

WALYSON SILVA SOARES

AÇÃO DE DIFERENTES GRUPOS QUÍMICOS DE INSETICIDAS SOBRE O
DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO, EMERGÊNCIA DE *Spodoptera*
frugiperda (SMITH & ABBOT, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E
SELETIVIDADE À VESPIDAES PREDADORES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes

Co-orientador

Prof. Dr. Marcus Vinícius Sampaio

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S676a
2018

Soares, Walyson Silva, 1990

Ação de diferentes grupos químicos de inseticidas sobre o desenvolvimento embrionário, emergência de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e seletividade à *Vespidae* predadores / Walyson Silva Soares. - 2018.

57 f. : il.

Orientador: Flávio Lemes Fernandes.

Coorientador: Marcus Vinícius Sampaio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.733>

Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. *Spodoptera frugiperda* - Teses. 3. Inseticidas - Teses. 4. Pragas agrícolas - Controle - Teses. I. Fernandes, Flávio Lemes. II. Sampaio, Marcus Vinícius. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

WALYSON SILVA SOARES

AÇÃO DE DIFERENTES GRUPOS QUÍMICOS DE INSETICIDAS SOBRE O
DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO, EMERGÊNCIA DE *Spodoptera*
frugiperda (SMITH & ABBOT, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) E
SELETIVIDADE À VESPIDAES PREDADORES

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADO em 16 de fevereiro de 2018.

Prof. Dr. Marcus Vinícius Sampaio
(co-orientador)

UFU

Profa. Drª. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho

UFU

Prof. Dr. Edmilson Amaral de Souza

UFV

Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes
ICIAG-UFV
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter proporcionado a sabedoria, saúde, paciência e muita força na minha vida pessoal e profissional.

Ao meu pai Lourival e à minha mãe Kênia, pelo amor, apoio, educação e valores espirituais que recebi em toda a minha vida. Amo vocês!

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o mestrado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Flávio Lemes Fernandes, pela paciência, parceria e pelos ensinamentos durante o mestrado.

Ao meu amigo Salmo de Melo Davi Júnior, por ter ajudado a executar os experimentos.

Ao Prof. Dr. Edmilson Amaral de Souza, por ter ajudado nos trabalhos de laboratório.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO -----	i
ABSTRACT -----	iii
1 Introdução geral -----	01
2 Referências -----	04
CAPÍTULO 1 -----	08
1 Resumo -----	09
2 Abstract -----	10
3 Introdução -----	11
4 Material e Métodos -----	12
4.1 Caracterização anatômica durante o desenvolvimento embrionário de <i>S. frugiperda</i> -----	13
5 Resultados -----	15
5.1 Caracterização anatômica durante o desenvolvimento embrionário de <i>S. frugiperda</i> -----	17
6 Discussão -----	20
7 Conclusão -----	22
8 Referências -----	23
CAPÍTULO 2 -----	28
1 Resumo -----	29
2 Abstract -----	30
2 Introdução -----	31
3 Material e métodos -----	32
3.1 Anatomia da cutícula do abdômen de <i>P. sylveirae</i> e <i>B. lecheguana</i> -----	35
4 Resultados -----	36
4.1 Anatomia da cutícula do abdômen de <i>P. sylveirae</i> e <i>B. lecheguana</i> -----	39
5 Discussão -----	40
6 Conclusão -----	44
7 Referências -----	45

SOARES, WALYSON SILVA. Ação de diferentes grupos químicos de inseticidas sobre o desenvolvimento embrionário, emergência de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e seletividade à Vespidae predadores. 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

Os inseticidas com ação sobre os ovos de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) podem ser eficazes no controle da praga reduzindo a sua emergência. Entretanto, o uso excessivo de inseticida causa impactos negativos aos inimigos naturais. Assim, torna-se necessário a utilização de inseticida fisiológico que seja mais tóxico à praga do que aos inimigos naturais. O objetivo deste estudo foi avaliar a ação de diferentes grupos químicos de inseticidas sobre o desenvolvimento embrionário, emergência de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e seletividade aos Vespidae predadores *Protonectarina sylveirae* (Saussure, 1854) e *Brachygastra lecheguana* (Latreille, 1824). O primeiro experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Dez inseticidas dos grupos químicos (Oxadiazina, piretroide, antranilamida, metilcarbamato de oxima + benzoilureia, benzoilureia, piretroide + antranilamida, análogo de pirazol e espinosina) foram diluídos em água para a obtenção da concentração de ingrediente ativo na dose (100%). Utilizou-se aerógrafo para pulverizar 1 mL da solução inseticida (9 tratamentos) e água (controle) a 50 psi sobre a primeira camada das massas de ovos de *S. frugiperda*. As avaliações foram realizadas quando os ovos apresentaram idades de 72, 96, 120, 144 e 168 horas após a postura. Em cada unidade experimental, contou-se o número de lagartas emergidas. Em seguida, calculou-se a taxa de eclosão de lagartas. O segundo experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 10 x 2 x 2 (Inseticida x concentração de ingrediente ativo x espécie) com quatro repetições. Foram realizadas as diluições de dez inseticidas dos grupos químicos (Oxadiazina, piretroide, antranilamida, metilcarbamato de oxima + benzoilureia, benzoilureia, piretroide + antranilamida, análogo de pirazol e espinosina) para obtenção da concentração de ingrediente ativo na dose (100%) e subdose (50%). As folhas de milho foram imersas em calda inseticida (9 tratamentos) e água (controle). As folhas foram secas à sombra por trinta minutos e, posteriormente, acondicionadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 2 cm de altura). Foram colocadas 20 vespas adultas por placa e depois essas foram cobertas por um tecido fino de organza preso por elásticos. Depois de 24 horas, foi avaliada a percentagem de vespas mortas. Metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina reduziram a taxa de eclosão das lagartas de *S. frugiperda* e foram altamente tóxicos às vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* na dose (100%) e subdose (50%). O inseticida alfa-cipermetrina resultou em baixa ação sobre os ovos de *S. frugiperda* e foi altamente tóxico às vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* na dose (100%) e subdose (50%). Os inseticidas novaluron, clorantraniliprole, espinosade, clorfernpirap e indoxacarbe apresentaram pouca toxicidade às vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* e baixa ação sobre os ovos de *S. frugiperda*. Conclui-se que os inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina tiveram controle satisfatório da fase ovo de *S. frugiperda* e não foram seletivos à *P. sylveirae* e *B. lecheguana*.

Palavras-chaves: Diamida; Inseticida neurotóxico; Ovicida; Regulador de crescimento.

¹ Orientador: Flávio Lemes Fernandes - UFV Campus Rio Paranaíba

SOARES, WALYSON SILVA. Action of different chemical groups of insecticides on the embryonic development, emergence of *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to predatory Vespidae. 2018. 48 f. Dissertation (Master's degree in Agronomy / Phytotechny), Federal University of Uberlândia, Uberlândia.¹

The insecticides with action on *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) eggs (Lepidoptera: Noctuidae) can be effective in controlling the pest and reducing its emergence. However, excessive use of insecticide causes negative impacts to natural enemies. Thus, it is necessary to use a physiological insecticide that is more toxic to the pest than to the natural enemies. The objective of this study was to evaluate the action of different chemical groups of insecticides on the embryonic development, emergence of *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to Vespiary predators *Protonectarina sylveirae* (Saussure, 1854) and *Brachygastra lecheguana* (Latreille, 1824). The first experiment was conducted in a completely randomized design with four replicates. Ten insecticides from the chemical groups (Oxadiazine, pyrethroid, anthranilamide, oxime + benzoylurea methyl benzoylurea, benzoylurea, pyrethroid + anthranilamide, pyrazole analog and spinosyn) were diluted in water to obtain the concentration of active ingredient in the dose (100%). An airbrush was used to spray 1 mL of the insecticide solution (9 treatments) and 50 psi water (control) on the first layer of the *S. frugiperda* egg masses. The evaluations were performed when the eggs had ages of 72, 96, 120, 144 and 168 hours after laying. In each experimental unit, the number of emerged caterpillars was counted. Then, the rate of hatching of caterpillars was calculated. The second experiment was conducted in a completely randomized design in a 10 x 2 x 2 factorial scheme (Insecticide x concentration of active ingredient x species) with four replicates. Dilutions of ten insecticides of the chemical groups (Oxadiazine, pyrethroid, anthranilamide, oxime + benzoylurea methylcarbamate, benzoylurea, pyrethroid + antranilamide, pyrazole analogue and spinosyn) were performed to obtain the concentration of active ingredient in the dose (100%) and sub-dose (50%). The leaves of maize were immersed in insecticidal syrup (9 treatments) and water (control). The leaves were dried in the shade for thirty minutes and then packed in Petri dishes (9 cm in diameter and 2 cm in height). Twenty adult wasps per plaque were placed and then covered by a thin organza tissue held by elastics. After 24 hours, the percentage of dead wasps was evaluated. Methomyl + novaluron, chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin and deltamethrin reduced the hatch rate of *S. frugiperda* caterpillars and were highly toxic to wasps *P. sylveirae* and *B. lecheguana* in the dose (100%) and sub-dose (50%). The insecticide alpha-cypermethrin resulted in low action on the eggs of *S. frugiperda* and was highly toxic to the wasps *P. sylveirae* and *B. lecheguana* in the dose (100%) and sub-dose (50%). The insecticides novaluron, chlorantraniliprole, espinosade, clorfernnapir and indoxacarbe presented little toxicity to the wasps *P. sylveirae* and *B. lecheguana* and low action on the eggs of *S. frugiperda*. It is concluded that the insecticides methomyl + novaluron, chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin and deltamethrin had satisfactory control of the egg phase of *S. frugiperda* and were not selective to *P. sylveirae* and *B. lecheguana*.

Keywords: Diamide; Neurotoxic insecticide; Ovicide; Growth regulator.

¹ Major Professor: Flávio Lemes Fernandes – UFV Campus Rio Paranaíba.

INTRODUÇÃO GERAL

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) causa danos significativos em algodão, *Gossypium hirsutum* L., milheto, *Pennisetum glaucum* L., soja, *Glycine max* L., sorgo, *Sorghum bicolor* L., arroz, *Oryza sativa* L. e batata, *Solanum tuberosum* L. (BARROS et al., 2010; JUAREZ et al., 2014; IITA, 2016). No milho, *Zea mays* L., já resultou em prejuízo econômico de 400 milhões de dólares no Brasil (IITA, 2016; SILVA; FORESTI, 2016).

Spodoptera frugiperda apresenta desenvolvimento holometábolo (ciclo com ovo, larva, pupa e adulta). Os adultos são mariposas, medem cerca de 35 mm de envergadura, com as asas anteriores pardo-escuras e as posteriores branco-acinzentadas (GALO et al., 2002). As fêmeas adultas de *S. frugiperda* depositam cerca de 1.500 ovos durante o seu ciclo de vida, em camadas sobrepostas na face adaxial das folhas de *Z. mays*. (GALO et al., 2002; CARNEIRO, 2008; CAPINERA, 2008). Após a eclosão, as lagartas dos primeiros instares se alimentam da parte aérea reduzindo drasticamente o “stand” de plantas. A partir do terceiro instar, a lagarta inicia o ataque ao cartucho. Os ataques podem se estender com perfurações na panícula e danos à espiga, reduzindo a produção em até 52% (SARMENTO et al., 2002; VALICENTE, 2015; BOREM et al., 2015).

O manejo para o controle de *S. frugiperda* pode ser aplicado por vários métodos como: cultural, químico, biológico e resistência de plantas (*Bacillus thuringiensis*) (CAPINEIRA, 2005; WAQUIL et al., 2002). O controle químico é o mais utilizado por ser considerado prático, rápido e eficiente na redução da população da praga (CESSA, 2013; DIAS et al., 2004; FAZOLIN et al., 2016; GUERREIRO, 2013). Os inseticidas registrados para o controle de *S. frugiperda* são direcionados para a fase que causa dano (lagarta). No entanto, já foi observado controle de *S. frugiperda* em adultos (PRATISSOLI et al., 2004) e ovos (TAVARES et al., 2011). O uso dos inseticidas sobre os ovos de *S. frugiperda* é uma alternativa que pode aumentar a eficiência de controle. Por exemplo, os inseticidas com diferentes mecanismos de ação, como, azadiractina, lufenuron e deltametrina aplicados sobre os ovos de *S. frugiperda* reduziram a sua emergência (CORREIA et al., 2013). O mesmo foi observado com o inseticida clorantraniliprole (diamida) em *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) (NATIKAR; BALIKAI, 2015).

Os inseticidas do grupo das diamidas antranílicas ligam-se aos receptores rianodínicos, localizados na membrana do retículo sarcoplasmático, ativando a liberação irregular de Ca^{2+} das células e comprometendo a contração muscular. Como consequência, há a cessação da alimentação, letargia, paralisia e morte do inseto. As diamidas apresentam eficiência no controle da praga, menor efeito ambiental, boa ação residual, baixa toxicidade relativa aos inimigos naturais e mamíferos (CAMPBELL et al., 1987; CORDOVA et al., 2006; EBBINGHAUS-KINTSCHER, 2006; WHALON et al., 2008). Os piretroides são inseticidas com amplo espectro de ação utilizados para controle de pragas de diversas ordens. Os inseticidas pertencentes a este grupo atuam no sistema nervoso central e periférico, especificamente nos canais de sódio. Este modo de ação impede o fechamento destes canais e a despolarização da membrana, como consequência, os insetos morrem devido à hiperexcitabilidade provocada por esses inseticidas (GALO et al., 2002; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 1990; US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2006).

As oxadiazinas (indoxacarbe) atuam como bloqueadores dos canais de sódio, reduzindo ou suprimindo a fase ascendente do potencial de ação. O efeito desse pro-inseticida ocorre quando ele é bioativado por um sistema enzimático (esterase ou amidase) que cliva o grupo de ligação da ureia, formando um metabólito tóxico JT333 (N-decarbomethoxylated) que bloqueia os canais de sódio e causa, como consequência, paralisia e morte da praga (GALO et al., 2002; WING, 2000). Clorfenapir pertence ao grupo análogo de pirazol. Esse pro-inseticida, quando bioativado por enzimas monoxigenases dependentes do citocromo P-450, forma composto tóxico capaz de inibir a fosforilação oxidativa nas mitocôndrias evitando a formação de ATP. A perda de energia leva à disfunção celular e a subsequente morte do inseto (LOVEL et al., 1990; SHEPPARD et al., 1998; TOMLIN et al., 2000; RAGHAVENDRA et al., 2011). Espinosade pertence ao grupo das espinosinas, inseticida natural produzido pela Dow Agroscience, que é composto pela mistura de espinosinas A (85%) e D (15%). Esse é derivado da fermentação aeróbica da bactéria *Saccharoplyspora spinosa* e resulta em baixa toxicidade a mamíferos. O inseticida espinosade possui efeito em díptero e lepidóptera e atua nos receptores nicotínicos da acetilcolina e, secundariamente, nos receptores do ácido γ -aminobutírico (GABA) (AYDIN; GURKAN, 2006; BRET et al., 1997; CROUSE et al., 2001; WATSON, 2001; SALGADO; SPARKS, 2000). Esse modo de ação é caracterizado pela hiperexcitação do sistema nervoso, levando à contração muscular involuntária e morte do inseto (THOMPSOM et al., 2000). O inseticida metomil

pertence ao grupo químico metilcarbamato de oxima com amplo espectro de ação (ALAWI; RUSSEL, 1981). Semelhante aos outros inseticidas carbamatos, o metomil atua inibindo a ação da enzima acetilcolinesterase. Quando essa é inibida, a desativação hidrolítica da acetilcolina é reduzida de modo a continuar a estimular os receptores pós-sinápticos e causar hiperexcitação do sistema nervoso e morte do inseto (VAN SCOY, 2013).

