

PEDRO JUSSELINO FILHO

HORMESE:

UM POUCO DE ALGO PERIGOSO PODE SER BOM!?

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2002**

PEDRO JUSSELINO FILHO

**HORMESE:
UM POUCO DE ALGO PERIGOSO PODE SER BOM!?**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2002.

**Prof. José Eduardo Serrão
(Conselheiro)**

Prof^ª. Teresinha Vinha Zanuncio

Dr. Harley Nonato de Oliveira

Prof. Adilson Ariza Zacaro

**Prof. José Cola Zanuncio
(Orientador)**

Aos meus pais, Pedro (in memoriam) e Estelita.
Aos meus filhos, Pedro, Paulo, David e Matheus.
A minha esposa, Rosemary.

“Não tocamos duas vezes o mesmo ser, pois este
modifica continuamente sua condição”.
Heráclito de Éfeso (500 a.C.).

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba pelo total apoio e incentivo.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Biologia Animal, pela oportunidade de realização do Curso e pelas excelentes condições oferecidas para o desenvolvimento dos trabalhos de laboratório. Ao meu orientador, Prof. José Cola Zanuncio e meus conselheiros, Profs. José Eduardo Serrão e Marcelo Coutinho Picanço pelo apoio incondicional, sugestões, ensinamentos e, principalmente, amizade. À Prof^a. Teresinha Vinha Zanuncio pela leitura crítica e minuciosa do trabalho. Aos professores da Pós-graduação do Curso de Entomologia pelos ensinamentos e amizade. À secretária do Programa de Pós-graduação em Entomologia, Maria Paula A. da Costa, pela eficiência e amizade. Aos colegas, pela amizade e colaboração nos momentos difíceis. Aos funcionários do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO), Moacir e Valente; do Insetário, Lélis, José, Antônio e do Setor de Entomologia Agrícola, Francisco, Evaristo e Paulo Santana pela atenção e amizade.

Aos amigos, Zanuncio e Teresinha, Daniel e Cleuma, Jorge, Cesar, Berghem, José Milton, Onice, Ana Margareth, Genésio, Harley, Ádrian, Rodrigo, Walkymário, Rômulo, Ivênio, Rafael, Flávio, Fábio, Cristina,

Alfredo, Wellington, Evandro, Rosenilson e Geraldo pelos bons momentos e pelas dificuldades enfrentadas juntos.

À minha família pela paciência, ajuda e compreensão. À agência de fomento PICDT/UFPB/CAPES, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo indispensável apoio financeiro ao treinamento e ao projeto de pesquisa. A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. LITERATURA CITADA.....	5
Artigo 1. Hormese no Predador <i>Podisus distinctus</i> (Heteroptera: Pentatomidae) Induzido por Doses Subletais de Permetrina	
RESUMO	10
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO	12
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
RESULTADOS	14
DISCUSSÃO	15
LITERATURA CITADA.....	20

Artigo 2: Efeito Hormético de Doses subletais de Permetrina em Parâmetros de Tabela de Vida de *Podisus distinctus* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae)

RESUMO	29
ABSTRACT	30
INTRODUÇÃO	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS	37
DISCUSSÃO	39
LITERATURA CITADA.....	43
3. RESUMO E CONCLUSÕES	59

RESUMO

JUSSELINO-FILHO, Pedro. D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2002. **Hormese: Um pouco de algo perigoso pode ser bom!?** Orientador: José Cola Zanuncio. Conselheiros: José Eduardo Serrão, Marcelo Coutinho Picanço e Raul Narciso Carvalho Guedes.

Percevejos predadores são inimigos naturais importantes de muitas espécies de artrópodos e em condição de campo estão constantemente expostos a xenobióticos usados para o controle de insetos-praga. Em várias classes de organismos, os efeitos de xenobióticos sobre variáveis biológicas são complexos e o entendimento dos mesmos são de grande importância para vários campos do conhecimento científico. Assim, estudou-se o efeito das doses subletais de 0,131; 1,315; 13,15; 131,5 e 1315 ppb de permetrina nos parâmetros biológicos de *Podisus distinctus* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae), aplicadas topicamente em ninfas de terceiro estágio desse predador. Houve redução na duração dos terceiro e quarto estágios nas doses de 0,131 e 1,315 ppb de permetrina, respectivamente. Evidenciou-se o efeito hormético com 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina sobre ninfas de *P. distinctus*, as quais apresentaram maior peso e sobrevivência, além de menor duração ninfal nessas doses. Além disso, observou-se hormese em parâmetros reprodutivos, como os números de ovos e de ninfas/fêmea de *P. distinctus*. Tabelas de vida de fertilidade e de esperança de vida mostraram maiores

valores da taxa bruta (TBR) e líquida (R_0) de reprodução na dose de 0,131 ppb de permetrina que no controle e demais doses. O aumento populacional desse predador por ano foi maior com essa dose de permetrina, o que confirma também, a ocorrência de hormese. A hormese, embora raramente observada em inimigos naturais em condições de campo, pode ser induzida e melhorar a performance reprodutiva de *P. distinctus* e representa uma ferramenta para programas de controle biológico no manejo integrado de pragas.

ABSTRACT

JUSSELINO-FILHO, Pedro. D.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2002. **Hormesis: Can be good a little bit of something dangerous!?** Adviser: José Cola Zanuncio. Committee Members: José Eduardo Serrão, Marcelo Coutinho Picanço e Raul Narciso Carvalho Guedes.

Predatory bugs are important natural enemies of many arthropod species and they are constantly exposed to xenobiotics used for pest control. Effects of stressor agents, such as xenobiotics, on biological parameters of organisms are complex and very important. Effects of the sublethal doses 0.131, 1.315, 13.15, 131.5 and 1315 ppb of permethrin insecticide were studied on biological parameters of *Podisus distinctus* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) when topically applied on third instar nymphs of this predator. Duration of third and fourth instars of this predator was reduced with the doses of 0.131 and 1.315 ppb of permethrin, respectively, which hormetic effect was evidenced on survival and weight of *P. distinctus* with the doses of 0.131, 1.315 and 13.15 ppb of permethrin during the nymphal phase of *P. distinctus*. Nymphs of this predator presented higher weight and survival, besides lower duration of the nymphal phase. Stimulatory effects of hormesis were also observed with higher number of eggs and nymphs per female of *P. distinctus*. Life fertility tables and expectancy tables showed higher values for total

(TBR) and liquid (Ro) reproductivity rates in the 0.131 ppb permethrin, than in the control and in the other doses. This dose of permethrin also increased population growth of this predator per year what confirms the occurrence of hormesis. Although hormesis has been rarely reported for natural enemies in field conditions, it can be induced in laboratory aiming to improve reproductive rates and the performance of *P. distinctus* in biological control programs of integrated pest management.

1. INTRODUÇÃO

Nós estamos rodeados por bactérias, vírus, parasitas e perigos constantes, mas sobrevivemos, principalmente porque nosso corpo é protegido por um sistema de defesa imunológico. Vivemos imersos em um oceano, onde estão presentes substâncias químicas carcinogênicas, mutagênicas, teratogênicas, entre outras (Rico, 2001), as quais podem ser xenobióticos naturais e altamente tóxicos, como micotoxinas. Além disso, compostos produzidos pelo homem como pesticidas, e drogas de uso farmacológico veterinário ou humano estão presentes no meio ambiente. Por outro lado, compostos como vitaminas e sais minerais são essenciais em doses baixas, mas tóxicos em doses altas. Outros exemplos como exercícios, restrições calóricas e consumo de álcool são prejudiciais em doses exageradas, mas benéficos em quantidades adequadas.

Inseticidas usados no controle de pragas apresentam limitações como efeitos indesejáveis sobre inimigos naturais e o meio ambiente (Corso *et al.*, 1999; Soares & Busoli, 2000). Ressurgência de insetos e ácaros pragas e erupção de pragas secundárias ocorrem após aplicações de pesticidas, devido, principalmente, a redução de populações de inimigos naturais. Hormoligose e hormese são considerados fatores secundários, freqüentemente negligenciados,

podem ser responsáveis também pelos fenômenos de ressurgência de insetos e ácaros pragas e erupção de pragas secundárias (Morse, 1998).

O termo hormoligose foi utilizado na literatura entomológica, antes de hormese, sendo palavra de origem grega (*hormo* = excita; estimula e *oligo* = pequena quantidade; insuficiente) e significa o fenômeno no qual quantidades subletais de agentes estressantes podem ser benéficas para organismos (Luckey, 1968; Morse, 1998). Hormese, também do grego “*hormaein*” que significa “excitar”, foi originalmente definido como um comportamento bifásico, no qual uma característica biológica é estimulada por baixas doses de um composto, mas inibida por altas doses do mesmo (Bukowski & Lewis, 2000; Calabrese & Baldwin, 2000; Calabrese & Baldwin, 2001; Turturro *et al.*, 2001; Calabrese & Baldwin, 2002). Hormese pode ser definida, geralmente, como um efeito estimulatório em parâmetros biológicos que pode ser maior que 30% em relação ao controle (Chapman, 2001). Hormese foi proposta como uma resposta a alterações na homeostase (Stebbing, 1998). Calabrese & Baldwin (2002) consideram hormese uma resposta adaptativa, caracterizada por um comportamento bifásico de dose-resposta, após a ruptura da homeostase, com estímulo por doses baixas de um composto e inibição por doses altas do mesmo.

A ocorrência de estresse abiótico em populações naturais é comum, levando à evolução adaptativa e, por isto, os genótipos mais hábeis para lidar com o estresse, devem ter mais sucesso. No entanto, se um organismo exposto a um agente tóxico gastar energia no processo de destoxificação para manter-se vivo, poderá reduzir a energia destinada à reprodução (Forbes, 2000).

O fenômeno hormético tem sido observado em pesquisas clínicas e experimentais, mas na maioria das vezes, é ignorado como produto. O tipo de hormese mais observado é o estímulo ao crescimento embora ocorra, também, em parâmetros como expectativa de vida, sucesso reprodutivo, redução de câncer, resistência a doenças, viabilidade e respiração (Kmecl & Jerman, 2000).

Nos últimos três anos, tem aumentado o número de trabalhos evidenciando o efeito hormético, tais como: hormese através de estresse oxidativo na biologia do envelhecimento (Finkel & Holbrook, 2000), restrição calórica na extensão do ciclo de vida (Guarente & Kenyon, 2000), choque térmico, desnaturação protéica e resistência ao estresse na longevidade (Butov *et al.*, 2001; Johnson *et al.*, 2001; Verbeke *et al.*, 2001; Yashin *et al.*, 2001; Michalski & Yashin, 2002), ação do oxiclureto de cobre na reprodução do ácaro-vermelho-do-café (Reis & Teodoro, 2000), do efeito da abamectina na reprodução de formigas (Antunes *et al.*, 2001) e da permetrina no desenvolvimento e reprodução do predador *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera, Pentatomidae) (Zanuncio, 2001).

A permetrina é um dos piretróides mais seletivos para insetos benéficos (Pree & Hagley, 1985; Yu, 1988) e eficiente contra lagartas desfolhadoras de eucalipto (Elliot *et al.*, 1978, Zanuncio *et al.*, 1992, 1993). Estudos sobre a ação de outros piretróides, utilizados no controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto, e sua seletividade para percevejos predadores usados em programas de controle biológico foram realizados por diversos autores (Guedes *et al.*, 1992; Zanuncio *et al.*, 1992, 1993; Batalha *et al.*, 1995; 1997; De Clercq *et al.*, 1995; Picanço *et al.*, 1996; Suinaga *et al.*, 1996; Picanço *et al.*, 1997; Zanuncio *et al.*, 1998). Mesmo seletivos para artrópodes benéficos, os inseticidas podem, em doses subletais, alterar o comportamento e a fisiologia de percevejos predadores.

Podisus nigrispinus (Dallas), *P. distinctus* (Stål), *Brontocoris tabidus* (Signoret) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) são, freqüentemente, usados em programas de manejo integrado de pragas em florestas homogêneas de eucalipto no Brasil (Thomas, 1992; Zanuncio *et al.*, 1992, 1993, 1994; Jusselino-Filho *et al.*, 2001; Zanuncio, 2001). Por isto, parâmetros como a biologia reprodutiva, habilidade predatória e susceptibilidade desses inimigos naturais a compostos químicos utilizados em manejo integrado de pragas têm sido estudados. Estudos sobre os efeitos de doses subletais de inseticidas em pentatomídeos são importantes, pois

compostos usados para controlar insetos-praga podem afetar a biologia de inimigos naturais e interferir no sucesso do controle biológico (Stapel *et al.*, 2000). Além disso, hormese é mais comum em populações de pragas que em inimigos naturais (Morse, 1998).

Desta maneira, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar o efeito de doses subletais de permetrina no desenvolvimento de *P. distinctus*. No primeiro trabalho foi investigada a ocorrência de efeito hormético em características biológicas e reprodutivas de *P. distinctus* e no segundo foram avaliadas as implicações desse efeito através de parâmetros da tabela de vida.

Os trabalhos foram escritos segundo as normas do periódico “Biocontrol Science and Technology”.

2. LITERATURA CITADA

- ANTUNES, E.C., GUEDES, R.N.C., DELLA LUCIA, T.M.C. & SERRÃO, J.E. (2001) Sub-lethal effects of abamectin suppressing colonies of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus*. *Pesticide Management Science* **50**, 1059-1064.
- BATALHA, V.C., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & SEDIYAMA, C.S. (1995) Seletividade de inseticidas aos predadores *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) e *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) e a sua presa Lepidoptera. *Revista Árvore* **19**, 382-395.
- BATALHA, V.C., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & GUEDES, R.N.C. (1997) Selectivity of insecticides to *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ceiba* **38**, 19-22.
- BUKOWSKI, J.A. & LEWIS, R.J. (2000) Hormesis and health: A little of what you fancy may be good for you. *Southern Medical Journal* **93**, 371-374.
- BUTOV, A., JOHNSON, T., CYPSEY, J., SANNIKOV, I. VOLKOV, M., SEHL, M. & YASHIN, A. (2001) Hormesis and debilitation effects in stress experiments using the nematode worm *Caenorhabditis elegans*: the model of balance between cell damage and HSP levels. *Experimental Gerontology* **37**, 57-66.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (2000) History of chemical hormesis. *Human and Experimental Toxicology* **19**, 2-31.

- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (2001) Hormesis: U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. *Trends in Pharmacological Science* **22**, 285-291.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (2002) Defining hormesis. *Belle Newsletter* **11** (in press).
- CHAPMAN, P.M. (2001) The implications of hormesis to ecotoxicology and ecological risk assessment (ERA). *Belle Newsletter* **10**, 2-9.
- CORSO, I.C., GAZZONI, D.L. & NERY, M.E. (1999) Efeito de doses e de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides de pragas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **34**, 1529-1538.
- DE CLERCQ, P., TIRRY, L., VINÑELA, E. & DEGHEELE, D. (1995) Toxicity of diflubenzuron and pyriproxyfen to the predatory bug *Podisus maculiventris*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **74**, 17-22.
- ELLIOT, M., JANES, N.E. & POTTER, C. (1978) The future of pyrethroids in insect control. *Annual Review of Entomology*. **23**, 443-469.
- FINKEL, T. & HOLBROOK, J. (2000) Oxidants, oxidative stress and the biology of aging. *Nature* **408**, 239-247.
- FORBES, V.E. (2000) Is hormesis an evolutionary expectation? *Functional Ecology* **14**, 12-24
- GUARENTE, L. & KENYON, C. (2000) Genetic pathways that regulate ageing in model organisms. *Nature* **408**, 255-262.
- GUEDES, R.N.C., LIMA, J.O.G. & ZANUNCIO, J.C. (1992) Seletividade dos inseticidas deltametrina, fenvalerato e fenitrotion para *Podisus connexivus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **21**, 339-346.
- JOHNSON, T.E., CASTRO, E., CASTRO, S.H., CYPSEY, J., HENDERSON, S. & TEDESCO, P. (2001) Relationship between increased longevity and stress resistance as assessed through gerontogene mutations in *Caenorhabditis elegans*. *Experimental Gerontology* **36**, 1609-1617.
- JUSSELINO FILHO, P.; ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C. & FRAGOSO, D.B. (2001) Desarrollo y reproducción del depredador *Brontocoris tabidus* (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista Colombiana de Entomologia* **27**, 45-48.

