

GLAUCO DA CRUZ CANEVARI

**PARÂMETROS BIOLÓGICOS DO PREDADOR *Podisus nigrispinus*
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) EXPOSTO AO PIRETRÓIDE
DELTAMETRINA NO ESTÁGIO NINFAL**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL**

2009

GLAUCO DA CRUZ CANEVARI

**PARÂMETROS BIOLÓGICOS DO PREDADOR *Podisus nigrispinus*
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) EXPOSTO AO PIRETRÓIDE
DELTAMETRINA NO ESTÁGIO NINFAL**

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

APROVADA: 20 de julho de 2009.

Pesq. José Milton Milagres Pereira

Pesq. Teresinha Vinha Zanuncio

Prof. José Lino Neto
(Co-Orientador)

Prof. José Cola Zanuncio
(Co-Orientador)

Prof. José Eduardo Serrão
(Orientador)

A Deus, luz que ilumina todos os meus passos e pensamentos a cada amanhecer.

Ato meu pai, Francisco Atp. Canevari, pelo estímulo e ensinamentos e ao meu filho Arthur, a razão da minha felicidade e força interna.

Aos meus irmãos, Samuel e Thiago, pela amizade sólida, apesar da distância, e compreensão em todos os momentos de nossas vidas.

Aos amigos, próximos ou distantes, que participaram do meu crescimento pessoal e profissional.

☺☺☺☺☺

As mulheres da minha vida...

Minha mãe, Salete da Cruz Canevari, pela vida, amor e verdadeiro exemplo de força e dedicação; a minha esposa, Léa Stéfany, pelo amor, companheirismo, amizade e confiança.

☺☺☺☺☺

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela chance oferecida para a realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores José Eduardo Serrão e José Cola Zanuncio pela orientação, apoio, atenção e incentivo.

Aos professores José Lino Neto, Teresinha Vinha Zanuncio e José Milton Milagres Pereira, pela ajuda e sugestões durante a realização do trabalho.

A secretária e aos professores do Curso de Pós-Graduação em Entomologia, pelos ensinamentos e amizade.

Aos colegas, amigos e funcionários de trabalho do Laboratório de Controle Biológico do Departamento de Biologia Animal, Biologia Molecular e Celular, Citogenética e Histologia Reprodutiva do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela colaboração a essa Dissertação.

A minha FAMÍLIA, minha fortaleza maior, pelo carinho, pela educação, ajuda e compreensão.

A DEUS, por iluminar e fortalecer meus passos todos os dias!

A aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho!

BIOGRAFIA

GLAUCO DA CRUZ CANEVARI é filho de Francisco Aparecido Canevari e Maria Salete da Cruz Canevari, nascido em Pereira Barreto, São Paulo, Brasil em 23 de abril de 1982. Realizou estudos de primeiro e segundo graus em Pereira Barreto, São Paulo.

Em fevereiro de 2003 ingressou no curso de graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) em Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, Brasil, graduando-se em dezembro de 2006. De fevereiro de 2004 a dezembro de 2006 foi estagiário no laboratório de purificações de proteínas e suas funções biológicas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Em fevereiro de 2007, iniciou estágio voluntário no Laboratório de Controle Biológico, Departamento de Biologia Animal (BIOAGRO) na Universidade Federal de Viçosa (UFV), por cinco meses.

Em julho de 2007, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa (UFV) defendendo a dissertação em julho de 2009.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO.....	01
MATERIAL E MÉTODOS.....	07
RESULTADOS.....	10
DISCUSSÃO.....	21
CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS BIBLIGRÁFICAS.....	28

RESUMO

CANEVARI, Glauco da Cruz. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Parâmetros biológicos do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) exposto ao piretróide deltametrina no estágio ninfal.** Orientador: José Eduardo Serrão. Co-orientação: José Cola Zanuncio e José Lino Neto.

A deltametrina pode ser seletiva a inimigos naturais, como para o predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) que é importante no controle de pragas em sistemas agrícolas e florestais. O objetivo foi avaliar o efeito do inseticida seletivo deltametrina aplicado manualmente em folhas de eucalipto, em concentrações que correspondem a 50%, 100% e 200% da dose recomendada para o controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto no desenvolvimento, reprodução e morfologia do corpo gorduroso, aparelho digestório e reprodutivos e intestino médio desse predador em laboratório. A duração do quarto estágio, o peso de machos, períodos de pós-oviposição e incubação dos ovos foram estimulados pelas diferentes concentrações do inseticida deltametrina, evidenciando o fenômeno de hormese. A histologia do corpo gorduroso, intestino médio e órgãos reprodutores dos insetos submetidos às diferentes concentrações do inseticida não apresentaram variações. A associação dos métodos químicos e biológicos pode ter maior durabilidade se a seletividade dos inseticidas for reconhecida e explorada.

ABSTRACT

CANEVARI, Glauco da Cruz. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Biological parameters of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to the pyrethroid deltamethrin on the nymphal stage.** Adviser: José Eduardo Serrão. Co-advisers: José Cola Zanuncio and José Lino Neto.

The deltamethrin can be selective to natural enemies, and for the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) is important in controlling pests in agricultural systems and forestry. The objective was to evaluate the effect of selective insecticide deltamethrin applied manually to leaves of eucalyptus in concentrations corresponding to 50%, 100% and 200% of the recommended dose for control of defoliating caterpillars of eucalypt in development, reproduction and morphology of fat body, digestive system and reproductive and midgut of the predator in the laboratory. The duration of the fourth stage, weight of males, post-oviposition and hatching of eggs were stimulated by different concentrations of the insecticide deltamethrin, highlighting the phenomenon of hormesis. Histology of the fat body, midgut and reproductive organs of insects subjected to different concentrations of the insecticide did not show variations. The combination of chemical and biological methods may be more durable if the selectivity of insecticides is recognized and exploited.

INTRODUÇÃO

O Manejo Integrado de pragas utiliza diferentes técnicas para o controle de pragas, incluindo o químico e o biológico.

Inseticidas apresentam ação imediata quando a população de uma praga se aproxima ou ultrapassa o nível de dano econômico, com limitações ou efeitos indesejáveis sobre inimigos naturais e o meio ambiente (Soares & Busoli, 2000; Magalhães *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2005). Os inseticidas podem causar mortalidade e efeitos deletérios sobre agentes de controle biológico (Magalhães *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2003, Rose *et al.*, 2006). Por isto, tem-se buscado identificar inseticidas seletivos aos percevejos predadores como *S. cincticeps* e *P. nigrispinus* (Zanuncio *et al.*, 2003, 2005; Magalhães *et al.*, 2002; Crespo *et al.*, 2002) e, eficientes contra pragas, tendo em vista, menor impacto ao ecossistema.

A ocorrência de inimigos naturais pode não ser suficiente para o controle efetivo das populações de pragas (De Clercq *et al.*, 2002). Nestes casos, inseticidas seletivos devem ser utilizados para minimizar seus efeitos sobre a fauna benéfica (Gusmão *et al.*, 2000; Mahdian *et al.*, 2007).

Estudos de seletividade são importantes para exigir requisitos econômicos, ecológicos e ecotoxicológicos como base para a preservação da fauna e da flora benéficas que exercem o controle biológico natural das pragas (Gonring *et al.*, 2003; Manzoni *et al.*, 2006; Mahdian *et al.*, 2007).

Aplicações tópicas, exposições a superfícies tratadas, pulverizações diretas, imersões em soluções ou suspensões tóxicas, exposições a vapores e testes de alimentação, são métodos para se avaliar a seletividade de agrotóxicos a inimigos naturais (Vieira *et al.*, 2001). A “International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC) foi criada para se padronizar

as pesquisas de seletividade. Isto permitiu a classificação dos produtos em quatro categorias: 1= inócuo (mortalidade <30%), 2= levemente nocivo (30 – 79%), 3= moderadamente nocivo (80 – 99%), 4= nocivo (>99%). Entretanto, o IOBC coordena as atividades internacionais em relação aos métodos padronizados de seletividade, gerando intercâmbio de informações e repetitividade dos resultados para se solucionar os agrotóxicos mais adequados no manejo integrado (Rocha & Carvalho, 2004; Moura *et al.*, 2006).

Inseticidas utilizados na cultura do eucalipto incluem piretróides pouco tóxicos a mamíferos e seletivos a inimigos naturais (Badji *et al.*, 2007). Neste contexto, o efeito de piretróides em percevejos predadores como em *Podisus maculiventris* (Mohaghegh *et al.*, 2000; Tillman & Mullinix, 2004; Vandekerkhove & De Clercq, 2004), *P. nigrispinus* (Pereira *et al.*, 2008), *S. cincticeps* (Zanuncio *et al.*, 2003, 2005), *P. distinctus* (Magalhães *et al.*, 2002) e *P. rostralis* (Gonring *et al.*, 2003), foram estudados. A deltametrina e a permetrina são os inseticidas mais empregados no controle de lepidópteros pragas do eucalipto (Magalhães *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2003; Gonring *et al.*, 2003), e também, na prevenção e controle de pragas nas unidades armazenadoras (Gonçalves *et al.*, 2002, 2006). Diferenças na susceptibilidade de inseticidas aos insetos podem depender de fatores como: 1) estado fisiológico: nutrição, capacidade destoxicante, composição lipídica da cutícula, peso, idade, etc; 2) comportamento: locomoção em busca do alimento, dispersão, tempo de atividade; 3) fatores associados ao processo de estabilidade e decomposição desses compostos no ambiente: persistência, deslocação, método de aplicação, efeito climático (Tillman & Mullinix, 2004).

A deltametrina age por contato e ingestão, atuando nos canais de sódio da membrana de axônios, diminuindo e retardando a condutância de sódio para o interior

da célula e suprimindo o efluxo de potássio. O resultado final é a diminuição do potencial de ação e a geração de impulsos nervosos repetitivos por inibir a adenosina trifosfatase (ATPase), o que afeta a condução de cátions na membrana axonal. O piretróide deltametrina é um inseticida, comumente, utilizado em ambientes domésticos, agrícolas, florestais e produtos armazenados para o controle de insetos vetores e pragas (Bacci *et al.*, 2001; Osbrink *et al.*, 2001; Galvan *et al.*, 2002; Athanassiou *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2006; Seccacini *et al.*, 2006).

Hormese é definida como o estímulo ao desempenho de um organismo por pequenas exposições a agentes prejudiciais ou tóxicos em níveis altos (Magalhães *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2003; Calabrese *et al.*, 2008). As respostas estimulatórias podem ser de 40 a 60% maior que no controle (Calabrese & Baldwin 2002). Inicialmente, pode ocorrer uma resposta inibitória, seguida por uma compensatória que, eventualmente, excede ao controle e resulta em uma rede de resposta estimulatória referida como efeito hormético (Mohaghegh *et al.*, 2000, 2001; Calabrese 2005).