Os inibidores da síntese de quitina, principalmente representados pelo novaluron e diflubenzuron, atuam impedindo a formação da quitina durante a metamorfose. A quitina é o principal componente do exoesqueleto dos insetos e a ação desse inseticida reduz a polimerização da N-acetil-D-glicosamina impedindo a estruturação do exoesqueleto e, como consequência, causando a morte do inseto (GRAF, 1993; COHEN, 1987).

O uso excessivo de inseticidas utilizados no controle de pragas agrícolas pode causar impactos negativos aos inimigos naturais (CARMO et al., 2010a; FERNANDES et al., 2010). Uma das estratégias do manejo integrado de pragas (MIP) está na utilização do controle biológico e na sua conservação no sistema agrícola. Geralmente, o controle biológico, isoladamente, não pode fornecer o controle eficiente dos insetos-pragas, logo, a utilização de inseticida é inevitável. Assim, torna-se necessária a utilização de inseticidas seletivos que reduzam os impactos negativos aos inimigos (OLIVEIRA et al., 2013). A seletividade pode ser fisiológica, quando utilizar inseticidas mais tóxicos à praga do que aos inimigos naturais, ou ecológica, que está relacionada ao uso dos inseticidas de modo que os inimigos naturais sejam menos expostos a eles (PEDIGO, 1999). Um dos mecanismos que pode estar relacionado com seletividade fisiológica de inseticida aos insetos é o espessamento da cutícula. Assim, cutícula mais espessa reduz a taxa de penetração de inseticidas (WOOD et al., 2010). Nesse sentido, o objetivo deste estudo consiste em avaliar a ação dos inseticidas de diferentes grupos químicos sobre os ovos de *Spodoptera frugiperda* e a seletividade fisiológica desses mesmos inseticidas aos Vespídeos predadores *Protonectarina sylveirae* (Saussure, 1854) e *Brachygastra lecheguana* (Latreille, 1824).

REFERÊNCIAS

ALAWI, M. A.; RUSSEL, A. Determination of methomyl and methomyl-oxime in fruit crops and water by HPLC. **Fresenius Zeitschrift für**, Berlin, v. 309, p. 8–12, 1981.

AYDIN, H.; GURKAN, M. O.; The efficacy of spinosad on different strains of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae), **Turkish Journal of Biology**, Tubitak, v. 30, p. 5-9, 2006.

BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 6, p. 996–1001, 2010.

BOREM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho:** do plantio à colheita. 1. ed. Viçosa, UFV, 2015. 351 p.

BRET, B. L.; LARSON, L. L.; SCHOONOVER, J. R.; SPARS, T. C.; THOMPSON, G.D. Biological properties of spinosad. **Down to Earth**, [S.I.], v. 52, p. 6-13, 1997.

CAMPBELL, K. P.; KNUDSON, C. M.; IMAGAWA, T.; LEUNG, A. T.; SUTKO, J. L.; KAH, S. D.; RAAB, C. R.; MADSON, L. Identification and characterization of the high affinity [³H] Ryanodine receptor of the junctional sarcoplasmic reticulum Ca²⁺ release channel. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 262, p. 6460–6463, 1987.

CAPINEIRA, J. L. **Fall armyworm.** 2005. Disponível em:
<http://creatures.ifas.ufl.edu/field/fall_armyworm.htm>. Acesso em: 03 nov. 2017.

CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of entomology.** 2. ed. Springer, Dordrecht, The Netherlands, p. 4346, 2008.

CARMO, E. L.; BUENO, A. F.; BUENO, R. C. O. F. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. **BioControl**, Dordrecht, v. 55, n. 4, p. 455-464, 2010a.

CARNEIRO, T. R. **Dinâmica populacional de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho safra e safrinha e competição entre *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae).** 2008. 131 f. Tese (Doutorado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

CESSA, R. M. A.; MELO, E. P.; LIMA-JUNIOR, I. S. Mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: noctuidae) alimentadas com folhas de milho e feijoeiro imersas em soluções contendo inseticidas. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 1, p. 85-92, abr. 2013.

COHEN, E. Chitin biochemistry - synthesis and inhibition. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 32, p. 71-93, 1987.

CORDOVA, D.; BENNER, E. A.; SACHER, M. D.; RAUH, J. J.; SOPA, J. S.; LAHM, G. P.; SELBY, T. P.; STEVENSON, T. M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D. .; WU, L.; SMITH, R. M., TAO, Y. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [S.I], v. 84, p. 196-214, 2006.

CROUSE, G. D.; SPARKS, T. C.; SCHOONOVER, J.; GIFFORD, J.; DRIPPS, J.; BRUCE, T.; LARSON, L. L.; GARLICH, J.; HATTON, C., HILL, R. L., WORDEN, T.V.; MARTYNOW, J.G. Recent advances in the chemistry of spinosyns. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 57, p. 177-185, 2001.

EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; LUMMEN, P.; LOBITZ, N.; SCHULTE, T.; FUNKE, C.; FISCHER, R. Phthalic acid diamides activates ryanodine sensitive Ca^{2+} release channels in insects. **Cel Calicum**, Edinburgh, v. 39, p. 21-33, 2006.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MEDEIROS, A. F. M.; DA SILVA, I. M.; GOMES, L. P.; SILVA, M. S. F. Synergistic potential of dillapiole-rich essential oil with synthetic pyrethroid insecticides against fall armyworm. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, 2016.

DIAS, D. G. S.; SOARES, C. M. S.; MONNERAT, R. Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle da traça-das-crucíferas em couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 553-556, 2004.

GALO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, Fealq, 2002. 920 p.

GRAF, J. F. The role of insect growth regulators in arthropod control. **Parasitology Today**, Amsterdam, v. 9, n. 12, p. 471-474, 1993.

FERNANDES, F. L.; BACCI, L.; FERNANDES, M. S. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. **EntomoBrasilis**, [S.I], v. 3, p. 1-10, 2010.

GUERREIRO, J. C.; CAMOLESE, P. H.; BUSOLI, A. C. Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. **Scientia Agraria Paranaensis**, Acrelândia, v. 12, n. 4, p. 275-285, 2013.

INTERNATION INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE - IITA. **First report of out breaks of the “Fall Armyworm” on the African continent**. IITA Bulletin, Nº 2330. 2016. <<http://bulletin.iita.org/index.php/2016/06/18/first-report-of-outbreaks-of-the-fall-armyworm-on-the-african-continent/>>. Acesso em: 30 jan. 2018.

JUAREZ, M. L.; SCHÖFL, G.; VERA, M. T.; VILARDI, J. C.; MURÚA, M. G.; WILLINK, E.; HANNINGER, S.; HECKEL, D. G., GROOT, A. T. Population structure of *Spodoptera frugiperda* maize and rice host forms in South America: are they host strains? **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 152, p. 182–199, 2014.

LOVELL, J. B; WRIGHT, D. E; GARD, I. E; MILLER, T. E; TREACY, M. E; ADDOR, R.W; KAMHI, V. M. AC 303,630 - an insecticide/acaricide from a novel class of chemistry, **Brighton Crop Protection Conference**, Thornton Heath, v. 1, p. 37–42, 1990.

NATIKAR, P. K.; BALIKAI, R. A. Ovicidal action of newer insecticide molecules against the eggs of tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius). **Journal of Experimental Zoology India**, Muzaffarnagar, v. 18, n. 2, p. 993–995, 2015.

OLIVEIRA, H. N.; ANTIGO, M. R.; CARVALHO, G. A.; GLAESER, D. F.; PEREIRA, F. F. Selectivity of insecticides used in the sugar-cane on adults of *Trichogramma galloii* ZUCCHI (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p. 1267-1274, 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. **Deltamethrin**. Environmental Health Criteria 97, 1990. Disponível em:
<<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc97.htm>>. Acessado em: 04 fev. 2018.

PEDIGO, L. P. **Entomology and pest management**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, p. 691, 1999.

PRATISSOLI, D.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F.; REIS, E. F.; FERREIRA, A. T. Ação transovariana de lufenuron (50 g/l) sobre adultos de *Spodoptera Frugiperda* (j. e. smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e seu efeito sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, 2004.

RAGHAVENDRA, K.; BARIK, T.; SHARMA, P.; BHATT, R. M.; SRIVASTAVA, H. C.; SREEHARI, U.; DASH, A. P. Chlorfenapyr: a new insecticide with novel mode of action can control pyrethroid resistant malaria vectors. **Malaria Journal**, London, v. 11, p. 16, 2011.

SALGADO, V. L.; SHEETS, J. J.; WATSON, G. B.; SCHMIDT, A. L. Studies on the mode of action of spinosad: the effective concentration and the concentration dependence of neural excitation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 60, p. 103-110, 1998.

SALGADO, V. L.; SPARK, T. C. Comprehensive molecular insect science. In: LAWRENCE, I.; LATROU, G. K.; GILL, S. S. **Molecular Insect Science**. 1. ed. Boston: Elsevier, p. 137-173, 2000.

SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. W. S.; AGUIAR, R. A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. **Bioscience Journal**, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.

SATTELLE, D. B.; CORDOVA, D.; CHEEK, T. R. Insect ryanodine receptors: molecular targets for novel pest control chemicals. **Invertebrate Neuroscience**, Southampton, v. 8, p. 107–109, 2008.

SHEPPARD, D. C.; JOYCE, J. A. Increased susceptibility of pyrethroid-resistant horn flies (Diptera: Muscidae) to chlorfenapyr. **Journal of Economic Entomology**. College Park Md, v. 91, p. 398–400, 1998.

SILVA, P. R.; FORESTI, J. **Susceptibilidade do Milho ao Ataque da Lagarta-do-Cartucho**. 2016. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/blog/125/susceptibilidade-do-milho-ao-ataque-da-lagarta-do-cartucho>>. Acesso em: 03 nov. 2017.

TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; PETACCI, F.; FREITAS, S. S.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Insecticide activity of piperine: Toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 21, p. 5301-5306, 2011.

TOMLIN, C. D. S. **The Pesticide Manual**. 12th, editor. British Crop Protection Council, London, UK; 2000.

THOMPSOM, G. D.; DUTTON, R.; SPARKS, T. C. Spinosad - um estudo de caso: um exemplo de um programa de descoberta de produtos naturais. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 56, p. 696–702, 2000.

US-ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Reregistration eligibility decision for pyrethrins**. 2006. Disponível em: http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/pyrethrins_red.pdf. Acessado em: 04. fev. 2018.

VALICENTE, F. H. Manejo integrado de pragas na cultura do milho. **Circular Técnica 208**, Embrapa Milho e Sorgo, p. 01-03, 2015.

VAN SCOY, A. R.; YE, M.; DENG, X.; TJEERDEMA, R. S. **Environmental Fate and Toxicology of Methomyl**. [S.l.: s.n.], 2013. Disponível em: <<http://www.cdpr.ca.gov/docs/emon/pubs/reviews/methomyl.pdf>>. Acessado em: 02 fev. 2018.

WAQUIL, J.M., VILLELA, F.M.F., FOSTER, J.E. Resistência do milho (*Zea mays L.*) transgênico (Bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, p. 2-11, 2002.

WATSON, G. B. Actions of insecticidal spinosyns on γ -aminobutyric acid responses from small-diameter cockroach neurons. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 71, p. 20-28, 2001.

WHALON, M. E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. M. Analysis of global pesticide resistance in arthropods. **Global Pesticide Resistance in Arthropods**, [S.l.], v.5, p. 31, 2008.

WING, K. D.; SACHER, M.; KAGAYA, Y.; TSURUBUCHI, Y.; MULDERIG, L.; CONNAIR, M.; SCHNEE, M. Bioactivation and mode of action of the oxadiazine indoxacarb in insects. **Crops Protection**, Guildford, v. 19, p. 537-545, 2000.

WOOD, O. R., HANRAHAN, S., COETZEE, M., KOEKEMOER, L. L., BROOKE, B. D. Cuticle thickening associated with pyrethroid resistance in the major malaria vector *Anopheles funestus*. **Parasites and Vectors**, v. 3, p. 67, 2010.

CAPÍTULO 1: AÇÃO DE DIFERENTES GRUPOS QUÍMICOS DE INSETICIDAS
SOBRE O DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO E EMERGÊNCIA DE *Spodoptera*
frugiperda (SMITH & ABBOT, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

SOARES, WALYSON SILVA. **Ação de diferentes grupos químicos de inseticidas sobre o desenvolvimento embrionário e emergência de *S. frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.³

Os inseticidas registrados para a cultura do milho são direcionados à fase lagarta. O ovo é imóvel e mais expostos à ação química. Os efeitos dos inseticidas sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) são importantes para o manejo integrado de pragas, pois podem reduzir a emergência da praga. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a ação dos inseticidas de diferentes grupos químicos, utilizados na cultura do milho, sobre os ovos de *S. frugiperda* e a caracterização anatômica durante o desenvolvimento embrionário dessa praga a fim de analisar e avaliar as modificações no embrião dos ovos tratados com inseticidas em condição de laboratório. O bioensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por uma cartela com massa de 80 ovos. Cada cartela foi fixada com fita adesiva em potes plásticos (48 mm de altura e 69 mm de diâmetro). Para a pulverização, os inseticidas selecionados foram diluídos em água para obter a concentração de ingrediente ativo recomendada à *S. frugiperda*. Em seguida, a cartela contendo a primeira camada das massas de ovos foi pulverizada com os tratamentos (nove inseticidas) e controle (água destilada), com auxílio de um aerógrafo para pulverizar 1 mL da solução inseticida a 50 psi, sobre a superfície externa dos ovos de *S. frugiperda*. Os ovos contendo os tratamentos foram acondicionados em B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) à Temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade $70 \pm 1\%$ e fotoperíodo de 12h. As avaliações foram realizadas quando os ovos apresentaram idades de 72, 96, 120, 144 e 168 horas após a postura. Em cada unidade experimental, contou-se o número de ovos com lagartas emergidas. Em seguida, calculou-se a taxa de eclosão de lagartas. Posteriormente, os ovos do controle e tratados com inseticida alfa-cipermetrina e metomil + novaluron foram usados para a realização da caracterização anatômica a fim de verificar as possíveis alterações nos embriões. Os inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina reduziram a taxa de eclosão das lagartas de *S. frugiperda*. Já os inseticidas indoxacarbe, alfa-cipermetrina e novaluron apresentaram baixo potencial inibitório da eclosão das lagartas. Alfa-cipermetrina não afetou o desenvolvimento embrionário de *S. frugiperda*. Embora no tratamento metomil + novaluron as lagartas não tenham emergido, ocorreu o desenvolvimento embrionário. Portanto, os inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina são recomendados para controlar a fase ovo de *S. frugiperda*.

Palavras-chaves: Efeito ovicida; Inseticida neurotóxico; Regulador de crescimento; *Zea mays* L.

³ Orientador: Flávio Lemes Fernandes – UFV Campus Rio Paranaíba.

SOARES, WALYSON SILVA. **Action of different chemical groups of insecticides on the embryonic development and emergence of *S. frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2018. 48f. Dissertation (Master's degree in Agronomy / Phytotechnology) - Federal University of Uberlândia, Uberlândia.⁴

The insecticides registered for the maize crop are directed to the caterpillar stage. The egg is immobile and more exposed to chemical action. The effects of insecticides on *Spodoptera frugiperda* eggs (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) are important for integrated pest management, as they may reduce the emergence of the pest. The objective of this study was to evaluate the action of insecticides from different chemical groups used in corn culture on *S. frugiperda* eggs and the anatomical characterization during the embryo development of this pest in order to analyze and evaluate the embryo eggs treated with insecticides in laboratory condition. The bioassay was conducted in a completely randomized design with four replicates. The experimental unit consisted of a carton with a mass of 80 eggs. Each carton was fixed with adhesive tape in plastic jars (48 mm high and 69 mm in diameter). For spraying, the selected insecticides were diluted in water to obtain the concentration of active ingredient recommended for *S. frugiperda*. Then the carton containing the first layer of the egg masses was sprayed with the treatments (nine insecticides) and control (distilled water), using an airbrush to spray 1 mL of the insecticide solution at 50 psi on the outer surface of the eggs of *S. frugiperda*. The eggs containing the treatments were conditioned in BOD (Biochemical Oxygen Demand) at a temperature of 25 ± 1 °C, humidity of $70 \pm 1\%$ and photoperiod of 12h. The evaluations were performed when the eggs had ages of 72, 96, 120, 144 and 168 hours after laying. In each experimental unit, the number of eggs with emerged caterpillars was counted. The rate of hatching of caterpillars was then calculated. Later, control and treated eggs with insecticide alpha-cypermethrin and methomyl + novaluron were used to perform the anatomical characterization in order to verify the possible changes in the embryos. The insecticides methomyl + novaluron, chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin and deltamethrin reduced the hatch rate of *S. frugiperda* caterpillars. The insecticides indoxacarb, alpha-cypermethrin and novaluron showed low inhibitory potential for caterpillar hatching. Alpha-cypermethrin did not affect the embryonic development of *S. frugiperda*. Although in the methomyl + novaluron treatment the caterpillars did not emerge, the embryonic development occurred. Therefore, insecticides methomyl + novaluron, chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin and deltamethrin are recommended to control the egg phase of *S. frugiperda*.

