

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

Marcelo Poletti

Tese apresentada para obtenção do título
de Doutor em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

Piracicaba

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Marcelo Poletti
Engenheiro Agrônomo

Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

Orientador:
Prof. Dr. **CELSO OMOTO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

Piracicaba
2007

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Poletti, Marcelo

Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) / Marcelo Poletti. - - Piracicaba, 2007.

166 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Ácaros 2. Artrópodes – Resistência 3. Controle biológico 4. Controle químico 5. Ecotoxicologia 6. Manejo integrado I. Título

CDD 595.42

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A DEUS

Pela força e equilíbrio

AGRADEÇO

A minha querida esposa e eterna companheira

ELAINE CRISTINA CATAPANI POLETTI

e a minha linda filha VITÓRIA CATAPANI POLETTI

DEDICO

Aos meus pais ADILSON e RITA

e aos meus irmãos LÍLIAN e MAURÍCIO

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Celso Omoto pelos valiosos ensinamentos, orientação, apoio e incentivo durante todo o processo de desenvolvimento desta tese e pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Gilberto José de Moraes pelos valiosos ensinamentos, sugestões e incentivos durante a pós-graduação.

Ao Dr. Mário Eidi Sato pela colaboração, apoio, sugestões e informações concedidas.

A Dr^a. Aline de Holanda Nunes Maia pelas sugestões e auxílio nas análises estatísticas.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-ESALQ/USP, pelos conhecimentos e apoio transmitidos.

Aos estagiários, Lúcio de Paula Collete, Luis Fernando Gibeli e Felipe Donadeli Fontes Albuquerque pelo auxílio técnico durante a execução desse trabalho.

Ao amigo Roberto Hiroyuki Konno pelo companheirismo e auxílios prestados durante a condução desse trabalho.

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

À Empresa Terra Viva situada em Santo Antônio de Posse/SP e a Ivone Swart Schoenmaker pelo auxílio na coleta de ácaros predadores em cultivo protegido de ornamentais e por ceder área para realização de parte desse trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Resistência de Artrópodes a Pesticidas, ESALQ/USP, Carla Fernanda Prezotto, Cláudio Roberto Franco, Eloisa Salmeron, Everaldo Batista Alves, Felipe Antônio Domingues, Fernando Joly Campos, Gislaine O. Campos, Nádia F. Bertan Casarin e Samuel Martinelli pelo convívio, companheirismo e auxílios prestados.

A todos os colegas e amigos do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da ESALQ/USP, pelo companheirismo e incentivo.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Às bibliotecárias Eliana M. Garcia e Sílvia M. Zinsly, funcionárias da Biblioteca Central da ESALQ/USP, pelo auxílio na formatação deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO..... | 11 |
| ABSTRACT..... | 12 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 13 |
| Referências..... | 16 |
| | |
| 2 COMPATIBILIDADE DE AGROTÓXICOS COM OS ÁCAROS PREDADORES <i>Neoseiulus californicus</i> (McGREGOR) E <i>Phytoseiulus macropilis</i> (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)..... | 21 |
| Resumo..... | 21 |
| Abstract..... | 21 |
| 2.1 Introdução..... | 22 |
| 2.2 Desenvolvimento..... | 24 |
| 2.2.1 Material e Métodos..... | 24 |
| 2.2.1.1 Coleta das populações de ácaros..... | 24 |
| 2.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório..... | 24 |
| 2.2.1.3 Bioensaios toxicológicos..... | 25 |
| 2.2.1.3.1 Efeito de agrotóxicos sobre imaturos de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 25 |
| 2.2.1.3.2 Toxicidade de agrotóxicos sobre fêmeas adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 27 |
| 2.2.1.3.3 Efeito de agrotóxicos no crescimento populacional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 28 |
| 2.2.2 Resultados..... | 29 |
| 2.2.2.1 Efeito de agrotóxicos sobre imaturos de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 29 |
| 2.2.2.2 Toxicidade de agrotóxicos sobre fêmeas adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 33 |
| 2.2.2.3 Efeito de agrotóxicos no crescimento populacional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 37 |
| 2.2.3 Discussão..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 2.3 Conclusões..... | 44 |
| Referências..... | 44 |
| | |
| 3 CARACTERIZAÇÃO DA LINHA-BÁSICA DE SUSCETIBILIDADE DE <i>Neoseiulus californicus</i> (McGREGOR) E <i>Phytoseiulus macropilis</i> (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) A DELTAMETRINA..... | 49 |
| Resumo..... | 49 |
| Abstract..... | 49 |
| 3.1 Introdução..... | 50 |
| 3.2 Desenvolvimento..... | 52 |
| 3.2.1 Material e Métodos..... | 52 |
| 3.2.1.1 Coleta das populações de ácaros..... | 52 |
| 3.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório..... | 52 |
| 3.2.1.3 Bioensaios toxicológicos..... | 53 |
| 3.2.1.3.1 Imaturos..... | 53 |
| 3.2.1.3.2 Fêmeas adultas..... | 54 |
| 3.2.1.4 Caracterização da suscetibilidade a deltametrina em imaturos e fêmeas adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 55 |
| 3.2.1.5 Efeito de deltametrina no crescimento populacional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 55 |
| 3.2.1.6 Variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a deltametrina em populações de <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 56 |
| 3.2.2 Resultados..... | 57 |
| 3.2.2.1 Caracterização da suscetibilidade a deltametrina em imaturos e fêmeas adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 57 |
| 3.2.2.2 Efeito de deltametrina no crescimento populacional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 60 |
| 3.2.2.3 Variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a deltametrina em populações de <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 62 |
| 3.2.3 Discussão..... | 64 |
| 3.3 Conclusões..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Referências..... | 66 |
| 4 EFEITO LETAL E SUB-LETAL DE INSETICIDAS NEONICOTINÓIDES SOBRE <i>Neoseiulus californicus</i> (McGREGOR) E <i>Phytoseiulus macropilis</i> (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)..... | 69 |
| Resumo..... | 69 |
| Abstract..... | 69 |
| 4.1 Introdução..... | 70 |
| 4.2 Desenvolvimento..... | 72 |
| 4.2.1 Material e Métodos..... | 72 |
| 4.2.1.1 Coleta de populações de ácaros..... | 72 |
| 4.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório..... | 72 |
| 4.2.1.3 Bioensaios Toxicológicos..... | 73 |
| 4.2.1.3.1 Efeito letal de inseticidas neonicotinóides sobre imaturos de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 73 |
| 4.2.1.3.2 Efeito letal de inseticidas neonicotinóides sobre fêmeas adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 74 |
| 4.2.1.3.3 Caracterização da suscetibilidade a inseticidas neonicotinóides em imaturos e fêmeas adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 75 |
| 4.2.1.4 Impacto de inseticidas neonicotinóides no crescimento populacional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 75 |
| 4.2.1.5 Impacto de inseticidas neonicotinóides na resposta funcional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 76 |
| 4.2.2 Resultados..... | 78 |
| 4.2.2.1 Efeito letal de inseticidas neonicotinóides sobre imaturos e fêmeas adultas de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 78 |
| 4.2.2.2 Impacto de inseticidas neonicotinóides no crescimento populacional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 85 |
| 4.2.2.3 Impacto de inseticidas neonicotinóides na resposta funcional de <i>Neoseiulus californicus</i> e <i>Phytoseiulus macropilis</i> | 91 |
| 4.2.3 Discussão..... | 99 |

| | |
|--|-----|
| 4.3 Conclusões..... | 103 |
| Referências..... | 104 |
| | |
| 5 TOXICIDADE DIFERENCIAL DE ABAMECTINA E ESPIROMESIFENO AOS ÁCAROS PREDADORES <i>Neoseiulus californicus</i> (McGREGOR) E <i>Phytoseiulus</i> <i>macropilis</i> (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) E AO ÁCARO RAJADO <i>Tetranychus urticae</i> KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE)..... | 108 |
| Resumo..... | 108 |
| Abstract..... | 108 |
| 5.1 Introdução..... | 109 |
| 5.2 Desenvolvimento..... | 110 |
| 5.2.1 Material e Métodos..... | 110 |
| 5.2.1.1 Coleta de populações de ácaros..... | 110 |
| 5.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório..... | 111 |
| 5.2.1.3 Bioensaios toxicológicos..... | 111 |
| 5.2.1.3.1 Imaturos..... | 111 |
| 5.2.1.3.2 Fêmeas adultas..... | 113 |
| 5.2.1.3.3 Caracterização da suscetibilidade de imaturos e fêmeas adultas | 113 |
| 5.2.1.4 Impacto no crescimento populacional | 114 |
| 5.2.2 Resultados..... | 115 |
| 5.2.2.1 Caracterização da suscetibilidade de imaturos e fêmeas adultas..... | 115 |
| 5.2.2.2 Impacto no crescimento populacional..... | 121 |
| 5.2.3 Discussão..... | 123 |
| 5.3 Conclusões..... | 126 |
| Referências..... | 127 |
| | |
| 6 VIABILIDADE DA LIBERAÇÃO COMBINADA DOS ÁCAROS PREDADORES <i>Neoseiulus californicus</i> (McGREGOR) e <i>Phytoseiulus macropilis</i> (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA O MANEJO DO ÁCARO RAJADO <i>Tetranychus urticae</i> KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE)..... | 131 |
| Resumo..... | 131 |
| Abstract..... | 132 |

| | |
|---|-----|
| 6.1 Introdução..... | 132 |
| 6.2 Desenvolvimento..... | 134 |
| 6.2.1 Material e Métodos..... | 134 |
| 6.2.1.1 Coleta de populações de ácaros..... | 134 |
| 6.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório..... | 135 |
| 6.2.1.3 Experimento em condições de laboratório..... | 135 |
| 6.2.1.4 Experimentos em condições de casa de vegetação..... | 136 |
| 6.2.1.4.1 Vasos de crisântemo de corte..... | 136 |
| 6.2.1.4.2 Canteiros de crisântemo de corte..... | 139 |
| 6.2.2 Resultados..... | 142 |
| 6.2.2.1 Experimento em condições de laboratório..... | 142 |
| 6.2.2.2 Experimentos em condições de casa de vegetação..... | 145 |
| 6.2.2.2.1 Vasos de crisântemo de corte..... | 145 |
| 6.2.2.2.2 Canteiros de crisântemo de corte..... | 149 |
| 6.2.3 Discussão..... | 158 |
| 6.3 Conclusões..... | 163 |
| Referências..... | 163 |

RESUMO

Integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

A exploração de ácaros predadores no manejo de ácaros fitófagos em sistemas de produção agrícola pode ser prejudicada pelo uso de agrotóxicos para o controle de outras pragas e doenças. O uso de produtos compatíveis com os ácaros predadores ou de linhagens de ácaros predadores resistentes a agrotóxicos pode favorecer a conservação desses inimigos naturais. Uma outra estratégia a ser explorada pode ser a liberação isolada ou combinada de ácaros predadores com hábitos alimentares e comportamentais distintos. Dentro desse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido para coletar subsídios para a integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) em programas de manejo do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch em sistemas de produção agrícola, tais como cultivos protegidos de plantas ornamentais e hortaliças. Inicialmente a compatibilidade de alguns acaricida-inseticidas, inseticidas e fungicidas com *N. californicus* e *P. macropilis* foi avaliada nas concentrações recomendadas para cultivos protegidos de plantas ornamentais e hortaliças. Foram realizados estudos para verificar o efeito desses agrotóxicos sobre a mortalidade de imaturos e adultos e a taxa instantânea de crescimento (r_i) de cada espécie. Foram realizadas a caracterização da linhagem básica de suscetibilidade dos estágios imaturo e adulto de *N. californicus* e *P. macropilis* a deltametrina. Posteriormente, foi efetuado um monitoramento da suscetibilidade a esse inseticida em populações de *P. macropilis* coletadas em condições de campo. Além do efeito letal dos neonicotinóides acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam sobre *N. californicus* e *P. macropilis*, estudos envolvendo a resposta funcional desses predadores sobre ovos tratados de *T. urticae* também foram avaliados. A toxicidade diferencial de abamectina e espiromesifeno foi avaliada para os ácaros predadores e *T. urticae*. E por fim, a viabilidade das liberações isolada e combinada de *N. californicus* e *P. macropilis* foi testada em condições de laboratório e casa de vegetação. Dentre os grupos de agrotóxicos testados, os fungicidas causaram menor impacto sobre os ácaros predadores. A compatibilidade de agrotóxicos testados foi maior com *N. californicus* do que com *P. macropilis*. Os estágios imaturo e adulto de *N. californicus* foram aproximadamente 3.600 e 3.000 vezes mais tolerantes a deltametrina do que os estágios de *P. macropilis*. No entanto, alta variabilidade na suscetibilidade a esse inseticida foi detectada entre as populações de *P. macropilis*, com razões de resistência de até 3.500 vezes. Apesar de os neonicotinóides terem apresentado baixa toxicidade e pouco efeito na taxa intrínseca de crescimento de *N. californicus* e *P. macropilis*, verificou-se que esses inseticidas podem afetar a resposta funcional desses ácaros predadores sobre ovos de *T. urticae* contaminados. Abamectina e espiromesifeno foram altamente tóxicos sobre de *T. urticae*. A toxicidade de abamectina foi também elevada sobre as duas espécies de ácaros predadores; porém, espiromesifeno foi compatível com *N. californicus*. As liberações combinadas de *N. californicus* e *P. macropilis* foram eficientes quando comparadas a liberações isoladas, somente em situações com alta relação predador:presa (igual ou superior a 1:20).

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; Controle biológico; Agrotóxicos; Resistência a agrotóxicos

ABSTRACT

Integration of chemical and biological control strategies for preserving and releasing *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) management programs

The exploitation of predaceous mites to manage phytophagous mites in agricultural production systems can be affected by the use of pesticides for controlling other pests and diseases. The use of pesticides that are compatible with predaceous mites or pesticide-resistant strains can promote the conservation of these natural enemies. Another strategy to be exploited can be the release of single or combined species of predaceous mites with distinct feeding habitat and behavior. Within this context, this research was conducted in order to collect data to integrate the chemical and biological control strategies to preserving and releasing the predaceous mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) for managing two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch in agricultural production systems, such as ornamental plants and vegetable crops. Initially, studies were conducted to select pesticides that are compatible with *N. californicus* and *P. macropilis* as well as to evaluate the feasibility of combined releases of predaceous mites for managing *T. urticae*. The compatibility of some acaricide-insecticides, fungicides and insecticides with *N. californicus* and *P. macropilis* was evaluated at recommended rates for ornamental and vegetable crops. The effect of these pesticides on mortality of immature and adult stages and on the instantaneous growth rate (r_i) of both species was evaluated. The baseline susceptibility to deltamethrin was characterized for immature and adult stages of *N. californicus* and *P. macropilis*. Then, monitoring the susceptibility to deltamethrin was conducted in field populations of *P. macropilis*. Besides the lethal effect of the neonicotinoids acetamiprid, imidacloprid and thiamethoxam on *N. californicus* and *P. macropilis*, functional responses of both mites on treated *T. urticae* eggs were also evaluated. The differential toxicity of abamectin and spiromesifen was evaluated to both predaceous mites and *T. urticae*. And finally, the feasibility of single or combined releases of *N. californicus* and *P. macropilis* was evaluated under laboratory and greenhouse conditions. Among the group of pesticides tested, the fungicides caused the least impact on predaceous mites. Higher compatibility of tested pesticides was observed with *N. californicus* than with *P. macropilis*. The immature and adult stages of *N. californicus* were approximately 3,600 and 3,000-fold more tolerant to deltamethrin than those of *P. macropilis*. However, high variability in the susceptibility to this insecticide was detected among *P. macropilis* populations, with resistance ratios of up to 3,500-fold. Although neonicotinoids showed low toxicity and little effect on instantaneous growth rate of *N. californicus* and *P. macropilis*, these insecticides can affect the functional response of these predaceous mites on treated *T. urticae* eggs. Abamectin and spiromesifen were highly toxic to *T. urticae*. High toxicity of abamectin was also detected to both species of predaceous mites; however, spiromesifen was compatible with *N. californicus*. Combined releases of *N. californicus* and *P. macropilis* were more effective than single species releases, only in situations with high predator:prey ratios (equal or greater than 1:20).

Keywords: Integrated pest management; Biological control; Pesticides; Resistance to pesticides

1 INTRODUÇÃO

Os ácaros predadores são considerados os inimigos naturais mais efetivos no controle biológico aplicado de ácaros-praga. As principais famílias de Acari com espécies de predadores são Anystidae, Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Laelapidae, Phytoseiidae e Stigmaeidae (YANINEK; MORAES, 1991; GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003). Dentre esses, destaca-se a família Phytoseiidae, sendo que em todo mundo são conhecidas mais de 2.250 espécies de fitoseídeos, das quais aproximadamente 140 foram relatadas no Brasil (MORAES et al., 2004).

A exploração dos ácaros predadores em sistemas de produção comercial de plantas ornamentais e hortaliças é prejudicada pela adoção intermitente do controle químico empregado para ácaros, insetos e doenças, pois, geralmente, esses predadores são mais suscetíveis aos agrotóxicos do que suas presas (ROCK, 1979; CROFT; WHALON, 1982; CROFT, 1990). Para minimizar o efeito negativo do controle químico sobre o biológico e proporcionar um equilíbrio ecológico entre as pragas e seus inimigos naturais, a integração dessas estratégias de controle pode resultar em uma forma de manejo racional (KOGAN, 1998; NORRIS; CASWELL-CHEN; KOGAN, 2003). O uso de agrotóxicos compatíveis com os ácaros predadores ou o emprego de linhagens de ácaros fitoseídeos resistentes a produtos de largo espectro de ação são estratégias favoráveis à conservação desses inimigos naturais em programas de manejo de ácaros-praga.

Na seleção de agrotóxicos compatíveis com os fitoseídeos, além do efeito letal desses produtos, estudos para estimar o efeito sub-letal são necessários (GRAFTON-CARDWELL et al., 2005; DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Os estudos ecotoxicológicos envolvendo parâmetros demográficos têm sido uma das principais ferramentas para avaliar o efeito sub-letal em populações de inimigos naturais, geralmente empregando-se a estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) (STARK et al., 1997; STARK; BANKEN, 1999; TEODORO et al., 2005; VENZON et al., 2006). Essa medida estima a toxicidade dos agrotóxicos no crescimento populacional mediante a integração dos efeitos na sobrevivência e fecundidade de uma determinada população (STARK; BANKS, 2003).

Além dos trabalhos realizados para avaliar o efeito letal ou sub-letal de agrotóxicos sobre inimigos naturais, estudos para detectar possíveis implicações na capacidade de predação também podem subsidiar discussões sobre a viabilidade do emprego de ácaros fitoseídeos em sistemas de produção com uso de agrotóxicos. A resposta funcional, que é uma ferramenta comumente empregada para estimar a capacidade de predação dos ácaros fitoseídeos sobre diferentes fontes

de alimento (SHIPP; WHITFIELD, 1991; WEI; WALDE, 1997; KOVEOS; BROUFAS, 2000; GOTOH ET AL., 2004), pode ser utilizada para monitorar a redução no consumo desses predadores devido à interferência dos agrotóxicos. Recentemente, Li; Tian e Shen (2006) reportaram que os acaricida-inseticidas abamectina e fenprotrina e o fungicida mancozebe afetaram significativamente a resposta funcional do tripses predador *Scolothrips takahashii* Priesner sobre ovos de *Tetranychus viennensis* Zacher contaminados com esses agrotóxicos.

Com relação à resistência a agrotóxicos, apesar do reduzido número de casos de reportados para os inimigos naturais (GEORGHIOU; LAGUNES-TEJEDA, 1991), alguns fatores intrínsecos a algumas espécies de ácaros fitoseídeos favorecem a evolução da resistência a agrotóxicos, tais como a alta capacidade de reprodução, haplo-diploidia, e polifagia (McMURTRY; CROFT, 1997). A seleção de linhagens resistentes, tanto em campo quanto em condições de laboratório (KOSTIAINEN; HOY, 1994; ROUSH; HOY, 1980), tem viabilizado o emprego prático e efetivo no manejo integrado de ácaros fitófagos em países como Alemanha, Áustria, Estados Unidos, Holanda, Itália, Reino Unido, dentre outros (BLOMMERS, 1994; HOY, 1985).

A resistência a agrotóxicos em *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot tem sido bastante explorada, principalmente para o controle de *Tetranychus urticae* Koch em cultivos protegidos de ornamentais em vários países da Europa e nos Estados Unidos (ZHANG, 2003). Schulten; Klashorst e Russell (1976) observaram que populações de *P. persimilis* liberadas em cultivos protegidos na Holanda apresentaram elevada resistência a paration. A introdução de uma linhagem de *P. persimilis* resistente a organofosforados foi realizada no Egito para o controle de *T. urticae* na cultura do pepino, evidenciando-se uma elevada efetividade desse predador quando foram realizadas liberações de dez indivíduos por planta (RASMY; ELLAITHY, 1988).

A resistência de *Neoseiulus californicus* (McGregor) a inseticidas organofosforados foi documentada por Croft; Briozzo e Carbonell (1976) em pomares comerciais de maçã no Uruguai. No Brasil, Sato et al. (2002) realizaram coleta de uma população de *N. californicus* em cultivo de morango na região de Atibaia/SP e observaram que elevada tolerância a diversos agrotóxicos como o acaricida propargite e o inseticida dimetoato. Poletti e Omoto (2005) mostraram que esta população de *N. californicus* proveniente de Atibaia/SP (morango) foi aproximadamente 24 vezes mais tolerante à deltametrina em relação a uma população proveniente de um pomar comercial de maçã em Fraiburgo/SC.

Além da integração do controle químico e biológico, alguns pesquisadores tem explorado as liberações combinadas de diferentes espécies de ácaros fitoseídeos com hábitos alimentares distintos, geralmente de uma espécie generalista com especialista (SCHAUSBERGER; WALZER, 2001; BLÜMEL; WALZER, 2002; RHODES et al.; 2006). No entanto, deve-se considerar que a coexistência de espécies de predadores com diferentes hábitos alimentares e/ou comportamentais pode acarretar em interações negativas, tal como a predação intraguildd (POLIS; MYERS; HOLT, 1989; ROSENHEIM et al., 1995; SCHAUSBERGER ; WALZER, 2001). A predação intraguildd, ou seja, dentro do mesmo nível trófico, é um exemplo de competição direta entre espécies, sendo que diferentes níveis estabelecidos nessa interação podem levar a conseqüências diretas na densidade populacional dos ácaros fitoseídeos (YAO; CHANT, 1989). A agressividade na predação intraguildd ocorre de maneira distinta entre os ácaros generalistas e especialistas. Estudos comprovaram que quando há chance de escolha, os generalistas preferem se alimentar de outras espécies de ácaros predadores a realizarem o canibalismo, ou seja, predação intraespecífica. No entanto, os ácaros especialistas não fazem essa distinção (SCHAUSBERGER, 2003). Devido a esse fato, há necessidade de estudos preliminares para a adoção dessa estratégia em programas de manejo de pragas, sendo que os mesmos, além de focar a eficiência dessa estratégia, também devem considerar possíveis interações, estabelecidas de organismos presentes no mesmo nível trófico, as quais podem prejudicar diretamente o desempenho de cada espécie (SCHAUSBERGER; WALZER, 2001).