A hormese é uma resposta adaptativa, caracterizada como um comportamento bifásico de dose-resposta (Calabrese & Baldwin 2002). Este fenômeno estimulatório de supercompensação (hormese) foi sugerido por Townsend e, subsequentemente, por outros autores (Forbes 2000; Calabrese 2008). A maioria dos estudos de hormese, com insetos e ácaros, tem mostrado efeito positivo na fecundidade, sobrevivência ou redução da duração dos estágios imaturos desses organismos expostos a dose subletais de inseticidas (Tillman & Mulrooney, 2000).

Predadores mostraram efeito positivo de doses subletais de inseticidas sobre a fecundidade, além de aumento da sobrevivência ou redução de duração dos estágios imaturos desses organismos (Zanuncio *et al.*, 2003). Este fenômeno foi registrado para diversos grupos taxonômico como plantas, bactérias, fungos e mamíferos (Forbes,

2000), sendo observada em diversos parâmetros, principalmente no crescimento, sobrevivência, longevidade, reprodução e em respostas metabólicas e fisiológicas frente a pesticidas e herbicidas (Magalhães *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2003).

A hormese foi pouco explorado para percevejos predadores e, por isto, seu efeito nos parâmetros reprodutivos, morfológicos do aparelho digestivo e corpo gorduroso, é pouco conhecido para esses inimigos naturais. Por isto, é necessário se estudar esse fenômeno para percevejos predadores, porque o fenômeno de hormese ocorre em populações de pragas e, raramente em populações de inimigos naturais (Magalhães *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2003, 2005).

O controle biológico fundamenta-se no conhecimento e utilização de parasitóides, predadores, patógenos e nas características biológicas de hospedeiro e presas naturais, minimizando o impacto e risco para o ambiente, a fauna e ao homem (Lemos *et al.*, 2005). O controle biológico natural é importante, mas deve-se estimular o aplicado, introduzindo e manipulando os inimigos naturais para reduzir os danos por pragas (De Clercq *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2005; Lemos *et al.*, 2005).

O predador *P. nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) é o Asopinae mais estudado na região Neotropical (De Clercq *et al.*, 2002), podendo ser encontrado em vários países das Américas do Sul e Central (Oliveira *et al.*, 2005) em culturas como a de algodão, café, eucalipto, milho, soja, trigo e pinus (Zanuncio *et al.*, 2000, 2004; Oliveira *et al.*, 2005).

Apenas cerca de 10% das espécies de Asopinae são conhecidas e melhor estudadas (De Clercq *et al.*, 2002) com algumas se destacando no controle biológico em sistemas agrícolas, florestais ou agroflorestais (Medeiros *et al.*, 2003; Lemos *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2002, 2005).

Estudos com Pentatomidae têm revelado o potencial desses predadores no controle biológico, predando ovos, larvas e adultos de insetos-praga, especialmente Lepidoptera e Coleoptera em sistemas agrícolas e agroflorestais (Lemos *et al.*, 2005; Zanuncio *et al.*, 2005).

Podisus maculiventris (Say) e *Perillus bioculatus* (F.) na América do Norte e Europa e *Podisus nigrispinus* (Dallas), *Brontocoris tabidus* (Signoret) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) na América do Sul (Evangelista Jr. *et al.*, 2004; Lemos *et al.*, 2003, 2005; Legaspi, 2004; Zanuncio *et al.*, 2005) se destacam entre Heteropteras predadores.

O caráter generalista dos Pentatomidae explica o potencial desses inimigos naturais para o controle biológico de pragas desfolhadoras em reflorestamentos e sistemas agrícolas (Pereira *et al.*, 2005)

O predador *P. nigrispinus* é zoofitófago por requerer, por longos períodos plantas e presas na sua alimentação (Zanuncio *et al.*, 2004; Evangelista Jr. *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2005) e são capazes de trocar facultativamente a alimentação entre presa e planta (Coll & Guershon, 2002; Zanuncio *et al.*, 2004) e é importante para a manutenção desses inimigos naturais durante períodos de escassez de presas (Evangelista Jr. *et al.*, 2004; Oliveira *et al.*, 2005).

A suplementação alimentar com plantas de *Eucalyptus* spp. melhorou os parâmetros reprodutivos de predadores Pentatomidae (Zanuncio *et al.*, 2000) e o impacto de inseticidas foi testado sobre esses predadores (Magalhães *et al.*, 2002; Zanuncio *et al.*, 2003, 2005; Pereira *et al.*, 2005).

Regimes alimentares modificam o ciclo de vida de Pentatomidae predadores, e indivíduos melhor alimentados são mais férteis e fecundos (Lemos *et al.*, 2001) e apresentam melhor desenvolvimento das estruturas reprodutivas (Wittmeyer *et al.*,

2001). Além disso, modificações que se reflitam na perda de qualidade e quantidade de alimento durante a fase imatura, afetam o ganho de peso, duração do desenvolvimento e sobrevivência, produção e deposição de ovos e capacidade predatória (Lemos *et al.*, 2001, 2003; Oliveira *et al.*, 2005).

Nutrientes obtidos na alimentação são, em parte, armazenados no corpo gorduroso dos insetos, que é considerado um órgão multifuncional por participar de processos metabólicos com alta atividade biossintética (Sarmiento *et al.*, 2004

A água é um recurso crítico para a alimentação de Heteroptera predadores por ser, continuamente, perdida durante a digestão pré-oral e por reações hidrolíticas (Sinia *et al.*, 2004; Evangelista Jr. *et al.*, 2004). Por isso, a sua disponibilidade tem implicações práticas para organismos zoofitófagos em programas de controle biológico (Eubanks & Denno, 2000; Sinia *et al.*, 2004). A alimentação com plantas pode justificar a obtenção de água por predadores, especialmente quando é necessária para processos relacionados à alimentação na presa, como produção de saliva utilizada na digestão extra oral (Gillespie & Mcgregor, 2000; Sinia *et al.*, 2004). Isto é eficiente por possibilitar ao predador obter o máximo de nutrientes de suas presas e evitar estruturas de difícil digestão, como o exoesqueleto dos mesmos (Oliveira *et al.*, 2002, 2005). No entanto, este comportamento pode estar associado aos altos custos de energia para a síntese de enzimas (Sinia *et al.*, 2004).

Conhecer o efeito de inseticidas no aparelho reprodutor e na morfologia do corpo gorduroso e intestino médio de machos e fêmeas de *P. nigrispinus* é fundamental para o emprego eficaz desse inimigo natural em programas de manejo integrado de pragas, pois Heteropteras apresentam ovários do tipo meroístico telotrófico (Lemos *et al.*, 2005) com número constante de ovariolos (Simiczjew *et al.*, 1998) e o intestino médio de Pentatomidae é dividido em quatro regiões: (1) intestino médio anterior com

pequena dilatação; (2) intestino médio com longos tubos que termina no intestino posterior; (3) intestino posterior dilatado (Guedes *et al.*, 2007). Histologicamente, o intestino médio de Pentatomidae tem a camada epitelial simples composta por células digestivas e regenerativas distribuídas por todo o intestino médio (Guedes *et al.*, 2007). Desta forma, o processo digestivo dos Heteroptera predadores resulta em alta eficiência da digestão alimentar e utilização de nutrientes.

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito das dosagens de 100, 200 e 300 mililitros de deltametrina por hectare na biologia, mortalidade e na morfologia do corpo gorduroso e aparelho digestivo e reprodutor de machos e fêmeas do predador *P. nigrispinus*.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Departamento de Biologia Animal e nos laboratórios de Controle Biológico de Insetos, do Instituto de Biotecnologia Aplicada a Agropecuária (BIOAGRO) e de Biologia Molecular e Celular, Citogenética e Histologia Reprodutiva do Departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, de fevereiro a setembro de 2008.

Indivíduos de *P. nigrispinus* foram obtidos da criação massal do laboratório de Controle Biológico de Insetos e do Insetário da UFV. Estes eram criados em gaiolas de madeira teladas (30 cm x 30 cm x 30 cm) com um recipiente de vidro com água e folhas de *Eucalyptus urophylla* como substrato vegetal para alimentação desse predador. Pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) eram fornecidas como presa ao predador e colocadas na parte externa superior das gaiolas.

Ovos de *P. nigrispinus* foram coletados dessas gaiolas, diariamente, e acondicionados em placas de Petri (9 x 1,5 cm de diâmetro e altura), com um chumaço de algodão embebido em água destilada na parte superior interna da tampa para manter

a umidade e mantidos em câmara climatizada tipo BOD a 26 ± 2 °C, 70 ± 5 % de umidade relativa e fotofase de 12 horas até a eclosão das ninfas.

Ao atingirem o terceiro estágio, dez ninfas foram separadas e colocadas em copos plásticos transparentes de 200 ml. O inseticida piretróide utilizado foi a deltametrina (Decis[®] 25 CE - Bayer) em grau comercial diluída em água na proporção de 20 L/ha, geralmente, utilizado para o controle de lepidópteros pragas em aplicações aéreas de várias culturas. As concentrações utilizadas correspondem as dosagens de 100, 200 e 300 ml/ha, sendo a de 200 a recomendada para o controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto. As dosagens de 100, 200 e 300 ml/ha (em mg de i.a./ml de calda) foram aplicado sobre folhas de eucalipto e deixados para secar a temperatura ambiente por uma hora. Após este período, as folhas de eucalipto foram colocadas em copos plásticos de 200 ml e deixadas por 24 horas em contato com as ninfas de terceiro estágio e, como testemunha, aplicou-se somente água nas folhas. Após vinte e quatro horas de contato entre ninfas e folhas com inseticida, as folhas de *E. urophylla* com inseticida foram substituídas por folhas sem inseticida.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, com um grupo de 10 ninfas de terceiro estágio por pote plástico constituindo uma repetição, totalizando treze repetições e cento e trinta ninfas por tratamento.

Adultos desse predador foram separados três dias após a emergência, pesados e sexados baseado na genitália externa, formando-se 20 casais por tratamento (um casal por pote plástico de 500 ml) e acasalados. As posturas foram retiradas dos copos com chumaços de algodão e colocadas em placas de Petri em câmaras climatizadas tipo BOD sob as mesmas condições anteriores.

A mortalidade, os números de posturas, de ovos e de ninfas e os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, incubação e viabilidade dos ovos e a longevidade das fêmeas de *P. nigrispinus* foram avaliados, diariamente.

Os parâmetros reprodutivos foram submetidos à análise de variância e, quando significativos, ao teste de Tukey (5%) com o pacote estatístico SAEG.

Machos e fêmeas obtidos dos tratamentos foram pesados no início da fase adulta em balança com precisão decimal (mg) e a largura total (mm) e o comprimento total (mm) com régua de precisão milimétrica.