Keywords: Ovicidal effect; Neurotoxic insecticide; Growth regulator; *Zea mays L.*

⁴ Major Professor: Flávio Lemes Fernandes – UFV Campus Rio Paranaíba.

INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga polífaga que se alimenta de muitas espécies agrícolas, como algodão, *Gossypium hirsutum* L., milho, *Zea mays* L., milheto, *Pennisetum glaucum* L., soja, *Glycine max* L., sorgo, *Sorghum bicolor* L., arroz, *Oryza sativa* L. e batata, *Solanum tuberosum* L. (BARROS et al., 2010; FARIAS et al., 2001; IITA, 2016; JUAREZ et al., 2014). No milho, o prejuízo econômico atinge níveis de 400 milhões de dólares no Brasil (IITA, 2016). As fêmeas adultas de *S. frugiperda* depositam até 1500 ovos ao longo do ciclo de vida. Os ovos são depositados em massas sobrepostas na face adaxial da folha de *Z. mays*. Depois de 4 dias, após a postura, emergem as lagartas neonatas que raspam o limbo foliar. As de instares posteriores, causam orifícios na folha podendo causar danos severos e morte de plantas. As lagartas dos últimos instares tendem a ficar no interior do cartucho (CAPINEIRA, 2008; CRUZ, 1995; GALO et al., 2002; VALICENTE; TUELHER, 2009), onde permanecem protegidas contra a ação dos inseticidas (GASSEN, 1996).

Os inseticidas registrados para o controle de *S. frugiperda* são direcionados para a fase que causa dano (lagarta), tendo destaque no controle os inseticidas com os ingredientes ativos alfa-cipermetrina (FAZOLIN et al., 2016), clorantraniliprole + lambda-cialotrina, clorantraniliprole (CESSA, 2013; GUERREIRO, 2013), espinosade (MARTINS, 2006), deltametrina, metomil e clorfenapir (VIANA; COSTA, 1998). No entanto, outras fases podem ser utilizadas como alvo, como a dos adultos (PRATISSOLI et al., 2004) e a dos ovos (TAVARES et al., 2011). O uso dos inseticidas sobre os ovos de *S. frugiperda* é uma alternativa que pode aumentar a eficiência de controle. A fase de ovo é imóvel, mais exposta e eles estão próximos em massas. Os inseticidas que atuam em ovos de *S. frugiperda* podem penetrar no córion, interromper o desenvolvimento embrionário, impedir a emergência das lagartas e o estabelecimento da praga sobre o hospedeiro (RODRIGUES et al., 2002; BORTOLI, 2013; CORREIA et al., 2013). Por exemplo, a diminuição da emergência de *S. frugiperda* após a pulverização dos inseticidas azadiractina, lufenorum e deltametrina já foi observado por Correia et al. (2013). Neste estudo, os resultados evidenciaram que esses inseticidas afetaram o desenvolvimento embrionário de *S. frugiperda*. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a ação dos inseticidas de diferentes grupos químicos, utilizados na cultura do milho, sobre os ovos de

Spodoptera frugiperda e a caracterização anatômica durante o desenvolvimento embrionário dessa mesma praga, a fim de analisar e avaliar as modificações nos embriões dos ovos tratados com inseticidas em condição de laboratório.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no laboratório de Manejo Integrado de Pragas, na Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba. Para a instalação dos experimentos, os ovos de *S. frugiperda*, com 48 horas (h) após a postura, foram doados pelo Laboratório de Bio Controle Farroupilha Lallemand.

Os inseticidas foram selecionados no Agrofit (MAPA, 2017) com a finalidade de obter os inseticidas de diferentes grupos químicos, mecanismos de ação, com as respectivas doses recomendadas à cultura do milho (Tabela 1).

Os inseticidas foram submetidos a diluições em água destilada, iniciando-se com uma alíquota de 1 mL ou 1 g de inseticida e obtendo-se a concentração de ingrediente ativo aplicada no campo. Antes da instalação dos experimentos, foi feita a contagem, com o auxílio de um microscópio estereoscópico e alfinete entomológico, em cartelas com 1.500 ovos de *S. frugiperda*. Durante a contagem, foram retiradas as últimas camadas dos ovos com finalidade de obter cartela com a primeira camada de ovos de *S. frugiperda*. Posteriormente transferiu-se a cartela com ovos para potes plásticos (48 mm de altura e 69 mm de diâmetro). Para fixação dos ovos, foram utilizadas fitas adesivas na parte inferior das cartelas.

O bioensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. A unidade experimental foi constituída por uma cartela com massa de 80 ovos. Cada cartela foi fixada com fita adesiva no fundo do pote expondo a massa de ovos à pulverização. Em seguida, a cartela contendo a massa de ovos foi pulverizada com os tratamentos (nove inseticidas) e controle (água destilada), com auxílio de um aerógrafo (Comp1 Wimpel) para pulverizar 1 mL da solução inseticida a 50 psi sobre a superfície externa dos ovos de *S. frugiperda*. Para evitar danos morfológicos aos ovos, manteve-se distância de 15 cm entre a ponta de pulverização do aerógrafo e a cartela de ovos. Os ovos contendo os tratamentos foram acondicionados em B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à Temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, umidade de $70 \pm 1\%$ e fotoperíodo de 12 horas. As

avaliações foram realizadas quando os ovos apresentaram idade 72, 96, 120, 144, 168 h. Em cada unidade experimental, contou-se o número de lagartas emergidas. Em seguida, calculou-se a taxa de emergência de lagartas. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2011). Em seguida, as médias foram comparadas entre si pelo teste de média de Scott-Knott $p \leq 0,05$.

Caracterização anatômica durante o desenvolvimento embrionário de *S. frugiperda*

Os ovos do controle e tratados com os inseticidas alfa-cipermetrina e metomil + novaluron foram usados para caracterização anatômica de *S. frugiperda* a fim de verificar as possíveis alterações embrionárias das lagartas. Coletou-se os ovos com idades de 72, 96, 120, 144, 168 h com objetivo de alcançar a máxima emergência das lagartas.

Os ovos do controle e tratados com inseticidas foram transferidos para a solução fixadora de Zamboni (STEFANINI, 1967) onde permaneceram por 24 horas em câmara de vácuo. O material coletado foi submetido à desidratação a série crescente de etanol (70, 80, 90 e 95%) por 1 hora. Depois, foi realizada a infiltração em historesina leica e foi mantido no refrigerador por 24 horas. Posteriormente, foi conduzido aos histomoldes com uma solução de historesina mais polimerizador leica, na proporção 15:1 mL, em estufa a 55°C por 24 horas.

Os blocos de historesina contendo os ovos foram seccionados a 3 μm de espessura, utilizando-se o micrótomo rotativo. As secções de historesina foram transferidas para um recipiente com água com o intuito de expandi-las e evitar a sobreposição de resina sobre o tecido proveniente dos ovos. As secções foram coletadas em lâminas de vidro e conduzidas para a placa aquecedora para fixação dos cortes nas lâminas. O tecido fixado na lâmina foi corado com Azul de Toluidina. Depois de coradas, foram colocadas as lamínulas sobre os cortes, fixando-as com Permout, obtendo-se as lâminas permanentes. Para esse experimento foram utilizadas 288 lâminas.

As lâminas coradas foram fotografadas em microscópio Olympus CX 41 acoplado à câmera Nikon D3100. As imagens (micrografias) foram editadas para ajustar contraste, controle de branco, balanço e inserção de escala no programa PHOTOSHOP CC.

TABELA 1 - Grupo químico, dose comercial, dose de ingrediente ativo, peso molecular e solubilidade dos inseticidas registrados na cultura do milho para o controle da lagarta *Spodoptera frugiperda*.

Inseticidas	Grupo químico	Dose do produto (mL ha ⁻¹ ou g ha ⁻¹)	Dose de ingrediente ativo (mg i.a.)	Peso molecular (g mol ⁻¹)	Solubilidade (mg L ⁻¹ ou g L ⁻¹)
Indoxacarbe 150 CE	Oxadiazina	400	60	528	0,2
Alfa-cipermetrina 100 CE	Piretroide	50	5	416	2,1
Deltametrina 25 CE		200	5	505	1,3 x 10 ⁻⁶
Clorantraniliprole 200 SC	Antranilamida	125	25	483	1,0
Metomil+novaluron 440 + 35 CE	Metilcarbamato de oxima + benzoilureia	500	220 + 17,5	162 + 493	550
Novaluron 100 CE	Benzoilureia	400	40	493	3 x 10 ⁻⁶
Lambda-cialotrina+ clorantraniliprole 50 + 100 SC	Piretroide + antranilamida	150	7,5 + 15	450	6,3 x 10 ⁻⁶
Clorfenapir 240 SC	Análogo de pirazol	750	180	408	5,3
Espinosade 480 SC	Espinosina	100	48	732,0 (Espinosina A) +746,0 (Espinosa D)	235 + 0,3

CE = concentrado emulsionável; SC = suspensão concentrada.

Fontes: (FAO, 2002, 2004, 2008, 2009, 2012, 2013; MAPA, 2017);

RESULTADOS

Foi observada diferença significativa ($F_{9,30} = 3,11; p < 0,001$) para os tratamentos avaliados quando os ovos tinham idade de 96 h após a postura. Foi constatado valor menor que 10% de emergência das lagartas para os ovos tratados com inseticida deltametrina na idade de 72 h, nos demais tratamentos não foram observadas taxas de emergência significativas (Figura 1). Depois de 96 h, as taxas de emergência foram acima de 12%, com destaque para o grupo controle no qual 85% das lagartas emergiram. Após 120 h ainda se percebia uma taxa de emergência considerável nos tratamentos nos quais os inseticidas não obtiveram controle satisfatório, com destaque ao tratamento novaluron com 38% (Figura 1). Verificou-se valor menor que 5% de emergência das lagartas para os ovos tratados com inseticidas deltametrina e clorantraniliprole + lambda-cialotrina na idade de 144 h. Já nos ovos com a idade de 168 h, não foi observada a emergência das lagartas (Figura 1).

Observou-se a diferença estatística em relação à testemunha ($F_{9,30} = 715.79; p < 0,001$) para os inseticidas com maior potencial de inibir a eclosão da lagarta *S. frugiperda* (Tabela 2). Este potencial foi avaliado quando as médias dos tratamentos apresentaram menor percentagem de emergência acumulada das lagartas neonatas. No tratamento metomil + novaluron ocorreu menor emergência das lagartas de *S. frugiperda* (Tabela 2).

Os inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina reduziram a taxa de emergência das lagartas de *S. frugiperda*. Já os inseticidas indoxacarbe, alfa-cipermetrina, novaluron, clorantraniliprole, clorfenapir e espinosade não tiveram efeitos ovicidas sobre os ovos de *S. frugiperda* (Tabela 2).

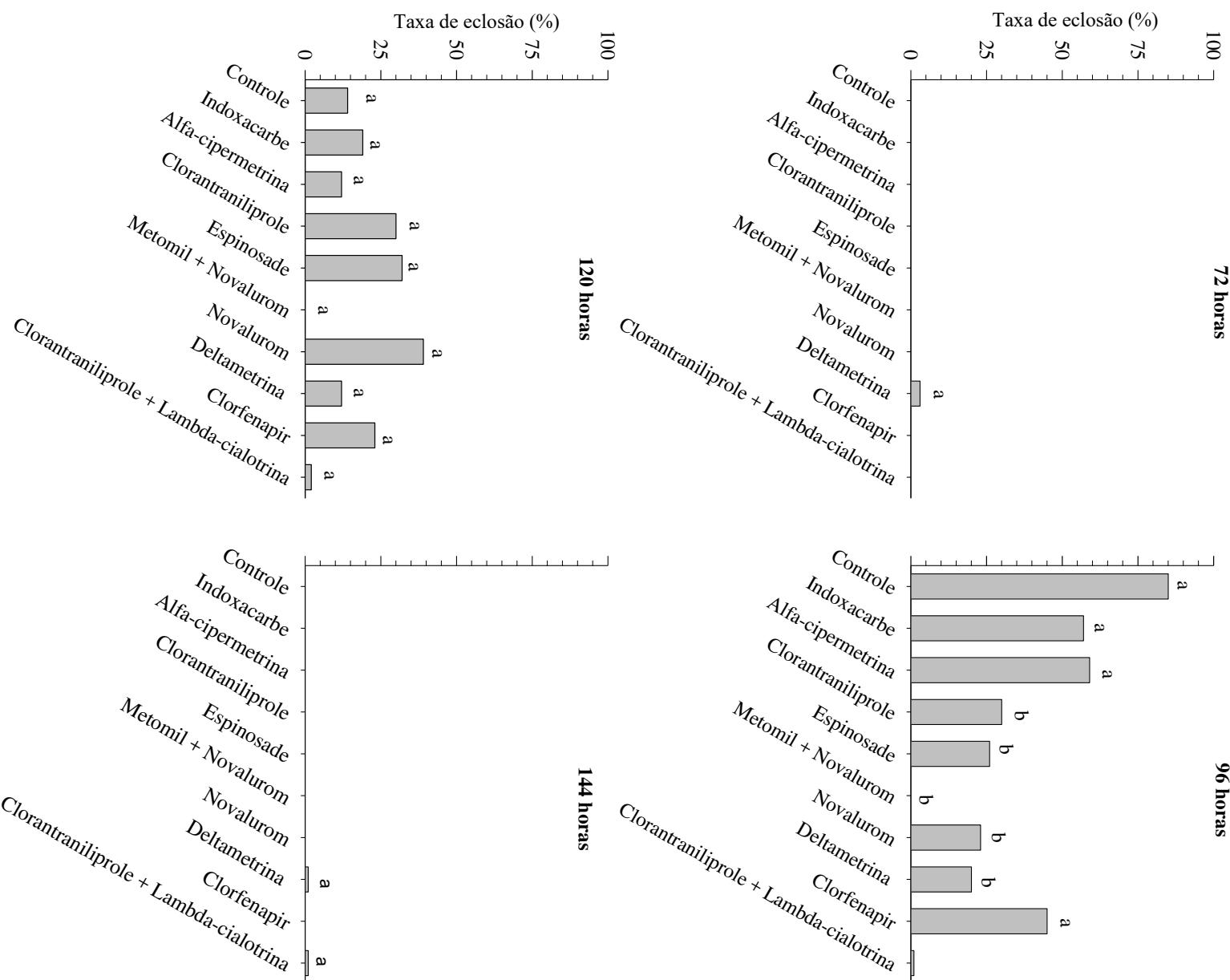


FIGURA 1. Taxa de emergência diária (%) de lagartas *S. frugiperda* quando os ovos apresentaram idade de 72, 96, 120 e 144 h. Médias seguidas por letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott p < 0,05. Fonte: O autor (2017).

TABELA 2 - Taxa de emergência acumulada (%) das lagartas neonatas de *Spodoptera frugiperda*.