No Brasil, os ácaros fitoseídeos *N. californicus* e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) têm sido promissores para o controle biológico aplicado de *Tetranychus urticae* Koch em várias culturas (BELLINI et al., 2006; MONTEIRO, 2002; SATO et al., 2006; WATANABE, MORAES; NICOLELLA, 1994). Devido ao fato de *N. californicus* e *P. macropilis* apresentarem características que os diferem quanto ao hábito alimentar e comportamento, sendo o primeiro considerado generalista e o segundo especialista (McMURTRY; CROFT, 1997; CROFT; MONETTI; PRATT, 1998), considera-se que essas espécies possam ser exploradas de forma combinada para otimizar programas de manejo de *T. urticae*.

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de reunir subsídios para a integração das estratégias de controle químico e biológico para a conservação e liberação dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* em programas de manejo do ácaro rajado, *T. urticae*, em sistemas

de produção agrícola com uso de agrotóxicos, tais como cultivos protegidos de plantas ornamentais e/ou hortaliças. Os objetivos específicos da tese foram:

- Avaliar a compatibilidade de *N. californicus* e *P. macropilis* com vários agrotóxicos (incluindo acaricida-inseticidas, inseticidas e fungicidas), recomendados para o controle de pragas em cultivo de plantas ornamentais e/ou hortaliças;
- Realizar a caracterização da linha-básica de suscetibilidade de *N. californicus* e *P. macropilis* a deltametrina e o monitoramento da suscetibilidade a esse inseticida em populações de *P. macropilis* provenientes de diferentes cultivos de plantas ornamentais;
- Avaliar os efeitos letal e sub-letal dos inseticidas neonicotinóides acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam sobre *N. californicus* e *P. macropilis*;
- Comparar a toxicidade dos acaricida-inseticidas abamectina e espiromesifeno sobre o ácaro rajado *T. urticae* em relação aos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis*;
- Avaliar a viabilidade da liberação combinada dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* para o manejo de *T. urticae* em condições de laboratório e casa de vegetação.

Referências

BELLINI, M.R.; ARAÚJO, R.V.; BALLAMINUT, J.C.C.; BERTI FILHO, E.; MORAES, G.J. DE. 2006. Perspectivas para o controle biológico do ácaro rajado em gérberras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACAROLOGIA, 1., 2006. Viçosa. **Resumos...**, Viçosa:UFV, 2006. p.188.

BLOMMERS, L. H. M. Integrated pest management in European apple orchards. **Annual Review of Entomology**, Stanford ,v.39, p.213-241, 1994.

BLÜMEL, S.; WALZER, A. Efficacy of different release strategies of *Neoseiulus californicus* McGregor e *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Acari: Phytoseiidae) for the control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on greenhouses cut roses. **Systematic and Applied Acarology**, Auckland, v. 7, p.35-48, 2002.

CROFT, B.A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley Interscience, 1990. 723p.

CROFT, B.A.; WHALON, M.E. Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. **Entomophaga**, Paris, v.27, n.1, p.3-21, 1982.

CROFT, B. A.; BRIOZZO, J.; CARBONELL, J. B. Resistance to organophosphorous insecticides in a predaceous mite, *Amblyseius chilensis*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.69, p.563-565, 1976.

CROFT, B. A.; MONETTI, L. N.; PRATT, P. D. Comparative life histories and predation types: are *Nesoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar Type II selective predators of spider mites? **Environmental Entomology**, Lanham, v. 27, p.531-538, 1998.

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

GEORGHIOU, G. P.; LAGUNES-TEJEDA, A. **The occurrence of resistance to pesticides in arthropods**. Rome: FAO, 1991. 318p.

GERSON, U.; SMILEY, R.L.; OCHOA, R. **Mites (acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 539p.

GOTOH, T.; MITSUYOSHI, N.; YAMAGUCHI, K. Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the laboratory. **Applied Entomology Zoology**, Tsukuba, v.39, n.1, p.97-105, 2004.

GRAFTON-CARDEWELL, E.E; GODFREY, L.D.; CHANEY, W.E.; BENTLEY, W.J. Various novel insecticides are less toxic to humans, more specific to key pests. **California Agriculture**, Berkeley, v.59, n.1, p.29-34, 2005.

HOY, M. A. Recent advances in genetics and genetic improvement of the Phytoseiidae. **Annual Review of Entomology**, Stanford , v.30, p.347-370, 1985.

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

KOSTIAINEN, T.; HOY, M. A. Variability in resistance to organophosphorous insecticides in field-collected colonies of *Amblyseius finlandicus* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Applied Entomology**, Lanham, v.117, p.370-379, 1994.

KOVEOS, D.S.; BROUFAS, G.D. Functional response of *Euseius finlandicus* and *Amblyseius andersoni* to *Panonychus ulmi* on apple and peaches leaves in laboratory. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.24, p.247-256, 2000.

LI, D. -X.; TIAN, J.; SHEN, Z. -R. Effects of pesticides on the functional response of predatory thrips, *Scolothrips takahashii* to *Tetranychus viennensis*. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.130, p.314-322, 2006.

McMUTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of Phytoseiidae mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.42, p. 291-321, 1997.

MONTEIRO, L.B. Criação de ácaros fitófagos e predadores: Uma caso de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; FERREIRA, B.S.C.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.351-362.

MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, Auckland, v.434, p. 1-494, 2004.

NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in integrated pest management**. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586p.

POLETTI, M.; OMOTO, C. Variabilidades inter e intraespecífica na suscetibilidade de ácaros fitoseídeos à deltametrina em citros no Brasil. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, v.75, p.32-37, 2005.

POLIS, G. A.; MYERS, C. A.; HOLT, R. D. The ecology and evolution of intraguild predation: potencial competitors that eat each other. **Annual Review of Ecology Systematics**, Stanford, v. 20, p.297-330, 1989.

RASMY, A. H.; ELLAITHY, Y. M. Introduction of *Phytoseiulus persimilis* for twospotted spider mite control in greenhouses in Egypt (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Entomophaga**, Paris, v.33, p.435-438, 1988.

RHODES, E.; LIBURD, O. E.; KELTS, C.; RONDON, S. I.; FRANCIS, R. R. Comparison of single and combination treatments of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* and Acramite (bifenazate) for control of twospotted spider mites in strawberry. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.39, p.213-225, 2006.

ROCK, G. C. Relative toxicity of two synthetic pyrethroids to a predator *Amblyseius fallacis* and its prey *Tetranychus urticae*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.72, p.293-294, 1979.

ROUSH, R. T.; HOY, M. A. Selection improves sevin resistance in spider mite predator. **California Agriculture**, Berkeley, v.34, n.1, p.11-14, 1980.

ROSENHEIM, J. A.; KAYA, H. K.; EHLER, L. E.; MAROIS, J. J.; JAFFEE, B. A. Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. **Biological Control**, Oxford, v. 5, p.303-335, 1995.

SATO, M.E.; SILVA, M. DA; GONÇALVEZ, L.R.; SOUZA FILHO, M.F. DE; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a morangueiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.3, p.449-456, 2002.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z. DA; SOUZA FILHO, M.F. DE; MATIOLI, A.L.; RAGA, A. Management of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in strawberry fields using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and acaricides. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ACAROLGY, 12., 2006, Amsterdam. **Abstract...** Amsterdam: University of Amsterdam, 2006. p.184.

SCHAUSBERGER, P. Cannibalism among phytoseiid mites: a review. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 29, p.173-191, 2003.

SCHAUSBERGER, P.; WALZER, A. Combined versus single species release of predaceous mites: predator-predator interactions and pest suppression. **Biological Control**, Oxford, v. 20, p. 269-278, 2001.

SHIPP, J.L.; WHITFIELD, G.H. Functional response of predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 20, n.2, p.694-699, 1991.

SCHULTEN, G. G. M.; van de KLASHORST, G. RUSSELL, V. M. Resistance of *Phytoseiulus persimilis* A. H. (Acari: Phytoseiidae) to some insecticides. **Zeitschrift fuer Angewandte Entomologie**, Berlin, v. 80, p. 337-341, 1976.

STARK, J.D.; BANKEN, J.A.O. Importance of population structure at the time of toxicant exposure. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.42, p.282-287, 1999.

STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.48, p.505-519, 2003.

STARK, J.D.; TANIGOSHI, L.; BOUNFOUR, M.; ANTONELLI, A. Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.37, p.273-279, 1997.

TEODORO, A.V.; FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.P.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.36, p.61-70, 2005.

VENZON, M.; ROSADO, M.C.; PINTO, C.M.F.; DUARTE, V.S., EUSÉBIO, D.E.; PALLINI, A. Potencial de defensivos alternativas para o controle do ácaro-branco em pimenta "Malagueta". **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.224-227, 2006.

WATANABE, M. A.; MORAES, G. J. de; NICOLELLA, G. Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, p.75-81, 1994.

WEI, Q.; WALDE, S.J. The functional response of *Typhlodromus pyri* to its prey, *Panonychus ulmi*: the effect of pollen. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.21 p.677-684, 1997.

YANINEK, J.S.; MORAES, G.J. de. A synopsis of classical biological control of mites in agriculture. In: DUSBABECK, F.; BUKVA, V. (Ed.). **Modern acarology**. Prague: Academia, 1991. p.133-149.

YAO, D. S.; CHANT, D. A. Population growth and predation interference between two species of predatory phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae) in interactive systems. **Oecologia**, Berlin, v. 80, p.443-455, 1989.

ZHANG, Z.Q. **Mites of greenhouses: identification, biology and control**. London: CABI Publishing, 2003. 244p.

2 COMPATIBILIDADE DE AGROTÓXICOS COM OS ÁCAROS PREDADORES *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) E *Phytoseiulus macropilis* (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Resumo

Uma das estratégias para o manejo do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch é o uso do controle biológico aplicado mediante liberações de ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae). No entanto, o emprego de agrotóxicos pode interferir na sobrevivência e reprodução desses inimigos naturais. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar, em condições de laboratório, a compatibilidade de 21 agrotóxicos (incluindo acaricida-inseticidas, inseticidas e fungicidas) sobre imaturos e adultos dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks). As concentrações utilizadas para cada produto foram definidas baseadas nas recomendações para controle de pragas e doenças em cultivo de plantas ornamentais e hortaliças no Brasil. A avaliação da mortalidade de imaturos e adultos de cada espécie de ácaro predador foi efetuada 120 e 48 h após a pulverização do agrotóxico, respectivamente. O impacto dos agrotóxicos na taxa instantânea de crescimento (r_i) foi estimado sete dias após a pulverização dos agrotóxicos sobre as fêmeas adultas de cada ácaro predador. A compatibilidade de agrotóxicos testados foi maior com *N. californicus* do que com *P. macropilis*. Dentre os produtos, dois acaricida-inseticidas (fenpropratrina e milbemectina), dois inseticidas (buprofezina e espinosade) e oito fungicidas (azoxistrobina, metiram+piraclostrobina, boscalida+cresoxim-metílico, tebuconazol, clorotalonil, imibenconazol, iprodiona, triforina) não apresentaram efeito na sobrevivência e reprodução de *N. californicus*. Por outro lado, apenas seis fungicidas foram compatíveis com *P. macropilis* (azoxistrobina, boscalida+cresoxim-metílico, tebuconazol, imibenconazol, iprodiona e triforina). O acaricida-inseticida piridabem foi o produto que apresentou maior toxicidade sobre *N. californicus*. Verificou-se que fenpropratrina, beta-cipermetrina, cloridrato de formetanato, metomil e piridabem, além de terem causado elevada mortalidade de *P. macropilis*, também levaram a população desse ácaro à extinção, sete dias após a pulverização. Devido à tolerância de *N. californicus* a vários agrotóxicos, esse ácaro predador apresenta alto potencial para utilização em áreas comerciais de cultivo. Com relação a *P. macropilis*, uma estratégia que poderia contribuir com a sua preservação em áreas de produção comercial seria a seleção de linhagens resistentes a agrotóxicos.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; *Tetranychus urticae*; Ácaros fitoseídeos; Controle biológico; Controle químico

Compatibility of pesticides with the predaceous mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae)

Abstract

One of the strategies to manage two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch is the use of applied biological control by releasing phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). However,

the use of pesticides can affect the survivorship and reproduction of these biological control agents. Therefore, the objective of this study was to evaluate the compatibility of 21 pesticides (including acaricide-insecticides, insecticides and fungicides) on immature and adult stages of the predaceous mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks), under laboratory conditions. Each pesticide was tested at concentrations that were recommended to control the pests and diseases in vegetable and ornamental crops in Brazil. The mortality of immature and adult stages of each predaceous mite was assessed 120 and 48 h after spraying the pesticide, respectively. The impact of pesticides on instantaneous growth rate (r_i) was also assessed after seven days of application of pesticides on female adults of each predaceous mite. Higher compatibility of tested pesticides was observed with *N. californicus* than with *P. macropilis*. Among the pesticides, two acaricide-insecticides (fenpropathrin and milbemectin), two insecticides (buprofezin and spinosad) and eight fungicides (azoxystrobin, metiram+pyraclostrobin, boscalid+kresoxim-methyl, tebuconazole, clorotalonil, imibenconazole, iprodione, triforine) had no effect on survivorship and reproduction of *N. californicus*. On the other hand, only six fungicides were compatible with *P. macropilis* (azoxystrobin, boscalid+kresoxim-methyl, tebuconazole, imibenconazole, iprodione e triforine). The highest toxicity to *N. californicus* was observed with the acaricide-insecticide pyridaben. Besides the high mortality of *P. macropilis* caused by fenpropathrin, beta-cypermethrin, formetanate, methomyl and pyridaben, these pesticides led to the extinction of mite population, seven days after spraying. Because of the tolerance of *N. californicus* to several pesticides, this predaceous mite show high potential to be exploited in commercial field crops. In relation to *P. macropilis*, one strategy that could contribute to the conservation of this species would be the selection of pesticide-resistant strains.

Keywords: Integrated pest management; *Tetranychus urticae*; Phytoseiid mites; Biological control, Chemical control

2.1 Introdução

O controle químico é a principal estratégia adotada para o manejo do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), em cultivo protegido de plantas ornamentais e hortaliças. No entanto, o uso intensivo de acaricidas para o controle dessa praga tem comprometido o desempenho dos principais agrotóxicos disponíveis no mercado, principalmente devido à evolução da resistência (CRANHAM; HELLE, 1985, NAUEN et al., 2001). No Brasil, vários casos de resistência do ácaro rajado a agrotóxicos têm sido documentados, em cultivo de morango e plantas ornamentais, tais como abamectina, fempiroximate, propargite, clorfenapir, enxofre e dimetoato (SATO, 2006).

Uma estratégia viável para o manejo da resistência do ácaro rajado a acaricidas nessas culturas é o uso do controle biológico aplicado, que se adequa dentro da filosofia de manejo integrado de pragas (MIP) (NORRIS; CASWELL-CHEN; KOGAN, 2003). Os ácaros predadores são considerados os inimigos naturais mais efetivos no controle biológico de ácaros-praga, sendo

que as principais famílias com espécies de predadores são Anystidae, Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Laelapidae, Phytoseiidae e Stigmaeidae (YANINEK; MORAES, 1991; GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003). Dentre esses, os ácaros fitoseídeos são os mais importantes, sendo que em todo mundo são conhecidas mais de 2.250 espécies, das quais cerca de 140 já foram relatadas no Brasil (MORAES et al., 2004).

No entanto, a adoção do controle químico pode interferir drasticamente nas liberações desses predadores, já que os mesmos geralmente são mais suscetíveis aos agrotóxicos do que os ácaros fitófagos (ROCK, 1979; CROFT; WHALON, 1982; CROFT, 1990). Para minimizar o efeito negativo do controle químico sobre os inimigos naturais, a integração das estratégias de controle químico com controle biológico pode resultar em uma forma de manejo racional de ácaros. A seleção de agrotóxicos que sejam compatíveis com os ácaros fitoseídeos é uma estratégia importante, o que poderá contribuir para o sucesso de programas de manejo integrado em cultivo protegido de plantas ornamentais e hortaliças.

Além do efeito letal sobre os inimigos naturais, estudos para estimar o efeito sub-letal de cada produto são recomendados (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Nesse contexto, a avaliação da toxicidade dos agrotóxicos nos parâmetros demográficos é uma das principais ferramentas para avaliar o efeito sub-letal em populações de inimigos naturais. Assim, estudos ecotoxicológicos têm sido realizados com esse propósito, geralmente empregando a estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) (STARK et al., 1997; STARK; BANKEN, 1999; TEODORO et al., 2005; VENZON et al., 2006). Essa medida estima a toxicidade direta dos agrotóxicos no crescimento populacional, e assim como a razão intrínseca de crescimento (r_m), integra os efeitos na sobrevivência e fecundidade de uma determinada população (STARK; BANKS, 2003).

Este trabalho foi desenvolvido com o propósito de avaliar a compatibilidade de 21 agrotóxicos (incluindo acaricida-inseticidas, inseticidas e fungicidas), recomendados para o controle de pragas em cultivo de plantas ornamentais e/ou hortaliças, com os ácaros *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) que são inimigos naturais potenciais para o emprego em programas de manejo de *T. urticae* nessas culturas.

2.2 Desenvolvimento

2.2.1 Material e Métodos

2.2.1.1 Coleta das populações de ácaros

A população de *T. urticae* foi proveniente de coletas realizadas durante o ano de 2003 em cultivo de feijão, *Phaseolus vulgaris* L., situados no campo experimental do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, da ESALQ/USP em Piracicaba/SP. Com relação aos ácaros predadores, a população de *N. californicus* foi cedida, em 2002, pelo Dr. Mario Eidi Sato do Instituto Biológico em Campinas/SP, sendo previamente coletada em cultivo comercial de morango no município de Atibaia/SP, em outubro de 1999. Já a população de *P. macropilis* foi coletada em 2003, em cultivo de feijão situado em Piracicaba/SP, por ocasião das coletas de *T. urticae*.

Após a realização das coletas, os ácaros foram encaminhados até o laboratório, dentro de sacos de papel que foram acondicionados em caixas de isopor contendo placas de gelo. Após o estabelecimento das populações em laboratório, amostras foram retiradas para identificação específica.

2.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório

Para a criação de *T. urticae*, plantas de *Canavalia ensiformis* (L.) foram cultivadas em casa de vegetação até o desenvolvimento do primeiro par de folhas. Cerca de 50 plantas de *C. ensiformes* foram infestadas no laboratório com todos os estágios de desenvolvimento do ácaro rajado. Essas plantas infestadas foram mantidas em uma gaiola de 1,0 × 0,6 × 0,4 m, feita com armação de madeira e coberta com tecido voil. A cada cinco dias, aproximadamente 25 plantas foram substituídas por plantas novas para a manutenção da população.

As populações dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* foram mantidas sobre as plantas de *C. ensiformis* infestadas com *T. urticae*, utilizado com fonte de alimento aos predadores. Cada espécie foi mantida separadamente em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase. A cada cinco dias, aproximadamente 25 plantas foram substituídas por outras plantas infestadas por *T. urticae*, para a manutenção da população dos ácaros predadores.

2.2.1.3 Bioensaios toxicológicos

A toxicidade de 21 agrotóxicos recomendados para o controle de pragas em cultivo protegido de plantas ornamentais e/ou hortaliças (Quadro 2.1) foi avaliada sobre os ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis*. Os agrotóxicos foram divididos em três grupos sendo: A. acaricida-inseticidas; B. inseticidas e C. fungicidas.

A concentração utilizada para cada agrotóxico foi definida de acordo com a recomendação para o controle de pragas em plantas ornamentais e/ou hortaliças (AGROFIT, 2006). Para o tratamento controle foi utilizada água destilada em todos os estudos.

2.2.1.3.1 Efeito de agrotóxicos sobre imaturos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Grupos com 50 fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis* foram retirados diretamente das criações mantidas em laboratório, sendo transferidos para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae*. Para a confecção das arenas, cada folha foi disposta sobre uma espuma embebida em água destilada contida em placas de Petri de 12 cm de diâmetro. A borda da folha foi circundada com algodão hidrófilo umedecido para mantê-la túrgida e impedir a fuga dos ácaros. Cada arena contendo os ácaros predadores foi mantida em câmara climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase, durante 24 h.

Após esse período, grupos com cinco ovos de cada predador, com idade variando entre 0 e 24 h, foram retirados das arenas e transferidos em discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, infestados com aproximadamente 20 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. Quatro discos, contendo cinco ovos de cada ácaro predador por disco, foram dispostos sobre espuma embebida em água destilada contida em placa de Petri de 12 cm de diâmetro. As bordas dos discos foram circundadas com algodão hidrófilo umedecido para mantê-los túrgidos e impedir a fuga dos ácaros.

As arenas foram mantidas durante 20 h em câmaras climatizadas, sendo posteriormente pulverizadas com uso da torre de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Inglaterra), calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa). Em cada aplicação foi utilizado um volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente $1,50 \text{ mg/cm}^2$. Meia hora após a pulverização, o algodão que circundava os discos de folha foi

| Nome Comercial | Ingrediente Ativo | Grupo Químico | Concentração ^a (mg i.a. L ⁻¹) |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---|
| <i>Acaricida-inseticida</i> | | | |
| Danimen 300CE | fenpropatrina | piretróide | 90 |
| Dicarzol 500 SP | cloridrato de formetanato | metilcarbamato de fenila | 750 |
| Milbeknock | milbemectina | milbemicina | 10 |
| Polo 500 WP | diafentiuron | feniltiouréia | 300 |
| Sanmite | piridabem | piridazinona | 150 |
| Thiodan EC | endossulfan | ciclodienoclorado | 3.500 |
| <i>Inseticida</i> | | | |
| Applaud 250 | buprofezina | tiadiazinona | 500 |
| Akito | beta-cipermetrina | piretróide | 40 |
| Lannate BR | metomil | metilcarbamato de oxima | 215 |
| Provado 200 SC | imidacloprido | neonicotinóide | 200 |
| Tracer | espinosade | espinosinas | 144 |
| Trigard 750 WP | ciromazina | triazinamina | 113 |
| <i>Fungicida</i> | | | |
| Amistar | azoxistrobina | estrobilurina | 100 |
| Cabrio Top | metiram + piraclostrobina | ditiocarbamato + estrobilurina | 1.100 + 100 |
| Collis | boscalida + cresoxim-metílico | anilida + estrobilurina | 100 + 50 |
| Folicur 200 EC | tebuconazol | triazol | 150 |
| Isatalonil | clorotalonil | isofalonnitrila | 1.500 |
| Manage 150 | imibenconazol | triazol | 150 |
| Persist SC | mancozebe | ditiocarbamato | 1.602 |
| Rovral SC | iprodiona | dicarboximida | 500 |
| Saprol | triforina | análogo triazol | 285 |

^a Concentração selecionada dentro da faixa recomendada pelos respectivos fabricantes para o controle de pragas em cultivos de plantas ornamentais e/ou hortalças (AGROFIT, 2006).

Quadro 2.1 - Agrotóxicos utilizados nos bioensaios toxicológicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

removido, transferindo-se cada disco sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Essas placas foram fechadas com filme plástico (PVC) para evitar a fuga dos ácaros, e foram mantidas dentro de caixas plásticas, em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas.