Foram utilizados cinco fêmeas e cinco machos por tratamento para a morfometria dos órgãos internos de adultos e se retirou o aparelho reprodutor, intestino médio e corpo gorduroso, e foram depositados em tubos de vidro com fixador Zamboni à temperatura ambiente (Stefanini *et al.*, 1967). Os órgãos de *P. nigrispinus* foram desidratados em série alcoólica crescente (70, 80, 90 e 95%), seguindo-se inclusão em historesina Leica®. Secções de 3 µm de espessura das amostras foram coradas com hematoxilina e eosina e analisadas. Os cortes foram submetidos a testes histoquímicos de mercúrio bromofenol para se evidenciar as proteínas totais e, PAS para os carboidratos neutros e glicoconjugados (Pearse, 1985).

RESULTADOS

A duração do quarto estágio do predador *P. nigrispinus* foi menor com 200 ml/ha ($4,23 \pm 0,28$), 100 ml/ha ($4,30 \pm 0,26$) e 300 ml/ha ($4,69 \pm 0,33$), mas a de terceiro e quinto estádios foi semelhante nas subdose e superdose do inseticida deltametrina (Tabela 1).

O período de pós-oviposição de *P. nigrispinus* foi maior com a subdose 100 ml/ha ($1,95 \pm 0,47$) e teve valores semelhantes com 200 ml/ha ($0,7 \pm 0,21$ dias), 300 ml/ha ($0,55 \pm 0,22$ dias) e no controle ($0,85 \pm 0,26$ dias) (Tabela 2). O período de incubação de ovos desse predador foi menor com 300 ml/ha ($5,55 \pm 0,11$ dias), seguido pelas subdose e dosagem padrão ($6,80 \pm 0,22$ dias) e o controle ($6,50 \pm 0,11$ dias) (Tabela 2).

O período de oviposição de *P. nigrispinus* com 100 ml/ha ($8,55 \pm 2,07$ dias) e o controle ($7,80 \pm 2,40$ dias) (Tabela 2). O número de ovos por fêmea variou de $71,35 \pm 20,56$ (controle) a $91,80 \pm 18,76$ (subdose) ovos, dos quais $46,05 \pm 14,16$ e $60,10 \pm 12,83$ ovos deram origem a ninfas de primeiro estágio, com viabilidade dos ovos de $55,17 \pm 8,73$ e $53,56 \pm 8,86$ % (Tabela 2). Essa viabilidade foi semelhante ao controle e variou de $53,56 \pm 8,86$ % (subdose de 100 ml/ha) a $50,14 \pm 13,20$ na superdose de 300 ml/ha, enquanto na dose padrão foi de $42,61 \pm 9,09$ (Tabela 2).

A longevidade de fêmeas na subdose de 100 ml/ha ($18,70 \pm 2,44$ dias) foi semelhante ao controle ($19,00 \pm 2,85$ dias) (Tabela 2). A sobrevivência de fêmeas foi menor com a dosagem padrão e superdose, e maior na subdose (Figuras 1 e 2) comparadas ao controle. A mortalidade de *P. nigrispinus* aumentou com a longevidade (Figuras 1 e 2).

O peso de machos na dose padrão de 200 ml/ha foi 15% maior que o controle. O peso das fêmeas foi semelhante entre tratamentos (Figura 3).

O menor período de incubação na dose de 300 ml/ha ($5,55 \pm 0,11$) foi significativo em relação ao controle ($6,50 \pm 0,11$) (Tabela 2).

A largura total de predadores machos ($0,49 \pm 0,02$), fêmeas ($0,60 \pm 0,06$) e o comprimento total de machos ($0,97 \pm 0,02$), fêmeas ($1,01 \pm 0,06$) foram semelhantes entre tratamentos e ao controle (Figura 3).

A morfologia do aparelho reprodutor, do aparelho digestivo e do corpo gorduroso de machos e fêmeas foi semelhante entre tratamentos e ao controle (Figuras 4 a 9).

Fêmeas de *P. nigrispinus* possuem um par de ovários formado por sete ovaríolos e se localizam na cavidade abdominal dos insetos abaixo do tubo digestivo e estendendo-se da cápsula genital até o início do tórax. Os ovaríolos são unidos nas extremidades proximais, formando o oviduto lateral que se fundem formando o oviduto comum com diâmetro semelhante ao dos ovidutos laterais (Figura 7).

A genitália interna de machos se localiza na cavidade abdominal abaixo do tubo digestivo, estendendo-se da cápsula genital até o início do tórax, sendo envolvida pelo corpo gorduroso e apresentou um par de testículos, dois canais deferentes, um ducto ejaculatório e o órgão copulador. Os testículos possuem coloração vermelho intenso e forma compacta arredondada ou alongada. Eles têm seis folículos e apresentam um germário na região apical e é envolvido pela bainha folicular, o que os torna uma estrutura fortemente compactada. Grupos de espermatócitos no interior dos folículos estão envolvidos por uma membrana, formando os espermatocistos (cistos). A maturação dos espermatócitos ocorre na região próxima ao canal deferente, denominada zona de maturação e estão em diferentes estágios de desenvolvimento. A exposição de deltametrina não afetou a histologia dos testículos do predador *P. nigrispinus* em relação ao controle (Figura 8).

O corpo gorduroso de *P. nigrispinus* apresenta os trofócitos com núcleos pequenos e irregulares (amebóides), predomínio de cromatina condensada e nucléolo pouco evidente. Os vacúolos do corpo gorduroso, de machos, apresentaram tamanho semelhante em todos os tratamentos e no controle. As reações com PAS mostraram que o inseticida não afetou a coloração do corpo gorduroso de machos e fêmeas (Figura 5).

A parede do intestino médio de *P. nigrispinus* é formada por uma camada simples de células revestidas por células musculares organizadas em uma túnica circular interna e outra longitudinal externa. As células digestivas são altas e podem ser divididas em três regiões: apical, mediana e basal. A porção basal é caracterizada por invaginações da membrana plasmática, constituindo um labirinto de canais. O epitélio do intestino médio está assentado sobre uma espessa lamina basal e tem duas camadas externas de células musculares bem desenvolvidas, sendo a interna circular e a externa longitudinal (Figura 9).

Tabela 1 - Duração (dias) por estágio de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) nas doses de 100, 200 e 300 ml/ha de deltametrina (média \pm erro padrão). 26 \pm 2 °C temperatura, 70 \pm 5 % U.R. e 12 h fotofase

Tratamentos	3º estágio	4º estágio	5º estágio
Controle	3,77 \pm 0,53 a	5,38 \pm 0,29 a	6,23 \pm 0,12 a
100 ml/ha	4,77 \pm 0,30 a	4,30 \pm 0,26 ab	6,77 \pm 0,30 a
200 ml/ha	4,30 \pm 0,17 a	4,23 \pm 0,28 b*	6,46 \pm 0,14 a
300 ml/ha	4,38 \pm 0,37 a	4,69 \pm 0,33 ab	6,46 \pm 0,27 a

Médias seguidas de mesma letra, por coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo.

Tabela 2: Parâmetros reprodutivos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) após aplicação das doses de 100, 200 e 300 ml/ha de deltametrina (média \pm erro padrão). 26 \pm 2 °C temperatura, 70 \pm 5 % U.R. e 12 h fotofase

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos			
	100 ml/ha	200 ml/ha	300 ml/ha	Controle
Número de ovos	91,80 \pm 18,76 a	44,30 \pm 15,18 a	53,15 \pm 15,34 a	71,35 \pm 20,56 a
Número de ninfas	60,10 \pm 12,83 a	36,95 \pm 10,31 a	43,80 \pm 12,44 a	46,05 \pm 14,16 a
Período de pré-oviposição	6,20 \pm 0,59 a	7,0 \pm 0,65 a	6,50 \pm 0,98 a	7,85 \pm 1,41 a
Período de oviposição	8,55 \pm 2,07 a	4,0 \pm 1,70 a	6,20 \pm 1,93 a	7,80 \pm 2,40 a
Período de pós-oviposição*	1,95 \pm 0,47 a	0,7 \pm 0,21 b	0,55 \pm 0,22 b	0,85 \pm 0,26 ab
Longevidade de fêmeas	18,70 \pm 2,44 a	12,30 \pm 1,67 a	13,65 \pm 2,16 a	19,00 \pm 2,85 a
Viabilidade dos ovos (%)	53,56 \pm 8,86 a	42,61 \pm 9,09 a	50,14 \pm 13,20 a	55,17 \pm 8,73 a
Período de incubação*	6,80 \pm 0,22 a	6,80 \pm 0,22 a	5,55 \pm 0,11 b	6,50 \pm 0,11 ab
Número de ovos/postura	17,89 \pm 2,73 a	10,99 \pm 2,36 a	11,33 \pm 2,70 a	17,82 \pm 2,68 a
Número de ninfas/postura	15,24 \pm 3,12 a	8,55 \pm 2,08 a	9,42 \pm 2,31 a	13,67 \pm 2,65 a
Número de posturas	3,90 \pm 0,93 a	2,00 \pm 0,73 a	2,60 \pm 0,69 a	3,05 \pm 0,75 a

Médias seguidas da mesma letra, por linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * significativo.

