e clorfenapir apresentam os maiores períodos residuais de controle da praga.

Ciantraniliprole, clorantraniliprole, espinosade e indoxacarbe apresentam seletividade fisiológica ao predador *S. saevissima*. As enzimas detoxificativas monooxigenases dependentes do citocromo P450 e glutaciona S-transferases estão envolvidas na seletividade do espinosade ao predador. As enzimas detoxificativas monooxigenases dependentes do citocromo P450 e esterases estão envolvidas na seletividade do indoxacarbe à formiga *S. saevissima*.

O alto impacto de cartape, clorfenapir e malationa sobre o predador não diminui 22, 11 e 60 dias após suas aplicações, respectivamente. Já metomil e deltametrina não causam impacto ao predador 3 e 5 dias após suas aplicações, respectivamente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology** 18: 265-266, 1925.

Bacci L., Pereira E.J.G., Fernandes F.L., Picanço M.C., Crespo A.L.B., Campos M.R. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **BioAssay** 1: 1-10, 2006.

Bacci L., Picanco M.C., Rosado J.F., Silva G.A., Crespo A.L.B., Pereira E.J.G., Martins J.C. Conservation of natural enemies in brassica crops: comparative selectivity of insecticides in the management of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aphididae). **Applied Entomology Zoology** 44: 103-113, 2009.

Barbosa P., Letourneau D.K., Agrawal A.A. **Insect outbreaks revisited**. Chichester: Wiley Blackwell, 2012.

CABI Crop Protection Compendium. Pest Data Sheet. Disponível em: <http://www.cabi.org/cpc/datasheet/41162>. Acesso em janeiro de 2015.

Cloyd R.A. Pesticide mixtures and rotations: Are these viable resistance mitigating strategies? **Pest Technology** 4: 14-18, 2010.

Enayati A.A., Ranson H., Hemingway J. Insect glutathione transferases and insecticide resistance. **Insect Molecular Biology** 14: 3-8, 2005.

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, EMBRAPA Brazilian Agricultural Research Corporation. **Guidelines for Good Agricultural Practices**. FAO/MAPA/EMBRAPA, Brasília, 2002.

Fernandes F.L., Bacci L., Fernandes M.S. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. **EntomoBrasilis** 3: 1-10, 2010.

Feyereisen R. Insect P450 enzymes. **Annual Review of Entomology** 44: 507-533, 1999.

Folgarait P.J. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. **Biodiversity and Conservation** 7: 1221-1244, 1998.

Gontijo P.C., Picanço M.P., Pereira E.J.G., Martins J.C., Chediak M., Guedes R.N.C. Spatial and temporal variation in the control failure likelihood of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. **Annals of Applied Biology** 162: 50-59, 2012.

Hassan S.A., Bigler F., Bogenschütz H., Boller E., Brun J., Calis J.N.M., Chiverton P., Coremas-Pelseneer J., Duso C., Lewis G.B., Mansour F., Moreth L., Oomen P.A., Overmeer W.P.J., Polgar L., Rieckmann W., Samsøe-Petersen L., Stäubli A., Sterk G., Tavares K., Tuset J.J., Viggiani G. Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Entomophaga** 36: 55-67, 1991.

Kamita S.G., Hinton A.C., Wheelock C.E., Wogulis M.D., Wilson D.K., Wolf N.M., Stok J.E., Hock B., Hammock B.D. Juvenile hormone (JH) esterase: Why are you so JH specific? **Insect Biochemistry Molecular Biology** 33: 1261-1273, 2003.

Kulkarni A.P. & Hodgson E. The metabolism of insecticides: the role of monooxygenase enzymes. **Annual Review of Pharmacology and Toxicology** 24: 19-42, 1984.

Liu T.X. Biology and life history of *Ascia monuste monuste* (Lepidoptera: Pieridae), a potential pest of cruciferous vegetables. **Annals of the Entomological Society of America** 98: 726-731, 2005.

Lu M.X., Jiang W.W., Jian Q., Shen Y., Liu X.J., Yu X.Y. Persistence and dissipation of chlorpyrifos in brassica chinensis, lettuce, celery, asparagus lettuce, eggplant, and pepper in a greenhouse. **PLoS ONE** 9: e100556, 2014.

Maibèche-Coisne M., Merlin C., Francois M.C., Queguiner I., Porcheron P., Jacquin-Joly E. Putative odorant-degrading esterase cDNA from the moth *Mamestra brassicae*: cloning and expression patterns in male and female antennae. **Chemical Senses** 29: 381-390, 2004.

MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Normas e exigências para execução de testes de produtos químicos par fins de registro no MAPA**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasil, 1995.

Matthews G.A. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products – a survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. **Crop Protection** 27: 834-846, 2008.

Morais E.G.F., Picanço M.C., Sena M.E., Bacci L., Silva G.A., Campos M.R. **Manejo Integrado de Doenças e Pragas-Hortaliças**. UFV, Viçosa, 2007.

Naranjo S.E. Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection** 20: 835-852, 2001.

Pereira R.R., Picanço M.C., Santana Jr. P.A., Moreira S.S., Guedes R.N.C., Corrêa A.S. Insecticide toxicity and walking response of three pirate bug predators on the tomato leaf miner *Tuta absoluta*. **Agricultural and Forest Entomology** 16: 217-325, 2014.

Ramos R.S., Picanço M.C., Santana Jr. P.A., Silva E.M., Bacci L., Gonring A.H. R., Silva G.A. Natural Biological Control of Lepidopteran Pests by Ants. **Sociobiology** 59: 1389-1399, 2012.

Ripper W.E., Greenslade R.M., Hartley G.S. Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology** 44: 448-459, 1951.

SAS Institute. **SAS User's Manual, Version 9.4**. Cary: SAS Institute. 2013.

Schilick-Souza E.C., Baldin E.L.L., Lourenção A.L. Variation in the host preferences and responses of *Ascia monuste orseis* Godart (Lepidoptera: Pieridae) to cultivars of collard greens *Brassica oleracea* (L.) var. *acephala*. **Journal Pest Science** 84: 429-436, 2011.

- Scriber J.M. & Slansky Jr. F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology** 26: 183-211, 1981.
- Siqueira H.A.A., Guedes R.N.C., Picanço M.C. Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology** 124: 233-238, 2000.
- Sparks T.C., Hammock B.D., Riddiford L.M. The haemolymph juvenile hormone esterase of *manduca sexta* (L.) Inhibition and regulation. **Insect Biochemistry** 13: 529-541, 1983.
- Stark J.D. & Banks J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology** 48: 505-519, 2003.
- Terriere L.C. Induction of detoxification enzymes in insects. **Annual Review of Entomology** 29: 71-88, 1984.
- Vander Meer R.K., Obin M.S., Zawistowski S., Sheehan K.B., Richmond R.C. A reevaluation of the role of cis-vaccenyl acetate, cis-vaccinol, and esterase-6 in the regulation of mated female sexual attractiveness in *Drosophila melanogaster*. **Journal of Insect Physiology** 32: 681-686, 1986.
- Way M.J. & Khoo K.C. Role of ants in pest management. **Annual Review of Entomology** 37: 479-503, 1992.
- Wigglesworth V.B. The distribution of esterase in nervous system and other tissues of the insect *Rhodnius prolixus*. **Quarterly Journal of Microscopical Science** 99: 441-450, 1958.
- Yang Y., Dong B., Xu H., Zheng X., Tian J., Heong K., Lu Z. Decrease of Insecticide resistance over generations without exposure to insecticides in *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). **Journal of economic entomology** 107: 1618-1625, 2014.