Tratamentos	¹ Taxa de eclosão (%)
Metomil + novaluron	17,50b
Clorantraniliprole + lambda-cialotrina	20,25b
Deltametrina	34,50b
Novaluron	60,75 ^a
Clorantraniliprole	66,00a
Espinosade	69,75 ^a
Clorfenapir	74,75 ^a
Alfa-cipermetrina	76,75 ^a
Indoxacarbe	79,00a
Controle	100,00a

¹Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott $p \leq 0,05$. Fonte: O autor (2017).

Caracterização anatômica durante o desenvolvimento embrionário de *S. frugiperda*

Foi possível observar, por meio dos cortes anatômicos, a diferenciação dos tecidos e órgãos das lagartas de *S. frugiperda* (Figuras 2 e 3). No tempo de 72 h foi visualizado, no grupo controle, uma camada externa do ovo (córion) que delimita todo o conteúdo interno. Abaixo do córion, foi observado o início do desenvolvimento da musculatura envolvida por uma espessa camada de cutícula e regiões contendo vitelo (Figura 2A). Os embriões de *S. frugiperda*, provenientes dos ovos com idade de 96 h, apresentaram uma massa ganglionar indicando, provavelmente, a presença do sistema nervoso central (gânglio supraesofágiano) da lagarta e os demais tecidos apresentaram-se em estágio avançado de desenvolvimento (Figura 2B).

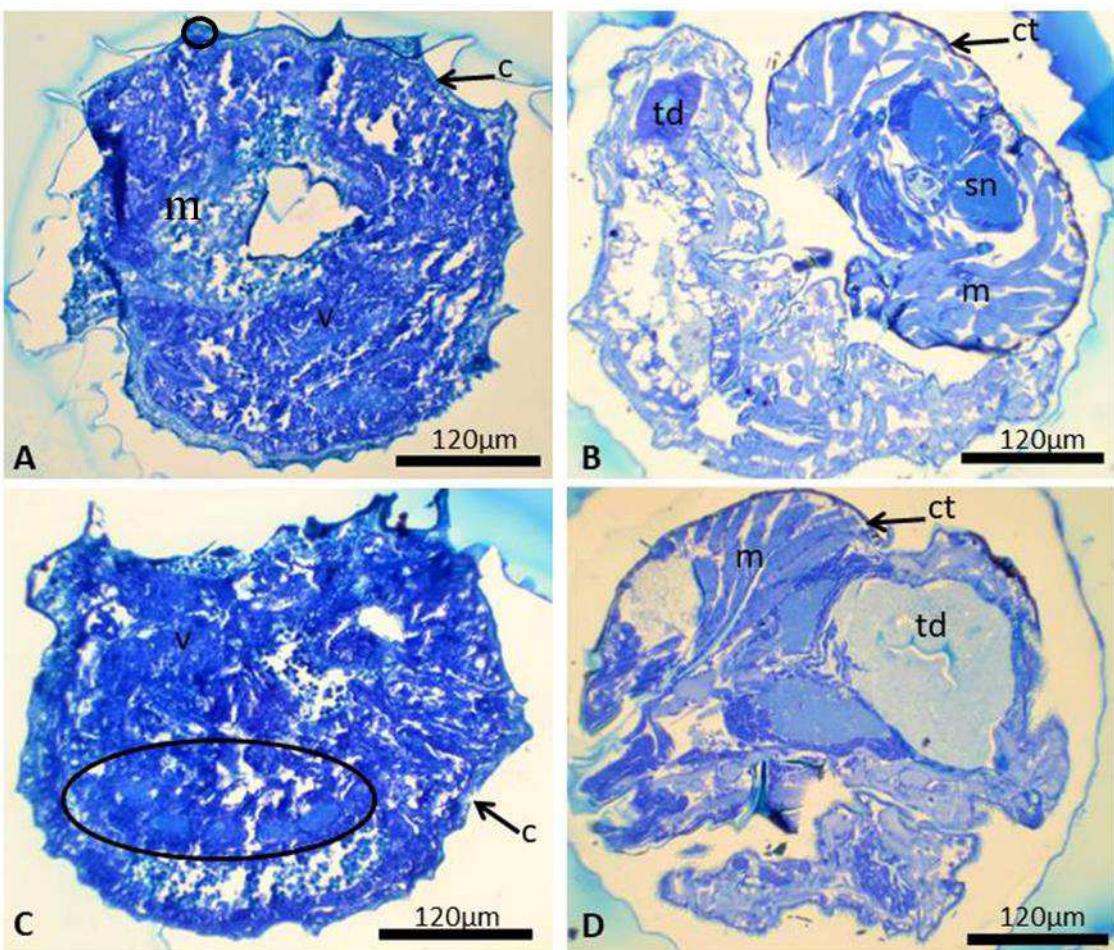


FIGURA 2. Ovos de *Spodoptera frugiperda* no tratamento controle no tempo de 72 e 96 h (A - B). Ovos tratados com inseticida alfa-cipermetrina no tempo de 72 e 96 h após a postura (C - D). (A). Os ovos do tratamento controle com idade de 72 h apresentando regiões com vitelo (v), cutícula (seta), córion (círculo) e musculatura (m). (B). Os ovos com a idade de 96 h, o embrião apresentou músculo estriado desenvolvido (m) cutícula (seta), tudo digestivo (td) e sistema nervoso central (gânglio supraesofágiano) (sn). (C) Embrião em diferenciação (círculo) no tempo de 72 h. (D). Embrião em desenvolvimento, 96 h após a postura, ocupando o espaço interno do ovo, mostrando células do intestino médio (td) normal, cutícula (seta) e, também, estágio avançado de desenvolvimento da musculatura (m). Fonte: O autor (2017).

No tratamento alfa-cipermetrina foi possível visualizar embriões de *S. frugiperda* em desenvolvimento apenas em ovos com idade de 96 h (Figura 2D). Nesses ovos houve a emergência das lagartas no mesmo período dos ovos do grupo controle.

Foi visualizado no tempo de 72 h apenas a cavidade no interior dos ovos indicando ocorrer diferenciação dos tecidos (Figura 2C). Para ovos com idade de 96 h, foi possível visualizar as células do intestino médio, cutícula e musculatura (Figura 2D).

Os embriões do tratamento metomil + novaluron se desenvolveram normalmente. Nesse grupo foi possível observar a cutícula espessa com músculos estriados associados e intestino médio (Figura 3A, B, C e D). Além disso, estruturas sensoriais como sensilas cuticulares foram identificadas (Figura 3A, B, C e D). Apesar de o desenvolvimento embrionário ocorrer normalmente, as lagartas desse grupo não eclodiram.

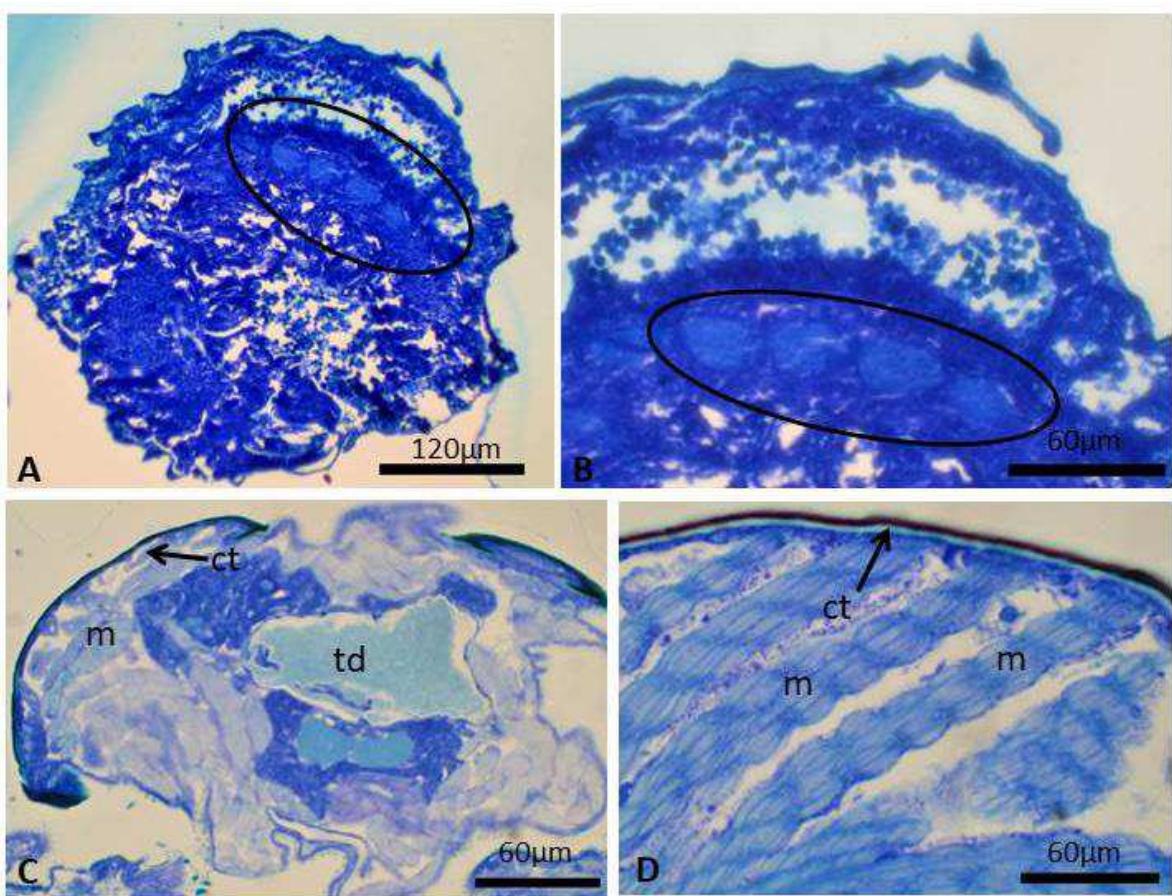


FIGURA 3. Ovos de *Spodoptera frugiperda* tratados com metomil + novaluron no tempo de 72, 96, 120 e 144 h após a postura. (A - B) Embrião com regiões em estágio de diferenciação no tempo de 72 e 96 h (círculo). (C) Embrião com 120 h demonstrando cutícula (ct), intestino médio (td) e músculo (m). (D) Embrião com 144 h evidenciando músculo (m) e cutícula (ct).
Fonte: O autor (2017).

DISCUSSÃO

A redução da taxa de emergência das lagartas de *S. frugiperda* foi causada pelos inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina. O mesmo foi observado quando o tratamento deltametrina reduziu a emergência de *S. frugiperda*. Entretanto, nesse estudo foi utilizado o método de imersão dos ovos em calda inseticida por 10 segundos (CORREIRA, 2013).

A camada mais externa do ovo é constituída pelo endocórion e exocórion que contêm mais de 90% de proteínas e são revestidos por ceras. A camada de cera pode influenciar na penetração e translocação dos inseticidas até o sítio de ação, dependendo das propriedades lipofílicas dos produtos (CHAPMAN, 1998). Inseticidas com maior lipofilicidade penetram no córion dos ovos e translocam até o sítio de ação com mais facilidade (GUEDES et al., 1992). A ação de lambda-cialotrina + clorantraniliprole sobre os ovos de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) foi demonstrada por Neto (2017). Essa mistura reduziu a taxa de eclosão de *H. axyridis* e quando se avaliou lambda-cialotrina, isoladamente, ele também causou baixa eclosão das larvas de *H. axyridis*. Já avaliando o princípio ativo clorantraniliprole, isoladamente, observou-se menor ação sobre os ovos de *H. axyridis* (NETO, 2017).

O inseticida metomil + novaluron reduziu a taxa de emergência das lagartas *S. frugiperda*. Isto pode ter ocorrido devido à interação entre os princípios ativos. A ação sinérgica das misturas de inseticidas pode ser observada na mistura de lufenurom + novaluron sobre os ovos de *Grapholita molesta* (Busk) (Lepidoptera: Tortricidae), em que se observou maior efeito da mistura do que deles isolados. França et al. (2015) observou redução de 45% na eclosão das lagartas de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) quando avaliou o efeito, isoladamente, de metomil sobre os ovos de *N. elegantalis*.

O efeito sinérgico e antagônico das misturas de inseticidas pode ocorrer por vários mecanismos: A primeira hipótese é de que o princípio ativo pode favorecer a penetração do outro composto. A segunda é de que o produto pode afetar o transporte ativo do segundo até o sítio de ação ou o produto químico pode afetar a ação biológica de outros produtos, inibindo ou promovendo a biotransformação através da interação com as enzimas monoxigenases e esterases do citocromo P450 (CEDERGREEN et al., 2007; DEMKOVICH et al., 2015; WALKER, 2009; WOZNICA et al., 2001).

O inseticida deltametrina reduziu a percentagem de eclosão de *S. frugiperda*. Fato também observado por Correia et al. (2013) em situação na qual o inseticida deltametrina na concentração 0,002 mL mL⁻¹ também proporcionou redução significativa na eclosão de *S. frugiperda*.

A suscetibilidade dos ovos aos inseticidas depende da estrutura coriônica e da idade do ovo (CAMPBEL et al., 2016). Várias camadas coriônicas são desenvolvidas durante o desenvolvimento embrionário (CLEMENTE, 1992). Assim, ovos recém-eclodidos tendem a ser mais suscetíveis (SUMAM et al., 2013).

A relação entre a idade do ovo e a suscetibilidade dele pode diferir tanto por causa do inseticida quanto por causa da espécie (SALKELD; POTTER, 1953). Os ovos de *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae), com 24h após a postura, foram mais suscetíveis aos inseticidas novaluron e noviflumuron. Esses inibidores da síntese de quitina interferiram na síntese de cutícula das células embrionárias e impediram a eclosão da lagarta (HAMADAH; GHOEIM, 2017).

Os inseticidas novaluron, clorantraniliprole, espinosade, clorfenapir, alfa-cipermetrina e indoxacarbe, provavelmente, apresentaram dificuldades de penetrar no córion dos ovos com 48h após a postura. Os inseticidas clorantraniliprole, espinosade e clorfenapir tiveram a sua ação reduzida a 24, 19 e 29%, respectivamente, quando pulverizados sobre os ovos de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) com 48h após a postura. Neste estudo, foi observada a máxima mortalidade dos ovos de *S. litura* com 24h, pois, os ovos tratados com estes inseticidas apresentaram mortalidade de 83, 69 e 66%, respectivamente. O inseticida indoxacarb apresentou baixa ação sobre os ovos de *S. litura* com 24 e 48h após a postura (NATIKAR; BALIKAI, 2015).

Antes dos ovos serem tratados com inseticidas, os ovos de *S. frugiperda* estavam com 2 dias (48h) de idade, tendo como previsão a eclosão das lagartas entre 3 a 4 dias após a postura, fato já comprovado por Carneiro (2008) e Capineira (2008). Esses resultados revelam a baixa penetração dos inseticidas nos ovos de *S. frugiperda* com 48h após a postura. Isso pode ser observado pela caracterização anatômica do embrião de *S. frugiperda* no qual não foi observada alteração embrionária após a pulverização do inseticida alfa-cipermentrina. Embora o tratamento metomil + novaluron tenha inibido a emergência das lagartas de *S. frugiperda*, ainda não está esclarecido o modo de ação dos inseticidas que atuam sobre os ovos da praga (CAMPBEL et al., 2016).

CONCLUSÕES

- 1- Metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina apresentaram efeito ovicida sobre *Spodoptera frugiperda*.
- 2- Não houve alteração anatômica do embrião nos ovos tratados com os inseticidas metomil + novaluron e alfa-cipermetrina.