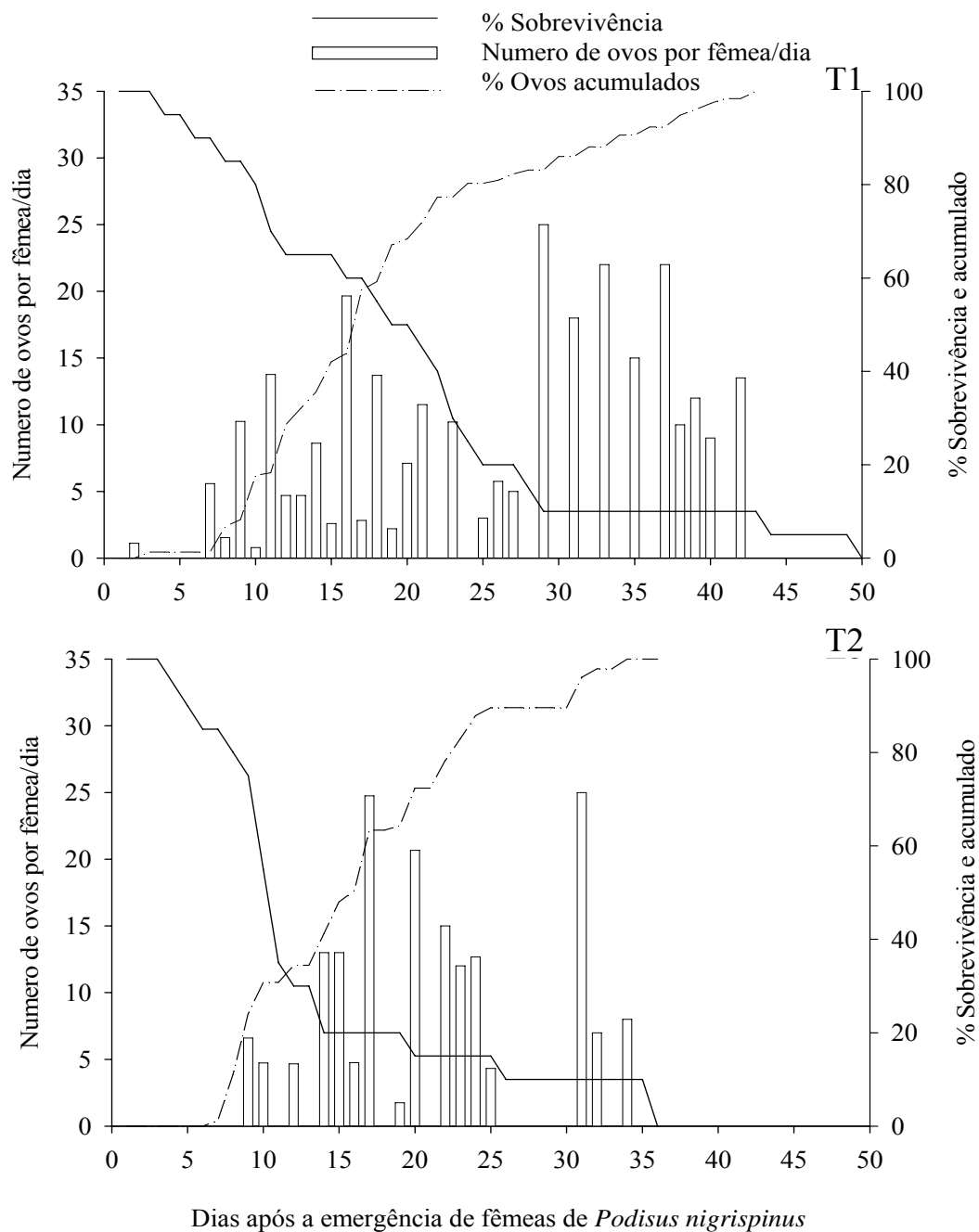


Figura 1. Sobrevivência (%), número de ovos por fêmea/dia e acumulado (%) por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) nas doses de 100 ml/ha, 200 ml/ha de deltametrina a 26 ± 2 °C, 70 ± 5 % de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

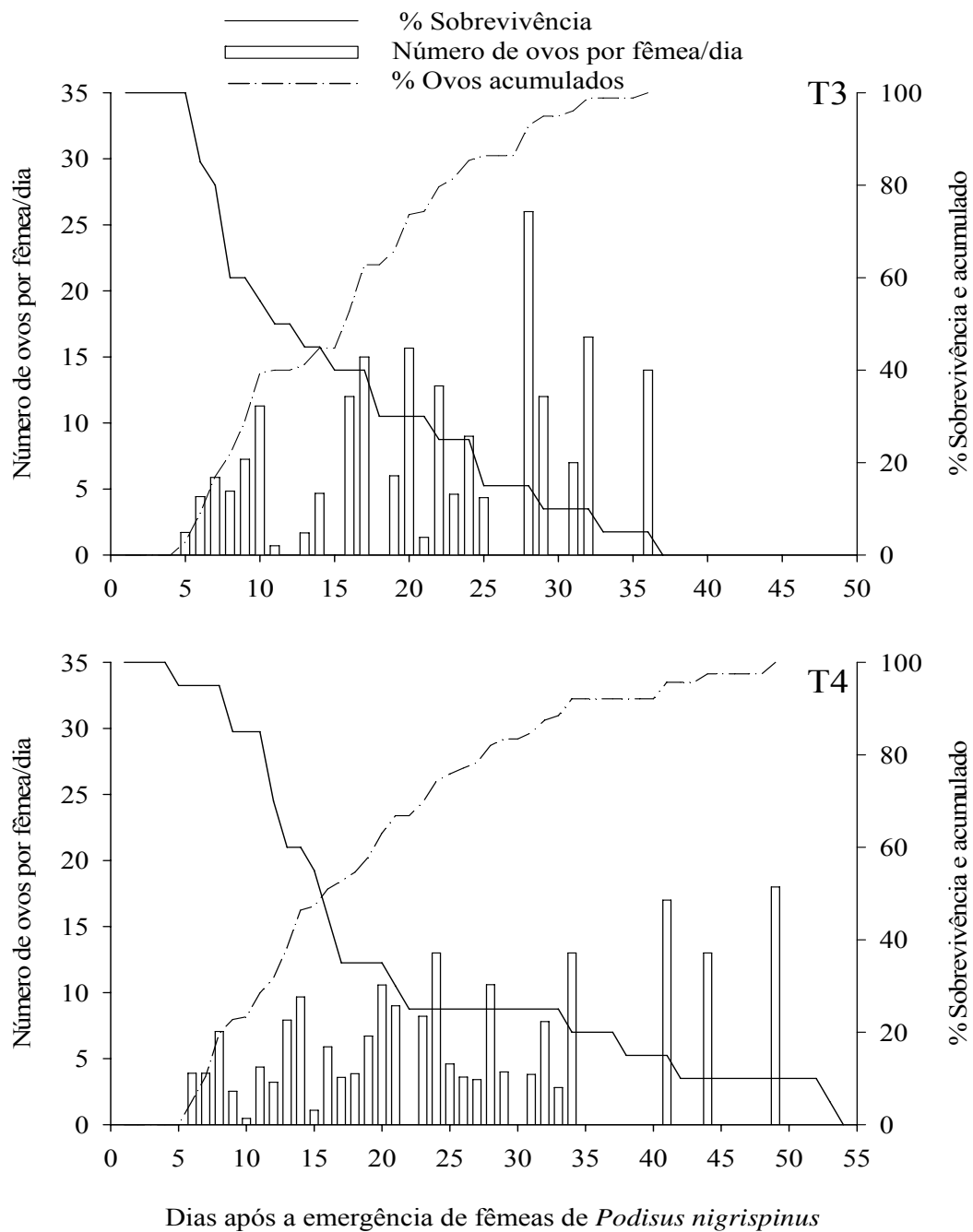


Figura 2. Sobrevivência (%), número de ovos por fêmea/dia e acumulado (%) por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) nas doses de 300 ml/ha de deltametrina e o controle a 26 ± 2 °C, 70 ± 5 % de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

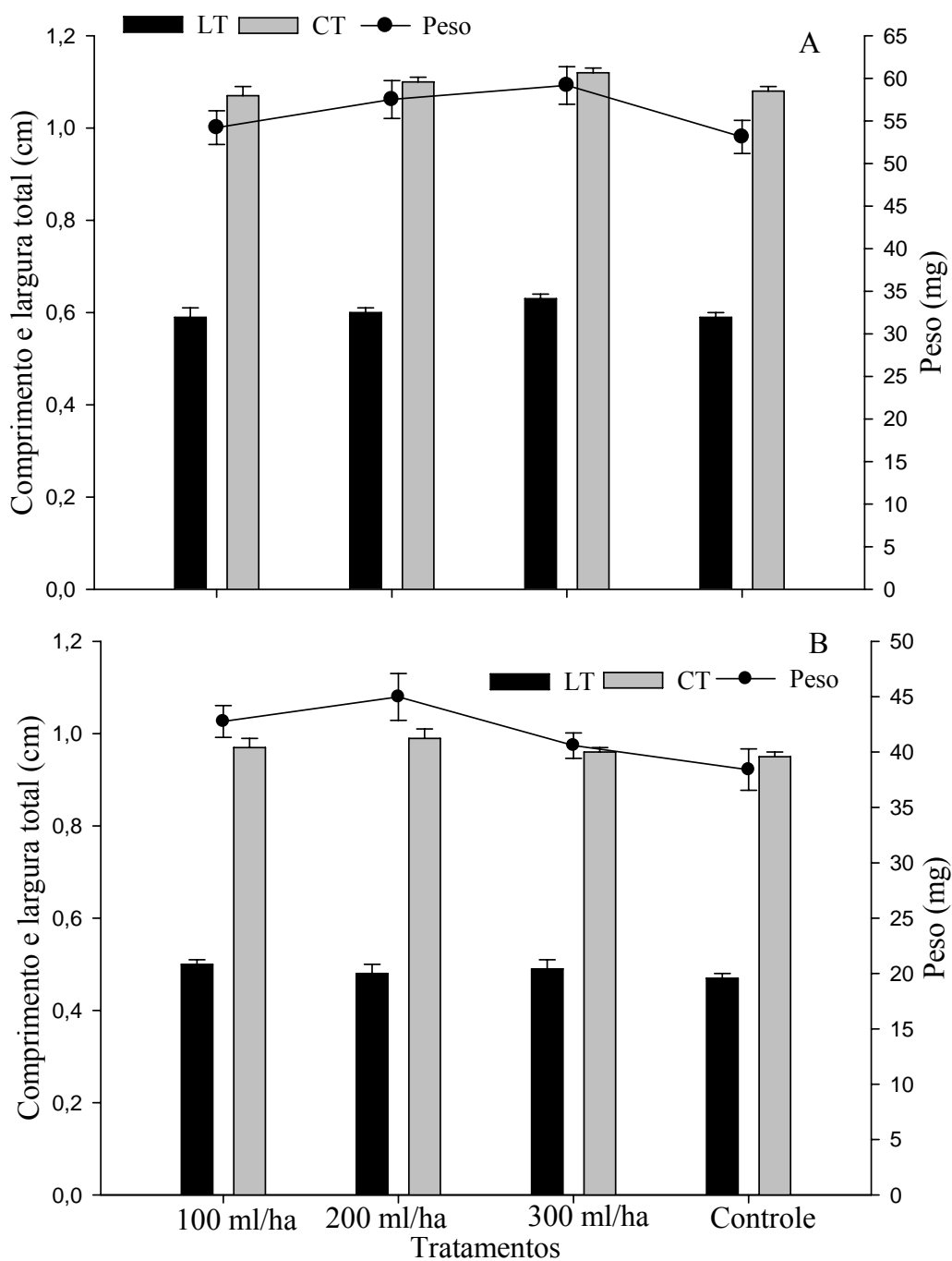


Figura 3: Largura total (LT), comprimento total (CT) (cm) e peso (mg) de fêmeas (A) e machos (B) de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae), nas doses de 100, 200 e 300 ml/ha de deltametrina e o controle (média ± erro padrão), em laboratório. 26 ± 2 °C temperatura, 70 ± 5 % U.R. e 12 h fotofase.