- KMECL, P. & JERMAN, I. (2000) Biological effects of low-level environmental agents. *Medical Hypothesis* **54**, 685-688.
- LUCKEY, T.D. (1968) Inseticide hormoligosis. *Journal of Economic Entomology* **61**, 7-12.
- MICHALSKI, A.I. & YASHIN, A.I. (2002) Detection of hormesis effect in longevity: simulation approach for heterogeneous population. *Mathematical Biosciences* **175**, 57-66.
- MORSE, J.G. (1998) Agricultural implications of pesticide-induced hormesis of insects and mites. *Human Experimental Toxicology* **17**, 266-269.
- PICANÇO, M.C., GUEDES, R.N.C., BATALHA, V. & CAMPOS, R.P. (1996) Toxicity of insecticides to *Dione juno juno* (Lepidoptera: Heliconidae) and selectivity to two of its predaceous bugs. *Tropical Science* **36**, 51-53.
- PICANÇO, M.C., RIBEIRO, L.J., LEITE, G.L.D. & ZANUNCIO, J.C. (1997) Seletividade dos inseticidas a *Podisus nigrispinus* predador de *Ascia monuste orseis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **32**, 369-372.
- PREE, D.J. & HAGLEY, E.A.C. (1985) Toxicity of pesticides to *Chrysopa oculata* Say (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology* **78**, 129-132.
- REIS, P.R. & TEODORO, A.V. (2000) Efeito de oxiclureto de cobre na reprodução do ácaro-vermelho-do-cafeeiro, *Oligonychus ilicis* (Mcgregor, 1917). *Ciência Agrotécnica* **24**, 347-352.
- RICO, A. (2001) Chemo-defence system. *Life Science* **324**, 97-106.
- SOARES, J.J. & BUSOLI, A.C. (2000) Efeito de inseticidas em insetos predadores em culturas de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **35**, 1889-1894.
- STAPEL, J.O., CORTESERO, A.M., & LEWIS, W.J. (2000). Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: Altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Biological Control* **11**, 175-183.
- STEBBING, A.R.D. (1998) A theory of growth hormesis. *Mutation Research* **403**, 249-258.

- SUINAGA, F.A., PICANÇO, M.C., ZANUNCIO, J.C. & BASTOS, C.S. (1996) Seletividade fisiológica de inseticidas a *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. *Revista Árvore* **20**, 407-414.
- TURTURRO, A., HASS, B., HART, R.W. (2001) Does caloric restriction induce hormesis? *Nutrition* **17**, 78-82.
- THOMAS, D.B. (1992) *Taxonomic synopsis of the Asopinae Pentatomidae (Heteroptera) of the Western Hemisphere*. The Thomas Say Foundation 147p.
- VERBEKE, P. FONAGER, J., CLARK, B.F.C., RATTAN, S.I.S. (2001) Heat shock response and ageing: mechanisms and applications. *Cell Biology International* **25**, 845-857.
- YASHIN, A., CYPSEK, J.R., JOHNSON, T.E., MICHALSKI, A.I., BOYKO, S.I., NOVOSELTSEV, V.N. (2001) Ageing and survival after different doses of heat shock: the results of analysis of data from stress experiments with the nematode worm *Caenorhabditis elegans*. *Mechanisms of Ageing and Development* **122**, 1477-1495
- YU, S.J. (1988) Selectivity of insecticides to the spined soldier bug (Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. *Journal of Economic Entomology* **81**, 119-122.
- ZANUNCIO, T.V. (2001) Efeito de doses subletais de permetrina no predador *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) 94 pp. *DS thesis*, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.
- ZANUNCIO, J.C., ALVES, J.B., SARTÓRIO, R.C. & LEITE, J.E.M. (1992) Métodos para criação de hemípteros predadores de lagartas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **21**, 245-251.
- ZANUNCIO, J.C., GUEDES, R.N.C., GARCIA, J.F. & RODRIGUES, L.A. (1993) Impact of two formulations of deltamethrin in aerial application against caterpillars and their predaceous bugs. *Medelin van de Faculteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent* **58**, 477-481.
- ZANUNCIO, J.C., ALVES, J.B., ZANUNCIO, T.V. & GARCIA, J.F. (1994) Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. *Forest Ecology and Management* **65**, 65-73.

ZANUNCIO, J.C., BATALHA, V.C., GUEDES, R.N.C. & PICANÇO, M.C.
(1998) Insecticide selectivity to *Supputius cincticeps* (Stål, 1860)
(Heteroptera: Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda*
(Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology* **122**, 457-460.

**Hormese no Predador *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae)
Induzido pelo Inseticida Permetrina**

RESUMO

Os organismos são permanentemente desafiados a enfrentarem estressores exógenos e endógenos que alteram sua fisiologia, e a habilidade para manejar esses estressores pode gerar profundos efeitos sobre o organismo. Em várias classes de indivíduos, os efeitos de estressores sobre as variáveis reprodutivas e a longevidade são complexos e envolvem sistemas endócrinos e imunológicos. Certos tipos de estressores benignos podem alterar o ciclo de vida, estimular a reprodução e reduzir o risco de doenças. Percevejos predadores são importantes inimigos naturais de muitas espécies de insetos e estão expostos a xenobióticos usados em agroecossistemas. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito de cinco doses subletais de permetrina em grau técnico aplicadas topicamente em ninfas de terceiro estágio desse predador sobre parâmetros biológicos de *Podisus distinctus* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). A duração dos terceiro e quarto estágios foi menor com 0,131 e 1,315 ppb de permetrina, respectivamente. A sobrevivência de *P. distinctus*, submetido às doses de 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina, foi semelhante ao controle no terceiro estágio, mas nos quarto e quinto, a sobrevivência desse predador foi maior no controle e nas demais doses. Nessas doses, as ninfas de *P. distinctus* apresentaram maior peso e menor duração ninfal. Considerando que foram observados efeitos estimulatórios em parâmetros reprodutivos, com resposta bifásica na reprodução de *P. distinctus*, o fenômeno de hormese foi evidenciado e discutido.

Palavras-chave: xenobiótico, percevejo predador, efeito subletal, estresse, hormese.

Hormesis on the Predator *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae) Induced by Sublethal Doses of Permethrin

ABSTRACT

The organisms are challenged by stressors exogenous and endogenous during their life which alter its physiology, and the ability for lead with these stressors can generate deep effects on organism. The effects of the stressors about the reproductive and longevity parameters in various classes of individuals are complex and involve endocrine and immunologic systems. Certain types of benign stressors can increase the life span, stimulate the reproduction and reduce the risk of diseases. Predatory bugs are important natural enemies of many species of insects, and they are exposed the xenobiotics used in the pest control. The objective of this study was to evaluate the effects of permethrin sublethal doses on biological parameters in *Podisus distinctus* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). The doses were topically applied on the third stadium nymphs of this predator. The duration of the third and fourth stadiums submitted to the doses of 0.131 and 1.315 ppb permethrin was reduced. The survival in the third stadium nymphs of *P. distinctus* was similar to the doses 0.131, 1.315 and 13.15 permetrina when compared to control. However, the fourth and fifth nymphs instars showed higher values of survival than in the control to the other doses. In the other doses, the nymphs of *P. distinctus* presented higher eight and lower duration of the ninphal phase. In as much as stimulatory effects were observed on reproductive parameters, with biphasic response on reproduction of *P. distinctus*, the hormesis phenomena was evidenced and discussed.

Key-words: xenobiotic, predatory bugs, sublethal effects, stresses, hormesis.

INTRODUÇÃO

O controle químico de pragas pode causar problemas severos na produção agrícola mundial, incluindo o desenvolvimento de resistência a inseticidas, ressurgência de insetos e ácaros pragas, erupções de pragas secundárias, eliminação de inimigos naturais e resíduos de praguicidas em alimentos (Morse, 1998).

Um dos desafios enfrentados por ecotoxicologistas é calcular com precisão o efeito total de um xenobiótico em populações de organismos, pois estes freqüentemente podem causar efeitos letais e subletais em organismos não alvo. Por outro lado, Calabrese & Baldwin (2000) demonstraram que baixas doses de venenos podem estimular a performance de organismos, incluindo efeitos na taxa de crescimento, número de colônias e diferentes respostas fisiológicas de bactérias, fungos, invertebrados e plantas. Alguns efeitos subletais de inseticidas foram estudados em insetos por Moriarty (1969), Croft & Strickler (1983), Haynes (1988) e Croft (1990), os quais observaram que estes organismos responderam de forma positiva quando expostos a esses agentes estressantes. Esses efeitos estão de acordo com as hipóteses de hormoligose e/ou de hormese. Hormoligose (do grego *hormo* = excita e *oligo* = pequena quantidade) é o termo aplicado ao fenômeno no qual pequenas quantidades de agentes estressores podem ser úteis a um organismo que esteja em condições ambientais subótimas (Townsend & Luckey, 1960; Luckey, 1968; Morse, 1998). Hormese (do grego “*hormaein*” que significa “excitar”) é definida como um comportamento bifásico, no qual uma resposta do organismo é estimulada por baixas doses de um composto, mas inibida por altas doses desse mesmo composto (Calabrese & Baldwin, 2001; Turturro *et al.*, 2001).

Espécies do gênero *Podisus* são predadores generalistas que se destacam por atacarem pragas de importância econômica, principalmente das ordens Lepidoptera, Coleoptera e Hymenoptera (McPherson, 1980, 1982). Os predadores *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Podisus distinctus* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) são freqüentemente usados em programas de

manejo integrado de pragas em florestas homogêneas de eucalipto no Brasil (Thomas, 1992; Zanuncio *et al.*, 1992, 1993, 1994). Por isto, estudos sobre a biologia reprodutiva, habilidade predatória e susceptibilidade a compostos químicos utilizados no manejo integrado de pragas devem ser realizados, pois o efeito subletal desses compostos pode afetar o sucesso do controle biológico (Stapel *et al.*, 2000). Por isto, estudou-se o impacto da aplicação tópica de cinco doses subletais de permetrina sobre a biologia de *P. distinctus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados insetos de uma criação de *P. distinctus* mantida no Laboratório de Controle Biológico, do Insetário da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, desde 1996. O ensaio foi desenvolvido no laboratório de Controle Biológico do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da UFV em sala climatizada com temperatura de 25 ± 1 °C, fotofase de 12 horas e umidade relativa de 75 ± 5 %. Ovos de *P. distinctus* foram acondicionados em dez placas de Petri (9,0 x 1,2 cm), com cem ovos por placa, até a eclosão. A partir do início do segundo estágio, as ninfas desse predador passaram a ser alimentadas com pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Jusselino-Filho *et al.* 2001).

Foram separadas 540 ninfas de mesma idade de segundo estágio de *P. distinctus*, agrupadas em grupos de dez ninfas por placa de Petri e alimentadas com pupas de *T. molitor*. Um dia após a passagem para o terceiro estágio, essas ninfas foram individualizadas e transferidas para copos plásticos transparentes (50 mL), cujas tampas continham um tubo cilíndrico de 2,5 mL para fornecimento de água, aos percevejos (Mukerji & LeRoux, 1965; Zanuncio *et al.*, 1994).

O inseticida permetrina em grau técnico foi dissolvido em acetona, até se obterem as concentrações de 10^{-2} mg/mL a 10^{-6} mg/mL. A seguir, foram aplicadas as doses de 0,131 ppb; 1,315 ppb; 13,15 ppb; 131,5 ppb e 1315 ppb

de permetrina por ninfa de *P. distinctus*. O controle consistiu da aplicação tópica de acetona. Em cada uma das doses de inseticida, aplicou-se, com uma microseringa 1 μ L sobre o escutelo de cada ninfa de *P. distinctus*. O desenvolvimento das ninfas e de adultos, desse predador, foi acompanhado diariamente. Na fase ninfal, registrou-se a mortalidade, peso e duração das ninfas. Os adultos foram acasalados três dias após a emergência, com um casal por copo plástico transparente de 500 mL, que passaram a receber água e pupas de *T. molitor*. Na fase adulta, foi registrada a mortalidade, peso após 24 horas de emergência, período de pré-oviposição, número de posturas e a longevidade desse predador. As posturas foram coletadas diariamente e colocadas em placas de Petri, com um chumaço de algodão umedecido em água destilada, das quais foram observados os períodos de incubação, viabilidade dos ovos e número de ovos por postura.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições, sendo cada uma constituída por 30 ninfas de *P. distinctus*, em cinco tratamentos, totalizando 90 ninfas/tratamento, além do controle. Foi feita análise de regressão, e escolheu-se o modelo que melhor explicasse a relação entre as variáveis. Para isso usou-se o procedimento PROC REG do SAS (SAS Institute, 1997).

RESULTADOS

A duração dos terceiro e quarto estádios foi menor nas doses de 0,131; 1,315 e 13,15 ppb, que no controle e maior na dose de 1315 ppb (Figura 1). A duração do quinto estádio foi menor na dose mais fraca (0,131 ppb) que no controle, enquanto nas demais esse valor foi maior que no controle, e aumentou, proporcionalmente, com a quantidade de ingrediente ativo do inseticida. O padrão de resposta dos terceiro e quarto estádios foi responsável pela redução da fase ninfal desse predador (Figura 1 e Tabela 1).

A análise de regressão mostrou modelos significativos para a sobrevivência de *P. distinctus*, com tendência de aumento da duração dos

terceiro, quarto e quinto estádios nas doses de 0,131; 1,315 e 13,15 ppb em relação ao controle, e menor nas de 131,5 e 1315 ppb de permetrina (Figuras 2A, 2B, 2C).

Ninfas de *P. distinctus* foram mais pesadas nas doses de 0,131, 1,315 e 13,15 nos terceiro, quarto e quinto estádios que no controle e nas doses mais elevadas de permetrina (Figuras 2D, 2E, 2F).

Adultos de *P. distinctus* foram mais pesados nas doses de 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina que ao controle. Além disso, os períodos de oviposição ($F = 11,95$, $p < 0,05$), números de ovos por fêmea ($F = 7,25$, $p < 0,05$), números de posturas por fêmea ($F = 4,46$, $p < 0,05$), e de ninfas por fêmea ($F = 9,31$, $p < 0,05$) foram maiores nas doses de 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina que no controle (Figuras 3B-3E). No entanto, o período de pré-oviposição aumentou, proporcionalmente, com a dose do inseticida, com maior duração na dose mais alta (1315 ppb) ($F = 31,58$, $p < 0,01$) (Figura 3A). A longevidade de adultos de *P. distinctus*, de ambos os sexos, foi maior nas doses de 0,131 e 1315 ppb de permetrina que no controle (Figura 3F e 3G) e a sobrevivência diminuiu com o aumento da dose desse inseticida (Figura 3H).

DISCUSSÃO

As doses de 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina reduziram a duração da fase ninfal e aumentaram o peso e a sobrevivência de ninfas, além dos números de ovos e de ninfas por fêmea de *P. distinctus*, evidenciando o fenômeno de hormese. Redução da fase ninfal de insetos e ácaros tem sido relatada quando expostos a doses subletais de inseticidas (Morse, 1998). Além disso, doses subletais de agentes causadores de estresse podem aumentar a reprodução e/ou longevidade de muitos organismos (Forbes, 2000), a exemplo do observado para o peso e sobrevivência de *P. distinctus*.

O modelo encontrado foi significativo para a sobrevivência no terceiro estádio, mas a sobrevivência nas doses de 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina foi semelhante à do controle, o que pode ser devido ao fato do

agente estressor ter sido aplicado nesse estágio. No entanto, a sobrevivência durante os quarto e quinto estágios foi maior, nessas doses que no controle e nas demais doses. A sobrevivência de adultos de *P. distinctus* mostrou relação negativa com o aumento da dose de permetrina, demonstrando uma possível alocação de energia para a reprodução em detrimento da sobrevivência. Entretanto, o peso de ninfas aumentou a partir do terceiro estágio, o que confirma efeito hormético, como relatado para outros organismos expostos a baixos níveis de agentes xenobióticos (Calabrese & Baldwin, 1998; Calabrese, 1999; Dini, 1999). O efeito hormético para o peso é importante, pois fêmeas de percevejos predadores mais pesadas produzem maior número de posturas, de ovos e de descendentes, que aquelas mais leves, o que é importante para programas de manejo de pragas (Evans, 1982; Zanuncio *et al.*, 1996/1997, 2001).