REFERÊNCIAS

- BARROS, E. M.; TORRES, J. B.; BUENO, A. F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 6, p. 996 – 1001, 2010.
- BESERRA, E. B.; DIAS, C. T. S.; PARRA, J. R. P. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 85, n. 4, p. 588-593, 2002.
- BORTOLI, S. A de., BENVENGA, S. R., GRAVENA, S., VACARI, A. M., VOLPE, H. X. L. Ação de inseticidas sobre os ovos e lagartas da broca-pequena-do-fruto do tomate, em bioensaio de laboratório. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 80, n. 1, 2013.
- CAMPANHA, M. M., CRUZ, J. C; RESENDE, A. V.; COELHO, A. M; KARAM, D., SILVA, G. H. da; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, I.; MARIEL, I. E.; GARCIA, J. C.; QUEIROZ, L. R.; PIMENTA, M. A. G; GONTIJO NETO, M. M; VIAN, P. A.; ALBUQUERQUE, P. E. P de; COSTA, R.V. da; MENDES, S. M.; QUEIROZ, V. A. Sistema de produção integrada de milho para região central de Minas Gerais Sete lagoas. **Embrapa Milho e sorgo**, Sete Lagoas, p. 74, 2012.
- CAMPBEL, B. E., PEREIRA, R. M., KOEHLER, P. G. Complications with controlling insect eggs. **Agricultural and Biological Sciences**. 2016. Doi: 10.5772/61848.
- CAPINEIRA, J. L. **Fall armyworm**. 2005. Disponível em: <http://creatures.ifas.ufl.edu/field/fall_armyworm.htm>. Acessado em: 03 nov. 2017.
- CAPINERA, J. L. **Encyclopedia of entomology**. 2. ed. Springer, Dordrecht, The Netherlands, p. 4346, 2008.
- CEDERGREEN, N.; KUDSK, P.; MATHIASSEN, S. K.; STREIBIG, J. C. Combination effects of herbicides on plants and algae: do species and test systems matter? **Pest Management Science**, West Sussex, v. 63, n. 3, p. 282-295, 2007.
- CESSA, R. M. A.; MELO, E. P.; JUNIOR, I. S. L. Mortalidade de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com folhas de milho e feijoeiro imersas em soluções contendo inseticidas. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 1, p. 85-92, abr. 2013.
- CHAPMAN, R. F. **The Insects: Structureandfunction**. Cambridge: Cambridge UniversityPress, p. 770, 1998.
- CLEMENTS, A. N. **The biology of mosquitoes: development, nutrition and reproduction**. CABI Publishing, Chapman & Hall, p. 532 , 1992.
- CORREIA, A. A.; TEIXEIRA, V. W.; TEIXEIRA, A. A. C.; OLIVEIRA, J. V.; GONÇALVES, G. G. A.; CAVALCANTI, M. G. S.; BRAYNER, F. A.; ALVES, L. C.

Microscopic analysis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. **Journal of Economic Entomology**, College Park Md, v. 106, n. 2, p. 747-755, 2013.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Circular Técnica 21, **Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, p. 1-20. Nov. 1995.

DAY, R., ABRAHAMS, P.; BATEMAN, M.; BEALE, T.; CLOTTEY, V.; COCK, M.; COLMENAREZ, Y.; CORNIANI, N.; EARLY, R.; GODWIN, J.; GOMEZ, J.; MORENO, P. G.; MURPHY, S. T.; OPPONG-MENSAH, B.; PHIRI, N.; PRATT, C.; SILVESTR, S.; WITTI, A. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. **Research Information Ltd**, [S.l.]. doi: 0.1564/v28_oct_02, 2017.

DEMKOVICH, M.; DANA, C. E.; SIEGEL, J. P.; BERENBAUM, M. R. Effect of piperonyl butoxide on the toxicity of four classes of insecticides to navel orangeworm (*Amyelois transitella*) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park Md, v. 108, n. 6, p. 2753-2760, 2015.

FARIAS, P. R. S.; BARBOSA, J. C.; BUSOLI, A. C. Spatial distribution of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), on corn crop. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 681-689, 2001.

FAZOLIN, M.; ESTRELA, J. L. V.; MEDEIROS, A. F. M.; DA SILVA, I. M.; GOMES, L. P.; SILVA, M. S. F. Synergistic potential of dillapiole-rich essential oil with synthetic pyrethroid insecticides against fall armyworm. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 3, mar, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION – FAO. **List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS – S: Methomyl**. 2002. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/methomyl.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION – FAO. **List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS – S: Chlorantraniliprole**. 2008. Disponivel em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation08/Chlorantraniliprole.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION – FAO. **List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS – S: Spinosad**. 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Spinosad08.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION – FAO. **List of Pesticides evaluated by JMPR and JMPS – S: Chlorfenapyr**. 2012.

Disponível em:

<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation12/Chlorfenapyr.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION – FAO.

List of Pesticides evaluated by JMPR and J MPS – S: Deltamethrin. 2012.

Disponível em:

<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Deltamethrin_2012.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION – FAO.

List of Pesticides evaluated by JMPR and J MPS – S: Lambda-Cyhalothrin. 2013.

Disponível em:

<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/lambda13.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018.

FRANÇA, S. M.; OLIVEIRA, J. V.; BADJI, C. A.; GUEDES, C.A.; DUARTE, B. L. R.; BREDA, M. O. Integrated management of tomato fruit borer (*Neoleucinodes elegantalis*). **African Journal of Agricultural Research**, [S.I], v. 10, n. 10, p. 4561-4569, 2015.

GALO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA-NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba, Fealq, 2002. 920 p.

GASSEN, D. N. **Manejo de pragas associadas à cultura do milho**. Passo fundo: Aldeia Norte, p. 92. 1996.

GUERREIRO, J. C.; CAMOLESE, P. H.; BUSOLI, A. C. Eficiência de inseticidas associados a enxofre no controle de *Spodoptera frugiperda* em milho convencional. **Scientia Agraria Paranaensis**, Acrelândia, v. 12, n. 4, p. 275-285, 2013.

HAMADAH, K. H.; GHONEIM, K. Ovicidal activities and developmental effects of the chitin syntheses inhibitors, noviflumuron and novaluron, on the pink boll worm *Pectinophora gossypiella*(Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Scholars Academic Journal of Biosciences**, Nagaon, v. 5, n. 6, p. 412-424, 2017.

IITA. 2016. **First report of out breaks of the “Fall Armyworm” on the African continent**. IITA Bulletin, No. 2330. <<http://bulletin.iita.org/index.php/2016/06/18/first-report-of-outbreaks-of-the-fall-armyworm-on-the-african-continent/>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

JUAREZ, M. L.; SCHÖFL, G.; VERA, M. T.; VILARDI, J. C.; MURÚA, M. G.; WILLINK, E.; HANNINGER, S.; HECKEL, D. G., GROOT, A. T. Population structure of *Spodoptera frugiperda* maize and rice host forms in South America: are they host strains? **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Amsterdam, v. 152, p. 182–199, 2014.

MARTINS, G. L. M.; MARUYAMA, L. C. T.; TOMQUELSKI, G. V.; MARUYAMA, W. I. Efeito de alguns inseticidas sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e *Dichelops* sp. (Homoptera: Pentatomidae) na fase inicial da cultura do milho. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, [S.I], v. 5, n. 9, p. 1-11, 2006.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Agrofit – Consulta aberta. Disponível em:
http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 08 fev. 2017.

MITCHELL, E. R. Migration by *Spodoptera exigua* and *S. frugiperda*, North American style, p. 386- 393. In RABB, R.L., KENNEDY, G.G. **Movement of highly mobile insects: concepts and methodology in research**. NCSU University Graphics, N.C. State University, Raleigh, NC, 1979.

NATIKAR, P. K.; BALIKAI, R. A. **Tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius): Toxicity, ovicidal action, oviposition deterrent activity, ovipositional preference and its management**. 2015. Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/283524467_Tobacco_caterpillar_Spodoptera_litura_Fabricius_Toxicity_ovicidal_action_oviposition_deterrent_activity_ovipositional_preference_and_its_management. Acesso em: 09 jan. 2018.

NATIKAR, P. K.; BALIKAI, R. A. Ovicidal action of newer insecticide molecules against the eggs of tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius). **Journal of Experimental Zoology India**, Muzaffarnagar, v. 18, n. 2, p. 993 – 995, 2015.

NETO, D. O. A. **Inseticidas utilizados no controle de pragas do algodoeiro são seletivos para *Harmonia Axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae)?** 2017. 57 f. Dissertação (Mestrado entomologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2017.

PAIR, S. D.; RAULSTON, J. R.; WESTBROOK, J. K.; DOUCE, J. K. Fall armyworm distribution and population dynamics in the southeastern states. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 69, p. 468 -487, 1986.

PRATISSOLI, D.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F.; REIS, E. F.; FERREIRA, A. T. Ação transovariana de lufenuron (50 g/l) sobre adultos de *Spodoptera Frugiperda* (j. e. smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e seu efeito sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 1, 2004.

RODRIGUES, V. L. C. C.; FILHO, A. N. F.; SILVA, E. O. R.; ISHIHATA, G. K. Triatomíneos: ação ovicida de alguns piretróides. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Uberaba, v. 35, n. 3, p. 237-241, 2002.

RAULSTON, J. R.; PAIR, S. D.; SPARKS, A. N.; LOERA, J.; PEDRAZA, F. A.; JIMENEZ, S.; PALAMON, A.; ORTEGA, A. J.; MARQUEZ, R. P. Fall armyworm distribution and population dynamics in the Texas-Mexico Gulf Coast Area. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 69, p. 455 - 468, 1986.

SALKELD, E. A.; POTTER, C. The effect of the age and stage of the development of insect eggs on their resistance to insecticides. **Bulletin Entomological Research**. London, v. 44, p. 527-580, 1953.

SPARKS, A. N. A review of the biology of the fall armyworm. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 62, p. 82 – 87, 1979.

STEFANINI, M.; DERMATINO, C.; ZAMBONI, L. Fixation of ejaculated spermatozoa for electron microscopy. **Nature**, v. 216, 173-174, 1967.

SUMAM, D. S.; WANG, Y.; BILGRAMI, A. L.; GAULER, R. Ovicultural activity of three insect growth regulators against Aedes and Culex mosquitos. **Acta Tropica**, Basel, v. 128, n.1, p. 103-109, 2013.

TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; PETACCI, F.; FREITAS, S. S.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Insecticide activity of piperine: Toxicity to eggs of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) and Diatraea saccharalis (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 5, n. 21, p. 5301-5306, 2011.

VALICENTE, F. H.; BARRETO, M. R. *Bacillus thuringiensis* Survey in Brazil: Geographical distribution and insecticidal activity against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n.4, p. 639-644, 2003.

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S. Controle Biológico da Lagarta do Cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovírus. **Circular Técnica n° 144**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2009.

VIANA, P. A.; COSTA, E. F. Controle da Lagarta-do-Cartucho, Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) na cultura do milho com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n.3, p. 451-458, 1998.

WALKER, C. H. **Factors Determining the Toxicity of Organic Pollutants to Animals and Plants**. In *Organic Pollutants*, 2. ed. London, CRC Press, p. 17– 66. 2009.

WOZNICA, Z.; NALEWAJA, J. D ;MESSERSMITH, A. Sulfosulfuron efficacy is affected by surfactants, pH of spray mixture, and salts Pesticide Formulations and Application Systems: A New Century for Agricultural Formulations, **Twenty First Volume**, [S.I], v. 1414, p. 11-22, 2001. DOI: 10.1520 / STP10714S

CAPÍTULO 2: SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE INSETICIDAS DE DIFERENTES GRUPOS QUÍMICOS E CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DOS VESPÍDAES *Protonectarina sylveirae* (Saussure) e *Brachygastra lecheguana* (Latreille)

SOARES, WALYSON SILVA. **Seletividade fisiológica de inseticidas de diferentes grupos químicos e caracterização anatômica dos Vespidaes *Protonectarina sylveirae* (Saussure) e *Brachygastra lecheguana* (Latreille).** 2018. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.⁵

O uso de vespas predadores *Protonectarina sylveirae* (Saussure) e *Brachygastra lecheguana* (Latreille) (Lepidoptera: Vespidae) é importante para a redução de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). Uma das estratégias do manejo integrado de pragas (MIP) para conservar esses predadores é utilizar inseticidas que apresentem seletividade fisiológica. A seletividade pode ser fisiológica quando se utiliza inseticidas mais tóxicos à praga do que aos inimigos naturais. Este estudo teve como objetivo avaliar a seletividade fisiológica dos inseticidas de diferentes grupos químicos, com as respectivas doses (100%) e subdoses (50%) para a cultura do milho, e para as vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* e ainda a caracterização anatômica dessas vespas predadoras, com a finalidade de avaliar a tolerância entre essas duas espécies aos inseticidas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 10 x 2 x 2 (inseticida x concentração de ingrediente ativo x espécies) com 4 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 20 vespas adultas de cada espécie (*P. sylveirae* e *B. lecheguana*). Os inseticidas foram diluídos em água destilada com espalhante adesivo (copolímero de poliéster e silicone 1000 g L⁻¹) para obtenção da concentração de ingrediente ativo (100% registrada) e a metade da sua concentração (50%). As folhas de milho foram cortadas (10 x 10 cm) e imersas na calda inseticida (9 tratamentos) e as folhas do grupo controle, em água (Controle), por cinco segundos. Em seguida, as folhas foram secas à sombra por trinta minutos e, posteriormente, acondicionadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 2 cm de altura). Preparou-se uma solução com mel a 10% para alimentar as 20 vespas por placa. As placas foram cobertas por um tecido fino de organza e presas por elásticos. Cada placa de Petri, contendo os insetos, foi acondicionada em B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) à temperatura de 25 ± 1°C, umidade relativa de 70 ± 1% e fotoperíodo de 12 horas. Depois de 24 horas, foi avaliada a percentagem de vespas mortas. O inseticida alfa-cipermetrina foi altamente tóxico para as espécies de vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* na dose (100%) e subdose (50%). Metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina foram altamente tóxicos para *P. sylveirae* e medianamente tóxico para *B. lecheguana* na dose (100%). Os inseticidas novaluron, clorantraniliprole, espinosade e indoxacarbe foram pouco tóxicos para *P. sylveirae* e *B. lecheguana* na dose e subdose. A vespa *B. lecheguana* foi mais tolerante aos inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina do que a vespa *P. sylveirae*. Portanto, os inseticidas que apresentaram seletividade fisiológica à *P. sylveirae* e *B. lecheguana* foram novaluron, clorantraniliprole, espinosade e indoxacarbe. Os inseticidas tóxicos para a *P. sylveirae* e *B. lecheguana* foram alfa-cipermetrina, metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina.

Palavras-chaves: Caracterização anatômica; Controle biológico; Inseticida neurotóxico; Tolerância.

⁵ Orientador: Flávio Lemes Fernandes – UFV Campus Rio Paranaíba.