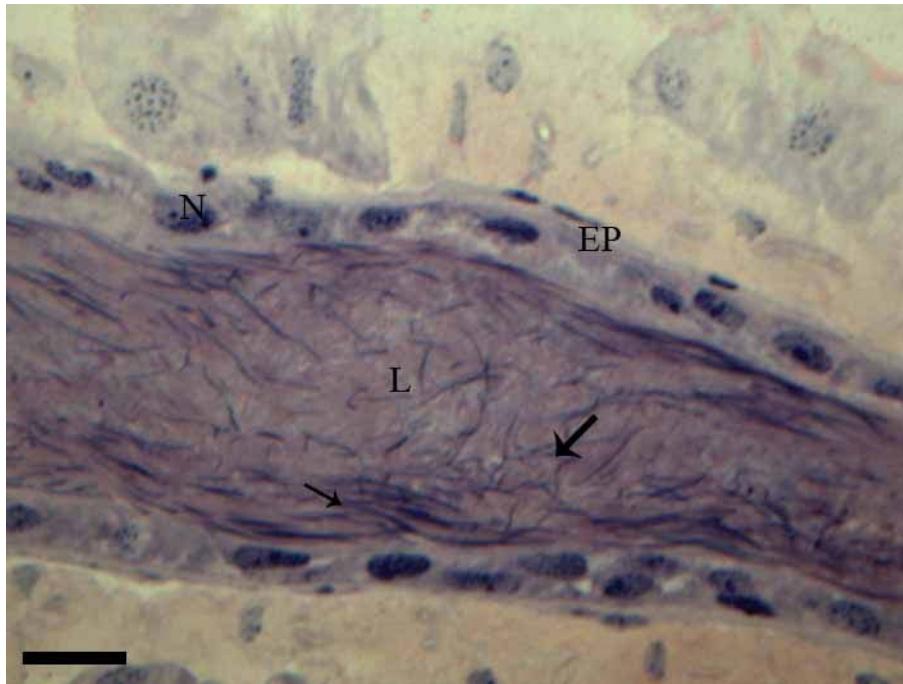


Figura 4: Canal deferente de machos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido à dosagem de 300 ml/ha. Lúmen (L), epitélio (EP), núcleo (N). Barra: 10 μ m.

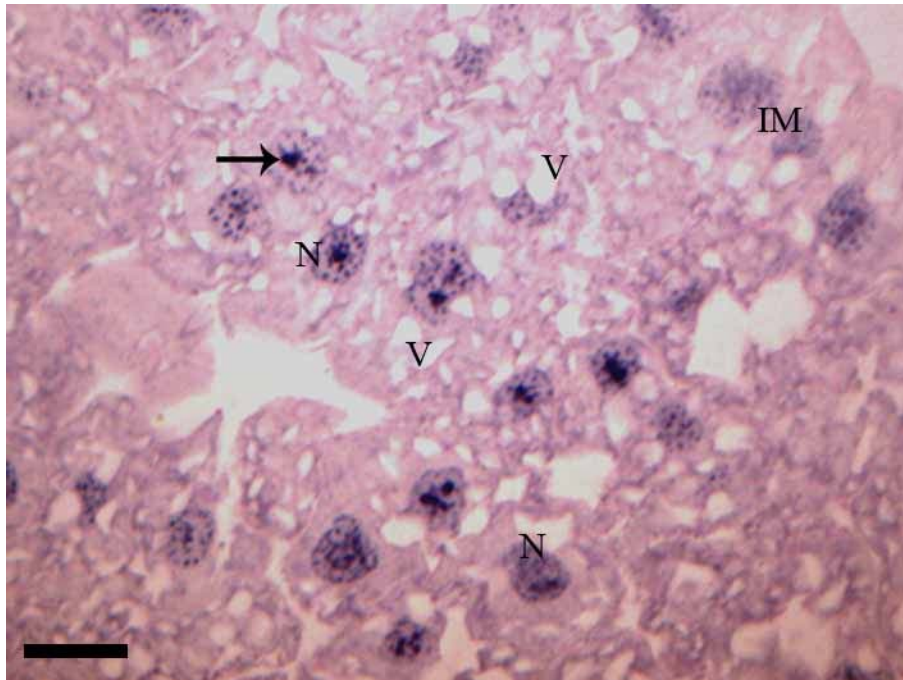


Figura 5: Corpo gorduroso de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido à dosagem de 300 ml/ha. Vacúolo (V), intestino médio (IM), núcleo (N). Barra: 10 μ m.



Figura 6: Ovariolo de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). Estágios de desenvolvimento submetido à dosagem de 300 ml/ha. Trofário (TF), células foliculares (CF), ovócito (OV), núcleo do ovócito (N), bainha peritoneal (BP). Barra: 10 μ m.

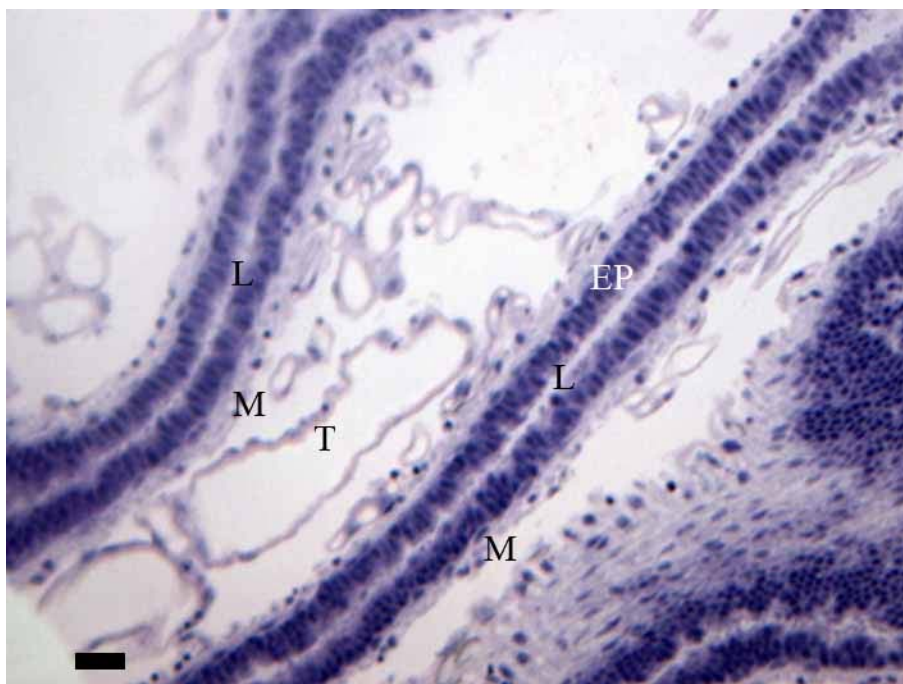


Figura 7: Oviduto lateral de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido à dosagem de 100 ml/ha. Lúmen (L), músculo (M), epitélio (EP), traquéia (T). Barra: 10 μ m.

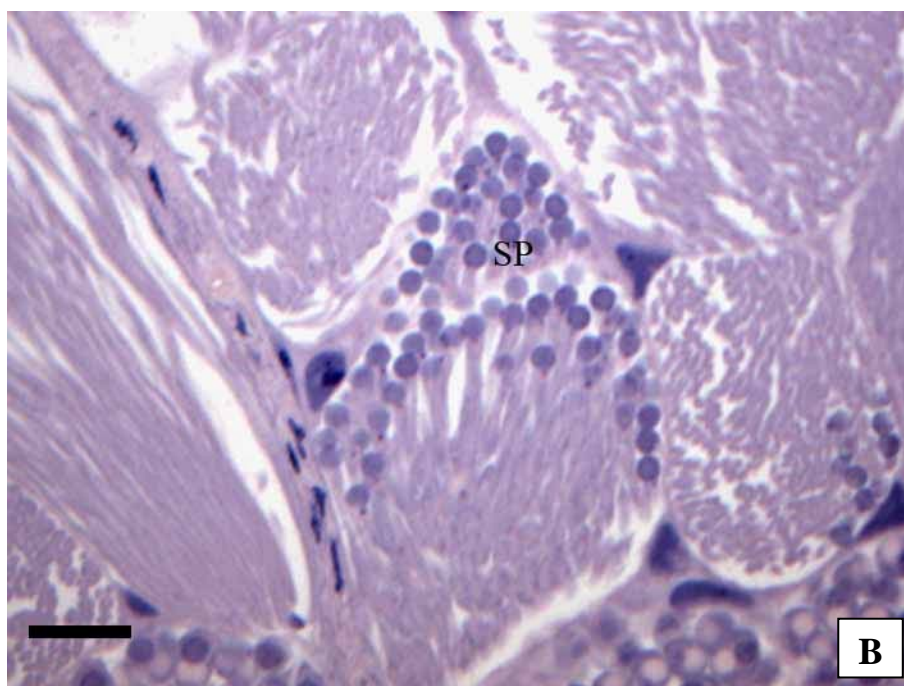
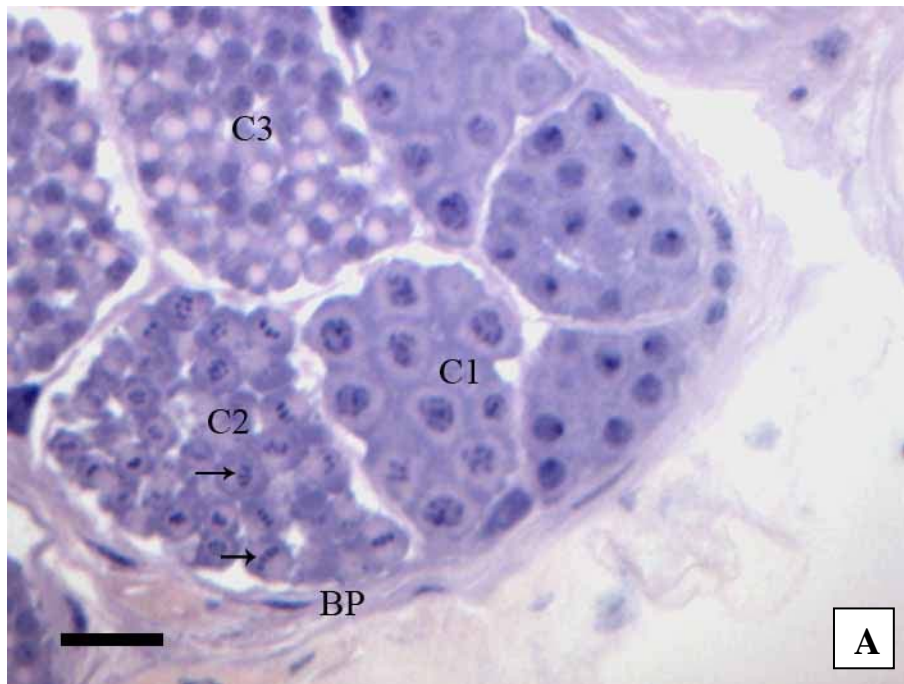


Figura 8: Testículos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido à dosagem de 300 ml/ha. Bainha peritoneal (BP), células em diferentes estágios de divisão (C1), (C2) e (C3) espermátides iniciais; espermátides (SP). Barra: 10 μ m.