A avaliação da mortalidade foi efetuada 120 h após a pulverização dos ovos, contando-se o número de ácaros vivos em cada tratamento, considerando-se morto o indivíduo que não respondeu com movimentos vigorosos ao ser tocado por um pincel. Os dados de porcentagem de mortalidade, para cada espécie, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos com agrotóxicos foram comparadas com o controle pelo teste de Dunnett a 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Além disso, para cada produto testado foi comparada a suscetibilidade de *N. californicus* e *P. macropilis* pelo teste-*t*, com a correção da mortalidade de cada tratamento pela fórmula de Abbott (1925).

2.2.1.3.2 Toxicidade de agrotóxicos sobre fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Trinta fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis*, com aproximadamente 10 dias após a emergência, foram transferidas para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae* (conforme descrito no item anterior).

Após a transferência dos ácaros predadores, foi realizada a pulverização dessas arenas, juntamente com discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, previamente infestados com cerca de 40 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. A pulverização foi realizada com a torre de Potter, calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa), sendo que para cada aplicação foi utilizado um volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente $1,50 \text{ mg/cm}^2$. Em seguida, os discos de folha contendo resíduo foram deixados para secar em condições de laboratório por aproximadamente meia hora. Posteriormente, esses discos foram acondicionados sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Grupos de cinco fêmeas pulverizadas foram transferidos para cada arena contendo resíduo do respectivo agrotóxico. Posteriormente, essas arenas foram fechadas com

filme plástico transparente (PVC) para impedir a fuga dos ácaros. As arenas foram mantidas em câmara climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase.

Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas. A avaliação da mortalidade foi efetuada 48 h após a transferência dos ácaros predadores contaminados sobre o resíduo, sendo considerado morto o indivíduo que não respondeu com movimentos vigorosos ao ser tocado por um pincel. Os dados de porcentagem de mortalidade, para cada espécie, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos com agrotóxicos foram comparadas com o controle pelo teste de Dunnett a 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Além disso, para cada agrotóxico testado foi comparada a suscetibilidade de *N. californicus* e *P. macropilis* pelo teste *t*, corrigindo-se a mortalidade de cada tratamento pela fórmula de Abbott (1925).

2.2.1.3.3 Efeito de agrotóxicos no crescimento populacional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Para avaliar o impacto dos agrotóxicos no crescimento populacional de *N. californicus* e *P. macropilis* foi realizada a estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i), eq. (1):

$$r_i = \frac{\ln(N_f/N_o)}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: N_f é o número de ácaros presentes em cada arena por ocasião da avaliação do bioensaio (ovos, larvas, ninfas e adultos), N_o é o número inicial de ácaros transferidos em cada arena por ocasião do início do bioensaio e Δt é o período em que os ácaros predadores ficaram em contato com o resíduo dos produtos, ou seja, o período de duração do bioensaio. De acordo com a equação, se o valor estimado para: $r_i = 0$, verifica-se equilíbrio no crescimento populacional; por outro lado se $r_i > 0$, o crescimento populacional mantém-se em estado ascendente e se $r_i < 0$, a população está sofrendo um declínio que poderá levá-la à extinção, quando $N_f = 0$ (STARK; BANKS, 2003).

Os procedimentos adotados para a execução deste bioensaio foram os mesmos descritos para avaliar a toxicidade sobre fêmeas adultas, conforme descrito no item 2.2.1.3.2. Porém, a avaliação foi efetuada sete dias após a transferência das fêmeas adultas pulverizadas sobre o

resíduo, momento em que se procedeu a contagem do número total de predadores/arena (ovos, imaturos e adultos). Os dados do número final de cada predador por tratamento (N_f), para cada espécie, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos com agrotóxicos foram comparadas com o controle pelo teste de Dunnett ao nível de 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Além disso, também foi efetuada a interpretação dos resultados obtidos para taxa instantânea para cada tratamento.

2.2.2 Resultados

2.2.2.1 Efeito de agrotóxicos sobre imaturos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

A maioria dos agrotóxicos testados afetou o desenvolvimento da fase imatura de *N. californicus* e *P. macropilis*. Diferença significativa entre os tratamentos foi observada para *N. californicus* ($F=10,53$; g.l.= 21, 114; $p<0,0001$). Os acaricida-inseticidas cloridrato de formetanato, diaferentiurum, piridabem e endosulfan, causaram mortalidade maior do que 60% na fase imatura de *N. californicus*. Os inseticidas beta-cipermetrina, metomil, imidacloprido e ciromazina também foram tóxicos sobre imaturos desse predador, ocasionando mortalidade entre 37 e 58%. Com relação aos fungicidas, apenas mancozebe afetou os imaturos de *N. californicus* (Figura 2.1).

Todos os acaricida-inseticidas e inseticidas testados afetaram significativamente o desenvolvimento da fase imatura de *P. macropilis* ($F=18,23$; g.l.=21, 102; $p< 0,0001$), sendo que fenpropratrina, piridabem, cloridrato de formetanato, diafentiuron, endosulfan, beta-cipermetrina, metomil e imidacloprido causaram mortalidades superiores a 85%. Com relação aos fungicidas, clorotalonil, mancozebe e metiram+piraclostrobina apresentaram toxicidade significativa sobre imaturos de *P. macropilis*, causando mortalidade maior do que 40% nesse estágio (Figura 2.2).

N. californicus foi mais tolerante aos acaricida-inseticidas fenpropratrina, cloridrato de formetanato, aos inseticidas beta-cipermetrina e metomil e aos fungicidas metiram+piraclostrobina, tebuconazol e clorotalonil do que *P. macropilis* (Tabela 2.1).

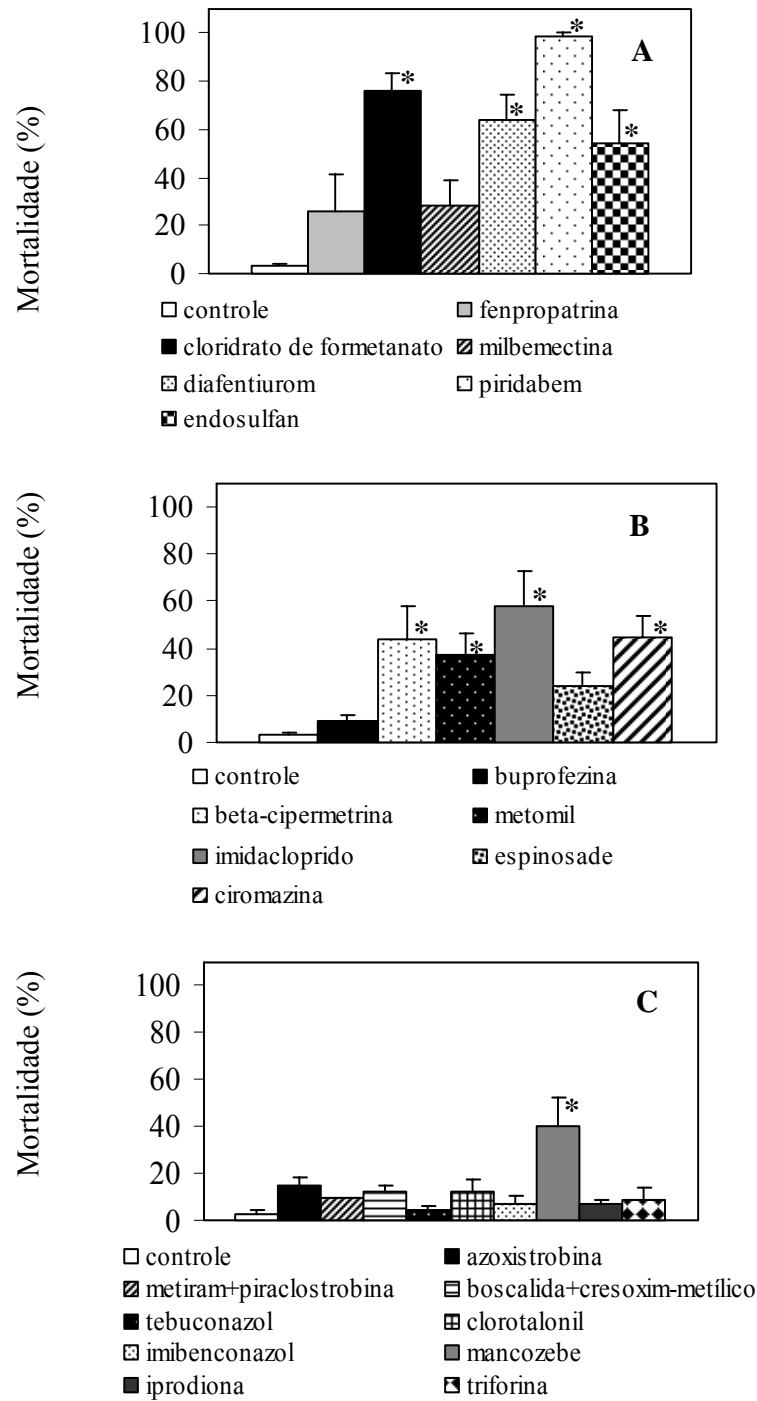


Figura 2.1 - Toxicidade de acaricida-inseticidas (A), inseticidas (B) e fungicidas (C) sobre imaturos de *Neoseiulus californicus*. *Mortalidade média no tratamento diferiu significativamente do controle (Dunnnett, $p < 0,05$)

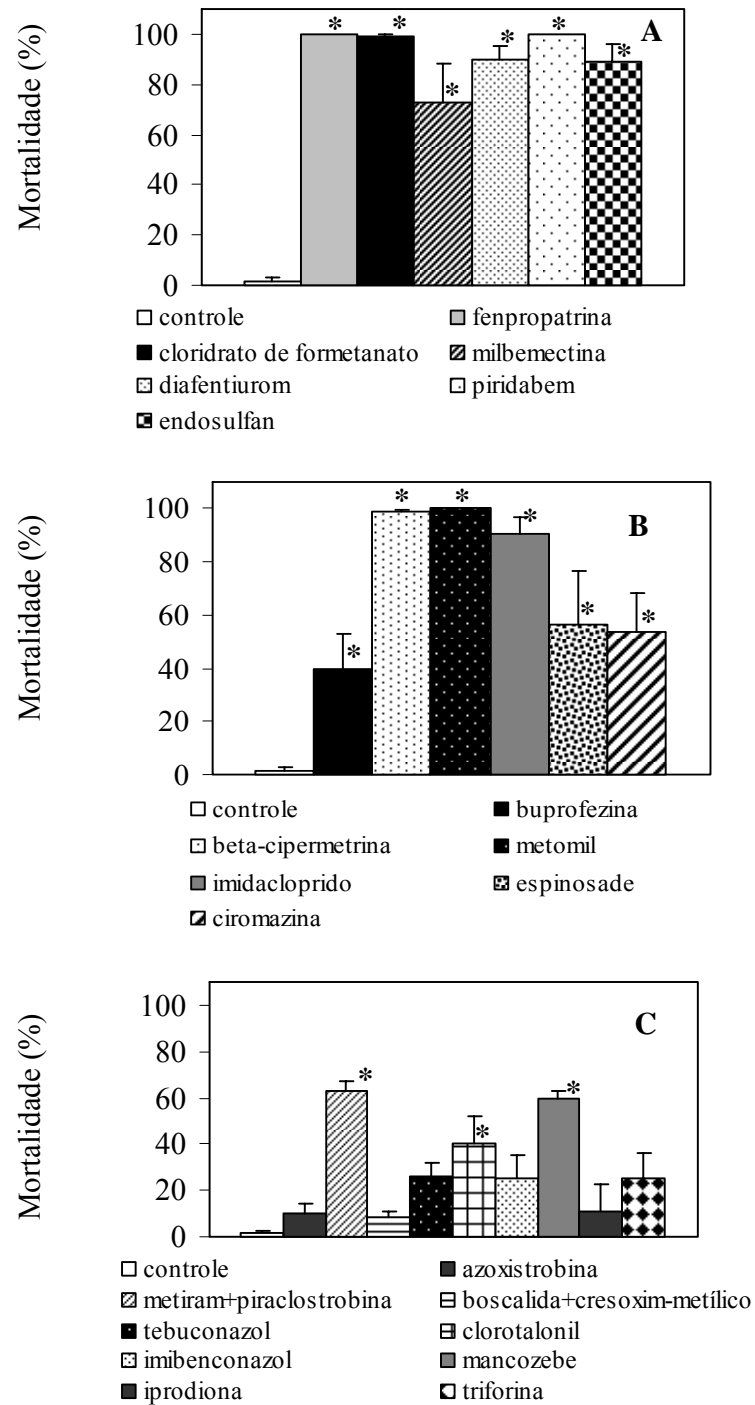


Figura 2.2 - Toxicidade de acaricida-inseticidas (A), inseticidas (B) e fungicidas (C) sobre imaturos de *Phytoseiulus macropilis*. *Mortalidade média no tratamento diferiu significativamente do controle (Dunnnett, $p < 0,05$)

Tabela 2.1 - Efeito de agrotóxicos sobre imaturos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

| Tratamento | Porcentagem de mortalidade (\pm EP) ^a | | <i>p</i> |
|-------------------------------|---|----------------------|-----------|
| | <i>N. californicus</i> | <i>P. macropilis</i> | |
| <i>Acaricida-inseticida</i> | | | |
| fenpropatrina | 23,11 \pm 15,92 | 100,00 \pm 0,00 | 0,0037* |
| cloridrato de formetanato | 75,42 \pm 7,50 | 99,00 \pm 1,00 | 0,0144* |
| milbemectina | 25,43 \pm 11,50 | 71,03 \pm 18,57 | 0,0653 |
| diafentiuron | 62,11 \pm 11,18 | 89,67 \pm 6,40 | 0,0873 |
| piridabem | 100,00 \pm 0,00 | 100,00 \pm 0,00 | - |
| endosulfan | 51,84 \pm 14,45 | 88,14 \pm 8,42 | 0,0832 |
| <i>Inseticida</i> | | | |
| buprofezina | 6,12 \pm 3,67 | 37,01 \pm 15,67 | 0,0688 |
| beta-cipermetrina | 41,43 \pm 14,49 | 98,61 \pm 11,39 | 0,0104* |
| metomil | 34,35 \pm 9,53 | 100,00 \pm 0,00 | 0,0005* |
| imidacloprido | 56,23 \pm 15,07 | 90,21 \pm 6,63 | 0,1019 |
| espinosade | 20,65 \pm 6,34 | 53,06 \pm 24,64 | 0,1983 |
| ciromazina | 42,97 \pm 9,06 | 51,51 \pm 16,49 | 0,6453 |
| <i>Fungicida</i> | | | |
| azoxistrobina | 13,05 \pm 8,14 | 10,00 \pm 4,18 | 0,7454 |
| metiram + piraclostrobina | 8,10 \pm 1,16 | 63,00 \pm 4,06 | < 0,0001* |
| boscalida + cresoxim-metílico | 9,10 \pm 3,65 | 8,00 \pm 2,55 | 0,8103 |
| tebuconazol | 4,10 \pm 1,83 | 26,00 \pm 5,57 | 0,0048* |
| clorotalonil | 10,16 \pm 5,23 | 40,00 \pm 11,73 | 0,0486* |
| imibenconazol | 7,21 \pm 2,67 | 25,00 \pm 10,49 | 0,1447 |
| mancozebe | 38,89 \pm 12,63 | 60,00 \pm 5,92 | 0,1686 |
| iprodiona | 5,00 \pm 2,74 | 11,00 \pm 2,92 | 0,1720 |
| triforina | 7,00 \pm 5,83 | 25,00 \pm 11,29 | 0,1944 |

^a Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925). * Médias dos tratamentos, na linha, diferem entre si (teste-*t*, *p*<0,05).

2.2.2.2 Toxicidade de agrotóxicos sobre fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Foram observadas diferenças significativas na mortalidade de fêmeas adultas de *N. californicus* entre os agrotóxicos testados ($F=15,31$; g.l.= 21, 79; $p < 0,0001$). Três acaricida-inseticidas causaram mortalidade significativa desse predador, sendo cloridrato de formetanato (56%), piridabem (95%) e endosulfan (46%). Os demais acaricida-inseticidas, inseticidas e fungicidas testados não apresentaram impacto sobre esse estágio de desenvolvimento do predador, sendo que todos os produtos causaram mortalidade inferior a 20% (Figura 2.3).

A maioria dos agrotóxicos apresentou elevada toxicidade sobre *P. macropilis*, obtendo-se diferenças significativas entre os tratamentos ($F=12,21$; g.l.= 21, 78; $p < 0,0001$). Os acaricida-inseticidas fenpropatrina, cloridrato de formetanato e piridabem e os inseticidas beta-cipermetrina e metomil, causaram mortalidades entre 98 e 100% de adultos desse predador. Além desses, milbemectina, endosulfan, triforina e imidacloprido também afetaram *P. macropilis*, observando-se mortalidades entre 47 e 73% de fêmeas adultas dessa espécie (Figura 2.4).

Comparando-se a suscetibilidade de fêmeas adultas desses dois predadores, verifica-se que *N. californicus* foi mais tolerante aos acaricida-inseticidas fenpropatrina, cloridrato de formetanato, milbemectina e aos inseticidas beta-cipermetrina e metomil do que *P. macropilis* (Tabela 2.2). De modo geral, dentre as classes de agrotóxicos testados, o grupo dos fungicidas foi o que apresentou menor impacto sobre fêmeas adultas de ambos os predadores.

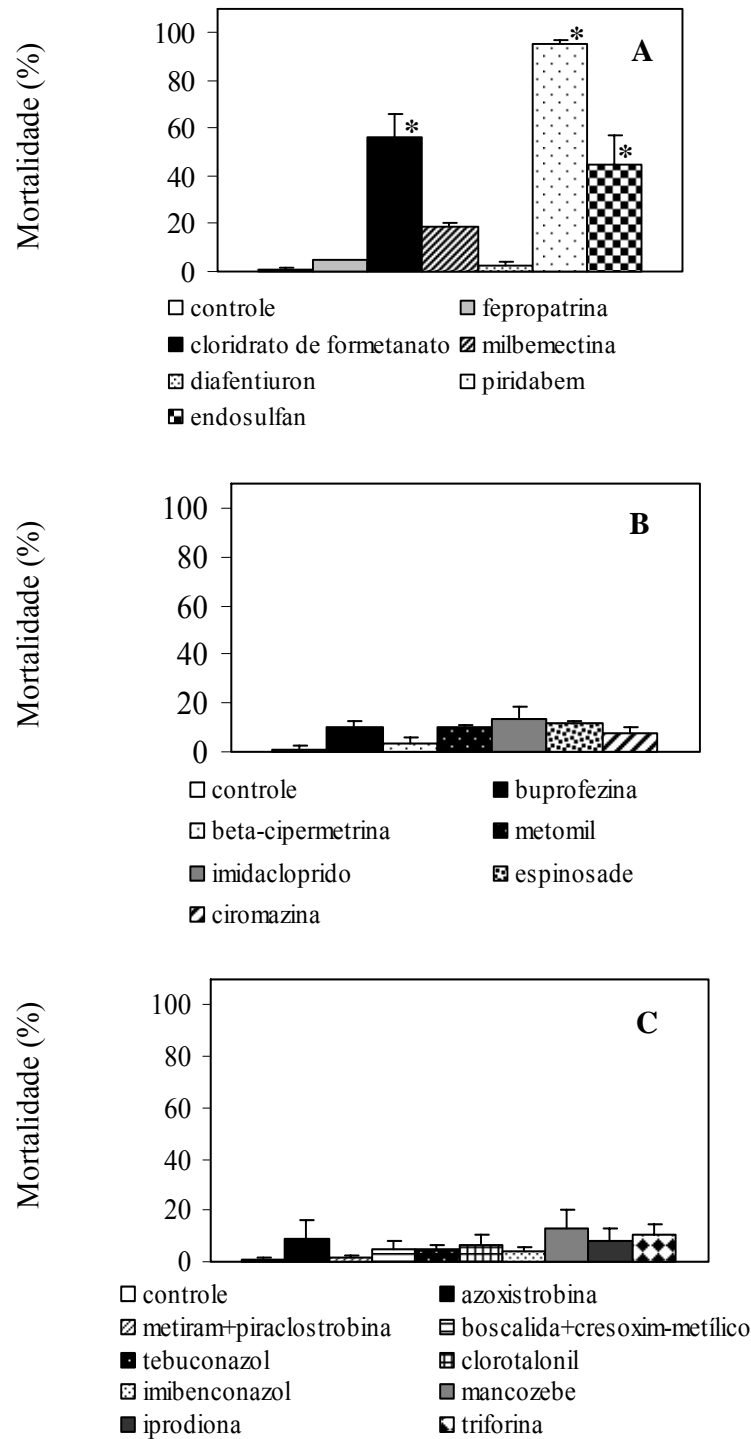


Figura 2.3 - Toxicidade de acaricida-inseticidas (A), inseticidas (B) e fungicidas (C) sobre fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus*. *Mortalidade média no tratamento diferiu significativamente do controle (Dunnett, $p < 0,05$)

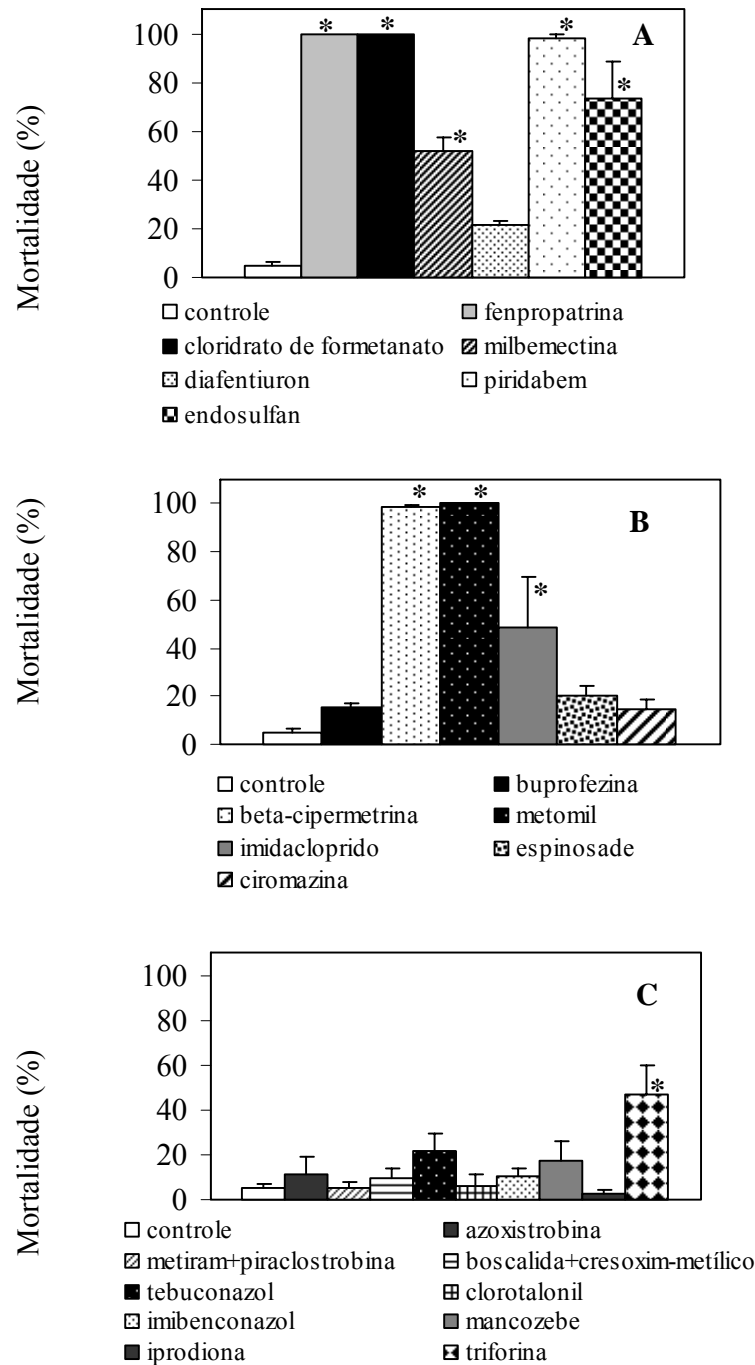


Figura 2.4 - Toxicidade de acaricidas-inseticidas (A), inseticidas (B) e fungicidas (C) sobre fêmeas adultas de *Phytoseiulus macropilis*. *Mortalidade média no tratamento diferiu significativamente do controle (Dunnett, $p < 0,05$)