Baixas doses de um agente estressor podem estimular a performance do organismo e facilitar sua adaptação ao ambiente (Luckey, 1968). No entanto, quando esse efeito ocorre em mais de um parâmetro biológico, como reprodução e sobrevivência, a energia necessária para o organismo adaptar-se a essa condição de estresse precisa ser distribuída de maneira otimizada pelo organismo e se a mesma for limitada, isto pode levar a trocas energéticas entre processos fisiológicos. Isto ocorre porque a energia utilizada em determinado processo biológico, como reprodução implica na redução da energia destinada a outros processos, como a sobrevivência (Calow & Sibly, 1990).

Trocas na alocação de fontes energéticas entre processos fisiológicos, ocorre na hormese. O aumento na taxa reprodutiva de um organismo é, normalmente, contraposto pela redução na alocação de energia destinada à sobrevivência, fenômeno conhecido como Princípio de Alocação (Sibly & Calow, 1986). Entretanto, o incremento de um parâmetro, sem prejuízo de outro, pode acontecer (Forbes, 2000), como constatado para sobrevivência e peso de ninfas de *P. distinctus*.

Padrão semelhante de efeito hormético foi evidenciado com o aumento da sobrevivência e da expectativa de vida de nematóides (Butov *et al.*, 2001).

A provável conexão entre estresse oxidativo e processo de envelhecimento ou longevidade, a partir da hipótese de que intervenções que aumentam a resistência para estresse, aumentam também o potencial a longevidade, foi mostrada para o nematóide *Caenorhabditis elegans* (Johnson *et al.*, 2001). Isso indica que estresses exógenos são, de algum modo, substituídos por estresses endógenos. Com isto, a contribuição para a resistência a um estressor exógeno é substituída pela resistência do estresse endógeno, que em geral resulta em padrões metabólicos endógenos variados (Finkel & Holbrook, 2000; Johnson *et al.*, 2001).

O período de pré-oviposição de *P. distinctus* aumentou com a dose de permetrina, sendo de 4,5 dias e de 9,3 dias, nas doses de 0,1315 e 1315 ppb. Nessa última dose, fêmeas de *P. distinctus* podem ter reduzido o consumo de energia destinada à reprodução e prolongado o período de pré-oviposição, até que as condições ambientais se tornem mais adequadas. Isto demonstra, mais uma vez, a ocorrência do princípio de alocação de recurso entre processos fisiológicos diferentes (Forbes, 2000). Outra possibilidade para explicar esse fato, seria a ação deletéria do inseticida no aparelho reprodutor, mais especificamente, nos ovários (Antunes *et al.*, 2001). Por isto, sugere-se o desenvolvimento de estudos morfológicos das estruturas reprodutivas de percevejos predadores. Isto é importante, pois fêmeas com maior período de pré-oviposição apresentaram menores pesos e sobrevivência, e maior duração da fase imatura, submetidas as doses 131,5 e 1315 ppb de permetrina. Padrão semelhante de comportamento para a duração do período de pré-oviposição foi relatado para fêmeas de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) (Zanuncio, 2001). Isto foi, também, semelhante ao relatado para *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) que apresentou maior período de pré-oviposição (11,3 dias), quando submetido ao inseticida piretróide deltametrina que no controle (7,6 dias) (Mohaghegh *et al.*, 2000).

O número de ovos por postura de *P. distinctus* foi semelhante na maioria das doses de permetrina que no controle, exceto para a dose de 1315 ppb, que apresentou menor valor. Indivíduos expostos a essa dose podem ter

alocado a energia para outro componente como a longevidade, pois as fêmeas sobreviventes, nessa dose, apresentaram maior longevidade. Isto pode estar relacionado ao princípio de alocação de recurso e representar uma compensação para a desestabilização na homeostase (Callow & Sibly, 1990; Forbes, 2000; Calabrese & Baldwin, 2001).

Indivíduos de *P. nigripinus* que sobreviveram a aplicações de inseticidas não apresentaram efeito deletério ao longo do tempo (Yokoyama & Pritchard, 1984). Esses autores registraram que a mortalidade, fecundidade e viabilidade dos ovos de *Geocoris pallens* Stål (Heteroptera: Lygaeidae) não foram afetadas por exposições agudas de inseticidas. De forma semelhante, *Geocoris puncticeps* Say (Heteroptera: Lygaeidae) produziram maior número de ovos férteis quando exposto aos herbicidas acifluorfen e bentazon (Farlow & Pitre, 1983). Fêmeas originadas de ninfas de quinto estágio de *P. maculiventris*, tiveram a longevidade e a oviposição afetados por doses subletais de diflubenzurom e piriproxifem (De Clercq *et al.*, 1995). A fecundidade de tripes quando submetido a doses intermediárias de quatro inseticidas aumentou (Morse & Zareh, 1991) e o número de ovos de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) foi maior quando exposto a baixas concentrações do organofosforado azinfos-metil, o que mostra efeito hormético nessa espécie (Abivardi *et al.*, 1998).

Reis & Teodoro (2000) mostraram que a aplicação tópica e residual de oxicloreto de cobre não causou mortalidade do ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis* McGregor (Acari: Tetranychidae). No entanto, o número de ovos desse ácaro aumentou com o aumento das doses estudadas, o que pode explicar o aumento populacional do ácaro-vermelho-do-cafeeiro, após aplicação de cobre em lavouras cafeeiras. De qualquer forma, é importante ressaltar que o aumento populacional de uma espécie pode ser devido a fatores exógenos (clima, ausência de inimigos naturais, etc.) e endógenos (potencial biótico), além do efeito hormético.

A ação de piretróides e sua seletividade para percevejos predadores, foram demonstradas por diversos autores (Guedes *et al.*, 1992; Zanuncio *et al.*,

1992a, 1992b, 1993, Batalha *et al.*, 1995, Picanço *et al.*, 1996; Suinaga *et al.*, 1996; Batalha *et al.*, 1997; Picanço *et al.*, 1997; Zanuncio *et al.*, 1998). A permetrina é seletiva para o percevejo *P. maculiventris* com taxa de mortalidade de 13% atribuída à pequena taxa de penetração desse inseticida na cutícula do inseto e à maior taxa de metabolização desse xenobiótico pelo inseto (Yu, 1987, 1988). Além disso, a baixa absorção desse inseticida por percevejos predadores pode desencadear o fenômeno de hormese sob condição de campo, a exemplo do evidenciado em laboratório, o que é desejável para integração do controle biológico com o controle químico.

O fenômeno de hormese depende da heterogeneidade e do tamanho da população estudada, sendo mais facilmente detectada em populações mais homogêneas (Michalski & Yashin, 2002). A população estudada possibilitou a detecção do fenômeno, que por ser mantida em laboratório pode ser considerada homogênea. Baixas doses do inseticida permetrina aumentaram o peso e a sobrevivência de ninfas e a reprodução de adultos, além de reduzir a duração da fase ninfal de *P. distinctus*, evidenciando a ocorrência do fenômeno de hormese. Por isto, esse inseticida pode ser empregado em doses subletais como agente estimulatório para essas características biológicas do predador, em programas de manejo integrado de pragas. Entretanto, é importante ressaltar que estudos adicionais devem ser feitos para se avaliar o que pode ocorrer com os descendentes e o efeito dessas doses em gerações contínuas desse predador.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à agência de fomento PICDT/UFPB/CAPES. À Syngenta Pro. Cul. Ltda (Holambra, SP), pelo fornecimento do inseticida permetrina, ao Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

LITERATURA CITADA

- ABIVARDI, C., WEBER, C.D. & DORN, S. (1998) Effects of azinphos-methyl and pyrifenoxy on reproductive performance of *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) at recommended rates and lower concentrations. *Annals of Applied Biology* **132**, 19-33.
- ANTUNES, E.C., GUEDES, R.N.C., DELLA LUCIA, T.M.C. & SERRÃO, J.E. (2001) Sub-lethal effects of abamectin suppressing colonies of the leaf-cutting ant *Acromyrmex subterraneus subterraneus*. *Pesticide Management Science* **50**, 1059-1064.
- BATALHA, V.C., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & SEDIYAMA, C.S. (1995) Seletividade de inseticidas aos predadores *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) e *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) e à sua presa Lepidoptera. *Revista Árvore* **19**, 382-395.
- BATALHA, V.C., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & GUEDES, R.N.C. (1997) Selectivity of insecticides to *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ceiba* **38**, 19-22.
- BUTOV, A., JOHNSON, T., CYPSEK, J., SANNIKOV, I. VOLKOV, M., SEHL, M. & YASHIN, A. (2001) Hormesis and debilitation effects in stress experiments using the nematode worm *Caenorhabditis elegans*: the model of balance between cell damage and HSP levels. *Experimental Gerontology* **37**, 57-66.
- CALABRESE, E.J. (1999) Evidence that hormesis represents an “overcompensation” response to a disruption in homeostasis. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **42**, 135-137.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (1998) Hormesis as a biological hypothesis. *Environmental and Health Perspectives*. **106**, 357-362.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (2000) The marginalization of hormesis. *Human and Experimental Toxicology* **19**, 32.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (2001) Hormesis: U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. *Trends in Pharmacological Science* **22**, 285-291.
- CALOW, P. & SIBLY, R.M. (1990) A physiological basis of population processes: ecotoxicological implications. *Functional Ecology* **4**, 283-288.

- CROFT, B.A. (1990) Arthropod biological control agents and pesticides. John Wiley & Sons, *New York*.
- CROFT, B.A. & STRICKLER, K. (1983) Natural enemy resistance to pesticides documentation, characterization, theory and application, in *Pest Resistance to Pesticides* (GEORHIOU, G.P. & SATO, T., Eds.) Plenum, New York, pp 669-702.
- DE CLERCQ, P., TIRRY, L., VINÑELA, E. & DEGHEELE, D. (1995) Toxicity of diflubenzuron and pyriproxyfen to the predatory bug *Podisus maculiventis*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **74**, 17-22.
- DINI, J.W. (1999) Hormesis: A little bit is good – too much is bad. *Planting and Surface Finishing* 114-116.
- EVANS, E.W. (1982) Consequences of body size for fecundity in the predatory stinkbug, *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* **75**, 418-420.
- FARLOW, R.A. & PITRE, H.N. (1983) Bioactivity of the post emergent herbicides acifluorfen and bentazon on *Geocoris punctipes* (Say) (Hemiptera: Lygaeidae). *Journal of Economic Entomology* **76**, 200-203.
- FINKEL, T. & HOLBROOK, J. (2000) Oxidants, oxidative stress and the biology of aging. *Nature*. **408**, 239-247.
- FORBES, V.E. (2000) Is hormesis an evolutionary expectation? *Functional Ecology* **14**, 12-24.
- GUEDES, R.N.C.; LIMA, J.O.G. & ZANUNCIO, J.C. (1992) Seletividade dos inseticidas, deltametrina, fenvalerato e fenitrotiom para *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **21**:339-346.
- HAYNES, K.F. (1988) Sublethal effects of neurotoxic substances on the behavioral responses of insects. *Annual Review of Entomology* **33**: 149-168.
- JOHNSON, T.E., CASTRO, E., CASTRO, S.H., CYPSEY, J., HENDERSON, S. & TEDESCO, P. (2001) Relationship between increased longevity and stress resistance as assessed through gerontogene mutations in *Caenorhabditis elegans*. *Experimental Gerontology* **36**, 1609-1617.

- JUSSELINO-FILHO, P.; ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C. & FRAGOSO, D.B. (2001) Desarrollo y reproducción del depredador *Brontocoris tabidus* (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista Colombiana de Entomologia* **27**, 45-48.
- LUCKEY, T.D. (1968) Inseticide hormoligosis. *Journal of Economic Entomology* **61**, 7-12.
- MCPHERSON, J.E. (1980) A list of the prey species of *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Great Lakes Entomology* **25**, 17-24.
- MCPHERSON, J.E. (1982) *The pentatomoidea (Hemiptera) of northeastern North America*. South Illinois University Press, Carbondale and Edwardsville, Illinois, 240p.
- MICHALSKI, A.I. & YASHIN, A.I. (2002) Detection of hormesis effect in longevity: simulation approach for heterogeneous population. *Mathematical Bioscience* **175**, 57-66.
- 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.
- MORIATY, F. (1969) The sublethal effects of synthetic insecticides on insects. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* **44**, 321-357.
- MORSE, J.G. (1998) Agricultural implications of pesticide-induced hormesis of insects and mites. *Human and Experimental Toxicology* **17**, 266-269.
- MORSE, J.G. & ZAREH, N. (1991) Pesticide-induced hormoligosis of citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae) fecundity. *Journal of Economic Entomology* **84**, 1169-1174.
- MUKERJI, M.K. & LEROUX, E.J. (1965) Laboratory rearing of a Quebec strain of the pentatomid predator, *Podisus maculiventris* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae). *Phytoprotection* **46**, 40-60.
- PICANÇO, M.C., GUEDES, R.N.C., BATALHA, V. & CAMPOS, R.P. (1996) Toxicity of insecticides to *Dione juno juno* (Lepidoptera: Heliconidae) and selectivity to two of its predaceous bugs. *Tropical Science*. **36**, 51-53.

- PICANÇO, M.C., RIBEIRO, L.J., LEITE, G.L.D. & ZANUNCIO, J.C. (1997) Seletividade dos inseticidas a *Podisus nigrispinus* predador de *Ascia monuste orseis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **32**, 369-372.
- REIS, P.R. & TEODORO, A.V. (2000) Efeito de oxiclureto de cobre na reprodução do ácaro-vermelho-do-cafeeiro, *Oligonychus ilicis* (Mcgregor, 1917). *Ciência Agrotécnica* **24**, 347-352.
- SAS INSTITUTE, SAS. (1997) *User's guide: statistics*. Version G.12. SAS Institute Cary, NC, USA.
- SIBLY, R.M. & CALOW, P. (1986) *Physiological ecology of animals - an evolutionary approach*. Blackwell, Scientific Publications, Oxford.
- STAPEL, J. O., CORTESERO, A. M., & LEWIS, W. J. (2000) Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: Altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Biological Control* **11**, 175-183.
- SUINAGA, F.A., PICANÇO, M.C., ZANUNCIO, J.C. & BASTOS, C.S. (1996) Seletividade fisiológica de inseticidas a *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. *Revista Árvore* **20**, 407-414.
- THOMAS, D.B. (1992) *Taxonomic synopsis of the Asopinae Pentatomidae (Heteroptera) of the Western Hemisphere*. The Thomas Say Foundation, 147p.
- TOWNSEND, J.F. & LUCKEY, T.D. (1960) Hormoligosis in pharmacology. *Jama-Journal of the American Medical Association* **173**, 44-48.
- TURTURRO, A., HASS, B., HART, R.W. (2001) Does caloric restriction induce hormesis? *Nutrition* **17**, 78-82.
- YOKOYAMA, V.Y. & PRITCHARD, J. (1984) Effect of pesticides on mortality, fecundity and egg viability of *Geocoris pallens* (Hemiptera: Lygaeidae). *Journal of Economic Entomology* **77**, 876-879.
- YU, S.J. (1987) Biochemical defense capacity in the spined bug (*Podisus maculiventris*) and its lepidopterous prey. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **28**, 216-223.
- YU, S.J. (1988) Selectivity of insecticides to the spined soldier bug (Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. *Journal of Economic Entomology* **81**, 119-122.