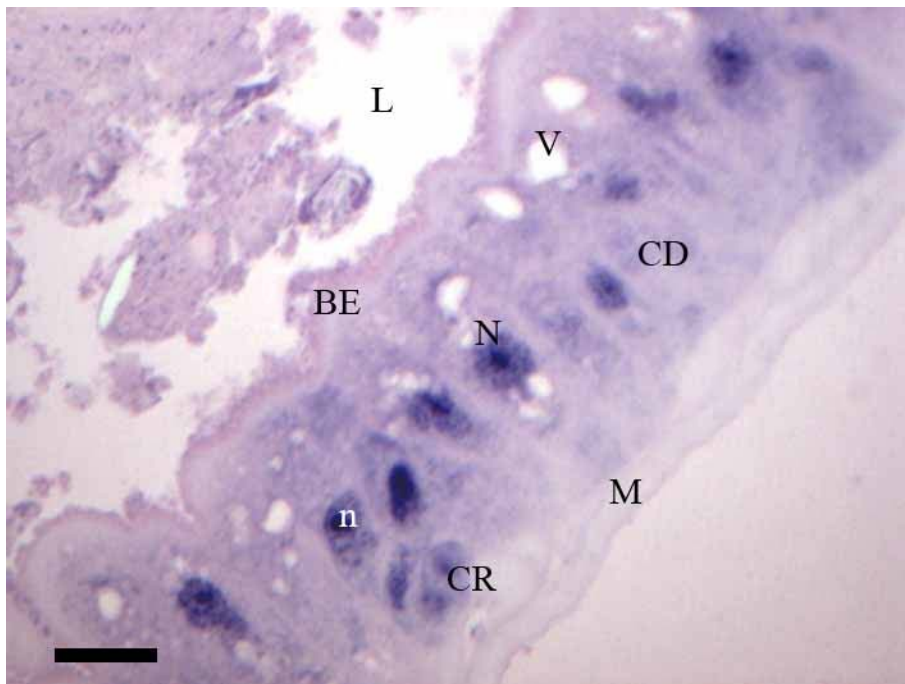


Figura 9: Intestino médio anterior de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido à dosagem de 200 ml/ha. Lúmen (L), músculo (M), núcleo (N), nucléolo (n), célula digestiva (CD), célula regenerativa (CR), borda estriada (BE), vacúolo (V). Barra: 10 μ m.

DISCUSSÃO

A menor duração do quarto estágio de *P. nigrispinus* com 200 ml/ha de deltametrina torna possível a obtenção de adultos desse predador em menor tempo. Isto se assemelha a menor duração do terceiro estágio de fêmeas e o maior peso de *S. cincticeps* nas doses subletais de permetrina (Zanuncio *et al.*, 2003). Isto pode estar relacionado à maior espessura do exoesqueleto, pois o aumento da idade do inseto dificulta a penetração do composto tóxico e/ou a maior atividade metabólica do predador na fase ninfal (Bacci *et al.*, 2001). Esses resultados se enquadram na definição de que o desempenho de um organismo é estimulado por baixas exposições a agentes prejudiciais ou tóxicos em níveis altos, evidenciando o fenômeno da hormese (Forbes 2000). Apesar das ninfas de *P. nigrispinus* terem entrado em contato com a deltametrina, a duração do terceiro e quinto estágios foi semelhante à desse estágio para *B. tabidus* (Zanuncio *et al.*, 2000). O quinto estágio é, geralmente, mais longo, seguida pelos quarto e terceiro (Zanuncio *et al.*, 2000; Lemos *et al.*, 2003, 2005) como encontrado em todos os tratamentos. A duração da fase ninfal é importante por influenciar o desempenho fisiológico e reprodutivo de *P. nigrispinus* (Medeiros *et al.*, 2000, 2003), o que é favorável ao manejo de pragas. A duração do terceiro estágio de *P. maculiventris* foi maior após exposição a inseticidas (Tillman & Mullinix 2004) e a do quinto maior quando suas ninfas receberam aplicações de teflubenzuron (Mohaghegh *et al.*, 2000).

A maior duração dos estágios é consequência do impacto de inseticidas, pois esses compostos atuam por contato e modificam suas características biológicas por terem efeito neurotóxico e alterarem o sistema nervoso e o metabolismo dos insetos (Stark & Banks, 2003). Dessa forma, *P. nigrispinus* pode ter reduzido o efeito tóxico de

deltametrina, pois a exposição desse composto não afetou a duração dos estádios, o peso e os parâmetros biológicos e reprodutivos desse predador.

O maior peso dos machos adultos de *P. nigrispinus* nas dosagens de 200 ml/ha e 100 ml/ha de deltametrina que no controle difere daqueles das fêmeas que não tiveram diferença entre tratamentos. Por outro lado, o peso semelhante de adultos de *B. tabidus* entre tratamentos difere do observado para *P. nigrispinus* submetido ao thiamethoxam (Torres *et al.*, 2004). O peso de adultos é importante para fêmeas desse predador, pois tem sido observado efeito positivo do mesmo na taxa reprodutiva dos Asopinae (Zanuncio *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2005; Lemos *et al.*, 2005). Fêmeas de *S. cincticeps* foram mais pesadas após exposição à dose subletal do inseticida piretróide permetrina (Zanuncio *et al.*, 2003) evidenciando a hormese. Fêmeas mais pesadas de predadores Heteroptera produzem maior número de posturas e de descendentes (Zanuncio *et al.*, 2000), o que é benéfico ao manejo integrado de pragas. No entanto, após a aplicação de inseticida, os indivíduos sobreviventes de *P. nigrispinus* desenvolveram-se com valores semelhantes aos do controle (Mohaghegh *et al.*, 2000, 2001). Isto pode estar associado ao maior conteúdo de corpo gorduroso nas fases imaturas dos insetos, pois predadores que sobreviveram à aplicação inicial do inseticida não demonstraram efeito deletério em suas populações ao longo do tempo. Ninfas de *P. nigrispinus* apresentaram tolerância à deltametrina e a associação desses métodos de controle pode ter efeito sinérgico e apresentarem maior durabilidade no manejo integrado de pragas. A largura e comprimento total de adultos foram semelhantes para machos e fêmeas desse predador.

O maior período de pós oviposição de *P. nigrispinus* com a dosagem 100 ml/ha pode ser devido ao efeito benéfico da subdose de deltametrina nesse predador. Essa subdose pode ter causado uma resposta compensatória durante seu desenvolvimento

(Mohaghegh *et al.*, 2000; Calabrese 2008), com maior sobrevivência e fecundidade. Predadores sobreviventes não tiveram efeitos deletérios, semelhantes ao relatado para *S. cincticeps*, com mortalidade, fecundidade e viabilidade dos ovos não sendo afetadas pela exposição do inseticida piretróide permetrina (Zanuncio *et al.*, 2003). O incremento de um parâmetro sem a queda de outro é raro (Forbes 2000), pois o princípio de alocação consiste da troca entre diferentes processos fisiológicos, com diminuição de um (duração dos estádios), e aumento da alocação de recursos energéticos para outro (reprodução) (Zanuncio *et al.*, 2003). Entretanto, a exposição de *S. cincticeps* a subdoses de inseticida permetrina estimulou o desempenho desse predador, mas superdoses podem ser nocivos ou tóxicos (Zanuncio *et al.*, 2003). Isto concorda com a hipótese de que a sobrevivência pode aumentar com a tensão causada pelos inseticidas (Luckey 1968) e o fenômeno hormese pode ser devido a estímulos no organismo por subdoses de compostos tóxicos (Forbes 2000).

O menor período de incubação com a superdose de 300 ml/ha de deltametrina pode ser explicado pela ação seletiva da deltametrina para *P. nigrispinus*, estimulando esse predador a desencadear uma resposta inicial inibitória seguida por outra compensatória que, eventualmente, excede ao controle e resulta em estímulo, como efeito hormético (Calabrese 1999, 2005). Assim, quantidades anormais de agente estressante, como os compostos químicos, podem estimular o organismo a aumentar sua sensibilidade para responder e adequar-se ao meio (Forbes 2000). Entretanto, se a resistência da praga aos inseticidas for mantida baixa e inseticidas seletivos forem utilizados, as doses aplicadas controlarão a população da praga e poderão desencadear efeito hormético em predadores (Magalhães *et al.*, 2002).

As células digestivas de *P. nigrispinus* não sofreram modificações nas estruturas após a aplicação do inseticida deltametrina. Heteroptera predadores não tem alimento

disponível como os filófagos, por isso, possuem síntese rápida de enzimas digestivas ao se alimentarem, o que requer gasto de energia. Insetos holometábolos mobilizam reservas de glicogênio nas células do intestino médio em estímulo a primeira alimentação (Serrão e Cruz-Lamdim, 1996b; Neves *et al.*, 2003). *P. nigrispinus* apresenta digestão extra-oral e alguns nutrientes podem ser absorvidos sem digestão adicional no intestino médio (Adams 2001).

A genitália interna de fêmeas de *P. nigrispinus* após a exposição do inseticida deltametrina foi semelhante aos de outras espécies de Heteroptera predadores (Adams, 2001; Wittmeyer *et al.*, 2001; Lemos *et al.*, 2005) e composta por ovários amarelados localizados, ventralmente, ao intestino, e por ovariolos envolvidos por uma rede de traqueíolas e pelo corpo gorduroso. Isto se assemelha à genitália interna de outros insetos (Nation 2002). Ovariolos de *P. nigrispinus* são unidos na região distal por filamentos terminais conectados a parede do corpo e próximo ao oviduto lateral (Lemos *et al.*, 2005). Os ovidutos laterais de *P. nigrispinus* se unem formando o oviduto comum que se abre na vagina. Fêmeas de *P. nigrispinus*, independente da dosagem de inseticida, apresentaram, sete ovariolos por ovário, o que é comum para as espécies predadoras dessa família e para *Perillus bioculatus* (Fabricius) (Adams 2001), *Podisus maculiventris* (Wittmeyer *et al.*, 2001) e *B. tabidus* (Lemos *et al.*, 2005). O número de ovariolos por ovário é específico por espécie e pode variar de um, em Coleoptera, a mais de mil em rainhas de térmitas (Nation 2002). No entanto, os ovários dos insetos, normalmente, contêm entre quatro e seis ovariolos, com os Heteroptera tendo de quatro a sete (Nation 2002).