Tabela 2.2 - Comparação da suscetibilidade de fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* a agrotóxicos

| Tratamento | Porcentagem de mortalidade (\pm EP) | | <i>p</i> |
|-------------------------------|--|----------------------|-----------|
| | <i>N. californicus</i> | <i>P. macropilis</i> | |
| <i>Acaricida-inseticida</i> | | | |
| fenpropatrina | 5,00 \pm 0,00 | 100,00 \pm 0,00 | < 0,0001* |
| cloridrato de formetanato | 56,25 \pm 9,73 | 100,00 \pm 0,00 | 0,0069* |
| milbemectina | 16,66 \pm 3,88 | 51,05 \pm 6,71 | 0,0113* |
| diafentiuron | 2,08 \pm 2,09 | 41,58 \pm 27,23 | 0,2212 |
| piridabem | 95,00 \pm 2,89 | 98,25 \pm 1,76 | 0,3909 |
| endosulfan | 43,93 \pm 14,98 | 73,33 \pm 19,67 | 0,2996 |
| <i>Inseticida</i> | | | |
| buprofezina | 7,86 \pm 3,60 | 13,06 \pm 1,81 | 0,2271 |
| beta-cipermetrina | 1,19 \pm 1,19 | 98,33 \pm 1,67 | < 0,0001* |
| metomil | 8,25 \pm 1,75 | 100,00 \pm 0,00 | < 0,0001* |
| imidacloprido | 11,43 \pm 5,95 | 48,33 \pm 27,77 | 0,2632 |
| espinosade | 9,52 \pm 3,31 | 44,47 \pm 17,69 | 0,1237 |
| ciromazina | 5,72 \pm 0,72 | 24,39 \pm 19,62 | 0,3951 |
| <i>Fungicida</i> | | | |
| azoxistrobina | 8,75 \pm 7,83 | 7,59 \pm 5,89 | 0,9141 |
| metiram + piraclostrobina | 1,39 \pm 1,24 | 5,56 \pm 2,14 | 0,1554 |
| boscalida + cresoxim-metílico | 5,00 \pm 3,16 | 7,96 \pm 2,55 | 0,5222 |
| tebuconazol | 5,00 \pm 1,83 | 15,48 \pm 7,59 | 0,2310 |
| clorotalonil | 6,25 \pm 4,23 | 8,21 \pm 3,49 | 0,7509 |
| imibenconazol | 3,75 \pm 2,14 | 5,56 \pm 3,58 | 0,6895 |
| mancozebe | 13,33 \pm 6,91 | 13,76 \pm 7,97 | 0,9704 |
| iprodisina | 7,92 \pm 5,28 | 5,64 \pm 2,28 | 0,7311 |
| triforina | 10,26 \pm 4,26 | 42,76 \pm 14,51 | 0,0774 |

^a Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925). * Médias dos tratamentos, na linha, diferem entre si (teste-t, $p < 0,05$).

2.2.2.3 Efeito de agrotóxicos no crescimento populacional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Com relação ao efeito dos agrotóxicos no crescimento populacional de *N. californicus*, foram observadas diferenças significativas no número final de indivíduos (N_f) entre os tratamentos ($F= 6,68$; g.l.= 21, 91; $p < 0,0001$). Os acaricida-inseticidas piridabem e endosulfan afetaram o crescimento populacional de *N. californicus* reduzindo o número final de indivíduos, o que ocasionou valores negativos para a taxa instantânea de crescimento (r_i) (Tabela 2.3). Apesar de cloridrato de formetanato e milbemectina também terem reduzido significativamente o número final de *N. californicus*, não foi observado valores negativos para a taxa instantânea de crescimento quando esse predador foi pulverizado com esses acaricida-inseticidas (Tabela 2.3). Nenhum produto testado levou à extinção de *N. californicus* nestas condições.

Por outro lado, os acaricida-inseticidas fenpropratrina, cloridrato de formetanato e piridabem, e os inseticidas beta-cipermetrina e metomil, levaram à extinção da população de *P. macropilis* testada. Valores negativos para a taxa instantânea de crescimento em *P. macropilis* foram observados para endosulfan e milbemectina, -0,060 e -0,014 respectivamente (Tabela 2.4).

2.2.3 Discussão

Um maior número de agrotóxicos foi compatível com *N. californicus* do que com *P. macropilis*. Dentre os 21 produtos testados, 12 foram inócuos sobre *N. californicus*, sendo dois acaricida-inseticidas (fenpropratrina, milbemectina), dois inseticidas (buprofezina e espinosade), e oito fungicidas (azoxistrobina, metiram+piraclostrobina, boscalida+cresoxim-metílico, tebuconazol, clorotalonil, imibenconazol, iprodiona, triforina), observando-se que esses não afetaram a sobrevivência e reprodução de fêmeas adultas, além de não ter causado impacto significativo no desenvolvimento de imaturos dessa espécie. Por outro lado, apenas seis fungicidas (azoxistrobina, boscalida+cresoxim-metílico, tebuconazol, imibenconazol, iprodiona e triforina) foram inócuos a *P. macropilis*.

Tabela 2.3 - Impacto de agrotóxicos no crescimento populacional de *Neoseiulus californicus*

| Tratamento | N_f^a | r_i^b |
|-------------------------------|----------------|----------------|
| controle (água) | 45,34 ± 4,90 | 0,332 ± 0,031 |
| <i>Acaricida-inseticida</i> | | |
| fenpropatrina | 41,65 ± 1,73 | 0,303 ± 0,006 |
| cloridrato de formetanato | 10,88 ± 5,27 * | 0,037 ± 0,097 |
| milbemectina | 23,81 ± 1,67 * | 0,224 ± 0,011 |
| diafentiuron | 38,06 ± 5,28 | 0,277 ± 0,024 |
| piridabem | 1,06 ± 0,65 * | -0,230 ± 0,090 |
| endosulfan | 5,50 ± 2,26 * | -0,060 ± 0,094 |
| <i>Inseticida</i> | | |
| buprofezina | 42,00 ± 3,57 | 0,303 ± 0,011 |
| beta-cipermetrina | 43,50 ± 6,33 | 0,310 ± 0,020 |
| metomil | 31,69 ± 2,85 | 0,262 ± 0,012 |
| imidacloprido | 35,13 ± 1,60 | 0,278 ± 0,006 |
| espinosade | 37,69 ± 3,70 | 0,288 ± 0,008 |
| ciromazina | 37,69 ± 3,70 | 0,286 ± 0,015 |
| <i>Fungicida</i> | | |
| azoxistrobina | 48,25 ± 8,79 | 0,316 ± 0,029 |
| metiram + piraclostrobina | 39,23 ± 7,58 | 0,284 ± 0,034 |
| boscalida + cresoxim-metílico | 48,19 ± 6,24 | 0,320 ± 0,019 |
| tebuconazol | 38,13 ± 7,08 | 0,282 ± 0,030 |
| clorotalonil | 29,38 ± 5,59 | 0,246 ± 0,026 |
| imibenconazol | 46,88 ± 3,05 | 0,319 ± 0,009 |
| mancozebe | 29,56 ± 3,56 | 0,250 ± 0,019 |
| iprodiona | 39,25 ± 12,93 | 0,272 ± 0,046 |
| triforina | 34,54 ± 7,27 | 0,257 ± 0,030 |

^a número total de ácaros predadores (ovos, larvas, ninfas e adultos) por arena, sete dias após a pulverização. ^b taxa instantânea de crescimento. *Média de N_f no tratamento, diferiu significativamente do controle (Dunnett, $p < 0,05$).

Tabela 2.4 - Impacto de agrotóxicos no crescimento populacional de *Phytoseiulus macropilis*

| Tratamento | N_f^a | r_i^b |
|-------------------------------|---------------|----------------|
| controle (água) | 40,88 ± 4,23 | 0,297 ± 0,014 |
| <i>Acaricida-inseticida</i> | | |
| fenpropatrina | 0,00 ± 0,00 * | - |
| cloridrato de formetanato | 0,00 ± 0,00 * | - |
| milbemectina | 6,33 ± 3,25 * | -0,014 ± 0,088 |
| diafentiuron | 6,36 ± 1,73 * | 0,021 ± 0,047 |
| piridabem | 0,00 ± 0,00 * | - |
| endosulfan | 3,45 ± 0,95 * | -0,060 ± 0,037 |
| <i>Inseticida</i> | | |
| buprofezina | 24,83 ± 7,84 | 0,216 ± 0,043 |
| beta-cipermetrina | 0,00 ± 0,00 * | - |
| metomil | 0,00 ± 0,00 * | - |
| imidacloprido | 5,69 ± 0,72 * | 0,016 ± 0,019 |
| espinosade | 20,33 ± 8,25 | 0,170 ± 0,070 |
| ciromazina | 26,83 ± 5,65 | 0,234 ± 0,034 |
| <i>Fungicida</i> | | |
| azoxistrobina | 40,00 ± 6,41 | 0,291 ± 0,025 |
| metiram + piraclostrobina | 26,69 ± 7,08 | 0,215 ± 0,062 |
| boscalida + cresoxim-metilico | 23,38 ± 7,32 | 0,181 ± 0,073 |
| tebuconazol | 24,56 ± 6,33 | 0,204 ± 0,053 |
| clorotalonil | 37,75 ± 2,50 | 0,288 ± 0,010 |
| imibenconazol | 45,61 ± 8,93 | 0,307 ± 0,029 |
| mancozebe | 30,90 ± 16,84 | 0,175 ± 0,100 |
| iprodiona | 33,27 ± 7,76 | 0,259 ± 0,035 |
| triforina | 28,56 ± 9,81 | 0,223 ± 0,051 |

^a número total de ácaros predadores (ovos, larvas, ninfas e adultos) por arena, sete dias após a pulverização. ^b taxa instantânea de crescimento. *Média de N_f no tratamento, diferiu significativamente do controle (Dunnett, $p < 0,05$).

Os acaricida-inseticidas cloridrato de formetanato, endosulfan e piridabem causaram elevada mortalidade de imaturos e adultos para as duas espécies de ácaro predador. Apesar de cloridrato de formetanato ter reduzido significativamente o número final (N_f) de *N. californicus*, observou-se que a taxa instantânea de crescimento obtida para esse predador permaneceu positiva (0,037), quando o mesmo foi exposto a esse produto (Tabela 2.3). Por outro lado, sete dias após a pulverização com esse acaricida-inseticida, foi verificada a extinção da população de *P. macropilis*.

O impacto no crescimento populacional de *N. californicus* e *P. macropilis* também foi observado para o endosulfan. Apesar dos valores negativos estimados para a taxa instantânea de crescimento de *N. californicus* e *P. macropilis*, esse produto não levou imediatamente nenhum predador à extinção. Porém, a obtenção de valores negativos para r_i é um indicativo de que o agrotóxico pode ocasionar a extinção da população exposta ao seu resíduo (STARK et al., 1997; STARK; BANKS, 2003). A elevada toxicidade de endosulfan sobre o ácaro predador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot também foi observada por Blümel; Barkker and Grove (1993). Trabalho realizado por Bostanian e Akalach (2006) revelou que endosulfan ocasionou mortalidade de 66% em fêmeas adultas de *P. persimilis*, sendo que esse resultado foi próximo da mortalidade obtida no presente estudo, tanto para *N. californicus* quanto para *P. macropilis*. Por outro lado, esses autores verificaram que endossulfan foi inócuo ao ácaro predador *Amblyseius* (= *Neoseiulus*) *fallacis* (Garman) e ao percevejo predador *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae).

Dentre os agrotóxicos testados, piridabem foi o que causou a maior toxicidade sobre *N. californicus*, sendo obtidas mortalidades de 100% para imaturos e 95% para adultos (Figuras 2.1 e 2.3). Além disso, esse produto também reduziu drasticamente o crescimento populacional dessa espécie, obtendo-se valor negativo para a taxa instantânea de crescimento (-0,230) (Tabela 2.3). Para *P. macropilis*, além de piridabem ter causado elevado impacto sobre imaturos e adultos também levou essa população à extinção. Alston e Thomson (2004) também verificaram que piridabem causou elevada toxicidade sobre fêmeas adultas de *Galendromus occidentalis* (Nesbitt), reduzindo a fecundidade e o consumo desse ácaro predador sobre *T. urticae*.

Amano; Ishii e Kobori (2004), após avaliarem a suscetibilidade de diferentes populações de *N. californicus* no Japão, detectaram variabilidade intraespecífica na resposta ao piridabem, sendo que a mortalidade das fêmeas adultas variou entre 28 e 76%. Uma hipótese estabelecida para

explicar tal fato foi que essa suscetibilidade diferencial poderia estar associada à pressão de seleção local com esse produto e conseqüentemente a resistência de populações de *N. californicus* a este acaricida-inseticida. O emprego de linhagens resistentes de *N. californicus* ao piridabem pode contribuir com o sucesso de programas de manejo integrado de *T. urticae*.

Comparando os resultados obtidos para milbemectina, verifica-se que a mortalidade de fêmeas adultas de *N. californicus* esteve abaixo de 20%, sendo significativamente menor do que a estimada para *P. macropilis* que foi de 51% (Tabela 2.2). A elevada mortalidade de fêmeas adultas, somada à toxicidade de milbemectina no desenvolvimento imaturos de *P. macropilis*, também ocasionou redução no crescimento da população exposta a este produto, obtendo-se valor negativo para r_i (Tabela 2.4). Elevada mortalidade de imaturos e adultos a milbemectina também foram obtidas para *P.s Persimilis* e *Neoseiulus womersleyi* (Schicha) (KIM; SEO, 2001; KIM; YOO, 2002).

No presente trabalho os adultos de *N. californicus* foram tolerantes a fenpropratrina, beta-cipermetrina e metomil, produtos que além de não terem causado mortalidade significativa nesse estágio de desenvolvimento, também não afetaram a taxa instantânea de crescimento do predador (r_i). Por outro lado, todos esses produtos foram extremamente tóxicos aos imaturos e adultos de *P. macropilis*, levando inclusive a população desse predador à extinção. O efeito letal pronunciado de fenpropratrina sobre outros inimigos naturais como o ácaro predador *Typhlodromus pyri* Scheuten e percevejo *O. insidiosus* também foi relatado por Solomon; Fitzgerald e Ridout, 1993 e Ashley et al., 2006.

Em outros estudos realizados com *N. californicus*, também foi observada elevada tolerância a outros agrotóxicos de largo espectro de ação como os piretróides acrinatrina, deltametrina e o organofosforado dimetoato, além de fenpiroximate, propargite, enxofre e benomil (SATO et al., 2002; SILVA; OLIVEIRA, 2006). Geralmente os piretróides apresentam elevada toxicidade sobre os ácaros predadores (ROCK, 1979; CROFT, 1990), o que foi comprovado para *P. macropilis* no presente estudo. Nesse caso, a elevada tolerância de *N. californicus* a esses produtos pode ser explorada em programas de manejo do ácaro *T. urticae*.

A classe de agrotóxicos que apresentou menor impacto sobre os predadores foi a dos fungicidas, sendo que dentre os nove produtos testados, apenas mancozebe apresentou algum efeito sobre *N. californicus*. Já *P. macropilis* foi afetado por três fungicidas, sendo: mancozebe, metiram+piraclostrobina e clorotalonil. Todos esses produtos causaram mortalidades

significativas apenas no desenvolvimento de imaturos, não afetando a sobrevivência e reprodução de fêmeas adultas dos predadores. Kongchuensin e Takafuji (2006) também verificaram que apesar das fêmeas adultas de *Neoseiulus longispinosus* (Evans) apresentarem elevada tolerância ao mancozebe, os imaturos desse predador foram altamente suscetíveis a este produto.

O efeito de mancozebe e metiram (ambos pertencentes ao grupo dos ditiocarbamatos) sobre os ácaros *G. occidentalis* e *Euseius victoriensis* (Womersley) foi reportado por Bernard; Horne e Hoffmann (2004). Segundo esses autores, mancozebe foi altamente tóxico sobre esses predadores, resultando em redução nas capacidades de reprodução e de predação dos mesmos, sugerindo-se incompatibilidade desse fungicida em sistemas de manejo de pragas onde são efetuadas liberações com esses inimigos naturais. Já o fungicida metiram afetou esses dois ácaros de modo diferenciado, causando elevada mortalidade em fêmeas adultas de *G. occidentalis* e reduzindo a capacidade reprodutiva de *E. victoriensis*. Um estudo realizado no nordeste da Itália revelou que em algumas áreas de produção comercial de uvas, o emprego de mancozebe causou um desequilíbrio ecológico entre o ácaro predador *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) e o ácaro fitófago *T. urticae*, observando-se incremento no crescimento populacional da praga em detrimento do predador (POZZEBON; DUSO e PAVANETTO, 2002).

Apesar do acaricida-inseticida diafentiuron, do fungicida mancozebe e dos inseticidas beta-cipermetrina, ciromazina, imidacloprido e metomil não terem causado elevada toxicidade sobre fêmeas adultas de *N. californicus* (Figura 2.3), ocasionaram mortalidades significativas de imaturos dessa espécie (Figuras 2.). Para *P. macropilis*, o mesmo foi observado para o acaricida-inseticida diafentiuron, para os fungicidas metiram+piraclostrobina, clorotalonil e mancozebe, e para os inseticidas buprofezina, ciromazina e espinosade (Figuras 2.2 e 2.4). Neste caso, a elevada toxicidade observada para esses produtos sobre imaturos ocorreu, provavelmente, devido à pulverização direta dos ovos momento antes à eclosão das larvas e com contaminação posterior das mesmas. No entanto, foi verificada alta sobrevivência de larvas eclodidas a partir de ovos depositados após a pulverização, o que contribuiu para o crescimento populacional de ambas as espécies (Tabelas 2.3 e 2.4).

Espinosade não causou impacto significativo na sobrevivência e reprodução de fêmeas adultas de *N. californicus* e *P. macropilis*, sendo obtidos valores positivos para a taxa instantânea de crescimento das duas espécies. De acordo com Jones et al. (2005), espinosade pode ser utilizado com liberações do ácaro predador *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), que comumente é

empregado para o controle biológico de tripes, *Frankliniella occidentalis* Pergande, em cultivo protegido de hortaliças. Um estudo realizado em cultivo protegido de gerânio também revelou que o uso de espinosade foi compatível com liberações do ácaro *P. persimilis*, sendo que mesmo após a aplicação desse produto, verificou-se a sobrevivência e reprodução desse ácaro predador, proporcionando um eficiente controle de *T. urticae* (HOLT et al., 2006).

Por outro lado, Villanueva e Walgenbaciai (2005) verificaram que apesar de espinosade ter efeito negativo sobre fêmeas adultas do ácaro predador *N. fallacis*, as quais permaneceram 96 h expostas ao resíduo deste produto, o mesmo não afetou o desenvolvimento de imaturos dessa espécie. Com relação à toxicidade de espinosade sobre ácaros fitófagos, apesar desse produto não afetar *Panonychus ulmi* (Koch), causou elevada mortalidade, redução na fecundidade e repelência de fêmeas de *T. urticae* (VILLANUEVA; WALGENBACII, 2006). No entanto, o efeito de espinosade foi obtido somente quando esse ácaro permaneceu exposto sobre o resíduo do produto durante 3 a 4 dias. Devido à repelência de espinosade sobre *T. urticae*, há possibilidade desse ácaro dispersar em busca de áreas de refúgio, diminuindo assim a eficiência desse produto (VILLANUEVA; WALGENBACII, 2006).

Devido à compatibilidade de *N. californicus* com vários agrotóxicos, inclusive com produtos de largo espectro de ação como os piretróides, esse ácaro pode apresentar vantagens adaptativas em relação a *P. macropilis* em áreas comerciais. Uma estratégia que poderia contribuir com a preservação de *P. macropilis* em campo seria a seleção de linhagens resistentes a alguns produtos como fenpropatrina, beta-cipermetrina, cloridrato de formetanato, metomil, milbemectina e piridabem. Ressalta-se que um programa para seleção de linhagens de ácaros fitoseídeos resistentes a agrotóxicos poderia ser iniciado a partir de coletas de populações em áreas comerciais, preferencialmente onde a pressão de seleção com determinado ingrediente ativo seja intensa. Obtendo-se uma população que apresente alta frequência de sobrevivência a um determinado produto, o próximo passo seria a seleção em condições de laboratório e multiplicação massal para liberação em campo.

2.3 Conclusões

Nas condições do presente estudo, pode-se concluir que:

- Os acaricida-inseticidas fenproprina e milbemectina, os inseticidas buprofezina e espinosade e os fungicidas azoxistrobina, metiram+piraclostrobina, boscalida+cresoxim-metílico, tebuconazol, clorotalonil, imibenconazol, iprodiona, triforina são compatíveis com *N. californicus*;
- Os acaricida-inseticidas cloridrato de formetanato, endosulfan e piridabem devem ser evitados em áreas onde são realizadas liberações com *N. californicus*, pois apresentam incompatibilidade com esse predador;
- Os fungicidas azoxistrobina, boscalida+cresoxim-metílico, tebuconazol, imibenconazol, iprodiona e triforina são compatíveis com *P. macropilis*;
- Os acaricida-inseticidas fenproprina, cloridrato de formetanato, milbemectina, diafentiuron, piridabem, endosulfan, e os inseticidas beta-cipermetrina, metomil e imidacloprido devem ser evitados em áreas onde são realizadas liberações com *P. macropilis*, pois apresentam incompatibilidade com esse predador;

Referências

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.18, p.265-267, 1925.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01 nov. 2006.