SOARES, WALYSON SILVA. **Physiological selectivity of insecticides of different chemical groups and anatomical characterization of Vespidae *Protonectarina sylveirae* (Saussure) and *Brachygastra lecheguana* (Latreille).** 2018. 48 f. Dissertation (Master's degree in Agronomy / Phytotechnology) - Federal University of Uberlândia, Uberlândia.⁶

The use of predatory wasps *Protonectarina sylveirae* (Saussure) and *Brachygastra lecheguana* (Latreille) (Lepidoptera: Vespidae) is important for the reduction of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). One of the integrated pest management (IPM) strategies to conserve these predators is to use insecticides that exhibit physiological selectivity. Selectivity may be physiological when using insecticides more toxic to the pest than to natural enemies. The objective of this study was to evaluate the physiological selectivity of insecticides of different chemical groups, with the respective doses (100%) and sub-doses (50%) for maize and the *P. sylveirae* and *B. lecheguana* wasps, also-and to evaluate the anatomical characterization of these wasps predators for analysing the difference between these tolerance to the same insecticides action. The experimental design was completely randomized, in a factorial scheme 10 x 2 x 2 (insecticide x concentration of active ingredient x species) with 4 replicates. The experimental plots consisted of 20 adult wasps of each species (*P. sylveirae* and *B. lecheguana*). The insecticides were diluted in distilled water with adhesive spreader (polyester and silicone copolymer 1000 g L⁻¹) to obtain the active ingredient concentration (100% recorded) and half its concentration (50%). The corn leaves were cut (10 x 10 cm) and immersed in the insecticidal syrup (9 treatments) and the leaves of the control group, in water (Control), for five seconds. The leaves were then dried in the shade for thirty minutes and then packed in Petri dishes (9 cm in diameter and 2 cm in height). A solution with 10% honey was prepared to feed the 20 wasps per dish. The plaques were covered with fine organza fabric and elasticated. Each Petri dish, containing the insects, was conditioned in BOD (Biochemical Oxygen Demand) at 25 ± 1 °C, relative humidity of 70 ± 1% and photoperiod of 12 hours. After 24 hours, the percentage of dead wasps was evaluated. The insecticide alpha-cypermethrin was highly toxic for the wasps species *P. sylveirae* and *B. lecheguana* in the dose (100%) and sub-dose (50%). Methanyl + novaluron, chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin and deltamethrin were highly toxic to *P. sylveirae* and medium toxic to *B. lecheguana* in the dose (100%). The insecticides novaluron, chlorantraniliprole, espinosade and indoxacarb were poorly toxic to *P. sylveirae* and *B. lecheguana* in the dose and sub-dose. Wasp *B. lecheguana* was more tolerant to insecticides methomyl + novaluron, chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin and deltamethrin than wasp *P. sylveirae*. Therefore, the insecticides that showed physiological selectivity to *P. sylveirae* and *B. lecheguana* were novaluron, chlorantraniliprole, espinosade and indoxacarbe. The insecticides toxic to *P. sylveirae* and *B. lecheguana* were alpha-cypermethrin, methomyl + novaluron, chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin and deltamethrin.

Keywords: Anatomical characterization; Biological control; Neurotoxic insecticide; Tolerance.

⁶ Major Professor: Flávio Lemes Fernandes - UFV Campus Rio Paranaíba.

INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga polífaga capaz de causar danos expressivos em milho, *Zea mays* L., soja, *Glycine max* L., algodão, *Gossypium hirsutum* L. e feijão, *Phaseolus vulgaris* L. No milho, a lagarta *S. frugiperda* é mais significativa do que as demais pragas (CRUZ, 1995; FANCELLI; NETO, 2000; NAGOSHI, 2009; BUENO et al., 2011; AGUIERRE et al., 2016; FREITAS et al., 2017). Danos de *S. frugiperda* já foram reportados na América do Norte, Central, Brasil, Argentina, Estados Unidos e, recentemente na África (PROWELL et al., 2004; CLARK et al., 2007; CASMUZ et al., 2010; TINDO et al., 2017).

As lagartas de *S. frugiperda* podem ser encontradas em todo o dossel da planta. As lagartas eclodidas raspam a epiderme do limbo foliar e, nos próximos estágios, podem chegar a cortar o colete. Nos estágios finais, a *S. frugiperda* danifica o cartucho, e nas infestações severas pode danificar a espiga de milho. Prejuízo econômico já foi relatado no valor de 3 bilhões de dólares ao ano, na África, e de 400 milhões de dólares, no Brasil (RODRIGUEZ-DEL-BOSQUE et. Al., 2011; IITA, 2016; JEGER et al., 2017; MAIGA et al., 2017). O controle dessa praga pode ser realizado por método cultural, químico, biológico (*Trichogramma pretiosum*) e com uso de plantas com diferentes expressões de proteínas de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) (BALESTRIN; BORDIN, 2016; BORTOLOTTO et al., 2016; CAPINEIRA, 2005; ROEL et al., 2017). Dentre os métodos alternativos, o controle químico pode ser eficaz para controlar *S. frugiperda*, *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) e *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae), como foi demonstrado por Blanco et al. (2014). Entretanto, o uso excessivo de inseticidas resultou no desenvolvimento de populações resistentes e também gerou impactos negativos aos inimigos naturais (YU et al., 2003; ROMEIS et al., 2006; AHMAD; ARIF, 2010).

A utilização dos organismos benéficos de importância agrícola é necessária para a redução da população da praga. O controle biológico com uso de vespas predadores *Polybia ignobilis* (Haliday, 1836), *Vespa shidai* (Linneaus, 1758), *Vespa vulgaris* (Linneaus, 1758) (PICANÇO et al., 2010), *Protonectaria sylveirae* (Saussure, 1854) e *Brachygastra lecheguana* (Latreille, 1824) (Hymenoptera: Vespidae) é um método viável para controle de insetos da ordem lepidóptera (PICANÇO et al., 2011; FERNANDES et al., 2008; GHONEIM, 2014; GONRING et al., 2003a, 2003b; MIRANDA et al., 1998;

PEREIRA et al. 2007a; ROSS; MATTHEWS, 1991; SARAIVA et al., 2017). Insetos predadores da família Vespidae já foi observado na cultura do milho (SANTOS, 2006).

Uma das estratégias do manejo integrado de pragas (MIP) para conservar os inimigos naturais é utilizar inseticidas que apresentem seletividade fisiológica. A seletividade pode ser fisiológica quando utilizar inseticidas mais tóxicos à praga do que aos inimigos naturais (PEDIGO, 1999).

A seletividade fisiológica dos inseticidas do grupo diamida antranalítica (clorantraniliprole) para as espécies de *P. sylveirae*, *B. lecheguana* e *Polybia* sp. já foi observada por Fernandes et al. (2013). A alta toxicidade dos piretróides (deltametrina) na dose (100%) e subdose (50%) às espécies de *P. sylveirae* e *B. lecheguana* foi observada nos estudos de Bacci et al. (2006). A provável toxicidade dos inseticidas aos inimigos naturais pode estar correlacionada com as características físico-químicas dos inseticidas, assim como, à espessura e composição química da cutícula das vespas (LEITE et al., 1998; GUSMÃO et al., 2000; KATAGI, 2001). Nesse sentido, este estudo teve como objetivo avaliar a seletividade fisiológica dos inseticidas de diferentes grupos químicos, com as respectivas doses (100%) e subdoses (50%) para a cultura do milho, às vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* e a espessura da cutícula das vespas predadoras com a finalidade de avaliar a tolerância das duas espécies aos mesmos inseticidas.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no laboratório de Manejo Integrado de Pragas, da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - Campus de Rio Paranaíba de novembro de 2017 a janeiro de 2018. As vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* foram coletadas em ninhos localizados no campus da UFV. Os ninhos foram localizados em árvores e arbustos e, posteriormente os exemplares foram acondicionados em sacolas plásticas e foram enviados para a UFV Campus Viçosa, aos cuidados do Dr. Paulo Sérgio Fiúza (Curador e taxonomista do museu da UFV – Viçosa) para a identificação das espécies.

Os inseticidas utilizados foram os registrados para controle de *S. frugiperda* em *Z. mays* (MAPA, 2017), (Tabela 3). A concentração dos ingredientes ativos utilizados no bioensaio correspondeu a 100 e 50% da dose registrada no MAPA (2017). A subdose

(50%) foi utilizada para verificar se o inseticida é seletivo quando degradado pela metade da sua concentração (100%).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial $10 \times 2 \times 2$ (inseticida x concentração de ingrediente ativo x espécies) com 4 repetições. As parcelas experimentais foram constituídas por 20 vespas de cada espécie (*P. sylveirae* e *B. lecheguana*). Os inseticidas (Tabela 3) foram diluídos em água destilada com espalhante adesivo (copolímero de poliéster e silicone 1000 g L^{-1}). O tratamento controle foi água mais espalhante adesivo.

As folhas de milho foram cortadas ($10 \times 10 \text{ cm}$) e imersas na calda inseticida por cinco segundos para cada tratamento (BACCI et al., 2001; GALVAN et al., 2002). Em seguida, as folhas foram secas à sombra por trinta minutos e, posteriormente, acondicionadas em placas de Petri (9 cm de diâmetro e 2 cm de altura). Preparou-se uma solução com mel a 10% para alimentar 20 vespas por placa. A solução com mel foi acondicionada nas paredes laterais das placas para evitar o contato com os inseticidas. As placas foram cobertas por um tecido fino de organza e presas por elásticos.

Cada placa de Petri, contendo os insetos, foi acondicionada em B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 1\%$ e fotoperíodo de 12 horas. Depois de 24 horas, foi avaliada a percentagem de vespas mortas. As vespas foram consideradas mortas quando não se moviam. Posteriormente, as taxas de mortalidade foram corrigidas pela fórmula de Abbott's (ABBOTT, 1925).

Os inseticidas foram classificados em não seletivos ou altamente tóxicos (mortalidades entre 100 - 70%), medianamente seletivos ou medianamente tóxicos (mortalidades entre 69-30%) e seletivos ou pouco tóxicos (mortalidades entre 29-0%) (BACCI et al., 2006).

Os dados de mortalidade foram transformados em rank noise (CONOVER; IMAN, 1981) para a realização da análise de variância a $p \leq 0,05$ e, em seguida, as médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de Skott-Knott a $p \leq 0,05$ pelo programa SPEED STAT 1.0 (MUNDSTOCK, 2017).

TABELA 3 - Grupo químico, dose comercial, concentração de ingrediente ativo, peso molecular e solubilidade dos inseticidas registrados para a cultura do milho, no controle da lagarta *Spodoptera frugiperda*.

Inseticidas	Grupo químico	Dose comercial (mL ha ⁻¹ ou g ha ⁻¹)	Concentração (mg i.a. ha ⁻¹)	Peso molecular (g mol ⁻¹)	Solubilidade (mg L ⁻¹ ou g L ⁻¹)
Indoxacarbe 150 CE	Oxadiazinas	400	60	527,8	0,2
Alfa-cipermetrina 100 FS	Piretroide	50	5	416,3	2,06
Deltametrina 25 CE		200	5	505,2	1.3×10^{-6}
Clorantraniliprole 200 SC	Antranilamida	125	25	483,15	1,023
Metomil+novaluron 440 + 35 CE	Metilcarbamato de oxima + benzoilureia	500	220 + 17,5	162,20 + 492,7	54,7
Novaluron 100 CE	Benzoilureia	400	40	492,7	3×10^{-6}
Lambda-cialotrina+ clorantraniliprole 50 + 100 SC	Piretroide + antranilamida	150	7,5 + 15	449,9	$6,3 \times 10^{-6}$
Clorfenapir 240 SC	Análogo de pirazol	750	180	407,6	5,28
Espinosade 480 SC	Espinósinas	100	48	732,0 (Espinosa A) +746,0 (Espinosa D)	235 + 0,332

CE = concentrado emulsionável; SC = suspensão concentrada.

Fontes: (FAO, 2002, 2004, 2008, 2009, 2012, 2013; MAPA, 2017);

Anatomia da cutícula do abdômen de *P. sylveirae* e *B. lecheguana*

As espécies de vespas foram capturadas em ninhos localizados no Campus da UFV- Rio Paranaíba, em plantas de bananeira e ibisco. Para instalação dos experimentos, foram utilizadas 4 vespas (*P. sylveirae* e *B. lecheguana*) e 2 blocos, sendo cada bloco contendo dois abdomens.

Foram realizados cortes anatômicos de abdomens das fêmeas adultas *P. sylveirae* e *B. lecheguana*, a fim de verificar, por meio da espessura da cutícula, a tolerância dos insetos aos inseticidas. O tegumento do abdômen das vespas foi transferido para a solução fixadora de Zamboni (STEFANINI, 1967) onde permaneceram por 24 horas em câmara de vácuo. O material coletado foi submetido à desidratação a série crescente em etanol (70, 80, 90 e 95%) por 1 hora. Após a desidratação, a infiltração foi realizada em historesina leica e mantido no refrigerador por 24 horas. Posteriormente, foi conduzido aos histomoldes com uma solução de historesina mais polimerizador leica na proporção 15:1 mL, em estufa a 55°C por 24 horas.

Os blocos de historesina contendo o tegumento foram seccionados a 3 µm de espessura, utilizando-se o micrótomo rotativo. As secções de historesina foram transferidas para um recipiente com água com intuito de expandi-las e evitar a sobreposição de historesina sobre a cutícula proveniente do abdômem das vespas. As secções foram coletadas em 12 lâminas de vidro por espécie, totalizando 24 lâminas. Essas foram conduzidas para a placa aquecedora para a fixação dos cortes nas lâminas. O tecido fixado na lâmina foi corado com Azul de Toluidina. Depois de coradas, foram colocadas as lamínulas sobre os cortes, fixando-as com Permout, obtendo-se as lâminas permanentes.

As lâminas coradas foram fotografadas ao microscópio Olympus CX 41 acoplado à câmera Nikon D3100. As imagens (micrografias) foram editadas para ajustar contraste, controle de branco, balanço e inserção de escala no programa PHOTOSHOP CC.

RESULTADOS

Houve interação significativa para inseticida e espécie ($F_{9,120} = 2,95$; $p \leq 0,003$) e inseticida e dose (100 e 50%) ($F_{9,120} = 3,79$; $p < 0,001$) para a mortalidade das vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana*. Os inseticidas ($F_{9,120} = 90,11$; $p \leq 0,001$), espécie ($F_{1,120} = 14,91$; $p < 0,001$) e dose ($F_{1,120} = 120,30$; $p \leq 0,001$) também foram significativos. A interação inseticida, dose e espécie ($F_{9,120} = 0,805$; $p = 0,6127$) e interação espécie e dose ($F_{9,120} = 0,223$; $p = 0,6376$) não foram significativas.

O inseticida alfa-cipermetrina foi altamente tóxico (não seletivo) para as espécies de vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana*, na dose (100%) e subdose (50%) (Tabela 4). Metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina foram altamente tóxicos para *P. sylveirae* e medianamente tóxico para *B. lecheguana*, na dose (100%). Os inseticidas novaluron, clorantraniliprole, espinosade e indoxacarbe foram pouco tóxicos (seletivos) para *P. sylveirae* e *B. lecheguana*, na dose e subdose (Tabela 4 e 5).

A espécie *B. lecheguana* foi a mais tolerante aos inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina. As espécies *P. sylveirae* e *B. lecheguana* apresentaram tolerância semelhante aos inseticidas novaluron, clorantraniliprole, espinosade, clorfenapir, alfa-cipermetrina e indoxacarbe (Tabela 4). O inseticida alfa-cipermetrina causou mortalidade semelhante entre as espécies de vespas na metade da dose. Nos demais inseticidas, a dose foi mais tóxica às espécies de vespas do que a subdose (Tabela 5). A subdose dos inseticidas resultou em menor mortalidade das vespas em todos os tratamentos avaliados, em comparação com a dose recomendada – (Tabela 5). Os inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina, na subdose, foram medianamente tóxicos para *P. sylveirae* e *B. lecheguana*.

TABELA 4. Mortalidade (%) das vespas *Protonectaria sylveirae* (P) e *Brachygastra lecheguana* (B) observada após a imersão das folhas de milho em calda inseticidas, com as respectivas doses recomendada para a cultura do milho e subdose, no controle de *Spodoptera frugiperda*.

Inseticidas	Mortalidade (%)		
	Espécies		Médias
	<i>P. sylveirae</i>	<i>B. lecheguana</i>	
Metomil + novaluron	80,6 ± 4,9Aa	53,1 ± 6,7Bb	66,9 ± 5,4
Clorantraniliprole + lambda-cialotrina	79,4 ± 5,6Aa	53,8 ± 8,2Bb	66,5 ± 5,8
Deltametrina	71,3 ± 5,3Aa	49,4 ± 7,7Bb	60,3 ± 5,3
Novaluron	10,0 ± 3,3Ca	4,4 ± 1,7Da	7,2 ± 1,9
Clorantraniliprole	6,3 ± 2,4Ca	13,1 ± 6,4Ca	9,7 ± 3,4
Espinosaide	15,0 ± 5,4Ca	14,4 ± 5,4Ca	14,7 ± 3,7
Clorfenapir	25,0 ± 6,4Ba	15,0 ± 5,0Ca	20,0 ± 4,1
Alfa-cipermetrina	78,8 ± 5,2Aa	73,5 ± 6,5Aa	76,2 ± 4,1
Indoxacarbe	13,6 ± 4,3Ca	18,8 ± 8,5Ca	16,2 ± 4,6
Controle	0,0 ± 0,0Da	0,0 ± 0,0Da	0,0 ± 0,0
Médias	38,2 ± 11,0	29,5 ± 8,0	

Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna (comparação entre inseticidas) e por minúsculas na linha (comparação entre espécies para cada inseticida) diferem entre si pelo teste de Skott-Knott $p \leq 0,05$. Fonte: O autor (2018).