- ZANUNCIO, J.C., ALVES, J.B., SARTÓRIO, R.C. & LEITE, J.E.M. (1992a) Métodos para criação de hemípteros predadores de lagartas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **21**, 245-251.
- ZANUNCIO, J.C., GUEDES, R.N.C., CRUZ, A.P. & MOREIRA, A.M. (1992b) Eficiência do *Bacillus thuringiensis* e da deltametrina, em aplicação aérea, para o controle de *Thyrinteina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) em eucaliptal no Pará. *Acta Amazônica* **22**, 485-492.
- ZANUNCIO, J.C., GUEDES, R.N.C., GARCIA, J.F. & RODRIGUES, L.A. (1993) Impact of two formulations of deltamethrin in aerial application against caterpillars and their predaceous bugs. *Medelin van de Faculteit Landbouwwetenschappen Universteit Gent* **58**, 477-481.
- ZANUNCIO, J.C., ALVES, J.B., ZANUNCIO, T.V. & GARCIA, J.F. (1994) Hemipterous predators of eucalipt defoliator caterpillars. *Forest Ecology and Management* **65**, 65-73.
- ZANUNCIO J.C., SAAVEDRA, J.L.D., ZANUNCIO, T.V. & SANTOS, G.P. (1996/97) Incremento en el peso de ninfas y adultos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados con dos tipos de larva. *Revista de Biología Tropical* **44/45**, 241-245.
- ZANUNCIO, J.C., BATALHA, V.C., GUEDES, R.N.C. & PICANÇO, M.C. (1998) Insecticide selectivity to *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology* **122**, 457-460.
- ZANUNCIO, J.C., JUSSELINO-FILHO, P. & ZANUNCIO, T.V. (2001) Fecundidade de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae), de duas classes de tamanho, alimentado com *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Revista Nordestina de Biologia* **15**, 65-72.
- ZANUNCIO, T.V. (2001) *Efeito de doses subletais de permetrina no predador Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). pp 94. DS thesis, Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

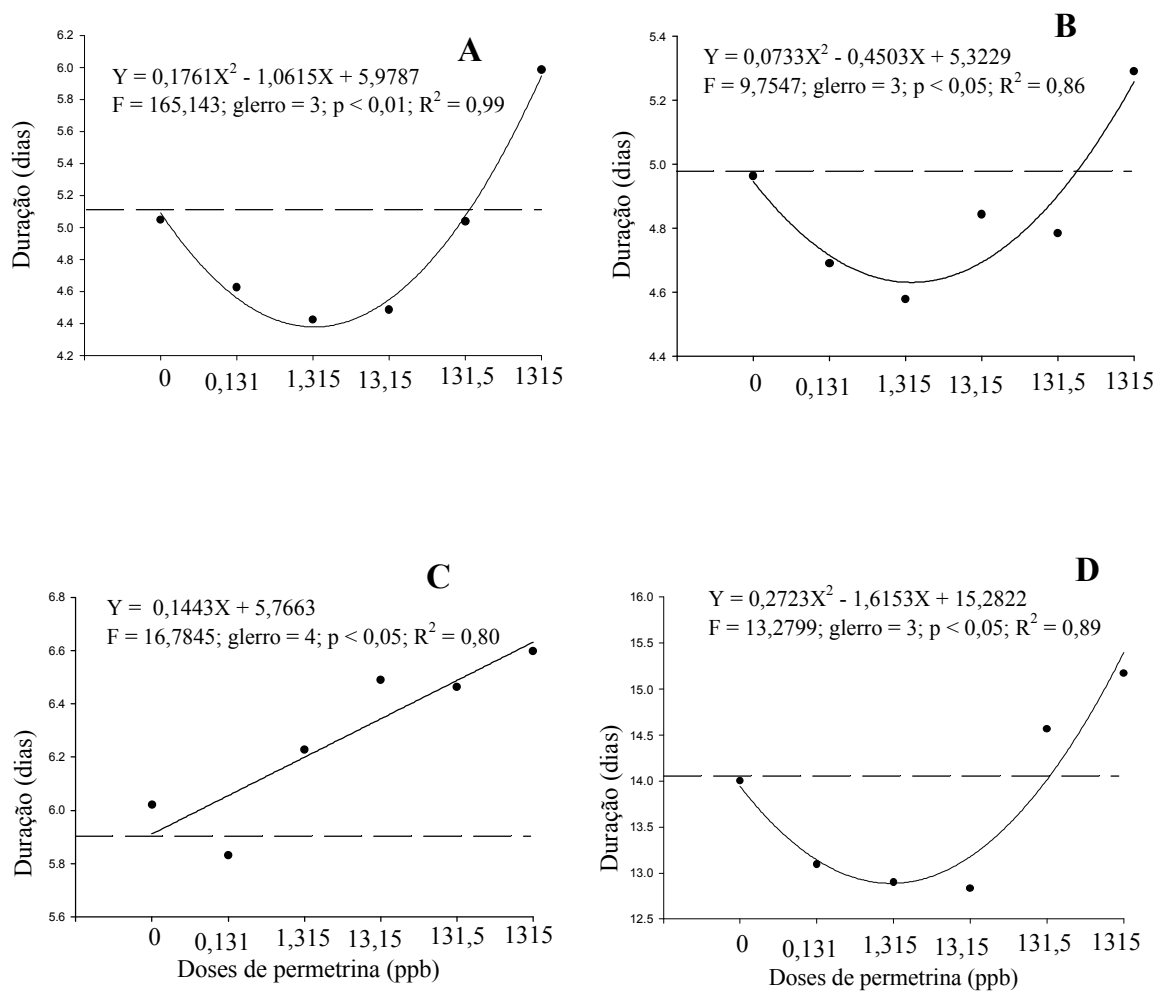


Figura 1. Duração dos terceiro (A), quarto (B) e quinto (C) estádios e da fase ninfal (D) de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae), submetido a aplicação tópica de doses subletais de permetrina e ao controle com acetona (0).

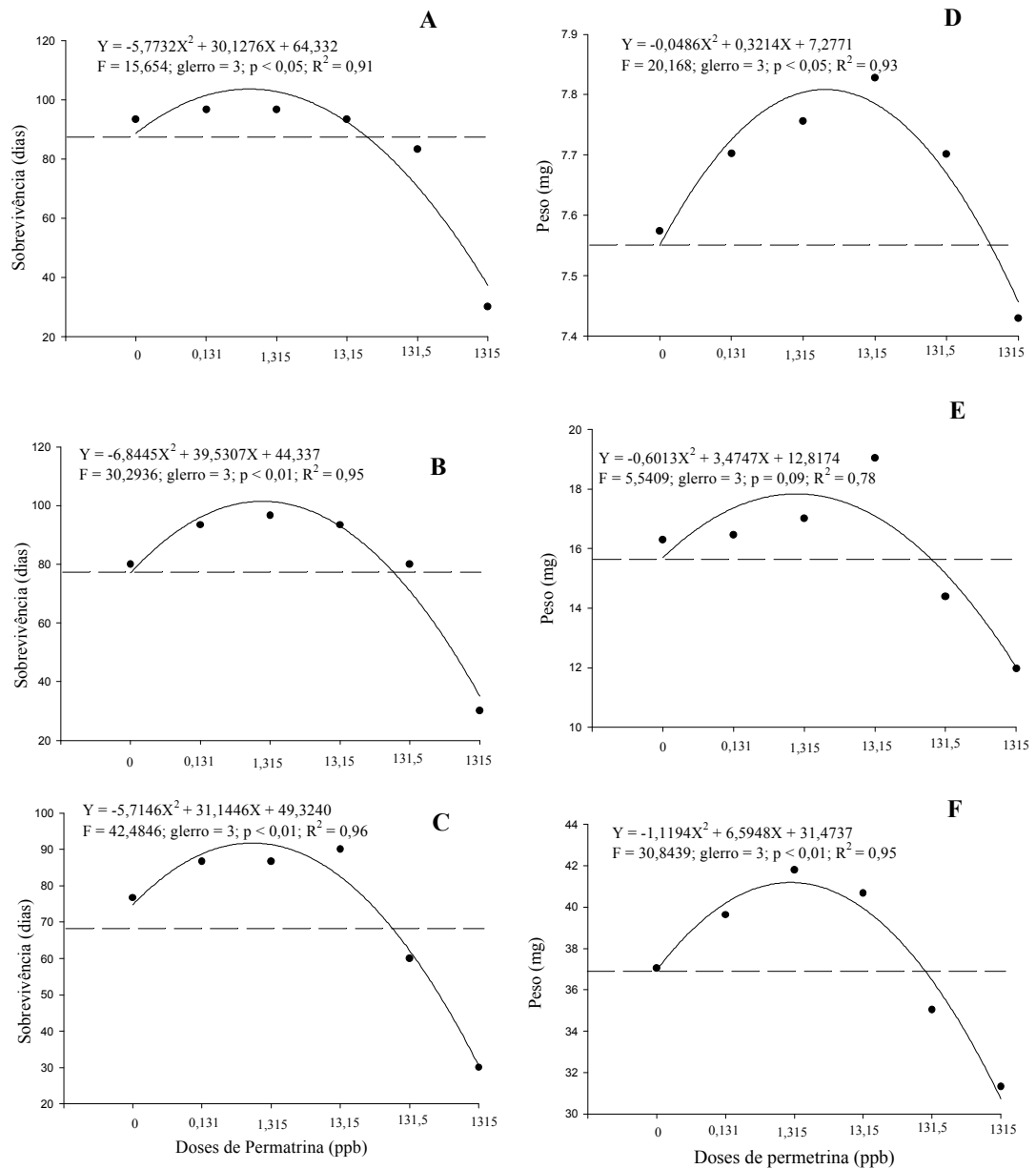


Figura 2. Sobrevivência nos terceiro (A), quarto (B) e quinto (C) estádios e peso nos terceiro (D), quarto (E) e quinto (F) estádios de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido à aplicação tópica de doses subletais de permetrina e ao controle com acetona (0).

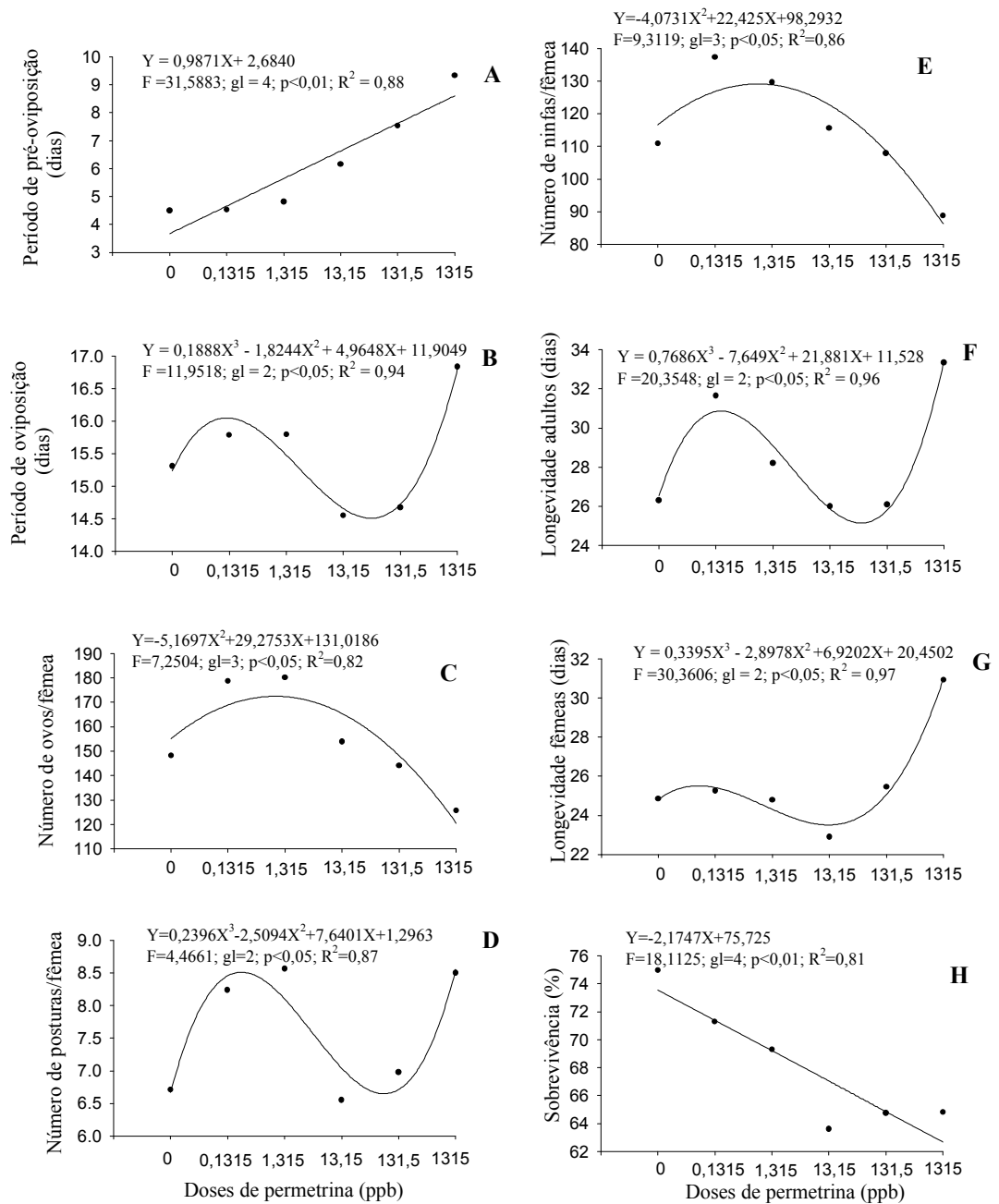


Figura 3. Duração dos períodos de pré-oviposição (A) e oviposição (B), do número de ovos por fêmea (C) e de posturas por fêmea (D), de ninfas por fêmea (E) longevidade de adultos (F) e de fêmeas (G), e sobrevivência de ninfas (H) de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae), submetido à aplicação tópica de doses subletais de permetrina 0,131 ppb; 1,315 ppb; 13,15 ppb; e ao controle com acetona (0).

Tabela 1. Média \pm erro padrão dos parâmetros reprodutivos e sobrevivência de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido à aplicação tópica de doses subletais de permetrina e do controle (0), a temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $75,0 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

Variáveis	Doses de Permetrina (ppb)					
	0,000	0,131	1,315	13,15	131,5	1315
Duração (3 ^o estágio) (dias)	5,05 \pm 0,09	4,63 \pm 0,03	4,42 \pm 0,05	4,49 \pm 0,02	5,04 \pm 0,05	5,98 \pm 0,01
Duração (4 ^o estágio) (dias)	4,96 \pm 0,02	4,69 \pm 0,10	4,58 \pm 0,21	4,84 \pm 0,14	4,78 \pm 0,08	5,29 \pm 0,26
Duração (5 ^o estágio) (dias)	6,02 \pm 0,17	5,83 \pm 0,05	6,23 \pm 0,15	6,49 \pm 0,13	6,46 \pm 0,07	6,60 \pm 0,60
Longevidade (adultos) (dias)	26,29 \pm 1,48	31,65 \pm 1,97	28,21 \pm 1,29	26,00 \pm 2,15	26,09 \pm 2,04	33,34 \pm 3,78
Longevidade (fêmeas) (dias)	24,83 \pm 2,03	25,25 \pm 2,10	24,78 \pm 2,59	21,89 \pm 0,44	25,44 \pm 0,84	30,92 \pm 1,56
Longevidade (machos) (dias)	28,16 \pm 1,08	39,07 \pm 2,53	28,84 \pm 1,81	30,43 \pm 4,01	26,46 \pm 4,31	37,49 \pm 7,08
Período de pré-oviposição (dias)	4,49 \pm 0,42	4,52 \pm 0,25	4,81 \pm 0,85	6,15 \pm 0,82	7,53 \pm 1,47	9,00 \pm 1,53
Período de oviposição (dias)	15,31 \pm 2,74	15,79 \pm 2,85	15,79 \pm 1,56	14,55 \pm 0,74	14,67 \pm 1,69	16,83 \pm 3,66
N ^o de ovos por postura	22,45 \pm 0,10	20,77 \pm 2,57	20,92 \pm 0,88	21,49 \pm 1,69	19,60 \pm 0,27	15,19 \pm 1,70
N ^o de posturas por fêmea	6,71 \pm 0,62	8,24 \pm 1,45	8,57 \pm 1,50	6,55 \pm 0,62	6,97 \pm 0,84	8,50 \pm 1,89
Sobrevivência de adultos (%)	74,97 \pm 2,29	71,28 \pm 1,27	69,29 \pm 3,36	58,75 \pm 3,41	64,75 \pm 4,56	65,59 \pm 8,49
N ^o de ovos por fêmea	148,13 \pm 18,58	178,57 \pm 31,74	180,11 \pm 31,69	153,84 \pm 20,53	144,13 \pm 13,09	125,67 \pm 30,67
N ^o de ninfas por fêmea	110,85 \pm 14,52	137,36 \pm 26,17	129,62 \pm 18,50	105,55 \pm 10,30	107,92 \pm 15,37	88,72 \pm 18,94

**Hormetic Effect of Permethrin Sublethal Doses on Life Table Parameters of
Podisus distinctus (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae)**

ABSTRACT

Hormetic responses have been reported on biological traits, such as survival, growth and reproduction of several species of organisms such as protozoa, bacteria, fungi, plants, invertebrates and vertebrates, including humans exposed to inorganic and organic chemicals. Thus, the objective of this study was to evaluate effects of low doses of the insecticide permethrin (0.131, 1.315, 13.15, 131.5 and 1,315 ppb), topically applied on third instar nymphs of *Podisus distinctus* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae), because this species is usually used in pest control programs where it can be exposed to insecticides. Total (TBR) and liquid (R_0) reproductive rates, duration of one generation (DG), period for the population of this predator to double in numbers (TD), infinitesimal rate (r_m), finite population increase (λ) and life expectancy for half of the population (ex_{50}) were obtained. R_0 (18.80 ± 0.57) and VR_x (38.87 eggs) were higher, while DG (51.37 days) was lower for *P. distinctus* at 0.131 ppb of permethrin. This indicates a higher rate of population increase of *P. distinctus* when exposed to this permethrin dose, what suggests hormetic effect on this predator.