- ALSTON, D.; THOMSON, S.V. Effects of fungicide residues on the survival, fecundity, and predation of the *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.97, n.3, p.950-956, 2004.
- AMANO, H.; ISHII, Y.; KOBORI, Y. Pesticide susceptibility of two dominant-phytoseiidae mites, *Neoseiulus californicus* and *N. womersleyi*, in conventional Japanese Fruit Orchards (Gamasina: Phytoseiidae). **Journal of Acarological Society of Japan**, Tsukuba, v.13, n.1, p.65-70, 2004.
- ASHLEY, J.L.; HERBERT, D.A.; LEWIS, E.E.; BREWSTER, C.C.; HUCKABA, R. Toxicity of three acaricides to *Tetranychus urticae* (Tetranychidae: Acari) and *Orius insidiosus* (Anthocoridae: Hemiptera). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.99, n.1, p.55-59, 2006.
- BERNARD, M.B.; HORNE, P.A.; HOFFMANN, A.A. Developing an ecotoxicological testing standard for predatory mites in Australia: acute and sublethal effects of fungicides on *Euseius vistoriensis* and *Galendromus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.97, n.3, p.891-899, 2004.
- BLÜMEL, S.; BAKKER, F.; GROVE, A. Evaluation of different methods to assess the side-effects of pesticides on *Phytoseiulus persimilis* A.-H. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.17, p.161-169, 1993.
- BOSTANIAN, N.J.; AKALACH, M. The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and nymphs of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). **Pest Management Science**, Sussex, v.62, p.334-339, 2006.
- CRANHAM, J.E; HELLE, W. Pesticide resistance in Tetranychidae. In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (Ed.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. v.1B chap. 3.4 p.405-421.
- CROFT, B.A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley Interscience, 1990. 723p.
- CROFT, B.A.; WHALON, M.E. Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. **Entomophaga**, Paris, v.27, n.1, p.3-21, 1982.

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

GERSON, U.; SMILEY, R.L.; OCHOA, R. **Mites (acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 539p.

HOLT, K.M.; OPIT, G.P.; NECHOLS, J.R.; MARGOLIES, D.C. Testing for non-target effects of spinosad on twospotted spider mites and their predator *Phytoseiulus persimilis* under greenhouse conditions. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.38, p.141-149, 2006.

JONES, T.; SCOTT-DUPREE, C.; HARRIS, R.; SHIPP, L.; HARRIS, B. The efficacy of spinosad against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and its impact on associated biological control agents on greenhouse cucumbers in southern Ontario. **Pest Management Science**, Sussex, v.61, p.179-185, 2005.

KIM, S.S.; SEO, S.G. Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v.36, n.4, p.509-514, 2001.

KIM, S.S.; YOO, S.S. Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **Biocontrol**, Dordrecht, v.47, p.563-573, 2002.

KONGCHUENSIN, M.; TAKAFUJI, A. Effects of some pesticides on the predatory mite, *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Gamasina: Phytoseiidae). **Journal of Acarological Society of Japan**, Tsukuba, v.15, n.1, p.17-27, 2006.

MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, Auckland, v.434, p. 1-494, 2004.

NAUEN, R.; STUMPF, N.; ELBERT, A.; ZEBITZ, C.P.W.; KRAUS, W. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). **Pest Management Science**, Sussex, v.57, p.253-261, 2001.

NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in integrated pest management**. New Jersey: Prentice Hall, 2003. 586p.

POZZEBON, A.; DUSO, C.; PAVANETTO, E. Side-effects of some fungicides on phytoseiid mites (Acari, Phytoseiidae) in north-italian vineyards. **Journal of Pest Science**, Berlin, v.75, p.132-136, 2002.

ROCK, G. C. Relative toxicity of two synthetics pyrethroids to a predator *Amblyseius fallacis* and its prey *Tetranychus urticae*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.72, p.293-294, 1979.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT**: user's guide, Version 8. SAS Institute Inc.: Cary, NC, 2000.

SATO, M.E. Resistência de ácaros a acaricidas. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 15., 2006, Holambra. **Resumos...**, Holambra:RBB Eventos, 2006. p. 1-9.

SATO, M.E.; SILVA, M. DA; GONÇALVEZ, L.R.; SOUZA FILHO, M.F. DE; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) a morangueiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, n.3, p.449-456, 2002.

SILVA, M.Z. DA; OLIVEIRA, C.A.L. DE. Seletividade de alguns agrotóxicos em uso na citricultura ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.2, p.205-208, ago. 2006.

SOLOMON, M.G.; FITZGERALD, J.D.; RIDOUT, M.S. Fenazaquim, a selective acaricide for use in IPM In apple in the UK. **Crop Protection**, Guildford, v.12, p.255-258, 1993.

STARK, J.D.; BANKEN, J.A.O. Importance of population structure at the time of toxicant exposure. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.42, p.282-287, 1999.

STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.48, p.505-519, 2003.

STARK, J.D.; TANIGOSHI, L.; BOUNFOUR, M.; ANTONELLI, A. Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.37, p.273-279, 1997.

TEODORO, A.V.; FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.P.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.36, p.61-70, 2005.

VENZON, M.; ROSADO, M.C.; PINTO, C.M.F.; DUARTE, V.S., EUSÉBIO, D.E.; PALLINI, A. Potencial de defensives alternativas para o controle do ácaro-branco em pimenta “Malagueta”. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.224-227, 2006.

VILLANUEVA, R.T.; WALGENBACII, J.F. Development, oviposition, and mortality of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in response to reduced-risk insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.98, n.6, p.2114-2120, 2005.

VILLANUEVA, R.T.; WALGENBACII, J.F. Acaricidal properties of spinosad against *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.99, n.3, p.843-849, 2006.

YANINEK, J.S.; MORAES, G.J. DE. A synopsis of classical biological control of mites in agriculture. In: DUSBABECK, F.; BUKVA, V. (Ed.). **Modern acarology**. Prague: Academia, 1991, p.133-149.

3 CARACTERIZAÇÃO DA LINHA-BÁSICA DE SUSCETIBILIDADE DE *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) E *Phytoseiulus macropilis* (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) A DELTAMETRINA

Resumo

A exploração de inimigos naturais que tolerem a pulverização de agrotóxicos em campo tem sido uma das estratégias para a integração dos controles químico e biológico. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a linha-básica de suscetibilidade dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) a deltametrina. Em seguida, a variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a esse piretróide foi avaliada em populações de *P. macropilis* coletadas em campo. A caracterização da suscetibilidade a deltametrina foi realizada para imaturos e adultos de ambas as espécies, utilizando-se bioensaio de contato direto e residual. A avaliação do impacto desse produto foi realizada mediante estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) de cada predador na presença de diferentes concentrações de deltametrina. A variabilidade na suscetibilidade a deltametrina em *P. macropilis* foi realizada a partir de coletas de populações em propriedades comerciais de cultivos protegidos de plantas ornamentais, situadas na região de Holambra/SP. Os imaturos e adultos de *N. californicus* foram aproximadamente 3.600 e 3.000 vezes mais tolerantes a deltametrina do que *P. macropilis*. Além disso, a concentração que levou a população de *N. californicus* à extinção foi cerca de 760 vezes superior à concentração necessária para *P. macropilis*. Apesar da elevada toxicidade de deltametrina sobre *P. macropilis*, foi detectada variabilidade na suscetibilidade das populações desse predador coletadas em campo, sendo detectadas populações com razões de resistência (RR) de até 3.500 vezes. Sendo assim, a seleção de linhagens de *P. macropilis* resistentes a deltametrina poderia ser também explorado em programas de controle biológico aplicado.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; Controle biológico; Ácaros fitoseídeos; Piretróides, Resistência a agrotóxicos

Characterization of baseline susceptibility of *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) to deltamethrin

Abstract

The exploitation of natural enemies that tolerate the application of pesticides in the field has been one of the strategies to integrate the chemical and biological controls. Therefore, the objective of this research was to evaluate the baseline susceptibility of the predaceous mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) to deltamethrin. Then, monitoring the susceptibility to this insecticide was conducted in field populations of *P. macropilis*. The susceptibility to deltamethrin was characterized to immature and adult stages of both species, by using the direct contact and residual bioassays. The impact of this insecticide was also measured by estimating the instantaneous growth rate (r_i) of each

predaceous mite in the presence of different concentrations of deltamethrin. The variability in susceptibility to deltamethrin in *P. macropilis* populations was evaluated from the populations collected in protected ornamental crops, located nearby Holambra/SP. The immature and adult stages of *N. californicus* were approximately 3,600 and 3,000-fold more tolerant to deltamethrin than those of *P. macropilis*. Furthermore, the concentration that led to the extinction of *N. californicus* population was approximately 760-fold higher than the concentration to *P. macropilis*. However, high variability in the susceptibility to this insecticide was detected among *P. macropilis* populations, with resistance ratios of up to 3,500-fold. Therefore, the selection of deltamethrin-resistant strains of *P. macropilis* could also be exploited in applied biological control programs.

Keywords: Integrated pest management; Biological control; Phytoseiid mites; Pyrethroids, Pesticide resistance

3.1 Introdução

Os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) são considerados importantes inimigos naturais do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em vários sistemas de produção agrícola como, por exemplo, em cultivos de plantas ornamentais e hortaliças (GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003). No entanto, o uso de agrotóxicos pode prejudicar esses inimigos naturais no controle biológico aplicado de ácaros-praga, visto que, geralmente, os ácaros fitoseídeos são mais suscetíveis aos agrotóxicos do que os ácaros fitófagos (ROCK, 1979; CROFT; WHALON, 1982; CROFT, 1990). Com o propósito de minimizar o efeito do controle químico sobre os agentes de controle biológico e proporcionar um equilíbrio ecológico entre as pragas e seus inimigos naturais, a integração dessas estratégias de controle pode resultar em uma forma de manejo mais racional (KOGAN, 1998). Para tanto, a utilização de produtos que apresentem baixa toxicidade sobre os inimigos naturais e/ou o emprego de ácaros predadores resistentes a agrotóxicos têm sido explorados em programas de manejo integrado de pragas (CROFT, 1990).

Apesar do reduzido número de casos de resistência em inimigos naturais a agrotóxicos (GEORGHIOU; LAGUNES-TEJEDA, 1991), alguns fatores intrínsecos dos ácaros fitoseídeos, como o modo e a capacidade de reprodução, além da ocorrência de espécies generalistas quanto ao hábito alimentar (McMURTRY; CROFT, 1997), tem favorecido a evolução da resistência a agrotóxicos. A seleção de linhagens resistentes em condições de campo e de laboratório (KOSTIAINEN; HOY, 1994; ROUSH; HOY, 1980) tem viabilizado o emprego prático e efetivo dessas linhagens no manejo integrado de ácaros fitófagos em vários países (BLOMMERS, 1994; HOY, 1985).

Diversos casos de resistência de ácaros predadores a inseticidas do grupo dos carbamatos, organofosforados e piretróides têm sido reportados na literatura. Em laboratório, após realizarem um processo de pressão de seleção com o carbamato carbaril, Roush e Hoy (1980) obtiveram linhagens de *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) resistentes a esse produto. Durante os anos 70, a resistência foi detectada em diferentes populações de *G. occidentalis* coletadas nas regiões produtoras de frutas nos Estados Unidos aos organofosforados azinfosmetil, diazinon, fosmet, paration (CROFT, 1990). Recentemente, após realizarem coletas de populações dos ácaros predadores *Typhlodromus pyri* Scheuten e *Amblyseius andersoni* (Chant) em áreas comerciais de produção de uva no sudeste da França, Bonafos et al. (2007) detectaram elevados níveis de resistência aos piretróides deltametrina e lambda-cialotrina e ao organofosforado clorpirifós metil. Segundo esses autores, a evolução da resistência nessas espécies de predadores, em condições de campo, foi importante para a conservação dos mesmos em áreas comerciais de uva, contribuindo com o sucesso de programas de manejo integrado de ácaros fitófagos.

O presente trabalho foi desenvolvido para avaliar a toxicidade de deltametrina sobre *N. californicus* e *P. macropilis*. Para tanto, foi realizada a caracterização da suscetibilidade de imaturos e adultos de *N. californicus* e *P. macropilis* a deltametrina, e também a avaliação do impacto desse produto no crescimento populacional de cada espécie, empregando-se a taxa instantânea de crescimento (r_i). Além disso, a variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a deltametrina foi avaliada em diferentes populações de *P. macropilis* coletadas em cultivo protegido de ornamentais, com intuito de reunir informações para subsidiar futuros programas de seleção de linhagens resistentes desse ácaro predador.

3.2 Desenvolvimento

3.2.1 Material e Métodos

3.2.1.1 Coleta das populações de ácaros

A população do ácaro rajado, *T. urticae* foi proveniente de coletas realizadas durante o ano de 2003 em cultivo de feijão, *Phaseolus vulgaris* L., situados no campo experimental do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, da ESALQ/USP em Piracicaba/SP.

A população de *N. californicus* (Nc) foi cedida em 2002 pelo Dr. Mário Eidi Sato do Instituto Biológico em Campinas/ SP, sendo previamente coletada em cultivo comercial de morango no município de Atibaia/SP, em outubro de 1999. A população de *P. macropilis* tomada como suscetível de referência (Pm) foi coletada durante 2003, em cultivo de feijão situado em Piracicaba/SP, por ocasião das coletas de *T. urticae*. Para os estudos de variabilidade intraespecífica a deltametrina em *P. macropilis*, foram realizadas coletas de três populações em diferentes cultivos comerciais de plantas ornamentais. Após as coletas, os ácaros foram transportados até o laboratório em sacos de papel acondicionados em caixas de isopor contendo placas de gelo. Após o estabelecimento das populações em laboratório, amostras foram retiradas para identificação específica. A denominação utilizada para as populações de *N. californicus* e *P. macropilis*, bem como seus respectivos dados de coleta encontram-se no Quadro 3.1.

3.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório

Para a criação de *T. urticae*, plantas de *Canavalia ensiformis* (L.) foram cultivadas em casa de vegetação até o desenvolvimento do primeiro par de folhas. Nessas condições, cerca de 50 plantas foram infestadas com todos os estágios de desenvolvimento do ácaro rajado, sendo mantidas em uma gaiola de 1,0 × 0,6 × 0,4 m que foi feita com armação de madeira e coberta com tecido voil. A cada cinco dias efetuou-se a substituição de aproximadamente 25 plantas para a manutenção da população.

As populações de *N. californicus* e *P. macropilis* foram mantidas sobre as plantas de *C. ensiformis* infestadas com *T. urticae*, utilizado com fonte de alimento aos predadores. Cada espécie foi isolada em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de

fotofase. A reposição das plantas para a manutenção das populações dos predadores foi realizada a cada cinco dias, da mesma forma que o descrito para a o ácaro presa.

| População (Denominação) | Dados de coleta | | |
|----------------------------|----------------------------|------------|------|
| | Município/ Estado | Cultura | Ano |
| Nc | Atibaia/ SP | morango | 1999 |
| Pm | Piracicaba/ SP | feijão | 2003 |
| Pm ₂ | Andradas/ SP | rosa | 2006 |
| Pm ₃ | Holambra/ SP | gérbera | 2006 |
| Pm ₄ | Santo Antônio de Posse/ SP | crisântemo | 2005 |

Quadro 3.1- Denominação das populações e dados de coleta (local, cultura e ano) das populações de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm)

3.2.1.3 Bioensaios toxicológicos

3.2.1.3.1 Imaturos

Grupos de 50 fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis* foram retirados das criações mantidas em laboratório, sendo transferidos para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae*. Para a confecção das arenas, cada essa folha foi disposta sobre uma espuma embebida em água destilada contida em de placas de Petri de 12 cm de diâmetro. A borda da folha foi circundada com algodão hidrófilo umedecido para mantê-la túrgida e impedir a fuga dos ácaros. Cada arena contendo os ácaros predadores foi mantida em câmara climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase, durante 24 h.

Após esse período, grupos de cinco ovos de cada predador, com idade variando entre 0 e 24 h, foram retirados das arenas e transferidos em discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, infestados com aproximadamente 20 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. Quatro discos, contendo cinco ovos dos predadores em cada disco, foram dispostos sobre espuma

embebida em água destilada contida em placa de Petri de 12 cm de diâmetro, sendo as bordas dos discos circundadas com algodão hidrófilo umedecido para mantê-los túrgidos e impedir a fuga dos ácaros.

As arenas foram mantidas durante 20 h em câmaras climatizadas. Posteriormente, as arenas foram pulverizadas com uso da torre de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Inglaterra), calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa). Em cada pulverização foi utilizado um volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente 1,50 mg/cm². Meia hora após a pulverização, o algodão que circundava os discos de folha foi removido, transferindo-se cada disco sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Essas placas foram fechadas com filme plástico (PVC) para evitar a fuga dos ácaros, sendo posteriormente transferidas em caixas plásticas e mantidas em câmaras climatizadas a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade relativa e 14 h de fotofase. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas.

3.2.1.3.2 Fêmeas adultas

Trinta fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis*, com aproximadamente 10 dias após a emergência, foram transferidas para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae* (conforme descrito no item anterior).

Após a transferência dos predadores foi realizada a pulverização dessas arenas, juntamente com discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, previamente infestados com cerca de 40 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. A pulverização foi realizada com a torre de Potter, calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa). Em cada pulverização foi utilizado um volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente 1,50 mg/cm². Em seguida, os discos de folha contendo resíduo foram deixados para secar em condições de laboratório por aproximadamente meia hora.

Posteriormente, esses discos foram acondicionados sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em de placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Grupos de cinco fêmeas pulverizadas foram transferidos para cada arena contendo resíduo do respectivo agrotóxico. Posteriormente essas arenas foram fechadas com filme plástico transparente (PVC) para impedir a fuga dos ácaros. As arenas de bioensaio foram mantidas em câmara climatizada a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade

relativa e 14 h de fotofase. Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas.

3.2.1.4 Caracterização da suscetibilidade a deltametrina em imaturos e fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Para a caracterização da linha-básica de suscetibilidade de imaturos e fêmeas adultas de *N. californicus* e *P. macropilis* a deltametrina (Decis 25CE[®] (2,5% I.A), Bayer Cropscience), foram utilizadas cinco concentrações distribuídas logaritmicamente e variando entre 320 e 4.250 mg deltametrina L⁻¹ para *N. californicus* e entre 0,056 e 1,8 mg deltametrina L⁻¹ para *P. macropilis*. Foram realizadas de quatro a seis repetições para cada concentração testada, sendo cada repetição composta por quatro arenas contendo cinco ácaros predadores.

A avaliação da mortalidade foi realizada 120 h após a pulverização direta dos ovos e 48 h após a pulverização de fêmeas adultas. Tanto para imaturos quanto adulto, foi considerado morto o indivíduo que não respondeu com movimentos vigorosos ao ser tocado por um pincel. Os dados de mortalidade para cada espécie foram submetidos à análise de Probit utilizando-se o programa POLO-PC (LEORA SOFTWARE, 1987) para a estimativa das CL₅₀s e seus respectivos intervalos de confiança (I.C. 95%). Também foram realizados os testes de igualdade e paralelismo com intuito de comparar os coeficientes angular e linear obtido para cada espécie. A razão de tolerância (RT) foi obtida dividindo-se a CL₅₀ da espécie mais tolerante pela CL₅₀ da espécie menos tolerante, e o intervalo de confiança estimado a partir do método descrito por Robertson e Preisler (1992).

3.2.1.5 Efeito de deltametrina no crescimento populacional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Os procedimentos de bioensaio adotados para avaliar o impacto de deltametrina no crescimento populacional de *N. californicus* e *P. macropilis* foram os mesmos descritos no 3.2.1.3.2. Foram utilizadas sete concentrações distribuídas logaritmicamente e variando entre 56 e 4.250 mg deltametrina L⁻¹ para *N. californicus* e entre 0,18 e 5,6 mg deltametrina L⁻¹ para *P. macropilis*, sendo realizadas de três a cinco repetições para cada concentração testada. Cada repetição foi composta por quatro arenas contendo cinco ácaros predadores.

A avaliação foi efetuada sete dias após a transferência das fêmeas adultas contaminadas sobre o resíduo, momento em que se procedeu a contagem do número total (ovos, larvas, ninfas e adultos) de predadores por arena em cada concentração. A partir disso, foi realizada a estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) dada pela eq. (1):

$$r_i = \frac{\ln(N_f/N_o)}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: N_f é o número de indivíduos ácaros em cada arena por ocasião da avaliação do bioensaio, N_o é o número inicial de ácaros transferidos em cada arena por ocasião do início do bioensaio e Δt é o período em que os ácaros predadores ficaram em contato com o resíduo dos produtos, ou seja, o período de duração do bioensaio. De acordo com a equação, se o valor estimado para: $r_i = 0$, verifica-se equilíbrio no crescimento populacional; por outro lado se $r_i > 0$, o crescimento populacional mantém-se em estado ascendente e se $r_i < 0$, a população está sofrendo um declínio que poderá levá-la à extinção, quando $N_f=0$ (STARK et al., 1997; STARK; BANKS, 2003). Os dados de r_i , foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas para cada concentração testada foram comparadas com a resposta exibida pelo controle, utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). A partir disso, foram obtidas as concentrações sem efeito observado (CENO) e a menor concentração que causou redução na taxa instantânea de crescimento de cada predador (CEO).

3.2.1.6 Variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a deltametrina em populações de *Phytoseiulus macropilis*

A variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a deltametrina em populações de *P. macropilis* foi avaliada em fêmeas adultas coletadas em diferentes áreas de cultivo protegido de plantas ornamentais (Quadro 3.1). A caracterização das curvas de concentração-resposta para cada população foi realizada com cinco concentrações de deltametrina distribuídas logaritmicamente e variando entre 0,056 e 1,8 mg deltametrina L⁻¹ para a população suscetível (Pm) e entre 56 e 3.200 mg deltametrina L⁻¹ para as demais populações testadas. Os procedimentos de bioensaio foram os mesmos descritos no item 3.2.1.3.2.

A avaliação da mortalidade foi efetuada 48 h após a transferência dos predadores contaminados sobre o resíduo, sendo considerado morto o indivíduo que não respondeu com movimentos vigorosos ao ser tocado por um pincel. Os dados de mortalidade de cada população foram submetidos à análise de Probit, utilizando-se o programa POLO-PC (LEORA SOFTWARE, 1987), para a estimativa das CL_{50} s e seus respectivos intervalos de confiança (I.C. 95%). Para estimar a magnitude da resistência, foi calculada a razão de resistência (RR) dividindo-se a CL_{50} da população em estudo pela CL_{50} da população suscetível de referência (Pm). O intervalo de confiança da RR de cada população foi estimado a partir do método descrito por Robertson e Preisler (1992).

3.2.2 Resultados

3.2.2.1 Caracterização da suscetibilidade a deltametrina em imaturos e fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

As respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos de *N. californicus* e *P. macropilis* a deltametrina encontram-se na Tabela 3.1. Para ambas as espécies não foi detectada diferença na suscetibilidade entre os estágios de desenvolvimento. Por outro lado, tanto os imaturos quanto os adultos de *N. californicus* foram mais tolerantes a deltametrina do que *P. macropilis*. Pelos testes de igualdade e paralelismo, as curvas de concentração-mortalidade para imaturos de *N. californicus* e *P. macropilis* foram distintas ($\chi^2 = 314,09$; g.l.= 2; $p < 0,05$) e não paralelas ($\chi^2 = 7,67$; g.l.= 1; $p < 0,05$). Por outro lado, para adultos as curvas foram consideradas distintas ($\chi^2 = 575,76$; g.l.= 2; $p < 0,05$), e paralelas, sendo que os coeficientes angulares não diferiram significativamente ($\chi^2 = 2,09$; g.l.= 1; $p > 0,05$) (Figura 3.1). As razões de tolerância (RT) estimadas para imaturos e adultos foram aproximadamente 3.600 vezes e 3.000 vezes respectivamente.