TABELA 5. Mortalidade (%) das vespas observada após a imersão das folhas de milho em caldas inseticidas, com as respectivas doses recomendadas (100%) para a cultura do milho e subdoses (50%), no controle de *Spodoptera frugiperda*.

Inseticidas	Mortalidade (%)		
	Dose (%)		Médias
	100	50	
Metomil + novaluron	79,4 ± 4,9Aa	54,4 ± 7,4Bb	66,9 ± 5,4
Clorantraniliprole + lambda-cialotrina	80,0 ± 5,7Aa	53,1 ± 7,8Bb	66,5 ± 5,8
Deltametrina	73,8 ± 5,4Aa	46,9 ± 6,4Bb	60,3 ± 5,3
Novaluron	13,1 ± 2,3Ca	1,3 ± 0,8Cb	7,2 ± 1,9
Clorantraniliprole	18,8 ± 5,2Ca	0,6 ± 0,6Cb	9,7 ± 3,4
Espinosade	27,5 ± 3,2Ba	1,9 ± 1,3Cb	14,7 ± 3,7
Clorfenapir	31,3 ± 5,0Ba	8,8 ± 3,6Cb	20,0 ± 4,1
Alfa-cipermetrina	79,4 ± 7,4Aa	73,1 ± 3,7Aa	76,2 ± 4,1
Indoxacarbe	26,3 ± 7,0Ba	6,3 ± 3,7Cb	16,2 ± 4,6
Controle	0,0 0 ± Da	0,0± 0 Ca	0,0 ± 0
Médias	42,9 ± 9,7	24,6 ± 9,0	

Médias seguidas por letras maiúsculas na coluna (comparação entre inseticidas) e por minúsculas na linha (comparação entre dose recomendada e subdose para cada inseticida), não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott $p \leq 0,05$. Fonte: O autor (2018).

Anatomia da cutícula do abdômen de *P. sylveirae* e *B. lecheguana*

A espécie de *B. lecheguana* apresentou maior espessura da cutícula do que *P. sylveirae* (Figura 4 A e B). A alta toxicidade dos inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina à *P. sylveirae* corresponderam graficamente à menor espessura de cutícula desta espécie (Figura 4 A).

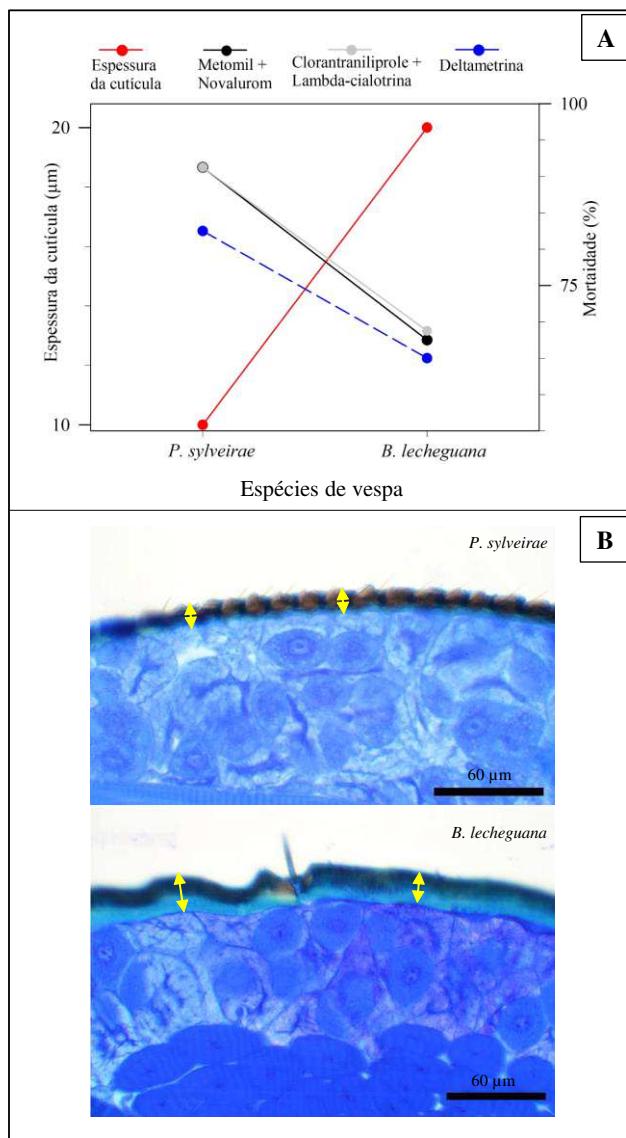


FIGURA 4. Mortalidade corrigida (%) e espessura da cutícula das vespas *Protonectaria sylveirae* e *Brachyagasta lecheguana* na dose recomendada (A) e corte histológico do abdômen de *P. sylveirae* e *B. lecheguana* evidenciando a cutícula (B). Setas amarelas localizadas no corte histológico do abdômen indicam a espessura da cutícula das espécies. Fonte: O autor (2018).

DISCUSSÃO

Os inseticidas neurotóxicos apresentaram toxicidade variável entre as espécies (*P. sylveirae* e *B. lecheguana*), na dose (100%) e na subdose (50%). Os inseticidas mais tóxicos às vespas foram alfa-cipermetrina, seguido por metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina. Deltametrina foi altamente tóxica na dose (100%) e na subdose (50%) à *P. sylveirae* e à *B. lecheguana* (mortalidade de 100%) no estudo de seletividade fisiológica realizado por Galvan et al. (2002). Similarmente, esse inseticida foi tóxico à *P. sylveirae* na dose e na subdose (Bacci et al., 2006) e altamente tóxico (84% de mortalidade) à vespa *Polybia sericea* (Olivier, 1791) (Hymenoptera: Vespidae) (SANTOS et al., 2003). Poucos estudos têm relatado a seletividade fisiológica de metomil + novaluron a vespas predadoras. Liu et al. (2016) observou alta toxicidade de metomil a *Telenomus remus* (Nixon, 1937) (Hymenoptera: Scelionidae), parasitoides dos ovos de *S. frugiperda*. A alta toxicidade causada por alfa-cipermetrina à duas espécies de vespas predadoras, neste estudo, mantiveram-se as mesmas quando se utilizou a metade das doses. Dessa forma, infere-se que além do alto impacto desse inseticida no momento da aplicação, este efeito persiste mesmo após a decomposição de metade dos princípios ativos (BACCI et al., 2006).

A alta taxa de mortalidade de *P. sylveirae* e *B. lecheguana* por alfa-cipermetrina, metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina pode ser devido à taxa de penetração do inseticida no integumento do inseto. Isto é resultado da relação entre a afinidade do inseticida com a espessura e a composição química da cutícula e com a solubilidade do composto (YU, 2008). Assim, compostos mais lipofílicos são inversamente proporcionais à solubilidade e tendem a penetrar em maior proporção no corpo do inseto, dada a semelhança com a cutícula, como foi o caso do inseticida deltametrina (menor que 0,002 ppm de solubilidade em água) (LEITE et al., 1998; GUSMÃO et al., 2000). No entanto, é possível que a baixa taxa de penetração dos inseticidas do grupo diamida, oxadiazina, espinosinas e análogo de pirazol à cutícula das vespas seja a explicação da seletividade fisiológica (SALGADO et al., 1998; WING et al., 1998; JESCHKE, 2016; INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO, 2016). A outra hipótese está relacionada com propriedades físico-químicas dos inseticidas (KATAGI, 2001). As principais propriedades físico-químicas são o peso molecular e polaridade. Quanto menor o peso molecular e polaridade, maior a penetração do inseticida

no inseto (STOCK; HOLLOWAY, 1993; LEITE et al., 1998; PEREIRA et al., 2014). Isso pode explicar a alta taxa de mortalidade devido ao peso molecular de alfa-cipermetrina ($416,3\text{ g mol}^{-1}$) e deltametrina ($505,21\text{ g mol}^{-1}$). Já o inseticida espinosade (Espinosa A = $731,98\text{ g mol}^{-1}$; Espinosa D = $746,0\text{ g mol}^{-1}$) resultou em menor mortalidade das vespas predadoras. (TOMLIN, 1995; THOMPSON et al., 1999; PESTICIDE PROPERTIES DATABASE, 2018).

A maior toxicidade das misturas de metomil + novaluron e clorantraniliprole + lambda-cialotrina ocorreram devido à presença do metomil e da lambda-cialotrina na mistura. Estes apresentaram efeito sinérgico. Clorantraniliprole tem maior atividade larvicida e novaluron é regulador de crescimento das fases jovens, tendo pouco efeito sobre os adultos (CORDOVA et al., 2006; XU et al., 2017). Lambda-cialotrina é um piretroide de contato a insetos e possui amplo espectro de ação, sendo tóxicos a diversos grupos de insetos da ordem dos lepidópteros, coleópteros e inimigos naturais (RUBERSON; TILMAN, 1999; SANTOS et al., 2007; PALMQUIST, 2012).

A diamida antranílica (clorantraniliprole) foi pouco tóxica às vespas *B. lecheguana* e *P. sylveirae*, provavelmente devido à maior afinidade com os receptores de rianodina de lepidópteros, o que justifica a seletividade deste grupo a adultos de *B. lecheguana* e *P. sylveirae* (ARAUJO et al., 2017; JESCHKE, 2016). Além disso, a baixa toxicidade, também, pode estar relacionada com o aumento da taxa de metabolização do composto pelas vespas, em comparação com a praga, ou a mudança do alvo de ação do inseticida contra os inimigos naturais (YU, 1987). Esta resposta foi observada nos estudos de Fernandes et al. (2013) com as espécies de *P. sylveire*, *B. lecheguana* e *Polybia* sp. A baixa toxicidade de novaluron às vespas pode ser devida ao fato de o inseticida atuar na fase jovem, impedindo a formação da cutícula na fase larval (DESNEUX et al., 2007; JESCHKE, 2016). Este estudo teve como alvo insetos adultos.

As vespas *B. lecheguana* e *P. sylveirae* apresentaram baixa mortalidade quando foram submetidas ao tratamento espinosade, clorfenapir e indoxacarbe. O mecanismo que elucida a seletividade fisiológica destes inseticidas às vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana* não são bem esclarecidos devido à falta de estudos bioquímicos e fisiológicos. Araujo et al. (2017) verificaram que o inseticida indoxacarbe e espinosade causaram baixa mortalidade do predador *Solenopsis saevissima* (Smith, 1855) (Hymenoptera: Formicidae). Da mesma forma, a provável seletividade fisiológica de indoxacarbe pode estar relacionada com a baixa biotivação das enzimas esterases e/ou transferases na desintoxicação, o que já foi observado em alguns parasitoides, crisopídeos e

coccinelídeos (WILLIAN et al., 2003; ZHAO et al., 2003; CAMPOS et al., 2011; PEREIRA et al., 2014).

Anatomia da cutícula do abdômen de *P. sylveirae* e *B. lecheguana*

A tolerância de *B. lecheguana* em comparação com *P. sylveirae* pode ser observada pelo tratamento metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina. Esses inseticidas foram menos tóxicos (49 – 54%) para *B. lecheguana* e mais tóxico (71 – 80%) para *P. sylveirae*. Deltametrina foi altamente tóxico para *B. lecheguana* e *P. sylveirae* causando 100% de mortalidade (GALVAN et al., 2002). A tolerância de *B. lecheguana* à deltametrina em comparação com *P. sylveirae* diferem do obtido por Galvan et al. (2002) e Crespo et al. (2002). Os resultados revelam que a espessura da cutícula de *B. lecheguana* apresenta duas vezes mais espessas do que a *P. sylveirae*. Os inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina aplicados às vespas *P. sylveirae* tiveram maior mortalidade em comparação com o que ocorreu com a vespa *B. lecheguana*. Quanto maior a espessura, maior a dificuldade de penetração, principalmente pela barreira física e química que pode ter maior concentração de ceras, dificultando a penetração dos inseticidas. Vários estudos têm demonstrado menor penetração de inseticida β-cipermetrina, permetrina, deltametrina e lambda-cialotrina devido à espessura da cutícula das espécies *Bactrocera dorsalis* Hendel (Diptera: Tephritidae), *Anopheles funestus* (Giles, 1900) (Diptera: Culicide), *Helicoverpa armigera* (Hubner, 1827) (Lepidoptera: Noctuidae) *Cimex lectularius* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Cimicidae) e *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Noctuidae) (AHMAD et al., 2006; LIU et al., 2009; WOOD et al., 2010; LIN et al. 2012; LILLY et al., 2016).

CONCLUSÕES

1. Os inseticidas novaluron, clorantraniliprole, espinosade, clorfernpir e indoxacarbe foram seletivos à *Protonectarina sylveirae* e *Brachygastra lecheguana*.
2. Os inseticidas alfa-cipermetrina, metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina não foram seletivos às vespas *P. sylveirae* e *B. lecheguana*.
3. A vespa *B. lecheguana* foi mais tolerante aos inseticidas metomil + novaluron, clorantraniliprole + lambda-cialotrina e deltametrina em comparação com a *P. sylveirae*.

REFERÊNCIAS

- AGUIERRE, L. A.; JUAREZ, A. H.; FLORES, M.; CERNA, E.; LANDEROS, J.; FÍRAS, G.A.; HARRIS, M. K. Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 99, n. 2, 2016.
- AHMAD, M.; DENHOLM, I.; BROMILOW, R. H. Delayed cuticular penetration and enhanced metabolism of deltamethrin in pyrethroid-resistant strains of *Helicoverpa armigera* from China and Pakistan. **Pest Management Science**, v. 62, p. 805-810, 2006.
- AHMAD, M.; ARIF, M. I. Resistance of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) to endosulfan, organophosphorus and pyrethroid insecticides in Pakistan. **Crop Protection**, London, v. 29, p. 1428–1433, 2010.
- ARAUJO, T. A.; PICANÇO, M. C.; FERREIRA, D. O.; CAMPOS, J. N. D.; ARCANJO, L. P.; SILVA, G. A. Toxicity and residual effects of insecticides on Ascia monuste and predator Solenopsis saevissima. **Pest Management Science**, West Sussex, 2017. DOI: 10.1002/ps.4603.
- BACCI, L.; PEREIRA, E. J. G.; FERNANDES, F. L.; PICANÇO, F. M. C.; CRESPO, A. L. B.; CAMPOS, M. R. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespas predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **BioAssay**, [S.l], v. 1, n. 10, p. 1-7, 2006.
- BALESTRIN, A. L.; BORDIN, S. Uso de *Trichogramma pretiosum* no controle de *Spodoptera frugiperda* em lavoura de milho. **Revista Eletrônica Científica da Uergs**, v. 2, n. 3, 2016.
- BLANCO, C. A.; PELLEGAUD, J. G.; NAVA-CAMBEROS, U.; LUGO-BARRERA, D.; VEGA-AQUINO, P.; COELLO, J.; TERÁN-VARGAS, A. P.; VARGAS CAMPLIS, J. 2014. Maize pests in Mexico and challenges for the adoption of an integrated pest management program. **Journal of Integrated Pest Management**, Lanham, v. 5, n. 4, p. 1-9, 2014.
- BORTOLOTTO, O. C., BUENO, A. F., QUEIROZ, A. P., SILVA, G. F. Larval development of *Spodoptera eridania* and *Spodoptera frugiperda* fed on fresh ear of field corn expressing the Bt proteins (Cry1F and Cry1F + Cry1A.105 + Cry2Ab2). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 11, p.1898-1901, 2016.
- BUENO, R. C. O. F.; BUENO, A. F.; MOSCARDI, F.; PARRA, J. R.; HOFFMANNCAMPO, C. B. Lepidopteran larvae consumption of soybean foliage: basis for developing multiple-species economic thresholds for pest management decisions. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 67, p. 170-174, 2011.
- CAMPOS, M. R.; PICANÇO, M. C.; MARTINS, J. C.; TOMAZ, A. C.; GUEDES, R. N. C. Insecticide selectivity and behavioral response of the earwig *Doru luteipes*. **Crop Protection**, v. 30, p. 1535–1540, 2011.