Keywords: hormesis, permethrin, predatory stinkbugs, fertility life table.

INTRODUÇÃO

Dentre as táticas de controle de pragas, os compostos químicos são, em geral, a alternativa mais usada pela sua atuação imediata sobre as populações destes organismos. Entretanto, o largo espectro de ação de muitos inseticidas pode causar efeitos indesejáveis para insetos não alvos e ao meio ambiente (Corso *et al.*, 1999). Isto mostra que o uso de inseticidas deve ser evitado sempre que possível (Soares & Busoli, 2000).

O controle biológico de lagartas desfolhadoras de eucalipto com percevejos predadores representa uma ferramenta importante no manejo integrado dessas pragas (Zanuncio *et al.*, 1994), pois esses insetos apresentam alta capacidade reprodutiva e agressividade contra insetos-praga, incluindo larvas de Lepidoptera e Coleoptera (McPherson, 1982). Por isto, a ocorrência desses predadores em surtos de lagartas desfolhadoras de eucalipto e suas características foram relatados por diversos autores (Zanuncio *et al.*, 1992a,b, 1995).

O estudo de interações entre o controle biológico e químico permite conhecer as respostas fisiológicas de insetos expostos a inseticidas, a seletividade e formas de utilização desses compostos químicos, o que pode reduzir ou eliminar o impacto dos mesmos sobre inimigos naturais (Corso *et al.*, 1999).

A permetrina é um dos piretróides mais seletivos para insetos benéficos (Pree & Hagley, 1985; Yu, 1988) e eficientes contra lagartas desfolhadoras de eucalipto (Elliot *et al.*, 1978, Zanuncio *et al.*, 1992a, 1993). Estudos sobre a ação de outros piretróides, utilizados no controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto, e sua seletividade para percevejos predadores, usados em programas de controle biológico foram realizados por diversos autores (Guedes *et al.*, 1992; Zanuncio *et al.*, 1992a, 1993; Batalha *et al.*, 1995, De Clercq *et al.*, 1995; Picanço *et al.*, 1996; Suinaga *et al.*, 1996; Batalha *et al.*, 1997; Picanço *et al.*, 1997; Zanuncio *et al.*, 1998). No entanto, mesmo seletivos para artrópodes benéficos, os inseticidas podem, em doses subletais, alterar o

comportamento e a fisiologia de insetos benéficos e de pragas. Além disso, o impacto desses efeitos subletais sobre o sucesso do controle biológico pode ser tão deletério quanto sua mortalidade (Stapel *et al.*, 2000).

O controle químico pode causar problemas severos na produção agrícola mundial e favorecer o desenvolvimento de resistência a inseticidas, ressurgência de insetos pragas e ácaros, erupção de pragas secundárias, eliminação de inimigos naturais e ocorrência de resíduos de praguicidas em alimentos (Chang & Flapp, 1983; Morse, 1998), além de ativar hormese, considerado como segundo fator em importância para ressurgência e erupção de pragas (Morse, 1998). Várias classes de compostos químicos induzem hormese e os agentes mais estudados foram metais, álcoois, antibióticos e numerosos biocidas (Calabrese & Baldwin, 1998). Hormese pode ser definida como o estímulo sobre características biológicas, como sobrevivência, longevidade e reprodução de um organismo por pequenas exposições a agentes tóxicos (Calabrese, 1999; Forbes, 2000; Calabrese & Baldwin, 2001). Pode-se definir ainda hormese como um comportamento bifásico, no qual um parâmetro biológico é estimulado por baixas doses de um composto, mas inibido por altas doses do mesmo (Bukowski & Lewis, 2000; Turturro *et al.*, 2001). Assim, hormese resulta da quebra na homeostase por qualquer agente estressor e sua ocorrência em insetos e ácaros tem mostrado efeito positivo na fecundidade, mudanças metabólicas (e.g. atividade enzimática), longevidade (Morse & Zareh, 1991; Ayyappath *et al.*, 1997; Abivardi *et al.*, 1998; Calabrese & Baldwin, 1998; Reis & Teodoro, 2000; Michalski & Yashin, 2002) e na sobrevivência ou redução da duração da fase jovem de organismos (Morse, 1998).

Hormese tem sido registrada em diferentes organismos incluindo plantas, bactérias, protozoários, fungos e mamíferos e, também, em humanos (Calabrese, 1999; Dini, 1999; Forbes, 2000; Gentile, 2000), mas raramente em inimigos naturais sob condições de campo. Entretanto, a detecção de hormese para inimigos naturais, principalmente em percevejos predadores de lagartas

desfolhadoras de eucalipto, pode ser importante na implementação do controle biológico por estes organismos benéficos.

Este trabalho teve como objetivo estudar a influência do efeito hormético de doses subletais de permetrina sobre os parâmetros de tabela de vida do predador *P. distinctus*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados insetos da criação de *P. distinctus* do laboratório de Controle Biológico, do Insetário da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais. O ensaio foi desenvolvido no laboratório de Controle Biológico do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO), da UFV em sala climatizada com temperatura de 25 ± 1 °C, fotofase de 12 horas e umidade relativa de 75 ± 5 %. Foram utilizadas placas de Petri (9,0 x 1,2 cm), uma microsseringa para aplicação do inseticida e copos plásticos transparentes (50 e 500 mL), tendo na tampa um orifício de 0,9 mm, onde inseriu-se um tubo cilíndrico de 2 mL, para oferecimento de água aos predadores. Ovos do percevejo predador *P. distinctus* foram acondicionados em dez placas de Petri, com cem ovos por placa, até a eclosão das ninfas. Esse predador foi alimentado com pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Jusselino-Filho *et al.* 2001).

Foram separadas 540 ninfas de mesma idade de segundo estágio de *P. distinctus*, em grupos de dez, por placa de Petri e alimentadas com pupas de *T. molitor*, trocadas a cada dois dias. Um dia após a passagem para o terceiro estágio, essas ninfas foram individualizadas e transferidas para copos plásticos transparentes (50 mL), cuja tampa continha um tubo tipo cilíndrico de 2,5 mL para o fornecimento de água aos percevejos (Mukerji & LeRoux, 1965; Zanuncio *et al.*, 1994).

O inseticida permetrina em grau técnico foi diluído em acetona, para obtenção das soluções estoque (100 mg i.a./mL), as quais foram diluídas em acetona na proporção de 1:10, até obter-se as concentrações de 10 mg i.a./mL,

1 mg i.a./mL, 10^{-1} mg i.a./mL, 10^{-2} mg i.a./mL, 10^{-3} mg i.a./mL, 10^{-4} mg i.a./mL, 10^{-5} mg i.a./mL e 10^{-6} mg i.a./mL. Foram utilizadas as concentrações de 10^{-2} mg i.a./mL a 10^{-6} mg i.a./mL. À seguir, foram aplicadas as doses de 0,131 ppb; 1,315 ppb; 13,15 ppb; 131,5 ppb e 1315 ppb de permetrina por ninfa de *P. distinctus*, sendo usada no controle acetona. Aplicou-se 1 μ L de cada uma dessas doses sobre o escutelo de cada inseto com uma microsseringa de acordo com o tratamento.

Adultos de *P. distinctus* foram sexados com base na sua genitália externa e acondicionados em copos plásticos transparentes (500 mL), com um casal por copo totalizando 30, 28, 33, 26, 20 e 26 casais nas doses de 0,131, 1,315, 13,15, 131,5, 1315 ppb e no controle, respectivamente. O alimento e a água foram fornecidos de forma semelhante às ninfas. Cada casal de *P. distinctus* foi observado diariamente, anotando-se a mortalidade, coletando-se as posturas e contando-se o número de ovos que foram acondicionadas em placas de Petri, contendo em seu interior um chumaço de algodão embebido em água destilada, para manutenção da umidade. Além dos números de posturas, de ovos e de ninfas, foram registrados os períodos de pré-oviposição, de postura e de incubação dos ovos; a viabilidade dos ovos e a longevidade das fêmeas de *P. distinctus*. Esses dados foram utilizados na construção das tabelas de vida de fertilidade e de esperança de vida, para esse predador.

As tabelas etárias foram elaboradas com uma geração de *P. distinctus*, formando a coorte a partir de ninfas eclodidas na mesma data; enquanto a viabilidade de seus ovos foi avaliada a partir das posturas dos descendentes. A fase adulta de *P. distinctus* foi dividida em classes de idade ($x = 7$ dias) para se obter a relação entre idade e fecundidade desse predador.

As tabelas de vida de fertilidade para *P. distinctus* foram elaboradas de acordo com: **a)** intervalo de idade (x); **b)** fertilidade específica (m_x) (número de fêmeas produzidas por fêmea sobrevivente no intervalo de idade x); **c)** taxa de sobrevivência (l_x) (taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao início da idade x); **d)** taxa bruta de reprodução (TBR) (número de fêmeas produzidas por uma única fêmea durante toda sua vida, não se levando em consideração a

sobrevivência das formas imaturas) obtida pelo $\sum m_x$ (Price, 1997); **e**) taxa líquida de reprodução (R_0) (número de descendentes fêmeas que darão origem a fêmeas no curso de uma geração) pela fórmula de Krebs (1994):

$$R_0 = \sum_{x=0}^y l_x m_x, \text{ em que } l_x \text{ é a proporção de indivíduos vivos no ponto médio do}$$

intervalo da idade x ; **f**) duração de uma geração (DG) (tempo decorrido desde o nascimento dos pais até o de seus descendentes), pela fórmula de Krebs (1994): $DG = \ln(R_0) / r_m$; **g**) O tempo necessário para a população do predador

dobrar em número de indivíduos (TD), calculado pela fórmula de Krebs (1994): $TD = \ln(2) / r_m$; **h**) razão infinitesimal de aumento populacional (r_m)

(taxa de aumento populacional por unidade de tempo), calculada com a

equação de Lotka (1907): $\sum_{x=0}^y \exp^{-R_x} l_x m_x = 1$, onde x é a classe de idade; y , a

classe de idade mais velha; m_x , o número de fêmeas produzidas por fêmea de idade x ; e l_x , proporção de indivíduos vivos no ponto médio do intervalo da

idade x ; **i**) razão finita de aumento populacional (λ) (número de fêmeas adicionadas à população por fêmea do predador por unidade de tempo) calculada pela fórmula de Krebs (1994): $\lambda = \text{anti log}(r_m \times 0,4343)$; **j**) valor de

reprodução (VR_x) representa a contribuição de uma fêmea de idade x para a futura população (Krebs, 1994), sendo calculada para cada classe de idade, por

$$VR_x = \sum_{t=x}^y (l_t / l_x) m_t, \text{ onde } x \text{ é a classe de idade base; } y, \text{ a classe de idade mais}$$

velha; t , qualquer classe de idade entre x e y ; e l_x , a proporção de indivíduos vivos no ponto médio do intervalo da idade x .

Foram elaboradas, também, as tabelas de esperança de vida para *P. distinctus*, com dados das doses subletais, para se obter a esperança de vida (e_x) dos indivíduos de uma ou mais gerações. Essas tabelas fornecem uma série de parâmetros que permitem sintetizar as características de mortalidade e esperança de vida por intervalo de idade ($x = 7$ dias). Esses parâmetros são obtidos para cada fase imatura e idade de fêmeas adultas: **a**) número de sobreviventes no começo da idade x (L_x); **b**) número de indivíduos mortos

durante a idade x (d_x): $d_x = L_x - L_{x+1}$, com base na sobrevivência da forma imatura de *P. distinctus*; **c**) taxa de sobrevivência durante a idade x (S_x): $S_x = 1 - q_x$; **d**) taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao começo da idade x (l_x): $l_x = L_x/L_{x-1}$; **e**) taxa de mortalidade para o intervalo de idade x (q_x): $q_x = d_x/L_x$; e **f**) esperança de vida para os indivíduos de idade x (e_x): $e_x = t_x/L_x$.

As informações obtidas foram interpretadas de acordo com Silveira-Neto *et al.* (1976); Southwood (1978); Rabinovich (1978); Moreira *et al.* (1995); Assis Junior *et al.* (1998, 1999) e Maia *et al.* (2000).

Os valores de sobrevivência (l_x), em função do tempo (x), foram plotados para as curvas de sobrevivência para se descrever a distribuição da mortalidade em função da idade desse predador (Southwood, 1978).

O delineamento experimental constou de seis tratamentos, incluindo o controle, tendo cada um, três grupos de 30 ninfas, totalizando 90 ninfas por dose de permetrina.

Foi feita análise de variância e, onde o valor de F foi significativo, regressão pesquisando-se o modelo que melhor explicasse a relação entre as variáveis estudadas.

As curvas de regressão da esperança de vida para *P. distinctus*, submetido a diferentes doses de permetrina, além da expectativa de vida média (e_{x50}) para metade da população desse predador, foram estimadas pela análise de “probit” (Finney, 1971), utilizando-se o PROC PROBIT do SAS (SAS Institute, 1997). Para verificar diferenças entre os parâmetros de tabela de vida entre as doses e o controle, utilizou-se o teste Dunnett a 5% de significância.

RESULTADOS

P. distinctus iniciou sua oviposição na classe de idade seis, para todas as doses subletais de permetrina (Tabela 1), com taxa bruta de reprodução (TBR) de 32,1; 57,5; 36,6; 37,1; 32,1 e 16,4 fêmeas/fêmea no controle e nas doses de 0,131; 1,315; 13,15; 131,5 e 1315 ppb, respectivamente (Tabela 2).

A taxa líquida de reprodução (R_0), que representa o número de descendentes fêmeas que darão origem à fêmeas reprodutivas no curso de uma geração variou de 15,0 fêmeas, no controle a 18,8, na dose de 0,131 ppb de permetrina, com o menor valor (1,8 fêmeas) na dose de 1315 ppb de permetrina (Tabela 2 e Figura 1).

A duração de uma geração (DG) para *P. distinctus* foi menor (48,2 dias) no controle e maior (56,1 dias) na dose de 1315 ppb de permetrina (Tabela 2), indicando ser possível obter-se até sete gerações de *P. distinctus* por ano. O tempo necessário para a população desse predador dobrar em número de indivíduos (TD), variou de 12,1 a 16,5 dias, nas doses de 0,131 e 131,5 ppb. Entretanto, o maior valor de TD foi de 63,0 na dose mais forte (1315 ppb) de permetrina (Tabela 1).

A razão infinitesimal de aumento populacional (r_m) foi de 0,06 na dose de 1315 e 0,131 ppb de permetrina e no controle, de 0,05 nas doses de 1,315 e 13,15 ppb de permetrina, e de 0,04 indivíduos por dia, na dose de 131,5 ppb de permetrina. O menor valor do r_m foi de 0,01 na dose mais alta (1315 ppb) com mortalidade maior que a natalidade (Tabela 2). A razão finita de aumento populacional (λ) foi de 1,06 no controle e na dose 0,131 ppb e de 1,05; 1,04; 1,04; 1,03 fêmeas/fêmea/dia, nas doses de 1,315; 13,15; 131,5; e 1315 ppb respectivamente, indicando a agregação de mais de um indivíduo por fêmea, de uma geração para outra ($\lambda > 1$) (Tabela 2).

Os valores máximos de reprodução (VR_x) foram registrados nas classes de idade seis para o controle (28,8), e nas doses de 0,131 ppb (38,8), 1,315 ppb (28,9), 13,15 ppb (24,8) e sete para as doses de 131,5 ppb (23,9) e 1315 ppb (11,2) (Tabela 1), as quais correspondem a fêmeas adultas de *P. distinctus* até

seis dias de idade. A maior produção de ovos desse predador ocorreu entre as classes de idade seis a nove em todas as doses de permetrina, com maior produção na classe de idade seis para a dose de 0,131 ppb de permetrina (38,8 ovos) e mais baixa na sete para a dose de 1315 ppb de permetrina (11,2 ovos) (Tabela 1).