Tabela 3.1 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) a deltametrina

| Estágio | Espécie | n ^a | CL ₅₀ (mg i.a.. L ⁻¹) (95% I.C.) | Coef. ang. ± EP | χ ² | g.l ^b | RT ^c (95% I.C.) |
|---------|---------|----------------|--|--------------------|----------------|------------------|---------------------------------|
| imaturo | Nc | 635 | 866,26 (506,63-1469,18) | 2,53 ± 0,20 | 16,62 | 3 | 3.609,42 (2.770,87-4.696,96) |
| | Pm | 428 | 0,24 (0,19-0,30) | 1,77 ± 0,19 | 2,91 | 3 | |
| adulto | Nc | 1.044 | 970,10 (447,64-576,94) | 2,15 ± 0,13 | 18,16 | 3 | 2.939,70 (2.448,15-3.554,00) |
| | Pm | 705 | 0,33 (0,19-0,47) | 2,50 ± 0,26 | 7,66 | 3 | |

^a número de indivíduos testados. ^b graus de liberdade; ^c razão de tolerância=CL₅₀ Nc / CL₅₀ Pm

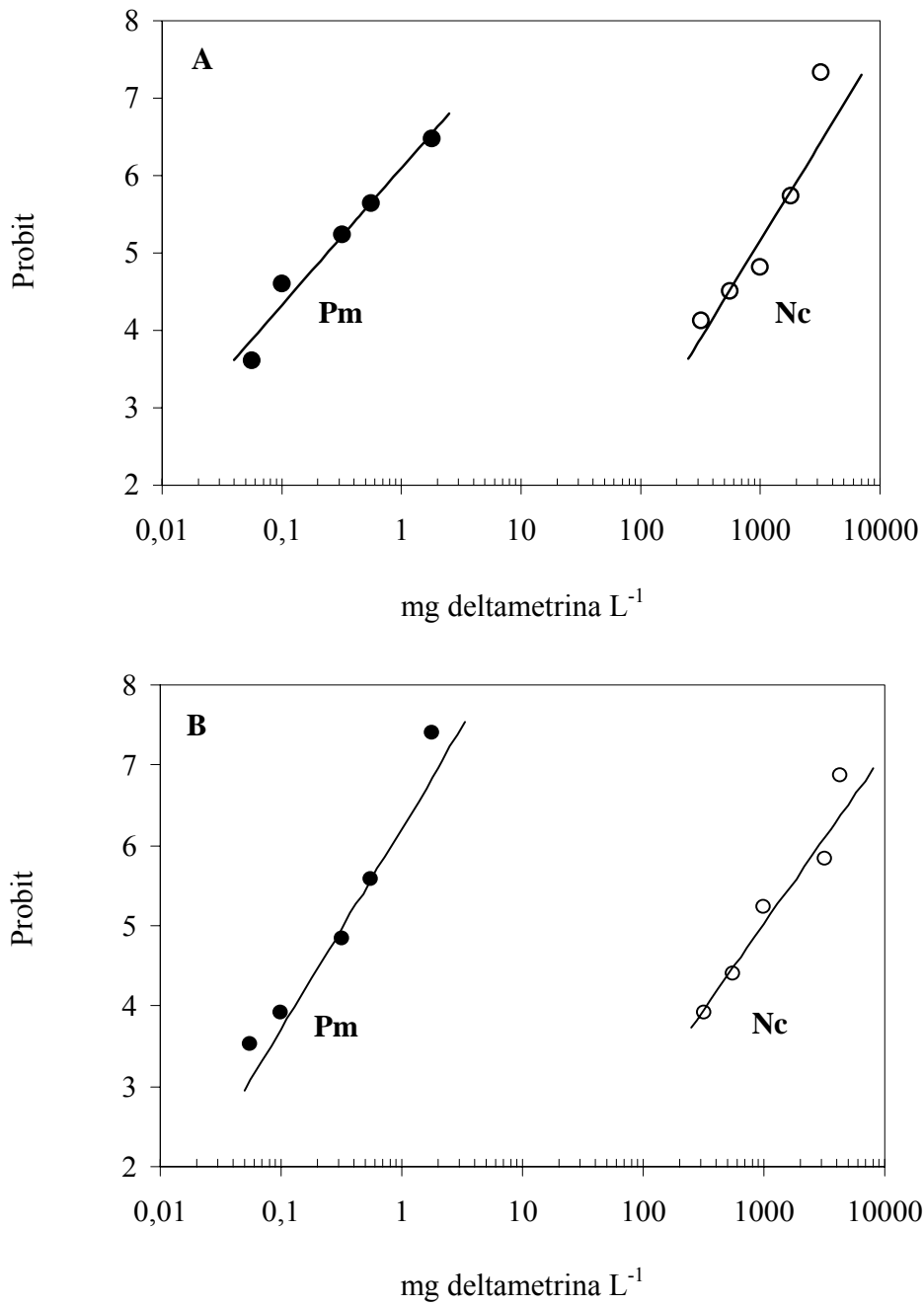


Figura 3.1 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos (A) e adultos (B) de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) a deltametrina

3.2.2.2 Efeito de deltametrina no crescimento populacional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

O aumento nas concentrações de deltametrina proporcionou uma redução na taxa instantânea de crescimento (r_i) de *N. californicus* e *P. macropilis*. A maior concentração que não afetou a r_i de *N. californicus* (CENO) foi 320 mg deltametrina L⁻¹ e a primeira concentração que causou impacto significativo (CEO) foi 560 mg deltametrina L⁻¹. Verificou-se que até 1.000 mg deltametrina L⁻¹ a taxa instantânea de crescimento desse predador permaneceu positiva ($r_i = 0,046$), sendo que somente 4.250 mg deltametrina L⁻¹ levou a população dessa espécie à extinção (Figura 3.2). Para *P. macropilis*, as CENO e CEO foram cerca de 300 vezes inferiores às estimadas para *N. californicus*, sendo de 1,0 e 1,8 mg deltametrina L⁻¹, respectivamente. Valores negativos para a taxa instantânea de crescimento dessa espécie foram verificados a partir de 1,8 mg deltametrina L⁻¹. A concentração que levou a população de *P. macropilis* à extinção foi de 5,6 mg deltametrina L⁻¹, sendo 760 vezes menor do que a estimada para *N. californicus* (Figura 3.3).

O efeito letal (CL₅₀s de imaturos e adultos) e o impacto no crescimento populacional (CENO e CEO) de deltametrina sobre os ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* estão na Tabela 3.2. Comparando as concentrações estimadas para cada parâmetro avaliado, com a faixa recomendada para o controle de insetos-praga em cultivo de plantas ornamentais e/ou hortaliças, verifica-se que as liberações de *P. macropilis* não devem ser recomendadas em programas de manejo onde esse agrotóxico seja utilizado, pois esse predador não seria capaz de sobreviver e reproduzir nestas condições. Por outro lado, a população de *N. californicus* foi compatível com esse inseticida, já que as concentrações recomendadas desse produto estão bem abaixo daquelas que causariam efeito letal ou sub-letal sobre a população avaliada.

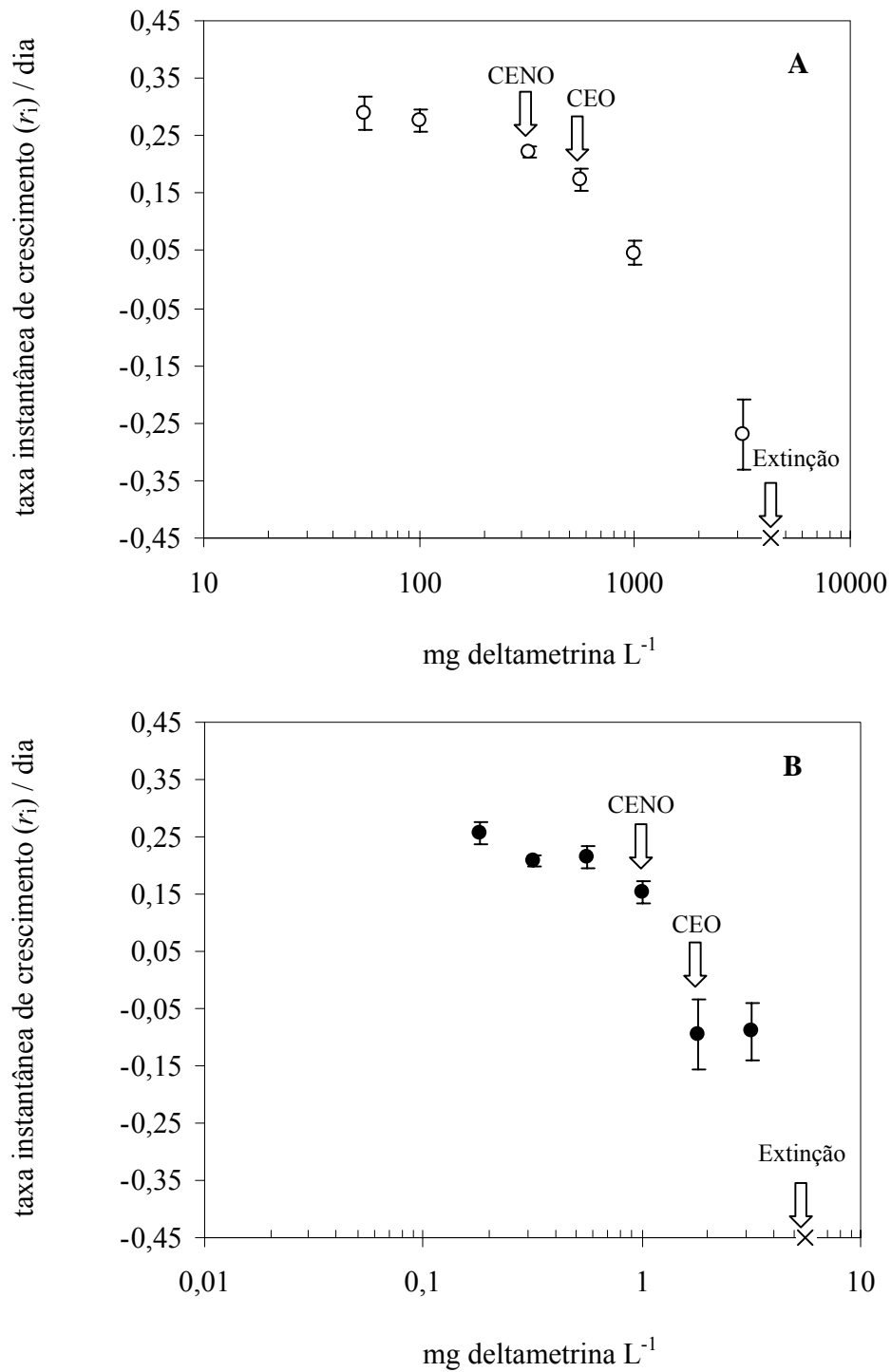


Figura 3.2 - Efeito de deltametrina na taxa instantânea de crescimento (r_i) por dia (\pm EP) de *Neoseiulus californicus* (A) e *Phytoseiulus macropilis* (B)

Tabela 3.2 - Respostas obtidas nos bioensaios toxicológicos realizados para avaliar o efeito letal e sub-letal de deltametrina sobre *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

| Parâmetros Avaliados | Concentrações (mg deltametrina L ⁻¹) | |
|------------------------------|---|----------------------|
| | <i>N. californicus</i> | <i>P. macropilis</i> |
| CL ₅₀ (ímaturado) | 866,26 | 0,24 |
| CL ₅₀ (adulto) | 970,10 | 0,33 |
| CENO | 320,00 | 1,00 |
| CEO | 560,00 | 1,80 |
| Extinção | 4.250,00 | 5,60 |
| Concentração de campo | 7,50 a 12,50 | |

3.2.2.3 Variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a deltametrina em populações de *Phytoseiulus macropilis*

As três populações de *P. macropilis* coletadas em campo foram mais tolerantes ao piretróide do que a população tomada como suscetível de referência (Pm) (Tabela 3.3). A maior razão de resistência foi estimada para a população Pm₄ coletada em cultivo protegido de crisântemo em Holambra/SP, sendo cerca de 3.500 vezes mais tolerante a esse agrotóxico do que a população suscetível Pm. Para as populações Pm₂, coletada em cultivo protegido de rosa em Andradas/SP, e Pm₃ que foi coletada em cultivo protegido de gérbera em Holambra, a razão de resistência (RR) foi de aproximadamente 850 e 1.330 vezes respectivamente.

Tabela 3.3 - Respostas de concentração-mortalidade de populações de *Phytoseiulus macropilis* a deltametrina

| População | n ^a | CL ₅₀ (mg I.A./ L) (95% I.C.) | Coef. ang. ± EP | χ ² | g.l. ^b | RR ^c (95% I.C.) |
|-----------------|----------------|---|--------------------|----------------|-------------------|--------------------------------|
| Pm | 705 | 0,33 (0,19-0,47) | 2,50 ± 0,26 | 7,66 | 3 | - |
| Pm ₂ | 325 | 281,86 (168,48-462,16) | 1,86 ± 0,22 | 4,45 | 3 | 854,12 (650,06-1.129,88) |
| Pm ₃ | 320 | 438,34 (268,01-645,54) | 2,14 ± 0,27 | 4,35 | 3 | 1328,27 (1.037,73-1.711,71) |
| Pm ₄ | 448 | 1159,13 (729,17-1536,53) | 3,10 ± 0,44 | 4,10 | 3 | 3512,52 (2.818,20-4.407,68) |

^a número de indivíduos testados; ^b graus de liberdade; ^c Razão de resistência= CL₅₀ da população em estudo/CL₅₀ da população suscetível de referência (Pm)

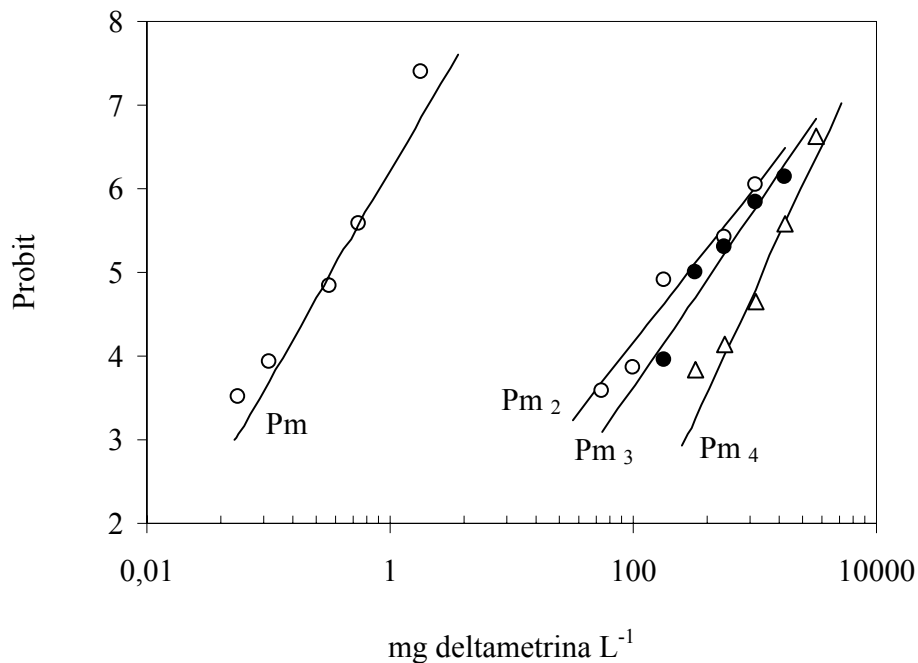


Figura 3.3 - Curvas de concentração-mortalidade da população suscetível de referência de *Phytoseiulus macropilis* (Pm) e demais populações coletadas em cultivos protegido de rosa (Pm₂), gérbera (Pm₃) e crisântemo (Pm₄)

3.2.3 Discussão

N. californicus foi mais tolerante a deltametrina do que *P. macropilis*. Outros estudos também indicaram diferenças na suscetibilidade dos ácaros fitoseídeos a deltametrina. Markwick (1986) reportou que fêmeas adultas de *T. pyri* foram aproximadamente 300 vezes mais tolerante a esse piretróide do que *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Por outro lado, *T. pyri* foi apenas cinco vezes mais suscetível a esse piretróide do que *A. andersoni* (BONAFOS et al., 2007). Poletti e Omoto (2005) verificaram que *Euseius concordis* (Chant) foi cerca de 50 vezes mais tolerante à deltametrina do que *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma.

Caso de resistência de *N. californicus* a inseticidas organofosforados foi documentado em pomares comerciais de maçã no Uruguai (CROFT; BRIOZZO, CARBONELL, 1976). Poletti e Omoto (2005) verificaram razões de resistência de 24 vezes a deltametrina em *N. californicus* coletada em um pomar comercial de maçã em Fraiburgo/SC. De acordo com Monteiro (2001), deltametrina foi extremamente tóxica para uma população de *N. californicus* coletada em pomar de maçã situado em Vacaria/RS. Detecção e seleção para resistência a agrotóxicos também foram reportadas para o ácaro especialista *P. persimilis*, espécie comumente utilizada para o controle de *T. urticae* em cultivos protegidos de ornamentais em vários países (GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003). De acordo com Schulten; Klashorst e Russell (1976), populações de *P. persimilis* liberadas em cultivos protegidos na Holanda apresentaram elevada resistência ao organofosforado paration. O emprego de uma linhagem de *P. persimilis* resistente a organofosforados no Egito foi responsável pelo sucesso no manejo de *T. urticae* na cultura do pepino (RASMY; ELLAITHY, 1988).

Nos estudos realizados para avaliar o impacto de deltametrina na taxa instantânea de crescimento (r_i) dos predadores, verificou-se que apesar de *N. californicus* apresentar-se mais tolerante a esse produto do que *P. macropilis*, a diferença na suscetibilidade desses predadores foi menos pronunciada do que a obtida nos estudos realizados para a caracterização de imaturos e adultos. Neste caso, as concentrações com e sem efeito observado (CEO e CENO) para a r_i foram aproximadamente 300 vezes superiores para *N. californicus* do que para *P. macropilis*. Além disso, a concentração que levou a população de *N. californicus* à extinção foi cerca de 760 vezes superior à empregada para *P. macropilis*.

No presente estudo, a concentração que levou *P. macropilis* à extinção foi de 5,6 mg i.a L⁻¹, sendo que esta foi menor do que a faixa de concentrações de deltametrina recomendada para o

controle de pragas em plantas ornamentais e hortaliças (7,5 a 12,5 mg i.a L⁻¹), o que indicou a incompatibilidade desse piretróide e a população do predador testada. Por outro lado, a variabilidade intraespecífica na suscetibilidade das populações de *P. macropilis* avaliadas, demonstrou que a pressão de seleção com deltametrina, ou com outros piretróides devido à resistência cruzada, em algumas áreas de cultivo protegido de ornamentais, tem ocasionado a seleção de populações resistentes, o que poderia favorecer a integração do controle químico com o controle biológico aplicado. Foram detectadas populações de *P. macropilis* com razões de resistência (RR) de até 3.500 vezes. Sendo assim, a seleção de linhagens resistentes a deltametrina poderia viabilizar o emprego de *P. macropilis* em liberações inundativas, isoladas ou combinadas com *N. californicus*, em programas de controle biológico aplicado.

3.3 Conclusões

- *N. californicus* é mais tolerante a deltametrina do que *P. macropilis*;
- Deltametrina afeta apenas o crescimento populacional de *P. macropilis*;
- Há variabilidade intraespecífica na suscetibilidade a deltametrina em populações *P. macropilis*.

Referências

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01 nov. 2006.

BLOMMERS, L. H. M. Integrated pest management in European apple orchards. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.39, p.213-241, 1994.

BONAFOS, R.; SERRANO, E.; AUGER, P.; KREITER, S. Resistance to deltamethrin, lambda-cyhalothrin and clorpyrifos-ethyl in some populations of *Typhlodromus pyri* Scheuten and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) from vineyards in south-west of France. **Crop Protection**, Guildford, v.26, p.169-172, 2007.

CROFT, B.A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley Interscience, 1990. 723p.

CROFT, B.A.; WHALON, M.E. Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. **Entomophaga**, Paris, v.27, n.1, p.3-21, 1982.

CROFT, B. A.; BRIOZZO, J.; CARBONELL, J. B. Resistance to organophosphorous insecticides in a predaceous mite, *Amblyseius chilensis*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.69, p.563-565, 1976.

GEORGHIOU, G. P.; LAGUNES-TEJEDA, A. **The occurrence of resistance to pesticides in arthropods**. Rome: FAO, 1991. 318p.

GERSON, U.; SMILEY, R.L.; OCHOA, R. **Mites (acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 539p.

HOY, M. A. Integrated mite management for California almond orchards. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (Ed.) **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. v.1B chap. 3.2 p.299-310.

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

KOSTIAINEN, T.; HOY, M. A. Variability in resistance to organophosphorous insecticides in field-collected colonies of *Amblyseius finlandicus* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.117, p.370-379, 1994.

LEORA SOFTWARE, **POLO-PC**: a user's guide to Probit or Logit analysis. Berkley, 1987, 20p.

MARKWICK, N.P. Detecting variability and selecting for pesticide resistance in two species of phytoseiid mites. **Entomophaga**, Paris, v.31, n.3, p.225-236, 1986.

McMUTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of Phytoseiidae mites and their holes in biological control. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.42, p. 291-321, 1997.

MONTEIRO, L. B. Seletividade de inseticidas a *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) em macieira, no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.23, n.3, p.589-592, 2001.

POLETTI, M.; OMOTO, C. Variabilidades inter e intraespecífica na suscetibilidade de ácaros fitoseídeos à deltametrina em citros no Brasil. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, v.75, p.32-37, 2005.

RASMY, A.H.; ELLAITHY, Y.M. Introduction of *Phytoseiulus persimilis* for twospotted spider mite control in greenhouses in Egypt (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Entomophaga**, Paris, v.33, p.435-438, 1988.

ROCK, G. C. Relative toxicity of two synthetics pyrethroids to a predator *Amblyseius fallacis* and its prey *Tetranychus urticae*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.72, p.293-294, 1979.

ROBERTSON, J.L.; PREISLER, H.K. **Pesticide bioassay with arthropods**. Boca Ranton: CRC Press, 1992. 127p.

ROUSH, R. T.; HOY, M. A. Selection improves sevin resistance in spider mite predator. **California Agriculture**, California, v.34, p.11-14, 1980.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT**: user's guide, Version 8. SAS Institute Inc.: Cary, NC, 2000.

SCHULTEN, G.G. M.; KLASHORST, G. van de; RUSSELL, V.M. Resistance of *Phytoseiulus persimilis* A. H. (Acari: Phytoseiidae) to some insecticides. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 80, p. 337-341, 1976.

STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford , v.48, p.505-519, 2003.

STARK, J.D.; TANIGOSHI, L.; BOUNFOUR, M.; ANTONELLI, A. Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.37, p.273-279, 1997.