CAPINEIRA, J. L. **Fall armyworm**. 2005. Disponível em: <http://creatures.ifas.ufl.edu/field/fall_armyworm.htm>. Acesso em: 03 nov. 2017.

CASMUZ, A.; JUÁREZ, M. L.; SOCÍAS, M. G.; MURÚA, M. G.; PRIETO, S.; MEDINA, S.; WILLINK, E.; GASTAMINZA, G. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero Del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, Buenos Aires, v. 69, p. 209–231, 2010.

CLARK, P. L.; MOLINA-OCHOA, J.; MARTINELLI, S.; SKODA, S. R.; ISENHOUR, D. J.; LEE, D. J.; KRUMN, J. T.; FOSTER, J. E. Population variation of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) in the Western Hemisphere. **Journal of Insect Science**, Tucson, v. 7, p. 1-10, 2007.

CONOVER, W. J.; IMAN, R. L. Rank transformations as a bridge between parametric and nonparametric statistics. **The American Statistician**, v. 35, n. 3, 1981.

CRESPO, A. L. B.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; PEREIRA, E. J. G.; GORING, A. H. R. Seletividade fisiológica de inseticidas as Vespidae predadores de *Ascia monuste orseis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 3, p. 237-242, 2002.

CRUZ, I. A lagarta do cartucho na cultura do milho. [The fall armyworm on maize production]. **Circular Técnica 21**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 1995.

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

DINTER, A.; BRUGGER, K.; BASSI, A.; FROST, N. M.; WOODWARD, M. D. Clorantraniliprole (DPX-E2Y45, DuPontTM Rynaxypyr®, Coragen® and Altacor® insecticide)- a novel anthranilic diamide insecticide - demonstrating low toxicity and low risk for beneficial insects and predatory mites, **International Organisation for Biological and Integrated Control**, [S.l], v. 35, p. 128-135, 2008.

FANCELLI, A. L.; NETO, D. D. **Produção de milho**. [Maize Production]. Livraria e Editora Agropecuaria Guaíba. 2000.

FERNANDES, M. E. S.; FERNANDES, F. L.; PICANÇO, M. C.; QUEIROZ, R. B.; SILVA, R. S.; HUERTAS, A. A. G. Physiological selectivity of insecticides to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae) in Citrus. **Sociobiology**, Chico, v. 51, n. 3, p. 2008.

FERNANDES, F. L.; SILVA, P. R.; GORRI, J. E. R.; PUCCI, L. F.; SILVA, I. W. Selectivity of old and new organophosphate insecticides and behaviour of vespidae predators in coffee crop. **Sociobiology**, Chico, v. 60, n. 4, p. 471-476, 2013.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Chlorantraniliprole**, 2016a. Disponível em:

<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation08/Chlorantraniliprole.pdf> Acesso em: 28 jan. 2018.

FREITAS, C. A.; NOGUEIRA, L.; FREITAS, M. M.; BARCELOS, P. H. S.; JUNIOR, A. L. B. Feeding preference of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Phaseolus vulgaris l. genotypes. Annual Report of the Bean Im Provement Cooperative, 2017. Disponível em:
<<https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com.br/&httpsredir=1&article=2709&context=usdaarsfacpub>> Acesso em: 04 fev. 2018.

GALVAN, T. G.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; PEREIRA, E. J. G.; CRESPO, A. L. B. Seletividade de oito inseticidas a predadores de lagartas em citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 2, p. 117-122, 2002.

GHONEIM, K. Predatory insects and arachnids as potential biological control agents against the invasive tomato leafminer, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae), in perspective and prospective. **Journal of Entomology and Zoology Studies**; Delhi, v. 2, n. 2, p. 52-71, 2014.

GODFRAY, H. C. J. **Parasitoids in: behavioral and evolutionary ecology**. Princeton, University Press, New Jersey. 1994.

GONRING, A. H. R.; PICANÇO, M. C.; ZANUNCIO J. C.; PUIATTI, M.; SEMEÃO, A. A. Natural biological control and key mortality factors of the pickleworm, *Diaphania nitidalis* Stoll (Lepidoptera: Pyralidae), in cucumber. **Biological Agriculture and Horticulture**, [S.I], v. 20, p. 365-380, 2003a.

GONRING, A. H. R.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; SILVA, E. M. Natural biological control and key mortality factors of *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae) invcucumber. **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v. 13, p. 361-366, 2003b.

CORDOVA, D.; BENNER, E. A.; SACHER, M. D.; RAUH, J. J.; SOPA, J. S.; LAHM, G. P.; SELBY, T. P.; STEVENSON, T. M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D. .; WU, L.; SMITH, R. M., TAO, Y. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, p. 196-214, 2006.

GUSMÃO, M. R.; PICANÇO, M.; GONRING, A. H. R.; MOURA, M. F. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespidae predadores do bicho-mineiro-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, 2000.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DO ALGODÃO – IMAmt. **Mortalidade do bicho-do-algodoeiro após contato em resíduo seco de diferentes inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro – Safra 2015/2016**. 2016. Disponível em:
<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/14556/Arajo_et_al2017Pest_Management_Science.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 jan 2018.

JEGER, M.; BRAGARD, C.; CAFFIER, D.; CANDRESSE, T.; CHATZIVASSILOU, E.; SHCMUTZ, K. D.; GILIOLI, G.; GREGOIRE, J. C.; MIRET, J. A. J.; NAVARRO,

M. N.; NIERE, B.; PARSELL, S.; POTTING, R.; RAFOSS, T.; ROSSI, V.; UREK, G.; BRUGGEN, A.V.; WERF, W. V. D.; WEST, J.; WINTER, S.; GARDI, C.; AUKHOJEE, M.; MACLEOD, A. Pest categorisation of *Spodoptera frugiperda*. **European Food Safety Authority Journal**, [S.I], v. 15, n.7, p. 4927, 2017.

JESCHKE, P. Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. **Pest Management Science**, v. 72, p. 433–455, 2016.

KATAGI, T. Relation between penetration rates of pesticides and partition coefficients in topical application to *Spodoptera litura*. **Journal of Pesticide Science**, v. 26, p. 165-168, 2001.

LEITE, G. L. D.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; GUSMÃO, M. R. Selectivity of insecticides with and without mineral oil to *Brachygastra lecheguana* (Hymenoptera: Vespidae): a predator of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Ceiba**, Tegucigalpa v. 39, p. 3-6, 1998.

LILLY, D. G., LATHAM, S. L., WEBB, C. E., DOGGETT, S. L. Cuticle thickening in a pyrethroid-resistant strain of the common bed bug, *Cimex lectularius* L. (Hemiptera: Cimicidae), **PLoS ONE**, v. 11, n. 4, 2016.

LIN, Y., JIN, T., ZENG, L., LU, T. Cuticular penetration of b-cypermethrin in insecticide-susceptible and resistant strains of *Bactrocera dorsalis*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.103, p. 189–193, 2012.

LIU, Y. J., SHEN, J. L., YANG, T. T., XIAO, P., He, J. Comparison of cuticular penetration between susceptible and lambda-cyhalothrin-resistant populations in *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). **Scientia Agricola**, v. 42, p. 2386-2391, 2009.

LIU, Y.; LI, X.; ZHOU, C.; LIU, F.; MU, W. Toxicidade de nove inseticidas em quatro inimigos naturais de *Spodoptera exigua*. **Scientific Reports**, 2016. DOI: 10.1038/srep39060.

MAIGA, I.; NDIAYE, M.; GAGARE, S.; OUMAROU, G.; OUMAROU, S. Warning: the Fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, the new maize pest in West Africa, has reached Niger. **Special Bulletin**, 2017. Disponível em: http://www.agrhymet.ne/eng/PDF/Bulletin%20special%20Chenille_eng.pdf. Acessado em: 31 jan 2018.

MIRANDA, M. M. M.; PICANÇO, M. C.; ZANUNCIO, J. C.; GUEDES, R. N. C. Ecological life table of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v. 8, p. 597-606, 1998.

MUNDSTOCK, A. Equipe da UFV lança novo software para análises estatísticas. 2017. Disponível em:
https://www2.dti.ufv.br/ccs_noticias/scripts/exibeNoticia2.php?codNot=28103
Acesso em: 07 fev. 2018.

NAGOSHI, R. N. Can the amount of corn acreage predict fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) infestation levels in nearby cotton? **Journal of Economic Entomology**, College Park Md, v. 102, p. 210-218, 2009.

PALMQUIST, K.; SALATAS, J.; FAIRBROTHER, A. Pyrethroid insecticides: use, environmental fate, and ecotoxicology. 2012. DOI: 10.5772/29495. Disponível em: <<https://www.intechopen.com/books/insecticides-advances-in-integrated-pest-management/pyrethroid-insecticides-use-environmental-fate-and-ecotoxicology>>. Acessado em: 30 jan 2018.

PEDIGO, L. P. **Entomology and pest management**. 3. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, p. 691, 1999.

PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; BACCI L.; CRESPO, A. L. B.; GUEDES, R. N. C. Seasonal mortality factors of the coffee leafminer *Leucoptera coffeella*. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 97, p. 421-432, 2007a.

PEREIRA, E. J. G.; PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; DELLA LUCIA, T. M. C.; SILVA, E. M.; FERNANDES, F. L. Natural mortality factors of *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) on Coffea arabica. **Biocontrol Science and Technology**, Abingdon, v. 17, p. 545-553, 2007b.

PEREIRA, R. R.; PICANÇO, M. C.; SANTANA, 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**, v. 16, p. 217–325, 2014.

PESTICIDE PROPERTIES DATABASE – PPDB. **Alfa-cipermetria**, 2018. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/es/Reports/24.htm>. Acesso em: 28 jan. 2018.

STOCK, D.; HOLLOWAY, P. J. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**, London, v. 38, p. 165-177, 1993.

PICANÇO, M. C.; OLIVEIRA, I. R.; ROSADO, J. F.; SILVA, F. M.; GONTIJO, P. C.; SILVA, R. S. Natural biological control of *Ascia monuste* by the social wasp *Polybia ignobilis* (Hymenoptera: Vespidae). **Sociobiology**, Chico, v. 55, p. 67-76, 2010.

PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; QUEIROZ, R. B.; SILVA, G. A.; MIRANDA, M. M.; LEITE, G. L. D., SUINAGA, F. A. Social wasp predators of *Tuta absoluta*. **Sociobiology**, Chico, v. 58, n. 3, 2011.

PROWELL, D. P.; MCMICHAEL, M.; SILVAIN, J. F. Multilocus genetic analysis of host use, introgression, and speciation in host strains of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park Md, v. 97, p. 1034-1044, 2004.

RODRIGUEZ-DEL-BOSQUE, L. A.; ROSALES-ROBLES, E.; REYESROSAS, M. A. Unusual damage to maize shanks and cobs by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in northeastern Mexico. **The Southwestern Entomologist**, Weslaco, v. 36, p. 377-378, 2011.

ROEL, A. R.; SOARES, J. A. L.; PERUCA, R. D.; PEREIRA, L. C.; JADOSKI, C. J. Ocorrência em campo e desenvolvimento em laboratório de *Spodoptera Frugiperda* (J.E. Smith) (Noctuidae) em milho com adubação orgânica e química. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, [S.l], v.10, n.1, p. 67-73, 2017.

ROMEIS, J.; MEISSLE, M.; BIGLER, F. Transgenic crops expressing *Bacillus thuringiensis* toxins and biological control. **Nature Biotechnology**, New York, v. 24, p. 63–71, 2006.

ROSS, K. G.; MATTHEWS, R. W. **The social biology of wasps**. Ithaca: Cornell University. 1991.

RUBERSON, J.R., TILLMAN, P.G. Efeito de inseticidas selecionados em inimigos naturais em algodão: um estudo de laboratório. **Beltwide Cotton Conference**, v. 2, p. 1210-1213, 1999.

SANTOS, L. P.; RESENDE, J. J.; SANTOS, G. M. M.; FILHO, C. C. B.; REIS, V. P. G. S. Selectivity of insecticides to *Polybia sericea* (Olivier, 1791) (Hymenoptera: Vespidae) to conditions laboratory. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 5, n. 1, 2003.

SANTOS, A. C. **Levantamento e análise faunística da artropodofauna de ocorrência na cultura do milho (*Zea mays*) e estudo do efeito de inseticidas sobre organismos não alvo**. 2006. 199f. Dissertação (Doutorado em Ciência: Entomologia) - Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, 2006

SANTOS, M. A. T.; AREAS, M. A.; REYES, F. G. R. Piretróides – uma visão geral. **Alimentos e Nutrição**, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2007.

SARAIVA, N. B.; PREZOTO, F.; FONSECA, M.das.G.; BLASSIOLI – MORAES, M.C.; BORGES, M.; LAUMANN, R.A.; AUAD, A. M. The social wasp *Polybia fastidiosuscula* Saussure (Hymenoptera: Vespidae) uses herbivore-induced maize plant volatiles to locate its prey. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 141, p. 620–629, 2017.

STOCK, D., HOLLOWAY, P.J. Possible mechanisms for surfactant-induced foliar uptake of agrochemicals. **Pesticide Science**, vol. 38, p. 165-177, 1993.

TINDO, M.; TAGNE, A.; TIGUI, A.; KENGBA, F.; ATANGA, J.; BILA, S.; DOUMTSOP, A.; ABEGA, R. First report of the fall army worm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) in Cameroon. **Cameroon Journal of Biological and Biochemical Sciences**, v. 25, p. 30-32, 2017.

TOMLIN, C. **The pesticide manual**. Surrey: The Royal Society of Chemistry, p. 1341, 1995.

VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. S. Controle Biológico da Lagarta do Cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com Baculovírus. **Circular Técnica n° 144**, Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2009.

WING, K. D.; SCHNEE, M. E.; SACHER, M.; CONNAIR, M. A novel oxadiazine insecticide is bioactivated in lepidopteran larvae. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, V. 37, n. 1, p. 91-103, 1998.

WOOD, O. R., HANRAHAN, S., COETZEE, M., KOEKEMOER, L. L., BROOKE, B. D. Cuticle thickening associated with pyrethroid resistance in the major malaria vector *Anopheles funestus*. **Parasites and Vectors**, v. 3, p. 67, 2010.

YU, S. J.; NGUYEN, S. N.; ABO-ELGHAR, G. E. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 77, p. 1 - 11, 2003.

YU, S. J. Biochemical defense capacity in the spined soldier bug *Podisus maculiventris* and its *lepidopterous* prey, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 28, p. 216-223, 1987.

YU, S. J. **The Toxicology and Biochemistry of Insecticides**. CRC Press: Boca Raton – FL, 276p. 2008.

XU, Q.Y.; MENG, Q.W.; SHI, J. F.; DENG, P.; GUO, W. C., LI, G. Q. Novaluron ingestion causes larval lethality and inhibits chitin content in *Leptinotarsa decemlineata* fourth-instar larvae. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 143, p. 173–180, 2017.

ZHAO, X.; IKEDA, T.; YEH, J. Z. N.; ARAHASHI, T. Voltage-dependent block of sodium channels in mammalian neurons by the oxadiazine insecticide indoxacarb and its metabolite DCJW. **Neurotoxicology**, v. 24, p 83–96, 2003.