As curvas de fertilidade mostraram que a fase reprodutiva de *P. distinctus* ocorreu da classe de idade seis a oito em todas as doses de permetrina, inclusive para o controle (Figura 2). A curva de fertilidade caiu após a classe de idade sete, exceto na dose de 13,15 ppb com queda na classe de idade oito e aumento nas classes 11 na dose de 1315 ppb de permetrina (Figura 2). A interseção da curva de fertilidade específica (m_x) e a de sobrevivência (l_x) ocorreu em torno da classe de idade seis (Figura 2), indicando maior tendência de aumento populacional de *P. distinctus* até esse ponto. As curvas de sobrevivência (l_x) apresentaram queda brusca até a classe de idade dois (14 dias), ou seja, nas idades juvenis (eclosão de ninfas e primeira muda), passando por um período estável (classe de idade dois a cinco) (Figura 2). A seguir, ocorreu novamente queda brusca da classe cinco para a seis (Figura 2). A partir da classe seis, os declínios nas curvas de sobrevivência foram contínuos até a última classe de idade para todas as doses, sendo cada vez maior com o aumento da idade do predador (Figura 2).

A tabela de esperança de vida mostrou que *P. distinctus* pode viver até as classes de idade 11 no controle e até 13, 12, 11, 11 e 14 nas doses de 0,131; 1,315; 13,15; 131,5 e 1315 ppb, respectivamente (Tabela 3). Na primeira classe de sete dias, a esperança de vida por indivíduo de *P. distinctus* foi de 5,2 dias no controle, e de 5,0; 5,1; 4,5; 4,4; e 3,8 dias nas doses aplicadas, com 26,0; 27,0; 30,3; 36,3; 34,8 e 34,8% de probabilidade de ocorrer a morte de todos indivíduos e, assim, até a última observação, quando a esperança de vida indicava 100% de probabilidade de ocorrer morte de todos os indivíduos de *P. distinctus* em todas as doses (Tabela 3). A esperança de vida (e_x) aumentou na classe de idade dois, com queda até a classe de idade cinco, e teve novo aumento até a classe de idade seis. A partir da classe de idade seis, ocorreu

queda contínua até próximo de zero, no controle e em todas as doses de permetrina (Figura 3).

A esperança de vida (e_x), em função da sobrevivência (l_x), nas doses de permetrina analisadas por “probit”, mostrou que a expectativa média de vida ($e_{x_{50}}$) para metade da população de *P. distinctus* foi de 26,8 (controle), 27,6 (0,131 ppb); 28,4 (1,315 ppb); 21,8 (13,15 ppb); 25,1 (131,5 ppb) e 31,8 dias (1315 ppb) (Tabela 4).

DISCUSSÃO

Os maiores valores da taxa bruta (TBR) e líquida (R_0) de reprodução e do valor máximo de reprodução (VR_x) e menor duração de uma geração (DG) (Tabela 2) constatado para *P. distinctus* na dose de 0,131 ppb de permetrina refletem maior crescimento populacional. Isto evidencia a ocorrência de hormese, a exemplo do relatado para outros autores (Calabrese, 1999; Calabrese & Baldwin, 1997a,b; Forbes, 2000; Calabrese & Baldwin, 2001).

A taxa líquida de reprodução (R_0), que representa o número de descendentes fêmeas que darão origem a fêmeas no curso de uma geração, determina se uma população está crescendo, estável ou diminuindo (Horn, 1988). Esse incremento populacional pode resultar de um efeito estimulatório à vitelogenese, depois da quebra na homeostase pelo agente estressor. Efeito hormético tem sido observado em características biológicas como crescimento, sobrevivência, longevidade, reprodução e numerosas respostas metabólicas e fisiológicas (e.g. síntese de DNA e RNA, mitose, consumo de oxigênio, regeneração de tecido, etc) (Stebbling, 1982).

A taxa líquida de reprodução (R_0) e a duração de uma geração (DG) indicam crescimento populacional entre gerações, pois os valores de R_0 foram maiores que 1. A duração de uma geração foi maior na dose mais forte (1315 ppb de permetrina) (Tabela 2). Isto sugere efeito hormético na longevidade, onde a energia disponível para o organismo pode ser usada para uma maior longevidade, até que condições do ambiente melhorem (Forbes, 2000;

Calabrese & Baldwin, 2001; Michalski & Yashin, 2002). É importante ressaltar que adultos de *P. distinctus*, expostos a essa dose, apresentaram menor peso, maior mortalidade e foram mais longevos. Na literatura, existem trabalhos que suportam o efeito hormético da restrição calórica na longevidade em humanos e dípteros (Finkel & Holbrook, 2000; Turturro *et al.*, 2001) e no nematóide *Caenorhabditis elegans* (Butov *et al.*, 2001).

Predadores com estratégias adaptativas, para situações de baixa densidade de presas, têm melhores chances de manter suas populações em campo, como percevejos Asopinae que, em ambientes com escassez de presas, promovem alocação de recursos entre reprodução e longevidade (De Clercq & Degheele, 1992).

A existência de permutas na alocação de recursos entre diferentes processos fisiológicos, como o aumento da longevidade pela diminuição da reprodução é conhecido como o Princípio de Alocação e serve de base para a hormese (Calow & Sibly, 1990). A resposta compensatória que ocorre após o início da resposta inibitória, representa uma resposta de supercompensação para a quebra da homeostase (Calabrese, 1999; Calabrese & Baldwin, 2001).

A capacidade reprodutiva de *P. distinctus*, representada pela taxa bruta de reprodução (TBR), apresentou valores maiores nas doses de 0,131; 1,315; 13,15 ppb, que no controle, indicando também resposta positiva do efeito hormético do agente estressor sobre o predador. Agentes de controle natural com maiores valores de reprodução (TBR e R_0) e menor DG são mais adequados para programas de manejo integrado de pragas, pois possuem maior número de geração e incremento populacional, o que é vantajoso para produção massal dos mesmos.

A razão finita de aumento populacional (λ) apresentou valores próximos ao do controle na maioria das doses de permetrina. Entretanto, Silveira-Neto *et al.* (1976) relataram que pequenas diferenças nesses valores provocam grandes variações no número total da população.

Alguns autores ressaltam que diferenças nesses parâmetros biológicos, mesmo em indivíduos de uma mesma espécie, (Zanuncio *et al.*, 2001), pode

dificultar a detecção de hormese em populações de alta ou baixa heterogeneidade (Michalski & Yashin, 2002). Segundo esses autores, a ocorrência de hormese é mais facilmente detectada em populações homogêneas geneticamente. O fato de terem sido encontradas diferenças significativas para a taxa bruta (TBR) e líquida (R_0) de reprodução, do valor máximo de reprodução (VR_x), da menor duração de uma geração (DG), da taxa líquida de crescimento (R_0), da duração de uma geração (DG) e da taxa intrínseca de crescimento (r_m), isto pode sugerir que a população de *P. distinctus* estudada apresenta baixa heterogeneidade genética, o que possibilitou a detecção de efeito hormético.

A tabela de vida de fertilidade mostrou a melhor idade para liberar as fêmeas de *P. distinctus* no campo, quando as mesmas atingem 42 dias de vida (classe de idade 6) para que a sua progênie controle a praga, pois nessa fase ocorre maior produção de descendentes. Isto concorda com De Bach & Hagen (1964), que relataram ser esta fase a mais adequada para liberações de predadores de forma inoculativa, onde o controle é realizado pelas progênies da população liberada. Essa idade foi a mesma para todas as doses estudadas, porém a produção de ovos foi maior na dose de 0,131 ppb de permetrina, evidenciando a influência do agente estressor na reprodução de *P. distinctus*.

Fêmeas de *P. distinctus* iniciaram a reprodução na classe de idade seis, com pico populacional na sete e declínio na oito, o que é esperado para espécies da classe Insecta, cujas fêmeas são imaturas no início da fase adulta, em seguida reprodutivas e, depois infecundas (Price, 1997).

As doses de permetrina ativaram o efeito hormético na reprodução (principalmente em 0,131 ppb) e na longevidade (mais evidente em 1315 ppb) de *P. distinctus* (Tabela 2). Assim, o estresse imposto por doses subletais do inseticida permetrina parece ter afetado alguns parâmetros da tabela de fertilidade de *P. distinctus*, quando comparado com o controle. A comparação da resposta desse percevejo, às diferentes doses de permetrina em relação ao controle, mostrou diferenças no R_0 para as doses do inseticida, sugerindo a ocorrência de troca de alocação de recurso como resposta para algumas doses

de permetrina (0,131 e 1,315 ppb). Isto pode levar a redução nos valores de fertilidade, que é o número de ninfas que darão origem a fêmeas, produzidas por uma fêmea durante seu ciclo de vida, o que significa a taxa líquida reprodutiva (R_0).

A redução na fertilidade parece não ser traduzida em diminuição na taxa intrínseca de crescimento (r_m) da população exposta a cada dose do inseticida. Hormese observada pode estar relacionada a uma combinação de efeitos negativos secundários na fertilidade ou em características de história de vida, que foi refletida em diferenças nos parâmetros estudados na tabela de fertilidade. Esse estudo abre perspectivas para a utilização de agentes causadores de estresse, como xenobióticos, visando a melhoria da performance reprodutiva de inimigos naturais, antes de serem liberados no campo, como mais uma estratégia de manejo integrado de pragas.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Paraíba (UFPB), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à agência de fomento PICDT/UFPB/CAPES. À Syngenta Pro. Cul. Ltda (Holambra, SP), pelo fornecimento do inseticida permetrina, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

LITERATURA CITADA

- ABIVARDI, C., WEBER, C.D. & DORN, S. (1998) Effects of azinphos-methyl and pyrifenoxy on reproductive performance of *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) at recommended rates and lower concentrations. *Annals of Applied Biology* **132**, 19-33.
- ASSIS JUNIOR, S.L., ZANUNCIO, T.V., SANTOS, G.P. & ZANUNCIO, J.C. (1998) Efeito da suplementação de folhas de *Eucalyptus urophylla* no desenvolvimento e reprodução de *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **27**, 245-253.
- ASSIS JUNIOR, S.L., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & GUEDES, R.N.C. (1999) Effect of the association of the predatory bug *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae) with *Eucalyptus urophylla* seedlings. *Tropical Ecology* **40**, 85-88.
- AYYAPPATH, R., WITKOWSKI, J.F. & HIGHEY, L.G. (1997) Ovipositional responses of two species of spider mites (Acari: Tetranychidae) to sublethal concentrations of permethrin and methyl parathion on corn. *Environmental Entomology* **26**, 489-496.
- BATALHA, V.C., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & SEDIYAMA, C.S. (1995) Seletividade de inseticidas aos predadores *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) e *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) e a sua presa Lepidoptera. *Revista Árvore* **19**, 382-395.
- BATALHA, V.C., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & GUEDES, R.N.C. (1997) Selectivity of insecticides to *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ceiba* **38**, 19-22.
- BUKOWSKI, J.A. & LEWIS, R.J. (2000) Hormesis and health: A little of what you fancy may be good for you. *Southern Medical Journal* **93**, 371-374.
- BUTOV, A., JOHNSON, T., CYPSEK, J., SANNIKOV, I. VOLKOV, M., SEHL, M. & YASHIN, A. (2001) Hormesis and debilitation effects in stress experiments using the nematode worm *Caenorhabditis elegans*: the model of balance between cell damage and HSP levels. *Experimental Gerontology* **37**, 57-66.
- CALABRESE, E.J. (1999) Evidence that hormesis represents an "overcompensation" response to a disruption in homeostasis. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **42**, 135-137.

- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (1997a) The dose makes the stimulation (and the poison). *International Journal of Toxicology*. **16**, 545-559.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (1997b) A quantitatively-based methodology for the evaluation of chemical hormesis. *Human Ecology and Risk Assessment* **3**, 545-554.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (1998) Hormesis as a biological hypothesis. *Environmental Health Perspectives*. **106**, 357-362.
- CALABRESE, E.J. & BALDWIN, L.A. (2001) Hormesis: U-shaped dose responses and their centrality in toxicology. *Trends in Pharmacological Science* **22**, 285-291.
- CALOW, P. & SIBLY, R.M. (1990) A physiological basis of population processes: ecotoxicological implications. *Functional Ecology* **4**, 283-288.
- CHANG, C.P. & FAPP JR., F.W. (1983) DDT and pyrethroids: receptor binding and mechanism of knockdown resistance (kdr) in house fly. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **20**, 6-91.
- CORSO, I.C., GAZZONI, D.L. & NERY, M.E. (1999) Efeito de doses e de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides de pragas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **34**, 1529-1538.
- DE BACH, P. & HAGEN, K.S. (1964) Manipulation of entomophagous species, in *Biological control of insect pest and weeds* (DE BACH, P., ed.), Chapman & Hall, London, pp 429-458.
- DE CLERCQ, P. & DEGHEELE, D. (1992) Influence of feeding interval on reproduction and longevity of *Podisus sagitta* (Het.: Pentatomidae). *Entomophaga* **37**, 583-590.
- DE CLERCQ, P., TIRRY, L., VINÑELA, E. & DEGHEELE, D. (1995) Toxicity of diflubenzuron and pyriproxyfen to the predatory bug *Podisus maculiventris*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **74**, 17-22.
- DINI, J.W. (1999) Hormesis: A little bit is good – too much is bad. *Planting and Surface Finishing* 114-116.
- ELLIOT, M., JANES, N.E. & POTTER, C. (1978) The future of pyrethroids in insect control. *Annual Review of Entomology* **23**, 443-469.
- FINKEL, T. & HOLBROOK, J. (2000) Oxidants, oxidative stress and the biology of aging. *Nature*. **408**, 239-247.

- FORBES, V.E. (2000) Is hormesis an evolutionary expectation? *Functional Ecology* **14**, 12-24.
- FINNEY, D.J. (1971) *Probit analysis*. Cambridge University, London, 333 p.
- GENTILE, J.H. (2000) Hormesis and ecological risk assessment: fact or fantasy? *Human and Ecological Risk Assessment* **6**, 227-236.
- GUEDES, R.N.C., LIMA, J.O.G. & ZANUNCIO, J.C. (1992) Seletividade dos inseticidas deltametrina, fenvalerato e fenitroton para *Podisus connexivus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **21**, 339-346.
- HORN, D.J. (1988) *Ecological approach to pest management*. Guilford Press, New York, , 285 p.
- JUSSELINO FILHO, P.; ZANUNCIO, J.C.; GUEDES, R.N.C. & FRAGOSO, D.B. (2001) Desarrollo y reproducción del depredador *Brontocoris tabidus* (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista Colombiana de Entomologia* **27**, 45-48.
- KREBS, C.J. (1994) *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Harper Collins College Publishers, New York, 801p.
- LOTKA, A.J. (1907) Studies on the mode of growth of material aggregates. *American Journal of Science* **24**, 199-216.
- MAIA A.H.N., ALFREDO, J.B. & CAMPANHOLA, C. (2000) Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational Aspects. *Journal of Ecological Entomology* **93**, 511-518.
- MCPHERSON, J.E. (1982) *The Pentatomoidea (Hemiptera) of Northeastern North America*. South Illinois University Press, Carbondale and Edwardsville, Illinois, 240 p.
- MICHALSKI, A.I. & YASHIN, A.I. (2002) Detection of hormesis effect in longevity: simulation approach for heterogeneous population. *Mathematical Bioscience* **175**, 57-66.
- MOREIRA, L.A., ZANUNCIO, J.C., PICANÇO, M.C. & BRUCKNER, C.H. (1995) Tabelas de fertilidade e esperança de vida de *Thynacantha marginata* Dallas (Heteroptera: Pentatomidae) alimentado com larvas de *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) e folhas de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. *Revista Brasileira de Zoologia* **12**, 255-261.