Os ovários de *P. nigrispinus* após a exposição do inseticida deltametrina foi semelhante à de outros Heteroptera predadores, como relatado para *B. tabidus* (Lemos *et al.*, 2005). A dimensão dos ovariolos de fêmeas de Pentatomidae depende do número

e grau de desenvolvimento dos folículos dessas estruturas (Adams, 2001). *P. nigrispinus* apresentaram ovários do tipo meroístico telotrófico, o tipo padrão dos Heteroptera, com características semelhantes às daquelas de outras espécies de percevejos (Adams 2001; Wittmeyer *et al.*, 2001; Nation 2002). A genitália interna de *P. nigrispinus* apresenta características histológicas semelhantes às encontradas em *B. tabidus* (Lemos *et al.*, 2005).

A genitália de machos de *P. nigrispinus* após a exposição do inseticida deltametrina foi semelhante a outros Heteroptera predadores (Adams 2001), composta por testículos avermelhados, dorsalmente, ao intestino formando os folículos. Essa intensa coloração avermelhada parece ser uma característica morfológica peculiar desse grupo de percevejos predadores (Lemos *et al.*, 2005). Machos de *B. tabidus*, também, apresentaram testículos com coloração vermelho intensa (Lemos *et al.*, 2005) e *P. bioculatus* alaranjada (Adams 2001, principalmente, sobre o efeito de inseticidas nas estruturas internas (Smaghl *et al.*, 2003; Deshmukh *et al.*, 2009).

As características histológicas dos testículos de *P. nigrispinus* após a exposição do inseticida deltametrina não foram afetadas, como observado para *P. bioculatus* (Adams 2001). Machos de *P. nigrispinus*, apresentaram seis folículos por testículo (Lemos *et al.*, 2005), e sete nos testículos de *P. bioculatus* (Adams 2001). O número de folículos por testículo de Pentatomidae predadores pode ser espécie específico (Lemos *et al.*, 2005), como observado em ovariolos para fêmeas desses predadores. Células em processo de diferenciação no interior dos folículos foram observadas, independente da dosagem de inseticida deltametrina, o que mostra que as mesmas estão ativas e produzem grande quantidade de espermatozóides. O inseticida piretróide não afetou a gametogênese de *P. nigrispinus*, mas é necessário conhecer melhor a relação entre o

estudo de inseticidas seletivos em predadores e os aspectos morfo-fisiológicos dos mesmos.

A exposição ao inseticida deltametrina não afetou o corpo gorduroso de fêmeas de *P. nigrispinus* e os estudos histoquímicos são escassos entre os Asopinae, mas são comuns para outros grupos de insetos, principalmente Lepidoptera, Hymenoptera, Coleoptera (Oliveira e Cruz-Landim 2003, 2004; Sarmento et al., 2004). O corpo gorduroso é mais estudado em fêmeas de insetos (Sarmento *et al.*, 2004) O desenvolvimento das células do corpo gorduroso de Pentatomidae predadores após a exposição a inseticidas piretróides não foi ainda relatado. O corpo gorduroso é o principal tecido de reserva de nutrientes e substâncias energéticas, mas com variação nas células de acordo com o desenvolvimento e alimentação (Oliveira e Cruz-Landim, 2003).

A maior tolerância de ninfas de *P. nigrispinus* à deltametrina indica que esse produto pode ser usado em programas de manejo integrado de pragas e que inseticidas seletivos podem estimular o desenvolvimento desse predador. A associação desses dois métodos pode ser favorável e apresentar durabilidade se a seletividade dos inseticidas for explorada.

CONCLUSÃO

O inseticida deltametrina foi seletivo para ninfas do predador *P. nigrispinus* e não afetou a fase adulta desse predador. A dose padrão de 200 ml/ha desse inseticida reduziu a duração do quarto estágio e aumentou o peso de machos adultos, mas o período de pós oviposição desse predador foi maior com a dose sub letal de 100 ml/ha. A superdose de 300 ml/ha reduziu o período de incubação desse predador, evidenciando efeito hormético. O inseticida piretróide deltametrina não afetou a morfologia e a histologia do corpo gorduroso e os aparelhos digestivo e reprodutor de machos e fêmeas de *P. nigrispinus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, T.S. 2001. Morphology of the internal reproductive system of the male and female two-spotted stink bug *Perillus bioculatus* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae) and the transfer of products during mating. *Invertebrate Reproduction and Development*, 39, 45-53.
- AL-DEEB, M.A.; WILDE, E.; ZHU, Y. 2001. Effects of insecticides used in corn, sorghum, and alfalfa on the predator *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). *Journal of Economic Entomology*, 94, 1353-1360.
- ATHANASSIOU, C.G.; KAVALLIERATOS, N.G.; VAYIAS, B.J.; DIMIZAS, C.B.; PAPAGREGORIOU, A.S.; BUCHELOS, C.T. 2004. Residual toxicity of beta cyfluthrin, alpha cypermethrin and deltamethrin against *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat. *Applied Entomology and Zoology*, 39, 195-202.
- BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; GUSMÃO, M.R.; CRESPO, A.L.B.; PEREIRA, E.J.G. 2001. Seletividade de inseticidas a *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). *Crop Protection*, 30, 707-713.
- BA M'HAMED, T.; CHEMSEDDINE, M. 2002. Selective toxicity of some pesticides to *Pullus mediterraneus* Fabr. (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Saissetia oleae* Bern. (Homoptera: Coccoideae). *Agriculture and Forest Entomology*, 4, 173-178.
- BADJI, C.A.; GUEDES, R.N.C.; SILVA, A.A.; CORREA, A.S.; QUEIROZ, M.E.L.R.; MICHEREFF-FILHO, M. 2007. Non-target impact of deltamethrin on soil arthropods of maize fields under conventional and no-tillage cultivation. *Journal of Applied Entomology*, 131, 50-58.

- BOSTANIAN, J.N.; LAROCQUE, N.; CHOUINARD, G.; CODERRE, D. 2001. Baseline toxicity of several pesticides to *Hyaliodes vitripennis* (Say) (Hemiptera: Miridae). *Pest Management Science*, 57, 1007-1010.
- BLACKBURN, M.; GOLUBEVA, E.; BOWEN, D.; 1998. A Novel Insecticidal Toxin from *Photorhabdus luminescens*, Toxin Complex a (Tca), and Its Histopathological Effects on the Midgut of *Manduca sexta*. *Applied and Environmental Microbiology*, 12, 3036-3041.
- BÜNING, J. 1994. The ovary of ectognatha, the Insects. In- *The InsectOvary - Ultra structure, Previtellogenic Growth and Evolution*, Ed. J. Büning. Chapman & Hall, London, pp. 31-324.
- CALABRESE, E.J.; BALDWIN, L.A. 2002. Defining hormesis. *Human & Experimental Toxicology*, 21, 91-97.
- CALABRESE E.J. 2005. Paradigm lost, paradigm found: The re-emergence of hormesis as a fundamental dose response model in the toxicological sciences. *Environmental Pollution*, 138, 378-411.
- CALABRESE E.J. 2008. Converging concepts: Adaptive response, preconditioning, and the Yerkes–Dodson Law are manifestations of hormesis. *Ageing Research Reviews*, 7, 8-20.
- COLL, M.; GUERSHON, M. 2002. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. *Annual Review of Entomology*, 47, 267-297.
- CRESPO, A.L.B.; PIKANÇO, M.C.; BACCI, L.; PEREIRA, E.J.G.; GONRING, A.H.R. 2002. Seletividade fisiológica de inseticidas a Vespidae predadores de *Ascia monuste orseis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 237-242.
- DE CLERCQ, P. 2004. Culture of natural enemies on factitious foods and artificial diets. *Encyclopedia of Entomology*, 1, 650-652.

- DE CLERCQ, P.; WYCKHUYS, H.N.; DE OLIVEIRA; KLAPWIJK, J. 2002. Predation by *Podisus maculiventris* on different life stages of *Nezara viridula*. Florida Entomologist, 85, 197-202.
- DESHMUKH, C.; MOHITE, A.; SHINDE, J. 2009. Effects of Carbaryl and gamma-BHC on the Histology of Midgut and Digestive Enzyme Profiles in the Third Instar Larvae of Fruit-sucking Moth, *Othreis materna* (Linn.) (Lepidoptera: Noctuidae). Turkish Journal of Zoology, 33, 207-213.
- ELZEN, G.W. 2001. Lethal and sublethal effects of insecticide residues on *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae). Journal of Economic Entomology, 94, 55-59.
- EVANGELISTA JÚNIOR, W.S.; GONDIM JUNIOR, M.G.C.; TORRES, J.B.; MARQUES, E.J. 2004. Fitofagia de *Podisus nigrispinus* em algodoeiro e plantas daninhas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39, 413-420.
- EUBANKS, M.; DENNO, R.F. 2000. Host plants mediate omnivore–herbivore interactions and influence prey suppression. Ecology, 81, 936-947.
- FERNANDES, M.E.S.; FERNADES, F.L.; PICANCO, M.C.; QUEIROZ, R.B.; SILVA, R.S.; QUEIROZ, R.B. 2008. Physiological selectivity of inseticides to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveridae* (Hymenoptera: Vespidae) in citrus. Sociobiology, 51, 765-774.
- FORBES, V.E. 2000. Is hormesis an evolutionary expectation? Functional Ecology, 14, 12-24.
- GALVAN, T.L.; PICANÇO, M.C.; BACCI, L.; PEREIRA, E.J.G.; CRESPO, A.L.B. 2002. Seletividade de oito inseticidas a predadores de lagartas em citros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37, 117-122.

- GILLESPIE, D.R.; MCGREGOR, R.R. 2000. The functions of plant feeding in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*: water places limits on predation. *Ecological Entomology*, 25, 380-386.
- GONÇALVES, J.R.; FARONI, L.R.A.; GUEDES, R.N.C. 2002. Pyrethroid-*Acarophenax lacunatus* interaction in suppressing the beetle *Rhyzopertha dominica* on stored wheat. *Experimental and Applied Acarology*, 26, 231-242.
- GONÇALVES, J.R.; FARONI, L.R.A.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, C.R.F.; GARCIA, F.M. 2006. Associação de deltametrina com *Acarophenax lacunatus* e seu impacto sobre o desenvolvimento de *Rhyzopertha dominica*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 1235-1240.
- GONRING, A.H.R.; PIKANÇO, M.C.; LEITE, G.L.D.; SUINAGA, F.A.; ZANUNCIO, J.L. 2003. Seletividade de inseticidas a *Podisus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. *Revista Árvore*, 27, 263-268.
- GUEDES, B.A.M.; ZANUNCIO, J.C.; RAMALHO, F.S.; SERRAO, J.E. 2007. Midgut morphology and enzymes of the obligate zoophytophagous stinkbug *Brontocoris tabidus* (Signoret, 1863) (Heteroptera: Pentatomidae). *Pan-Pacific Entomologist*, 83, 66-74.
- GUSMÃO, M.R.; PIKANÇO, M.C.; GONRING, A.H.R.; MOURA, M.F. 2000. Seletividade fisiológica de inseticidas a vespidae predadores do bicho-mineiro-do-café. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 681-686.
- HOLTZ, A.M.; ZANUNCIO, J.C.; MARINHO, J.S.; PRATISSOLI, D.; PALLINI, A.; PEREIRA, C.J. 2006. Biological characteristics of adults of *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Hemiptera: Pentatomidae) fed on *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae). *Idesia*, 24, 41-48.