4 EFEITO LETAL E SUB-LETAL DE INSETICIDAS NEONICOTINÓIDES SOBRE *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) E *Phytoseiulus macropilis* (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Resumo

Os neonicotinóides destacam-se como um dos principais grupos químicos utilizados para o controle de insetos sugadores em cultivos de plantas ornamentais e hortaliças. Apesar da seletividade de neonicotinóides a vários inimigos naturais, alguns trabalhos reportaram elevada toxicidade sobre algumas espécies de ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae). Sendo assim, o presente estudo foi conduzido para avaliar o efeito letal e sub-letal dos neonicotinóides acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam sobre *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks). O efeito letal foi avaliado mediante a estimativa das CL_{50} s de cada inseticida para os estágios imaturo e adulto, utilizando-se bioensaios de contato direto e residual. Já o efeito sub-letal foi avaliado mediante estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) de cada espécie de ácaro predador na presença de diferentes concentrações de cada inseticida. A resposta funcional de *N. californicus* e *P. macropilis* foi avaliada sobre ovos de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) contaminados para cada inseticida nas densidades de 5, 10, 20, 40, 60 e 80 ovos por arena. Acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam apresentaram baixas toxicidades sobre fêmeas adultas de ambas espécies. No entanto, acetamiprido e imidacloprido causaram elevada mortalidade de imaturos de *P. macropilis*, sendo que as CL_{50} s para estes produtos foram de 82 e 50 mg i.a. L^{-1} , respectivamente. As estimativas da r_i confirmaram o baixo impacto dos neonicotinóides, sendo que as concentrações necessárias para levar as populações de *N. californicus* e *P. macropilis* à extinção foram ≥ 3.200 mg i.a. L^{-1} . Apesar de acetamiprido não ter reduzido a capacidade de predação de *N. californicus*, prejudicou o desempenho de *P. macropilis* a partir da densidade de 20 ovos da presa por arena. Imidacloprido alterou os parâmetros da resposta funcional estimados para as duas espécies, com uma redução de 55 e 87% no consumo máximo de *N. californicus* e *P. macropilis*. Tiametoxam reduziu o consumo de *P. macropilis* a partir da densidade de 40 ovos/arena. Os neonicotinóides testados apresentaram baixa toxicidade sobre adultos e baixo impacto no crescimento populacional de *N. californicus* e *P. macropilis*, contudo, o uso desses produtos pode afetar resposta funcional sobre ovos contaminados de *T. urticae*.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; Ecotoxicologia; Ácaros predadores; Resposta funcional; *Tetranychus urticae*

Lethal and sub-lethal effects of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae)

Abstract

The neonicotinoid insecticides are one of the most important chemical classes used for controlling sucking pests in ornamental plants and vegetable crops. The selectivity of neonicotinoids has been reported to several natural enemies; however some reports indicated high

toxicity of them to some species of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). Then, this study was conducted to evaluate the lethal and sublethal effects of the neonicotinoids acetamiprid, imidacloprid and thiamethoxam on *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks). A residual-type bioassay was used to evaluate the lethal effect by estimating the LC_{50} s of each insecticide to immature and adult stages. The sublethal effect was evaluated by estimating the instantaneous growth rate (r_i) of each predaceous mite species in the presence of different concentrations of each insecticide. The functional response of *N. californicus* and *P. macropilis* was evaluated on treated *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) eggs at densities of 5, 10, 20, 40, 60, and 80 eggs per arena. Low toxicity of acetamiprid, imidacloprid and thiamethoxam was observed to female adults of both mite species. However, acetamiprid and imadacloprid caused high mortality of immature stages of *P. macropilis*, with LC_{50} s of 82 e 50 mg a.i. L^{-1} , respectively. The low impact of neonicotinoids was confirmed by the estimation of r_i that revealed that the concentrations necessary to lead to the extinction of populations were $\geq 3,200$ mg a.i. L^{-1} . Although acetamiprid did not affect the predatory capacity of *N. californicus*, it was detrimental to the performance of *P. macropilis* from a density of 20 *T. urticae* eggs per arena. Imidacloprid changed the functional response parameters estimated for both species, with reductions of 55 and 87% relative to the peak consumption observed for *N. californicus* and *P. macropilis*, respectively. Thiamethoxam significantly reduced *P. macropilis* consumption from a density of 40 *T. urticae* eggs per arena. The neonicotinoid insecticides tested showed low toxicity and little effect on instantaneous growth rate of *N. californicus* and *P. macropilis*, however, these insecticides can affect the functional response of these predaceous mites on treated *T. urticae* eggs.

Keywords: Integrated pest management; Ecotoxicology; Predaceous mites; Functional response; *Tetranychus urticae*

4.1 Introdução

Os inseticidas neonicotinóides foram introduzidos no mercado no início dos anos 90, sendo hoje um dos principais grupos químicos utilizados para o controle de insetos sugadores em várias culturas (NAUEN et al., 2001). Dentre esses, imidacloprido tem sido a molécula mais estudada com relação ao impacto sobre inimigos naturais. Vários trabalhos têm indicado baixa toxicidade desse produto sobre fêmeas adultas de várias espécies de ácaros fitoseídeos como *Neoseiulus collegae* (De Leon), *Phytoseiulus macropilis* (Banks), *Proprioseiopsis mexicanus* (Garman) (MIZELL; SCONYERS, 1992); *Amblyseius* (= *Neoseiulus*) *womersleyi* Schicha (LEICHT, 1993); *Typhlodromus doreenae* Schicha, *Typhlodromus dossei* Schicha (JAMES; VOGELE, 2001), *Amblyseius* (= *Neoseiulus*) *cucumeris* (Oudemans) (SANGSOO et al., 2005). De acordo com James (1997), além de imidacloprido não ter afetado a sobrevivência de fêmeas adultas de *Euseius victoriensis* (Womersley), estimulou a capacidade reprodutiva desse ácaro, ocasionando aumento na densidade populacional desse ácaro predador em campo.

Apesar da maioria dos estudos revelarem o reduzido impacto de imidacloprido sobre os ácaros fitoseídeos, esse produto foi extremamente tóxico a *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) e *Neoseiulus fallacis* (Garman) (JAMES; COYELE, 2001; JAMES, 2003). Em um outro estudo, imidacloprido reduziu significativamente o potencial reprodutivo de *Neoseiulus californicus* (McGregor) em condições de laboratório (CASTAGNOLI et al., 2005). Além da variabilidade interespecífica na suscetibilidade dos ácaros fitoseídeos aos inseticidas neonicotinóides, as respostas também podem variar com a molécula testada e o estágio de desenvolvimento do ácaro. Villanueva e Walgenbacci (2005) verificaram que acetamiprido, imidacloprido, tiametoxam e tiacloprido não apresentaram efeito significativo sobre estágios imaturos de *N. fallacis*. Por outro lado, acetamiprido e imidacloprido causaram elevada mortalidade de fêmeas adultas desse predador, e com exceção de acetamiprido, os demais neonicotinóides afetaram a capacidade reprodutiva de *N. fallacis*.

Comumente os trabalhos realizados para determinar a toxicidade dos agrotóxicos sobre inimigos naturais têm se baseado principalmente na avaliação do efeito letal, mediante a estimativa da CL_{50} ou porcentagem de mortalidade de imaturos e/ou adultos, submetidos a concentrações recomendadas para campo. No entanto, além do efeito letal dos agrotóxicos sobre os inimigos naturais, estudos para avaliar os efeitos sub-letais são recomendados (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007).

Uma ferramenta que atualmente tem se destacado em estudos ecotoxicológicos, é a taxa instantânea de crescimento (r_i) (STARK; WENNERGREN, 1995; STARK et al., 1997; TEODORO et al., 2005; VENZON et al., 2006). A vantagem no uso da r_i é que essa medida, assim como a razão intrínseca de crescimento (r_m), estima o impacto do agrotóxico no crescimento populacional de um determinado organismo e não apenas a toxicidade sobre um estágio de desenvolvimento (STARK; BANKS, 2003).

Além dos trabalhos realizados para avaliar o impacto direto de inseticidas sobre inimigos naturais, estudos para detectar possíveis implicações na capacidade de predação poderiam também subsidiar discussões a respeito da viabilidade no emprego desses predadores em sistemas de produção onde se utilizam esses produtos. A resposta funcional que comumente é empregada para estimar a capacidade de predação dos ácaros fitoseídeos sobre diferentes fontes de alimento (presas) (SHIPP; WHITFIELD, 1991; WEI; WALDE, 1997; KOVEOS; BROUFAS, 2000; GOTOH ET AL., 2004), também poderia ser útil para estudos ecotoxicológicos, avaliando-se a

redução no consumo desses predadores devido à interferência dos agrotóxicos. Recentemente, Li; Tian e Shen (2006) reportaram que os acaricida-inseticidas abamectina e fenprotrina e o fungicida mancozebe afetaram significativamente a resposta funcional do tripes predador *Scolothrips takahashii* Priesner sobre ovos do ácaro *Tetranychus viennensis* Zacher contaminados com esses agrotóxicos.

O presente estudo foi realizado com intuito de avaliar o efeito letal e sub-letal dos inseticidas acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam sobre os ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis*. Foram realizadas as estimativas das CL_{50} s para imaturos e adultos de ambas as espécies para cada produto. O efeito sub-letal foi avaliado mediante estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) de cada espécie de ácaro predador na presença de diferentes concentrações de cada produto. A resposta funcional de *N. californicus* e *P. macropilis* foi avaliada sobre ovos de *T. urticae* contaminados com cada inseticida.

4.2 Desenvolvimento

4.2.1 Material e Métodos

4.2.1.1 Coleta de populações de ácaros

A população de *T. urticae* foi proveniente de coletas realizadas durante o ano de 2003 em cultivo de feijão, *Phaseolus vulgaris* L., do campo experimental do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, da ESALQ/USP em Piracicaba/SP. A população de *N. californicus* foi cedida em 2002 pelo Dr. Mário Eidi Sato do Instituto Biológico em Campinas/SP. Essa população foi coletada em cultivo comercial de morango no município de Atibaia/SP, em outubro de 1999. Já a população de *P. macropilis* foi coletada em cultivo de feijão situado em Piracicaba/SP, por ocasião das coletas de *T. urticae*. Após o estabelecimento das populações de ácaros no laboratório, amostras foram retiradas para identificação específica.

4.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório

Para a criação de *T. urticae*, plantas de *Canavalia ensiformis* (L.) foram cultivadas em casa de vegetação até o desenvolvimento do primeiro par de folhas. Nessas condições, cerca de 50 plantas foram infestadas com todos os estágios de desenvolvimento do ácaro rajado, sendo

mantidas em uma gaiola de $1,0 \times 0,6 \times 0,4$ m que foi feita com armação de madeira e coberta com tecido voil. A cada cinco dias efetuou-se a substituição de aproximadamente 25 plantas para a manutenção da população.

As populações de *N. californicus* e *P. macropilis* foram mantidas sobre as plantas de *C. ensiformis* infestadas com *T. urticae*, utilizado com fonte de alimento aos predadores. Cada espécie foi isolada em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase. A reposição das plantas para a manutenção das populações dos predadores foi realizada a cada cinco dias, da mesma forma que o descrito para a o ácaro presa.

4.2.1.3 Bioensaios Toxicológicos

4.2.1.3.1 Efeito letal de inseticidas neonicotinóides sobre imaturos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Grupos com 50 fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis* foram retirados diretamente das criações mantidas em laboratório, sendo transferidos para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae*. Para a confecção das arenas, cada essa folha foi disposta sobre uma espuma embebida em água destilada contida em de placas de Petri de 12 cm de diâmetro. A borda da folha foi circundada com algodão hidrófilo umedecido para mantê-la túrgida e impedir a fuga dos ácaros. Cada arena contendo os ácaros predadores foi mantida em câmara climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase, durante 24 h.

Após esse período, grupos com cinco ovos de cada predador, com idade variando entre 0 e 24 h, foram retirados das arenas e transferidos em discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, infestados com aproximadamente 20 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. Quatro discos, contendo cinco ovos dos predadores por disco, foram dispostos sobre espuma embebida em água destilada contida em placa de Petri de 12 cm de diâmetro, sendo as bordas dos discos circundadas com algodão hidrófilo umedecido para mantê-los túrgidos e impedir a fuga dos ácaros.

As arenas foram mantidas durante 20 h em câmaras climatizadas, sendo pulverizadas posteriormente, com uso da torre de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Inglaterra) calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa). Em cada pulverização foi utilizado um

volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente 1,50 mg/cm². Meia hora após a pulverização, o algodão que circundava os discos de folha foi removido, transferindo-se cada disco sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Essas placas foram fechadas com filme plástico (PVC) para evitar a fuga dos ácaros, sendo posteriormente mantidas dentro de caixas plásticas, em câmaras climatizadas a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade relativa e 14 h de fotofase. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas.

4.2.1.3.2 Efeito letal de inseticidas neonicotinóides sobre fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Trinta fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis*, com aproximadamente 10 dias após a emergência, foram transferidas para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae* (como foi descrito no item anterior).

Após a transferência dos predadores foi realizada a pulverização dessas arenas, juntamente com discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, previamente infestados com cerca de 40 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. A pulverização foi realizada com a torre de Potter calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa). Em cada pulverização foi utilizado um volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente 1,50 mg/cm². Em seguida, os discos de folha contendo resíduo foram deixados para secar em condições de laboratório por aproximadamente meia hora.

Posteriormente, esses discos foram acondicionados sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Grupos de cinco fêmeas pulverizadas foram transferidos para cada arena contendo resíduo do respectivo agrotóxico. Posteriormente essas arenas foram fechadas com filme plástico transparente (PVC) para impedir a fuga dos ácaros. Durante o período de desenvolvimento dos bioensaios, as arenas foram mantidas em câmara climatizada a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade relativa e 14 h de fotofase. Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas.

4.2.1.3.3 Caracterização da suscetibilidade a inseticidas neonicotinóides em imaturos e fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Para a caracterização da linha-básica de suscetibilidade de imaturos e fêmeas adultas de *N. californicus* e *P. macropilis* aos inseticidas acetamiprido (Mospilan[®] (20% I.A), Iharabras S.A. Indústrias Químicas), imidacloprido (Confidor 700 WG[®] (70% I.A), Bayer Cropscience) e tiametoxam (Actara 250 WG[®] (25% I.A), Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.), foram utilizadas de cinco a seis concentrações para cada produto. Estas concentrações foram distribuídas logaritmicamente, variando entre 100 e 5.600 mg de i.a. L⁻¹ para imaturos e 1.000 e 32.000 mg de i.a. L⁻¹ para adultos de *N. californicus*, e entre 10 e 320 mg de i.a. L⁻¹ para imaturos e 180 e 32.000 mg de i.a. L⁻¹ para adultos de *P. macropilis*. Foram realizadas de quatro a seis repetições para cada concentração testada, sendo cada repetição composta por quatro arenas contendo cinco ácaros predadores.

A avaliação da mortalidade de imaturos foi realizada 120 h após a pulverização direta dos ovos. Para as fêmeas adultas a avaliação foi realizada 48 h após a pulverização direta das mesmas. Tanto para imaturos quanto adulto, foi considerado morto o indivíduo que não respondeu com movimentos vigorosos ao ser tocado por um pincel. Os dados de mortalidade de cada espécie foram submetidos à análise de Probit utilizando-se o programa POLO-PC (LEORA SOFTWARE, 1987) para a estimativa das CL₅₀s e seus respectivos intervalos de confiança (I.C. 95%). Também foram realizados os testes de paralelismo e igualdade com intuito de comparar os coeficientes angular e linear obtido para cada espécie. A razão de tolerância (RT) foi obtida dividindo-se a CL₅₀ da espécie mais tolerante pela CL₅₀ da espécie menos tolerante, e o intervalo de confiança estimado a partir do método descrito por Robertson e Preisler (1992).

4.2.1.4 Impacto de inseticidas neonicotinóides no crescimento populacional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Os procedimentos de bioensaio adotados para avaliar o impacto de deltametrina no crescimento populacional de *N. californicus* e *P. macropilis* foram os mesmos descritos para detecção da toxicidade sobre fêmeas adultas (item 4.2.1.3.2). Foram utilizadas entre cinco e seis concentrações espaçadas logaritmicamente entre 1.000 e 18.000 mg i.a. L⁻¹ para *N. californicus* e entre 180 e 18.000 mg i.a. L⁻¹ para *P. macropilis*, sendo realizadas de três a cinco repetições para

cada concentração testada. Cada repetição foi composta por quatro arenas contendo cinco ácaros predadores.

A avaliação foi efetuada sete dias após a transferência das fêmeas adultas contaminadas sobre o resíduo, momento em que se procedeu a contagem do número total de predadores (ovos, imaturos e adultos) por arena em cada concentração. Em seguida, foi realizada a estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) dada pela eq. (1):

$$r_i = \frac{\ln(N_f/N_o)}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: N_f é o número de ácaros presentes em cada arena por ocasião da avaliação do bioensaio, N_o é o número inicial de ácaros transferidos em cada arena por ocasião do início do bioensaio e Δt é o período em que os ácaros predadores ficaram em contato com o resíduo dos produtos, ou seja, o período de duração do bioensaio. De acordo com a equação, se o valor estimado para: $r_i = 0$, verifica-se equilíbrio no crescimento populacional; por outro lado se $r_i > 0$, o crescimento populacional mantém-se em estado ascendente e se $r_i < 0$, a população está sofrendo um declínio que poderá levá-la à extinção, quando $N_f=0$ (STARK; BANKS, 2003).

Os dados de r_i , foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias para cada concentração testada foram comparadas com a média do controle, pelo teste de Dunnett a 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Posteriormente, foram selecionadas as concentrações sem efeito observado (CENO) e a menor concentração que causou redução na taxa instantânea de crescimento de cada população testada (CEO). A maior concentração recomendada de cada neonicotinóide, para o cultivo de plantas ornamentais e hortaliças, bem como as CENO e CEO, foram substituídas na análise de Probit, com intuito de estimar a porcentagem de mortalidade esperada, para essas concentrações sobre imaturos e adultos dos predadores (STARK; JEPSON; MAYER, 1995; STARK et al., 1997).

4.2.1.5 Impacto de inseticidas neonicotinóides na resposta funcional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

A avaliação do impacto de inseticidas neonicotinóides na resposta funcional de *N. californicus* e *P. macropilis* foi realizada com densidades de 5, 10, 20, 40, 60 e 80 ovos de *T.*

urticae por arena. Para tanto, quatro discos de folha de *C. ensiformis*, com 3 cm de diâmetro, foram dispostos sobre espumas embebidas em água e contidas em placas Petri (12 cm de diâmetro). As bordas dos discos foram circundadas com algodão hidrófilo. Em seguida, foi realizada a infestação desses discos como 10 a 20 fêmeas adultas de *T. urticae* as quais permaneceram para ovipositar nesse substrato, por um período de 24 h. Ao fim desse período, os ácaros foram removidos dos discos e os ajustes das densidades de ovos foram realizados mediante contagem dos mesmos com auxílio de um microscópio estereoscópico.

As concentrações utilizadas para cada produto foram definidas de acordo com as recomendações para o controle de moscas-branca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) pulgões, *Aphis gossypii* Glover e *Myzus persicae* (Sulzer) e tripes, *Frankliniella schultzei* (Trybom) e *Thrips palmi* Karny, em plantas ornamentais e/ou hortaliças, sendo 80, 280 e 135 mg i.a L⁻¹, para acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam, respectivamente (AGROFIT, 2006). Como controle foi utilizado somente água destilada.

A pulverização dos inseticidas foi realizada sobre os discos de folha contendo os ovos com a torre de Potter, utilizando-se o mesmo procedimento descrito no item anterior. Após a pulverização foi transferido um predador no interior de cada arena, a qual foi fechada com filme plástico (PVC). Doze horas antes da transferência do predador para o interior de cada arena, fêmeas adultas alimentadas e acasaladas foram retiradas das criações e individualizadas em arenas de disco de folha de *C. ensiformis*, onde permaneceram em estado de inanição até o início do bioensaio. O experimento foi repetido cinco vezes, sendo que em cada repetição foram empregadas cinco arenas por tratamento. A avaliação foi realizada 24 h após a transferência dos fitoseídeos no interior das arenas, avaliando-se o número de ovos de *T. urticae* consumidas em cada densidade testada.

Para avaliar o efeito dos inseticidas no consumo médio de cada predador, foi realizada análise de variância do número médio de ovos consumidos por arena. O consumo médio do predador para ovos pulverizados com cada um dos inseticidas testados, em cada densidade, foi comparado com o consumo médio quando os ovos estes eram pulverizados com água, utilizando testes F para contrastes (MONTGOMERY, 1991).

Foi calculada a taxa de variação média no consumo de ovos por acréscimo unitário na densidade (ΔNa), para cada tratamento (inseticidas e controle), de acordo com a eq. (2):

$$\Delta Na = \left(\frac{(Na_{N_{\max}} - Na_{N_{\min}})}{N_{\max} - N_{\min}} \right) \quad (2)$$

onde, Na é o número de presas (ovos de *T. urticae*) consumidos pelo predador; N_{\min} e N_{\max} , as densidades mínima e máxima avaliadas no experimento. ΔNa corresponde à inclinação média da curva que descreve a variação no consumo de ovos em função do aumento da densidade de ovos da presa, denominada curva de resposta funcional.

Para cada predador, modelos não lineares de resposta funcional correspondentes a cada tratamento foram ajustadas utilizando procedimentos iterativos do NLIN Procedure (PROC NLIN) (SAS INSTITUTE, 2000). Foi utilizado o modelo de Holling modificado, descrito pela eq. (3):

$$Na = \left(\frac{a \cdot T \cdot N}{1 + a \cdot (Th + c \cdot N) \cdot N} \right) \quad (3)$$

onde: a é o coeficiente de ataque, o qual indica o quão rápido a curva de resposta funcional atingiu seu platô; T é o período de duração do experimento; Th é o período empregado pelo predador nos processos de identificação, captura, ataque, consumo e digestão da presa e N a densidade de ovos da presa. O consumo máximo para cada tratamento foi estimado a partir do inverso de Th .

4.2.2 Resultados

4.2.2.1 Efeito letal de inseticidas neonicotinóides sobre imaturos e fêmeas adultas de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

O efeito letal de acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam foi mais pronunciado para os imaturos do que adultos de *N. californicus* e *P. macropilis*. Tanto os imaturos quanto os adultos de *N. californicus* foram mais tolerantes a acetamiprido e imidacloprido do que *P. macropilis*,

sendo estimadas razões de tolerância (RT) de aproximadamente quatro a sete vezes para o acetamiprido e de 10 vezes para o imidacloprido (Tabelas 4.1 e 4.2). Os imaturos de *N. californicus* foram aproximadamente nove vezes mais tolerantes ao tiametoxam do que *P. macropilis* (Tabela 4.3). Por outro lado, devido à sobreposição dos intervalos de confiança estimados para as CL₅₀s não houve diferença nas respostas exibidas pelos adultos de ambas as espécies a esse produto (Tabela 4.3).

Os imaturos de *N. californicus* foram cerca de duas vezes mais tolerantes ao inseticida tiametoxam do que ao acetamiprido e imidacloprido, e os adultos desse fitoseídeo foram aproximadamente três vezes mais suscetíveis ao acetamiprido do que aos outros neonicotinóides. Os imaturos de *P. macropilis* foram mais tolerantes ao acetamiprido e tiametoxam do que ao inseticida imidacloprido. Já os adultos desta espécie foram aproximadamente dez e nove vezes mais tolerantes ao tiametoxam do que ao acetamiprido e imidacloprido respectivamente.