- MORSE, J.G. (1998) Agricultural implications of pesticide induced hormesis of insects and mites. *Human and Experimental Toxicology* **17**, 266-269.
- MORSE, J.G. & ZAREH, N. (1991) Pesticide-induced hormoligosis of citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae) fecundity. *Journal of Economic Entomology* **84**, 1169-1174.
- MUKERJI, M.K. & LEROUX, E.J. (1965) Laboratory rearing of a Quebec strain of the pentatomid predator, *Podisus maculiventris* (Say) (Hemiptera: Pentatomidae). *Phytoprotection* **46**, 40-60.
- PICANÇO, M.C., GUEDES, R.N.C., BATALHA, V. & CAMPOS, R.P. (1996) Toxicity of insecticides to *Dione juno juno* (Lepidoptera: Heliconidae) and selectivity to two of its predaceous bugs. *Tropical Science* **36**, 51-53.
- PICANÇO, M.C., RIBEIRO, L.J., LEITE, G.L.D. & ZANUNCIO, J.C. (1997) Seletividade de inseticidas a *Podisus nigrispinus* predador de *Ascia monuste orseis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **32**, 369-372.
- PREE, D.J. & HAGLEY, E.A.C. (1985) Toxicity of pesticides to *Chrysopa oculata* Say (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic Entomology* **78**, 129-132.
- PRICE, P.W. (1997) *Insect ecology*. John Wiley & Sons, New York, 874 p.
- RABINOVICH, J.E. (1978) *Ecologia de poblaciones animales*. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington, 114p.
- REIS, P.R. & TEODORO, A.V. (2000) Efeito de oxicleto de cobre a reprodução do ácaro-vermelho-do-cafeeiro, *Oligonychus ilicis* (Mcgregor, 1917). *Ciência Agrotécnica* **24**, 347-352.
- SAS INSTITUTE, SAS. (1997) *User's guide: statistics*. SAS Institute Cary, NC, USA.
- SILVEIRA NETO, S., NAKANO, O. & BARDINI, D. (1976) *Manual de ecologia de insetos*. Agronômica Ceres, São Paulo, 419p.
- SOARES, J.J. & BUSOLI, A.C. (2000) Efeito de inseticidas em insetos predadores em culturas de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **35**, 1889-1894.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1978) *Ecological methods with particular reference to the study of insect populations*. Chapman and Hall. London, 555 p.

- STAPEL, J. O., CORTESERO, A. M., & LEWIS, W. J. (2000). Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: Altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Biological Control* **11**, 175-183.
- STEBBING, A.R.D. (1982) Hormesis: the stimulation of growth by low levels of inhibitors. *The Science of the Total Environment* **22**. 213-234.
- SUINAGA, F.A., PICANÇO, M.C., ZANUNCIO, J.C. & BASTOS, C.S. (1996) Seletividade fisiológica de inseticidas a *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. *Revista Árvore* **20**, 407-414.
- TURTURRO, A., HASS, B., HART, R.W. (2001) Does caloric restriction induce hormesis? *Nutrition* **17**, 78-82.
- YU, S.J. (1988) Selectivity of insecticides to the spined soldier bug (Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. *Journal of Economic Entomology* **81**, 119-122.
- ZANUNCIO, J.C., ALVES, J.B., SARTÓRIO, R.C. & LEITE, J.E.M. (1992a) Métodos para criação de hemípteros predadores de lagartas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* **21**, 245-251.
- ZANUNCIO, J.C., GUEDES, R.N.C., CRUZ, A.P. & MOREIRA, A.M. (1992b) Eficiência de *Bacillus thuringiensis* e de deltametrina, em aplicação aérea, para o controle de *Thyrintina arnobia* Stoll, 1782 (Lepidoptera: Geometridae) em eucaliptal no Pará. *Acta Amazônica* **22**, 485-492.
- ZANUNCIO, J.C., GUEDES, R.N.C., GARCIA, J.F. & RODRIGUES, L.A. (1993) Impact of two formulations of deltamethrin in aerial application against caterpillars and their predaceous bugs. *Medelin van de Faculteit Landbouwwetenschappen Univeriteit Gent* **58**, 477-481.
- ZANUNCIO, J.C., ALVES, J.B., ZANUNCIO, T.V. & GARCIA, J.F. (1994) Hemipterous predators of eucalipt defoliator caterpillars. *Forest Ecology and Management* **65**, 65-73.
- ZANUNCIO, J.C., BATALHA, V.C., GUEDES, R.N.C. & PICANÇO, M.C. (1998) Insecticide selectivity to *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology* **122**, 457-460.

ZANUNCIO, T.V., ZANUNCIO, J.C., VILELA, E.F. & SARTÓRIO, R.C. (1995) Biologia de *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Hemiptera: Pentatomidae) criado em larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e de *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Revista Brasileira de Entomologia* **39**, 183-187.

ZANUNCIO, J.C., JUSSELINO-FILHO, P. & ZANUNCIO, T.V. (2001) Fecundidade de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae), de duas classes de tamanho, alimentado com *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *Revista Nordestina de Biologia* **15**, 65-72.

Tabela 1. Tabela de vida de fertilidade de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae), submetido a cinco doses subletais de permetrina e ao controle (acetona), a 25 ± 1 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

Doses (ppb)	X	Lx	Lx	Mx	lx.mx	x.lx.mx	VR _x	Forma
Controle	1	50	1,00	0,00	0,00	0,00	15,02	Jovem
	2	37	0,74	0,00	0,00	0,00	20,30	
	3	37	0,74	0,00	0,00	0,00	20,30	
	4	37	0,74	0,00	0,00	0,00	20,30	
	5	37	0,74	0,00	0,00	0,00	20,30	
	6	26	0,52	10,55	5,49	32,92	28,89	Adulta
	7	26	0,52	12,96	6,74	47,17	18,34	
	8	22	0,44	4,04	1,78	14,22	6,36	
	9	12	0,24	4,19	1,01	9,06	4,25	
	10	2	0,04	0,33	0,01	0,13	0,33	
	11	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	

TBR = 32,08; R₀ = 15,02; DG = 48,23; TD = 12,37; r_m = 0,05; λ = 1,05

0,131	1	62	1,00	0,00	0,00	0,00	18,81	Jovem	
	2	45	0,73	0,00	0,00	0,00	25,91		
	3	45	0,73	0,00	0,00	0,00	25,91		
	4	45	0,73	0,00	0,00	0,00	25,91		
	5	45	0,73	0,00	0,00	0,00	25,91		
		6	30	0,48	8,99	4,35	26,10	38,87	Adulta
		7	27	0,44	15,80	6,88	48,17	33,20	
		8	22	0,35	14,58	5,17	41,38	21,35	
		9	10	0,16	11,44	1,85	16,61	14,91	
		10	6	0,10	3,93	0,38	3,80	5,77	
		11	4	0,06	2,76	0,18	1,96	2,76	
		12	2	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	
		13	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	

TBR = 57,51; R₀ = 18,80; DG = 51,37; TD = 12,16; r_m = 0,05; λ = 1,06

Tabela 1. Cont.

Doses (ppb)	x	Lx	lx	Mx	lx.mx	x.lx.mx	VR _x	Forma
1,315	1	56	1,00	0,00	0,00	0,00	14,47	Jovem
	2	39	0,70	0,00	0,00	0,00	20,77	
	3	39	0,70	0,00	0,00	0,00	20,77	
	4	39	0,70	0,00	0,00	0,00	20,77	
	5	39	0,70	0,00	0,00	0,00	20,77	
	6	28	0,50	5,22	2,61	15,66	28,93	Adulta
	7	24	0,43	12,40	5,32	37,21	27,66	
	8	22	0,39	11,58	4,55	36,38	16,65	
	9	16	0,29	5,90	1,69	15,18	6,97	
	10	11	0,20	1,56	0,31	3,06	1,56	
	11	3	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	
	12	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	

TBR = 36,66; R₀ = 14,46; DG = 52,01; TD = 13,59; r_m = 0,05; λ = 1,05.

13,15	1	66	1,00	0,00	0,00	0,00	12,07	Jovem
	2	42	0,64	0,00	0,00	0,00	18,96	
	3	42	0,64	0,00	0,00	0,00	18,96	
	4	42	0,64	0,00	0,00	0,00	18,96	
	5	42	0,64	0,00	0,00	0,00	18,96	
	6	32	0,48	4,51	2,18	13,11	24,89	Adulta
	7	28	0,42	12,64	5,36	37,54	23,30	
	8	19	0,29	10,36	2,98	23,85	15,70	
	9	13	0,20	6,66	1,31	11,81	7,82	
	10	5	0,08	2,99	0,23	2,27	2,99	
	11	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	

TBR = 37,16; R₀ = 12,06; DG = 51,38; TD = 14,44; r_m = 0,05; λ = 1,05.

Tabela 1. Cont.

Doses (ppb)	x	L _x	l _x	M _x	l _x .m _x	x.l _x .m _x	VR _x	Forma
131,5	1	66	1,00	0,00	0,00	0,00	9,09	Jovem
	2	43	0,65	0,00	0,00	0,00	13,95	
	3	43	0,65	0,00	0,00	0,00	13,95	
	4	43	0,65	0,00	0,00	0,00	13,95	
	5	43	0,65	0,00	0,00	0,00	13,95	
	6	26	0,39	2,83	1,12	6,70	23,07	Adulta
	7	22	0,33	10,11	3,37	23,60	23,91	
	8	20	0,30	10,71	3,24	25,96	15,18	
	9	13	0,20	5,89	1,16	10,44	6,88	
	10	5	0,08	2,56	0,19	1,94	2,56	
	11	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	

TBR = 32,11; R₀ = 9,08; DG = 52,88; TD = 16,50; r_m = 0,04; λ = 1,04

1315	1	66	1,00	0,00	0,00	0,00	1,88	Jovem
	2	43	0,65	0,00	0,00	0,00	2,88	
	3	43	0,65	0,00	0,00	0,00	2,88	
	4	43	0,65	0,00	0,00	0,00	2,88	
	5	43	0,65	0,00	0,00	0,00	2,88	
	6	12	0,18	0,00	0,00	0,00	10,31	Adulta
	7	11	0,17	4,39	0,73	5,12	11,25	
	8	10	0,15	4,45	0,67	5,39	7,55	
	9	6	0,09	2,89	0,26	2,37	5,18	
	10	4	0,06	2,11	0,13	1,28	3,42	
	11	2	0,03	2,63	0,08	0,88	2,63	
	12	2	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	
	13	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	
	14	1	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	

TBR = 16,47; R₀ = 1,87; DG = 56,10; TD = 63,01; r_m = 0,01; λ = 1,01

X = idade (x = sete dias); L_x = número de sobreviventes no começo da idade x; m_x = número de fêmeas produzidas por fêmea de idade x; l_x = taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao começo da idade x; VR_x = valor de reprodução na idade x; TBR = taxa bruta de reprodução; R₀ = taxa líquida de reprodução; DG = duração de uma geração (dias); TD = tempo necessário para a população duplicar em número de indivíduos (dias); r_m = razão infinitesimal de aumento; λ = razão finita de aumento.

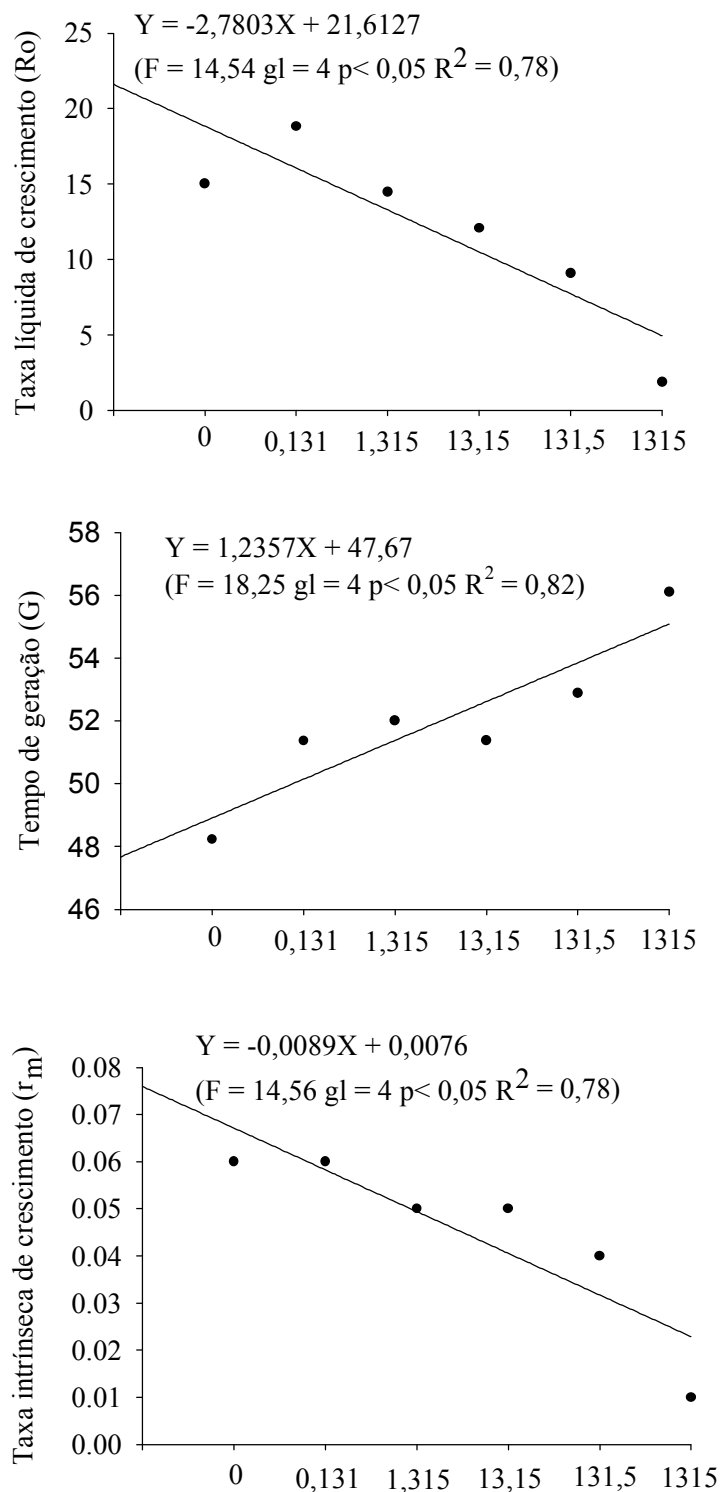


Figura 1. Taxa líquida de crescimento, duração de uma geração e taxa intrínseca de crescimento de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae), submetido a cinco doses subletais de permetrina e ao controle (acetona), a 25 ± 1 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

Tabela 2. Valores dos parâmetros da tabela de vida de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae), submetidos a cinco doses subletais de permetrina e ao controle, a 25 ± 1 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas

Doses (ppb)	TBR	R_0	DG (dias)	r_m	λ
Controle	$32,08 \pm 1,15$	$15,02 \pm 0,11$	$48,23 \pm 1,44$	$0,06 \pm 0,17$	1,06
0,131	$57,51 \pm 0,98^*$	$18,80 \pm 0,57^*$	$51,37 \pm 1,84$	$0,06 \pm 0,00$	1,06
1,315	$36,66 \pm 1,09$	$14,46 \pm 0,57$	$52,01 \pm 2,30$	$0,05 \pm 0,00$	1,05
13,15	$37,16 \pm 0,86^*$	$12,06 \pm 0,32$	$51,38 \pm 1,44$	$0,05 \pm 0,00$	1,04
131,5	$32,11 \pm 1,15$	$9,08 \pm 0,32^*$	$52,88 \pm 1,32$	$0,04 \pm 0,00$	1,04
1315	$16,47 \pm 1,03^*$	$1,87 \pm 0,57^*$	$56,10 \pm 1,15^*$	$0,01 \pm 0,00$	1,01

* Diferença significativa entre as doses de permetrina com o controle (acetona) pelo teste de Dunnett ($p = 0,05$).

TBR = Taxa bruta de reprodução; R_0 = Taxa líquida de reprodução; DG = Duração de uma geração (dias); r_m = Razão infinitesimal de aumento; e λ = Razão finita de aumento.