- LEGASPI, J.C. 2004. Life history of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) adult females under different constant temperatures. *Environmental Entomology*, 33, 1200-1206.
- LEMOS, W.P., R.S. MEDEIROS, F.S. RAMALHO.; J.C. ZANUNCIO. 2001. Effects of plant feeding on the development, survival, and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *International Journal of Pest Management*, 27, 89-93.
- LEMOS, W.P., F.S. RAMALHO, J.E. SERRÃO.; J.C. ZANUNCIO, 2003. Effects of diet on development of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), a predator of the cotton leafworm. *Journal of Applied Entomology*, 127, 389-395.
- LEMOS, W.P., F.S. RAMALHO, J.E. SERRÃO.; J.C. ZANUNCIO. 2005. Morphology of female reproductive tract of the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) fed on different diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45, 129-138.
- MAGALHÃES, L.C.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E.; TUELHER, E.S. 2002. Desenvolvimento e reprodução do predador *Podisus distinctus* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) frente a doses subletais de permetrina. *Crop Protection*, 31, 445-448.
- MAHDIAN, K.; KERCKHOVE, J.; TIRRY, L.; DE CLERCQ, P. 2006. Effects of diet on development and reproduction of the predatory pentatomids *Picromerus bidens* and *Podisus maculiventris*. *BioControl*, 51, 725-739.
- MAHDIAN, K.; THOMAS, E.; VAN LEEUWEN.; TIRRY, L.; DE CLERCQ, P. 2007. Susceptibility of the predatory stinkbug *Picromerus bidens* to selected insecticides. *BioControl*, 52, 765-774.

- MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; HÄRTER, H.R.; MULLER, C. 2006. Seletividade de agrotóxicos usados na produção integrada de maçã para adultos de *Trichogramma pretiosum*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41, 1461-1467.
- MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S.; LEMOS, W.P.; ZANUNCIO, J.C. 2000. Age-dependent fecundity and life-fertility tables for *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Journal of Applied Entomology, 124, 319-324.
- MEDEIROS, R.S.; RAMALHO, F.S.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E. 2003. Effect of temperature on life table parameters of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. Journal of Applied Entomology, 127, 209- 213.
- MOHAGHEGH, J.; DE CLERCQ, P.; TIRRY, L. 2000. Toxicity of selected insecticides to the spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). Biocontrol Science and Technology, 10, 33-40.
- MOHAGHEGH, J.; DE CLERCQ, P.; TIRRY, L. 2001. Functional response of the predators *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Huebner): effect of temperature. Journal of Applied Entomology, 125, 131-134.
- MOTOMURA, H. & T. NARAHASHI. 2001. Interaction of tetramethrin and deltamethrin at the single sodium channel in rat hippocampal neurons. Neurotoxicology, 22, 329-339.
- MOURA, M.F.D.; PIKANÇO, M.; GONRING, A.H.R.; BRUCKNER. C.H. 2000. Selectivity of insecticides to three Vespidae predators of *Dione juno juno* (Lepidoptera: Heliconidae). Pesquisa Agropecuária Brasileira, 35, 251-257.

- MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A.; PEREIRA, A.E.; ROCHA, L.C.D. 2006. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. IOBC. BioControl, 51, 769-778.
- NATION, J.L. 2002. Insect Physiology and Biochemistry. Washington: CRC Press, pag.; 485.
- NEVES, C.A.; GITIRANA, L.B.; SERRÃO, J.E. 2003. Ultrastructure of the midgut endocrine cells in *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hemynoptera: Apidae). Brazilian Journal of Biology, 63, 683-690.
- OLIVEIRA, J.E.M.; TORRES, J.B.; CARRANO-MOREIRA, A.F.; RAMALHO, F.S. 2002. Biologia de *Podisus nigrispinus* predando lagartas de *Alabama argillacea* em campo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37, 7-14.
- OLIVEIRA, V.T.P.; CRUZ-LAMDIM, C. 2003. Morphology and function of insect fat body cells: a review. Biociências, 11, 195-205.
- OLIVEIRA, V.T.P.; CRUZ-LANDIM, C. 2004. Protein content and electrophoretic profile of fat body and ovary extracts from workers of *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Hymenoptera, Meliponini). Iheringia. Série Zoologia, 94, 417-419.
- OLIVEIRA, I.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, T.V.; PINON, T.B.M.; FIALHO, M.C.Q. 2005. Effect of female weight on reproductive potential of the predator *Brontocoris tabidus* (Signoret, 1858) (Heteroptera: Pentatomidae). Brazilian Archives of Biology and Technology, 48, 295-301.
- OSBRINK, W.L.A.; LAX, A.R.; BRENNER, R.J. 2001. Insecticide susceptibility in *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes virginicus* (Isoptera: Rhinotermitidae). Journal of Economic Entomology, 94, 1217-1228.
- PEARSE, A.G.V. 1985. Histochemistry: Theoretical and Applied. J&A Churchill, London, 530.

- PEREIRA, A.I.A.; RAMALHO, F.S.; ZANUNCIO, J.C. 2005. Susceptibility of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) to gamma-cyhalothrin under laboratory conditions. *Scientia Agrícola*, 62, 478-482.
- PEREIRA, F.F., FELIPE, J.P.M., CANEVARI, G.C., MIELKE, O.H.H., ZANUNCIO, J.C., SERRÃO, J.E. 2008. Biological aspects of *Dirphia moderata* (Lepidoptera: Saturniidae) on *Eucalyptus cloeziana* and *Psidium guajava*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51, 369-372.
- PROVOST, C.; CODERRE, D.; LUCAS, E.; CHOUINARD, G.; BOSTANIAN, N.J. 2002. Impact d'une dose sublétales de lambda-cyhalothrine sur les prédateurs intraguildes d'acariens phytophages en vergers de pommiers. *Phytoprotection*, 84, 105-113.
- ROSE, D.; MATTHEWS, G.A.; LEATHER, S.R. 2006. Sub-lethal responses of the large pine weevil, *Hylobius abietis*, to the pyrethroid insecticide lambda-cyhalothrin. *Physiological Entomology*, 31, 316-327.
- SARMENTO, R.A.; OLIVEIRA, H.G.; HOLTZ, A.M.; SILVA, S.M.; SERRÃO, J.E.; PALLINI, A. 2004. Fat body morphology of *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) in function of two alimentary sources. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47, 407-411.
- SECCACINI, E.; MASUH, H.; LICASTRO, S.A.; ZERBA, E.N. 2006. Laboratory and scaled up evaluation of *cis*-permethrin applied as a new ultra low volume formulation against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Acta Tropica*, 97, 1-4.

- SERRÃO, J.E.; CRUZ-LAMDIM, C. 1996. Ultrastructure of digestive cells in stingless bees of various ages (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Cytobios*, 88, 161-171.
- SINIA, A.; ROITBERG, B.; MCGREGOR, R.R.; GILLESPIE, D.R. 2004. Prey feeding increases water stress in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 110, 243-248.
- SIMICZYJEW, B.; OGORZALEK, A. AND STYS, P. 1998. Heteroptera ovaries: variations on the theme. *Folia Histochemica Cytobiologica*, 36, 147-156.
- SOARES, J.J.; BUSSOLI, A.C. 2000. Efeito de inseticidas em insetos predadores em culturas de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35, 1889-1894.
- STARK, J.D.; BANKS, J.E. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual Review of Entomology*, 48, 505-519.
- STEFANINI, M.; DE MARTINO, C.; ZAMBONI, L. 1967. Fixation of ejaculated spermatozoa for electron microscopy. *Nature*, 216, 173-174.
- TILLMAN, P.G.; MULROONEY, J.E. 2000. Effect of selected insecticides on the natural enemies *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Lygaeidae), and *Bracon mellitor*, *Cardiochiles nigriceps*, and *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae) in cotton. *Journal of Economic Entomology*, 93, 1638-1643.
- TILLMAN, P.G.; MULLINIX, B.G. 2004. Comparison of susceptibility of pest *Euschistus servus* and predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) to selected insecticides. *Journal of Economic Entomology*, 97, 800-806.

- TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. 2004. Toxicity of thiamethoxam and imidacloprid to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. *Neotropical Entomology*, 33, 99-106.
- VANDEKERKHOVE, B.; DE CLERCQ, P. 2004. Effects of an encapsulated formulation of lambda-cyhalothrin on *Nezara viridula* and its predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Florida Entomologist*, 87, 112-118.
- VIEIRA, A.; OLIVEIRA, L.; GARCIA, P. 2001. Effects of conventional pesticides on the preimaginal developmental stages and on adults of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Biocontrol Science and Technology*, 11, 527-534.
- WITTMAYER, J.L.; COUDRON, T.A.; ADAMS, T.S. 2001. Ovarian development, fertility and fecundity in *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae): an analysis of the impact of nymphal, adult, male and female nutritional source on reproduction. *Invertebrate Reproduction Development*, 39, 9-20.
- YU, S.J. 1988. Selectivity of insecticides to the spined bug (Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. *Journal of Economic Entomology*, 81, 119-122.
- ZANUNCIO, J.C.; ZANUNCIO, T.V.; GUEDES, R.N.C.; RAMALHO, F.S. 2000. Effect of feeding on three *Eucalyptus* species on the development of *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Biocontrol Science and Technology*, 10, 443-450.
- ZANUNCIO, J.C.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; SANTOS, G.P.; RAMALHO, F.S. 2002. Effect of body weight on fecundity and longevity of the stinkbug predator *Podisus rostralis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 1225-1230.
- ZANUNCIO, T.V., SERRÃO, J.E., ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C. 2003. Permethrin-induced hormesis on the predator *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). *Crop Protection*, 22, 941-947.

ZANUNCIO, J.C., LACERDA, M.C., ZANUNCIO, J.S., ZANUNCIO, T.V., DA SILVA, A.M.C.; ESPINDULA, M.C. 2004. Fertility table and rate of population growth of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) on one plant of *Eucalyptus cloeziana* in the field. *Annals of Applied Biology*, 144, 357-361.

ZANUNCIO, T.V.; ZANUNCIO, J.C.; SERRÃO, J.E.; MEDEIROS, R.S.; PINON, T.B.M.; SEDIYAMA, C.A.Z. 2005. Fertility and life expectancy of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to sublethal doses of permethrin. *Biological Research*, 38, 31-39.