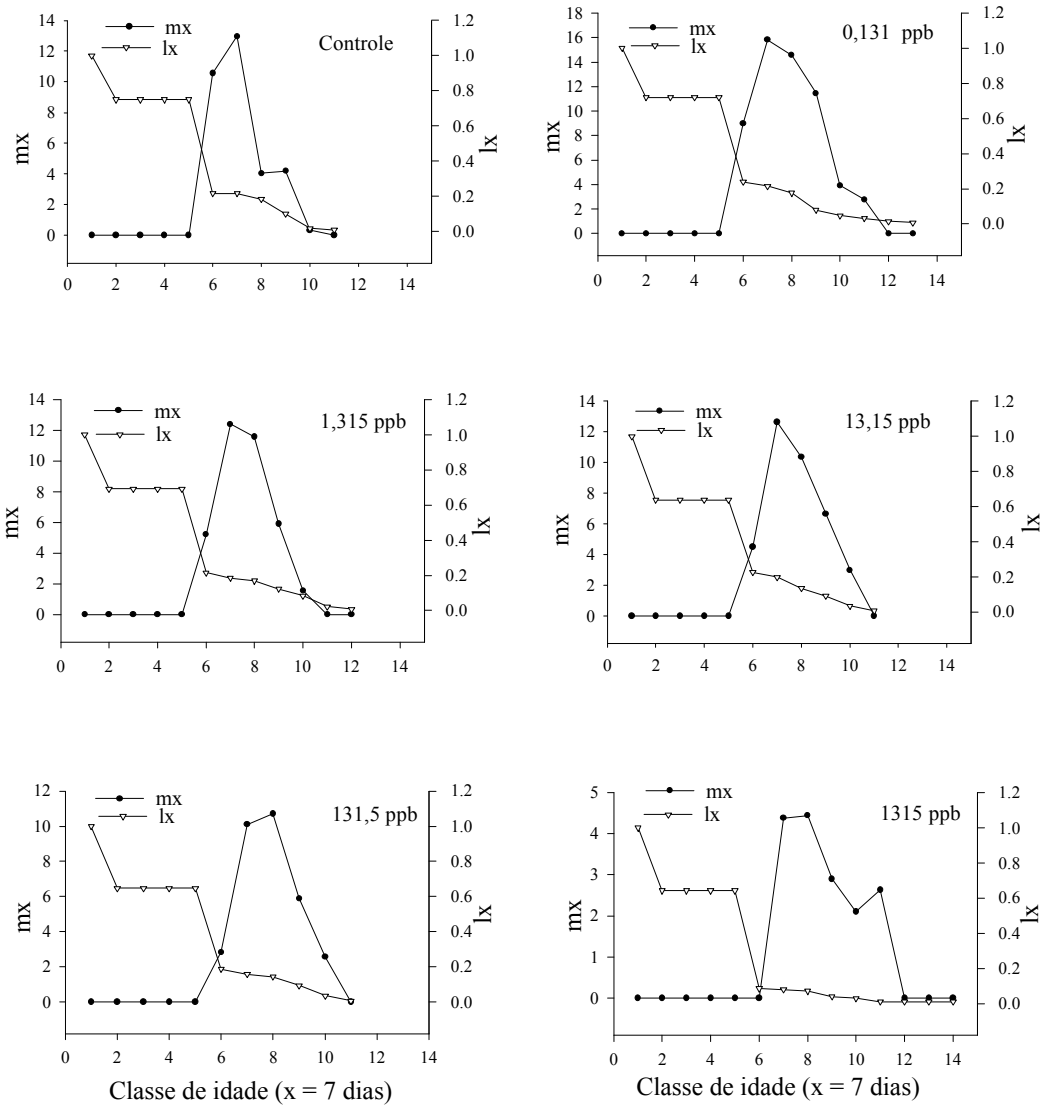


Figura 2. Fertilidade (m_x) e sobrevivência (l_x) de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido a cinco doses subletais de permetrina e ao controle (acetona) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

Tabela 3. Tabela de esperança de vida (e_x) para *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae), submetido a cinco doses subletais de permetrina e ao controle (acetona), a 25 ± 1 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas

Doses (ppb)	x	L_x	d_x	l_x	S_x	T_x	e_x	$100q_x$	Forma
Controle	1	50	13	1,00	43,50	262,00	5,24	26,00	Jovem
	2	37	0	0,74	37,00	218,50	5,91	0,00	
	3	37	0	0,74	37,00	181,50	4,91	0,00	
	4	37	0	0,74	37,00	144,50	3,91	0,00	
	5	37	11	0,74	31,50	107,50	2,91	29,73	
	6	26	0	0,52	26,00	76,00	2,92	0,00	Adulta
	7	26	4	0,52	24,00	50,00	1,92	15,38	
	8	22	10	0,44	17,00	26,00	1,18	45,45	
	9	12	10	0,24	7,00	9,00	0,75	83,33	
	10	2	1	0,04	1,50	2,00	1,00	50,00	
	11	1	1	0,02	0,50	0,50	0,50	100,0	
0,1315	1	62	17	1,00	53,50	313,00	5,05	27,42	Jovem
	2	45	0	0,73	45,00	259,50	5,77	0,00	
	3	45	0	0,73	45,00	214,50	4,77	0,00	
	4	45	0	0,73	45,00	169,50	3,77	0,00	
	5	45	15	0,73	37,50	124,50	2,77	33,33	
	6	30	3	0,48	28,50	87,00	2,90	10,00	Adulta
	7	27	5	0,44	24,50	58,50	2,17	18,52	
	8	22	12	0,35	16,00	34,00	1,55	54,55	
	9	10	4	0,16	8,00	18,00	1,80	40,00	
	10	6	2	0,10	5,00	10,00	1,67	33,33	
	11	4	2	0,06	3,00	5,00	1,25	50,00	
	12	2	1	0,03	1,50	2,00	1,00	50,00	
	13	1	1	0,02	0,50	0,50	0,50	100,0	
1,315	1	56	17	1,00	47,50	289,00	5,16	30,36	Jovem
	2	39	0	0,70	39,00	241,50	6,19	0,00	
	3	39	0	0,70	39,00	202,50	5,19	0,00	
	4	39	0	0,70	39,00	163,50	4,19	0,00	
	5	39	11	0,70	33,50	124,50	3,19	28,21	
	6	28	4	0,50	26,00	91,00	3,25	14,29	Adulta
	7	24	2	0,43	23,00	65,00	2,71	8,33	
	8	22	6	0,39	19,00	42,00	1,91	27,27	
	9	16	5	0,29	13,50	23,00	1,44	31,25	
	10	11	8	0,20	7,00	9,50	0,86	72,73	
	11	3	2	0,05	2,00	2,50	0,83	66,67	
	12	1	1	0,02	0,50	0,50	0,50	100,0	

Tabela 3, Cont.

Doses (ppb)	X	L_x	d_x	l_x	S_x	t_x	e_x	$100q_x$	Forma
13,15	1	66	24	1,00	54,00	299,00	4,53	36,36	Jovem
	2	42	0	0,64	42,00	245,00	5,83	0,00	
	3	42	0	0,64	42,00	203,00	4,83	0,00	
	4	42	0	0,64	42,00	161,00	3,83	0,00	
	5	42	10	0,64	37,00	119,00	2,83	23,81	
	6	32	4	0,48	30,00	82,00	2,56	12,50	Adulta
	7	28	9	0,42	23,50	52,00	1,86	32,14	
	8	19	6	0,29	16,00	28,50	1,50	31,58	
	9	13	8	0,20	9,00	12,50	0,96	61,54	
	10	5	4	0,08	3,00	3,50	0,70	80,00	
	11	1	1	0,02	0,50	0,50	0,50	100,00	
131,5	1	66	23	1,00	54,50	292,00	4,42	34,85	Jovem
	2	43	0	1,87	43,00	237,50	5,52	0,00	
	3	43	0	1,87	43,00	194,50	4,52	0,00	
	4	43	0	1,87	43,00	151,50	3,52	0,00	
	5	43	17	1,87	34,50	108,50	2,52	39,53	
	6	26	4	1,13	24,00	74,00	2,85	15,38	Adulta
	7	22	2	0,96	21,00	50,00	2,27	9,09	
	8	20	7	0,87	16,50	29,00	1,45	35,00	
	9	13	8	0,57	9,00	12,50	0,96	61,54	
	10	5	4	0,22	3,00	3,50	0,70	80,00	
	11	1	1	0,04	0,50	0,50	0,50	100,00	
1315	1	66	23	1,00	54,50	254,00	3,85	34,85	Jovem
	2	43	0	0,65	43,00	199,50	4,64	0,00	
	3	43	0	0,65	43,00	156,50	3,64	0,00	
	4	43	0	0,65	43,00	113,50	2,64	0,00	
	5	43	31	0,65	27,50	70,50	1,64	72,09	
	6	12	1	0,18	11,50	43,00	3,58	8,33	Adulta
	7	11	1	0,17	10,50	31,50	2,86	9,09	
	8	10	4	0,15	8,00	21,00	2,10	40,00	
	9	6	2	0,09	5,00	13,00	2,17	33,33	
	10	4	2	0,06	3,00	8,00	2,00	50,00	
	11	2	0	0,03	2,00	5,00	2,50	0,00	
	12	2	1	0,03	1,50	3,00	1,50	50,00	
	13	1	0	0,02	1,00	1,50	1,50	0,00	
	14	1	1	0,02	0,50	0,50	0,50	100,00	

Idade (x = sete dias); L_x = Número de sobreviventes no início da idade x ; d_x = Número de indivíduos mortos durante o intervalo x ; l_x = Taxa de sobrevivência a partir da idade zero ao começo da idade x ; S_x = Taxa de sobrevivência durante a idade x ; t_x = Número total de insetos de idade x , além da idade x ; e_x = Esperança de vida para os indivíduos de idade x ; e $100 q_x$ = Razão de mortalidade por intervalo de idade.

Tabela 4. Análise de “probit” de esperança de vida (e_x) em função da sobrevivência (l_x) para *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido a cinco doses subletais de permetrina e ao controle (acetona), a 25 ± 1 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas

Dose (ppb)	Características				
	Equação	Probabilidade de χ^2	χ^2	$e_{x_{50}}$ (dias)	IC (95%) (dias)
Controle	$Y' = 4,1845 - 0,1561 x$	1,00	6,38	26,80	(26,07 – 27,55)
0,1315	$Y' = 2,4246 - 0,0875 x$	0,27	58,70	27,68	(26,76 – 28,59)
1,315	$Y' = 2,5502 - 0,0896 x$	0,99	20,30	28,45	(27,47 – 29,47)
13,15	$Y' = 2,2018 - 0,1006 x$	0,99	13,82	21,88	(21,05 – 22,71)
131,5	$Y' = 2,8446 - 0,1130 x$	0,78	32,88	25,16	(24,29 – 26,05)
1315	$Y' = 2,2603 - 0,0700 x$	0,97	42,90	31,89	(30,24 – 33,50)

Y' = Esperança de vida em “probit”, x = Logaritmo decimal da sobrevivência (%), χ^2 = Qui-quadrado e IC = Intervalo de confiança de 95%.

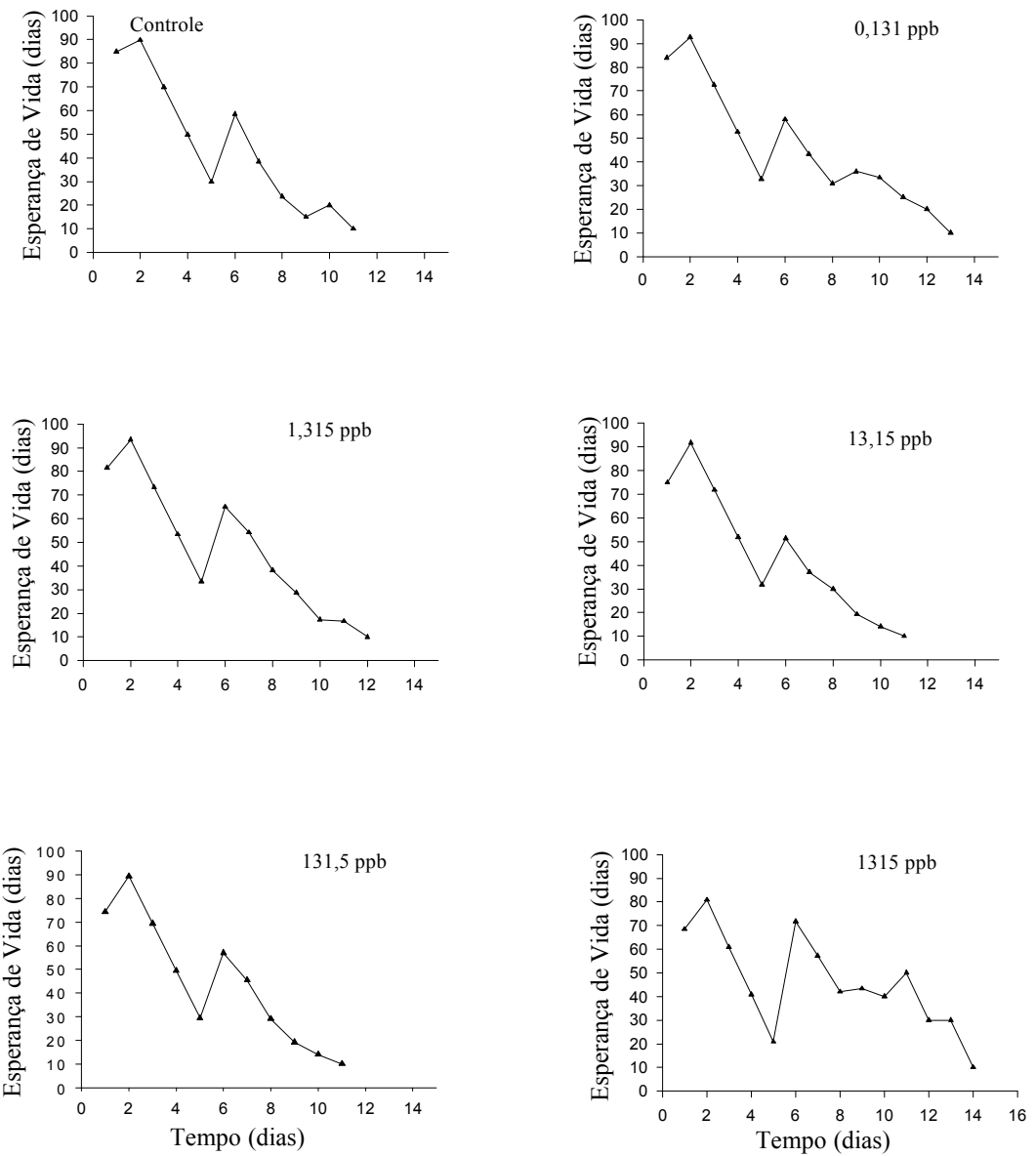


Figura 3. Esperança de vida (e_x) de *Podisus distinctus* (Heteroptera: Pentatomidae) submetido a cinco doses subletais de permetrina e ao controle a 25 ± 1 °C, $75 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

RESUMO E CONCLUSÕES

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Controle Biológico do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO), do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais, em sala climatizada com temperatura de 25 ± 1 °C, fotofase de 12 horas e umidade relativa do ar de $75 \pm 10\%$. Objetivou-se avaliar o efeito das doses subletais de 0,131; 1,315; 13,15; 131,5 e 1315 ppb do inseticida permetrina, nos parâmetros biológicos de *Podisus distinctus* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae) aplicadas topicamente em ninfas de terceiro estágio desse predador. Análises de regressão e ANOVA foram conduzidas para se determinar diferenças significativas utilizando-se os programas SAS. Houve redução na duração do terceiro ($F = 165,14$; $p < 0,01$) e quarto ($F = 9,75$; $p < 0,05$) estádios para as doses de 0,131 e 1,315 ppb de permetrina, respectivamente. A sobrevivência de *P. distinctus*, nas doses de 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina, foi semelhante ao controle no terceiro estágio e maior nos quarto ($F = 30,29$; $p < 0,01$) e quinto ($F = 42,48$; $p < 0,01$) estádios que no controle e nas demais doses. Ninfas de *P. distinctus* apresentaram maior peso e sobrevivência, além de menor duração da fase ninfal, nas doses de 0,131, 1,315 e 13,15 ppb de permetrina. Foram obtidos os valores da taxa bruta (TBR) e líquida (R_0) de reprodução, a duração de uma

geração (DG), o tempo necessário para a população dobrar em número de indivíduos (TD), a razão infinitesimal (r_m) e finita de aumento populacional (λ), o valor de reprodução (VR_x), além da esperança de vida para metade da população (ex_{50}) de *P. distinctus*, para elaboração de tabelas de vida de fertilidade e de esperança de vida para esse predador. Maiores valores para a TBR (57,51), R_0 (18,80) e VR_x (38,87 ovos), menor valor para a DG (51,37 dias) foram obtidos na dose de 0,131 ppb de permetrina. Observou-se efeitos estimulatórios (hormese) em parâmetros reprodutivos, com respostas bifásicas na reprodução e longevidade de *P. distinctus*. Isto abre perspectivas para a utilização de agentes causadores de estresse, como doses subletais de permetrina, visando melhorar a performance reprodutiva de inimigos naturais antes que sejam liberados no campo e usados, associados ou não, com o controle químico para o manejo integrado de pragas.