Tabela 4.1 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) ao acetamiprido

| Estágio | Esp. ^a | n ^b | CL ₅₀ (mg i.a. L ⁻¹) (95% I.C.) | Coef. Ang ± EP | χ ² | g.l. ^c | RT ^d (95% I.C.) |
|---------|-------------------|----------------|---|-------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| imaturo | Nc | 434 | 532,41 (390,99-695,96) | 2,65 ± 0,28 | 6,84 | 4 | 6,53 (5,36-7,94) |
| | Pm | 509 | 81,59 (56,36-110,11) | 2,91 ± 0,34 | 5,74 | 3 | |
| adulto | Nc | 526 | 2.637,84 (1.427,01-4.040,75) | 1,85 ± 0,19 | 11,06 | 4 | 4,12 (3,18-5,35) |
| | Pm | 473 | 639,72 (532,72-751,87) | 2,56 ± 0,26 | 1,08 | 4 | |

^a Espécie de ácaro; ^b número de indivíduos testados. ^c graus de liberdade; ^d razão de tolerância=CL₅₀ Nc / CL₅₀ Pm

Tabela 4.2 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) ao imidacloprido

| Estágio | Esp. ^a | n ^b | CL ₅₀ (mg i.a. L ⁻¹) (95% I.C.) | Coef. Ang .± EP | χ ² | g.l. ^c | RT ^d (95% I.C.) |
|---------|-------------------|----------------|---|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| imaturo | Nc | 382 | 504,75 (362,79-732,87) | 1,12 ± 0,23 | 0,21 | 2 | 10,00 (7,06-14,16) |
| | Pm | 569 | 50,47 (44,33-56,15) | 3,36 ± 0,34 | 2,35 | 3 | |
| adulto | Nc | 367 | 7.738,10 (4.301,00-13.927,00) | 2,04 ± 0,22 | 8,05 | 3 | 10,38 (8,00-13,46) |
| | Pm | 536 | 745,43 (613,84-882,41) | 2,00 ± 0,19 | 1,44 | 4 | |

^aEspécie de ácaro; ^bnúmero de indivíduos testados. ^cgraus de liberdade; ^drazão de tolerância=CL₅₀ Nc / CL₅₀ Pm

Tabela 4.3 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) ao tiametoxam

| Estágio | Esp. ^a | n ^b | CL ₅₀ (mg i.a. L ⁻¹) (95% I.C.) | Coef. Ang .± EP | χ ² | g.l. ^c | RT ^d (95% I.C.) |
|---------|-------------------|----------------|---|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| imaturo | Nc | 309 | 1057,95 (774,76-1351,68) | 1,71 ± 0,26 | 1,77 | 3 | 8,51 (6,24-11,61) |
| | Pm | 388 | 124,31 (56,20-185,74) | 3,28 ± 0,42 | 3,06 | 2 | |
| adulto | Nc | 543 | 7.273,26 (6.126,21-8.572,72) | 2,15 ± 0,21 | 2,58 | 4 | 1,15 (0,88-1,49) |
| | Pm | 417 | 6343,18 (5.104,11-7.698,25) | 1,80 ± 0,19 | 2,90 | 4 | |

^aEspécie de ácaro; ^bnúmero de indivíduos testados. ^cgraus de liberdade; ^drazão de tolerância=CL₅₀ Nc / CL₅₀ Pm

Os resultados obtidos nos testes de igualdade e paralelismo demonstraram que para acetamiprido as curvas de concentração-mortalidade de imaturos de *N. californicus* e *P. macropilis* foram distintas ($\chi^2= 162,52$; g.l.= 2; $p<0,05$) e paralelas ($\chi^2= 0,43$; g.l.= 1; $p>0,05$) (Figura 4.1). Para adultos, as respostas de *N. californicus* e *P. macropilis* foram distintas ($\chi^2= 105,30$; g.l.= 2; $p<0,05$) e não paralelas ($\chi^2= 5,60$; g.l.= 1; $p<0,05$) (Figura 4.1). Com relação ao imidacloprido, as curvas estimadas para imaturos foram distintas ($\chi^2= 179,53$; g.l.= 2; $p<0,05$) e não paralelas ($\chi^2= 32,76$; g.l.= 1; $p<0,05$) e para adultos foram distintas ($\chi^2= 181,38$; g.l.= 2; $p<0,05$) e paralelas ($\chi^2= 0,014$; g.l.= 1; $p>0,05$) (Figura 4.2). Para tiametoxam, as curvas de concentração-mortalidade de imaturos de *N. californicus* e *P. macropilis* foram distintas ($\chi^2= 103,45$; g.l.= 2; $p>0,05$) e não paralelas ($\chi^2= 12,63$; g.l.= 1; $p>0,05$). Por outro lado, para os adultos as curvas estimadas para ambas as espécies a esse produto foram iguais ($\chi^2= 2,80$; g.l.= 2; $p>0,05$) (Figura 4.3).

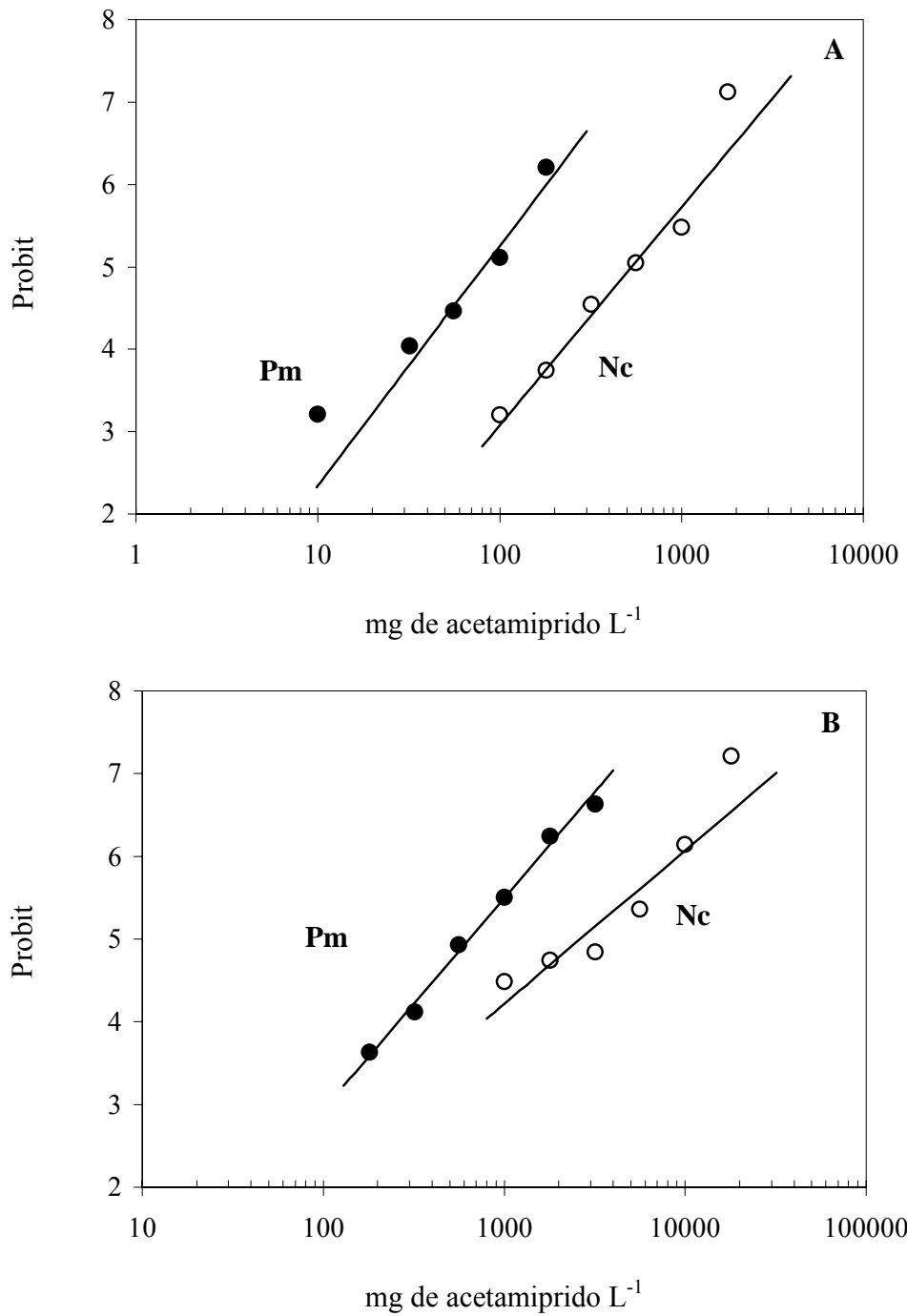


Figura 4.1 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos (A) e adultos (B) de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) ao acetamiprido

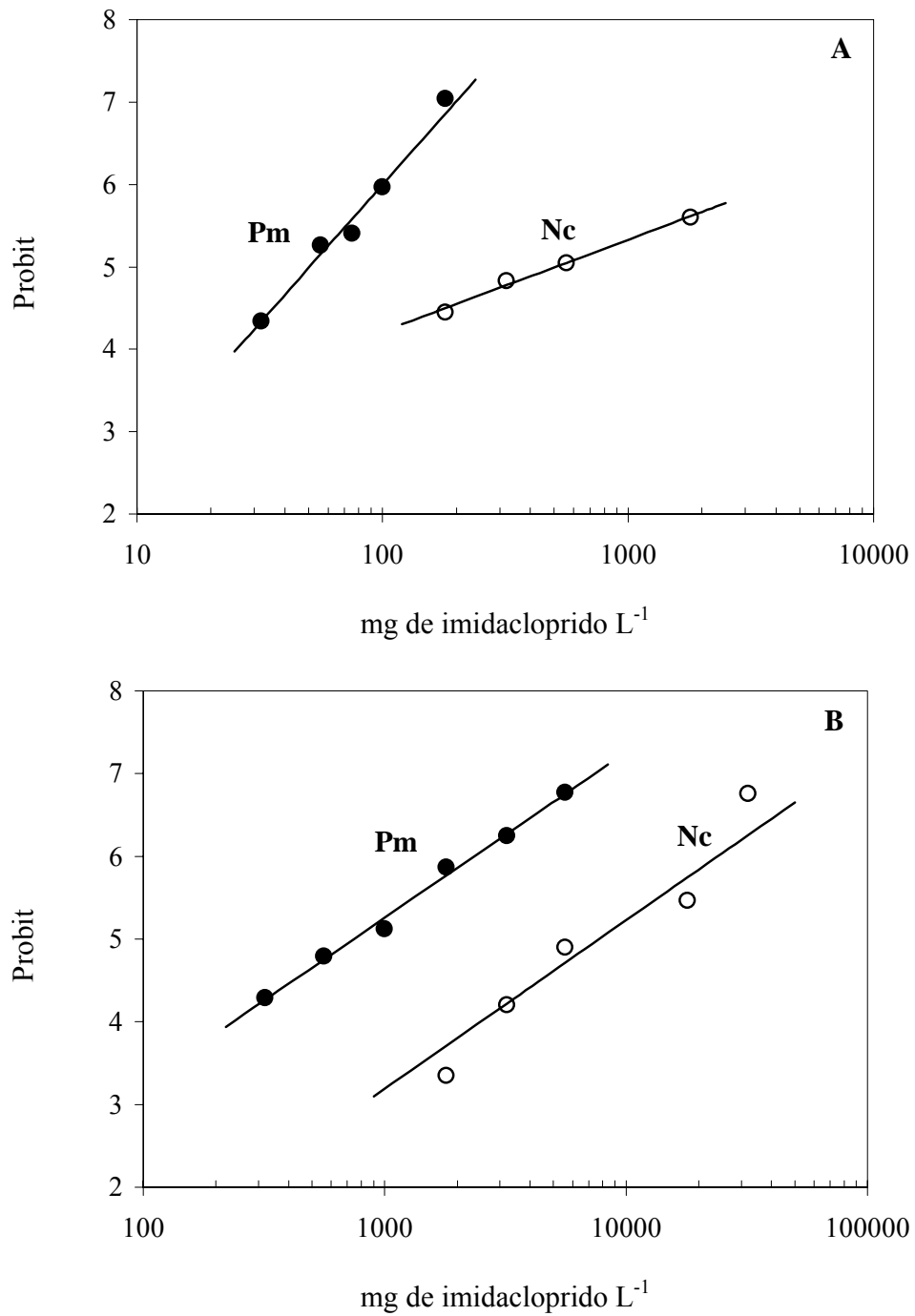


Figura 4.2 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos (A) e adultos (B) de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) ao imidacloprido

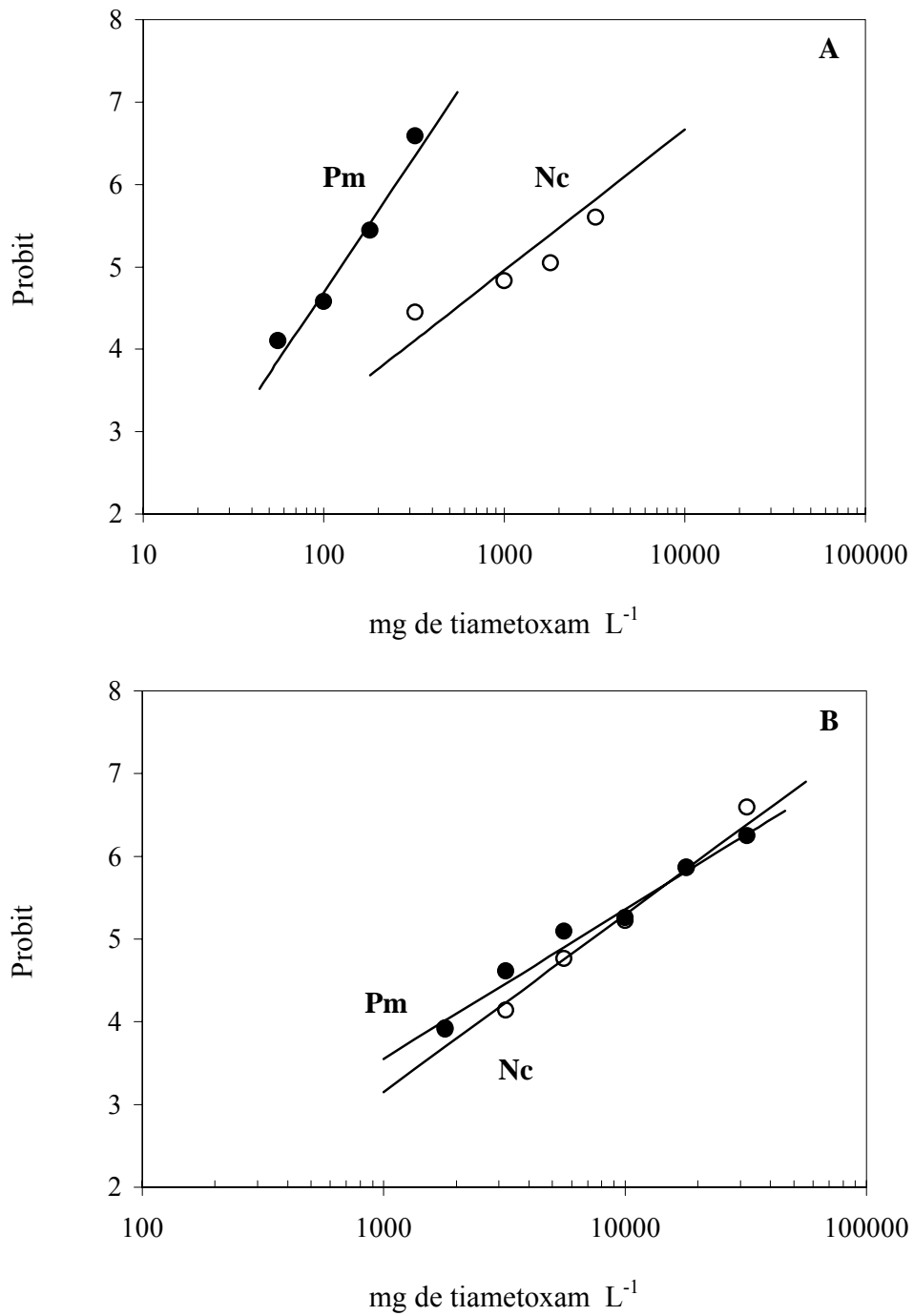


Figura 4.3 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos (A) e adultos (B) de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) ao tiametoxam

4.2.2.2 Impacto de inseticidas neonicotinóides no crescimento populacional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

O aumento nas concentrações de acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam proporcionaram uma redução na taxa instantânea de crescimento (r_i) de *N. californicus* e *P. macropilis*. Porém, esses produtos causaram impacto letal com níveis diferenciados sobre esses ácaros.

Com relação ao acetamiprido, a concentração sem efeito observado (CENO) estimada para *N. californicus* foi de 1.800 mg i.a. L⁻¹ e a menor concentração de efeito observado (CEO) de 3.200 mg i.a. L⁻¹. Para *P. macropilis* as CENO e CEO foram de 320 e 560 mg i.a. L⁻¹, respectivamente. A concentração de acetamiprido que levou a população de *N. californicus* à extinção foi 18.000 mg i.a. L⁻¹, concentração essa que também foi seis vezes superior à de *P. macropilis* (3.200 mg i.a. L⁻¹). Valores negativos para a taxa instantânea de crescimento (r_i) foram obtidos a partir de 1.000 mg i.a. L⁻¹ para *P. macropilis* e 10.000 mg i.a. L⁻¹ para *N. californicus* (Figura 4.4).

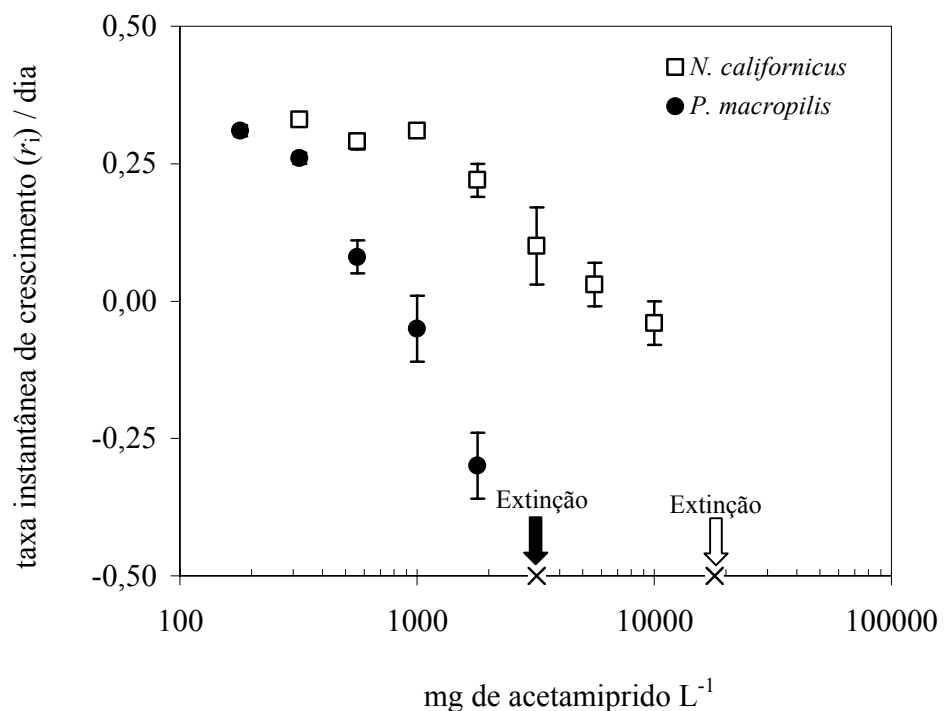


Figura 4.4 - Efeito de acetamiprido na taxa instantânea de crescimento (r_i) (\pm EP) de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*. As setas indicam as concentrações que levaram as populações de cada predador à extinção ($N_f = 0$)

Para o imidacloprido, verificou-se que até 10.000 mg i.a. L⁻¹ a taxa instantânea de crescimento de *N. californicus* foi positiva ($r_i=0,09$), e que na maior concentração testada (18.000 mg i.a. L⁻¹) o r_i estimado foi zero, indicando que esse predador ainda apresentava um equilíbrio no crescimento populacional. A concentração sem efeito observado desse inseticida para *N. californicus* foi de 3.200 mg i.a. L⁻¹, mesma concentração que levou a população de *P. macropilis* à extinção. Para *P. macropilis* a CENO de imidacloprido foi de 100 mg i.a. L⁻¹ e a CEO foi de 320 mg i.a. L⁻¹, no entanto, valores negativos para a taxa instantânea de crescimento para esse predador foram obtidos a partir de 560 mg i.a. L⁻¹ (Figura 4.5).

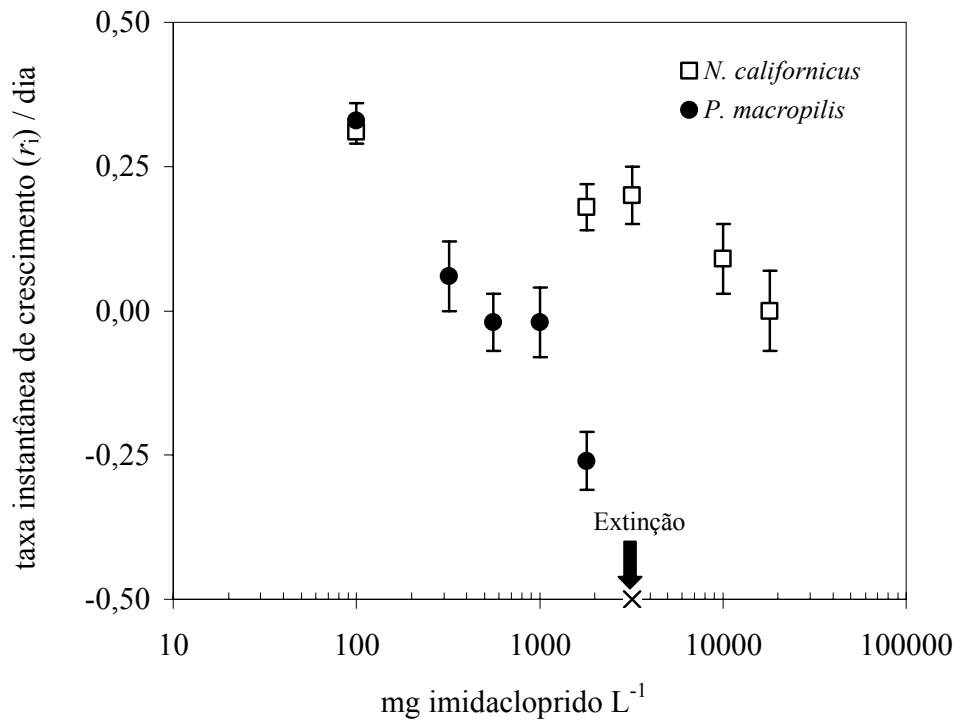


Figura 4.5 - Efeito de imidacloprido na taxa instantânea de crescimento (r_i) (\pm EP) de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*. A seta indica a concentração que levou a população de *P. macropilis* à extinção ($N_f=0$)

Tiametoxam foi o inseticida que causou menor impacto no crescimento populacional de ambas as espécies de predador testadas. As concentrações que não apresentaram efeito significativo no crescimento populacional de *P. macropilis* e *N. californicus* foram de 560 e 1.000 mg i.a. L⁻¹, respectivamente. A primeira concentração que proporcionou um declínio populacional de *P. macropilis* foi de 3.200 mg i.a. L⁻¹ ($r_i = -0,02$). Para ambos os predadores a maior concentração testada foi de 18.000 mg i.a. L⁻¹, que apesar de apresentar impacto no crescimento populacional, reduzindo a taxa instantânea de crescimento de *N. californicus* e *P. macropilis*, não levou nenhum dos predadores à extinção.

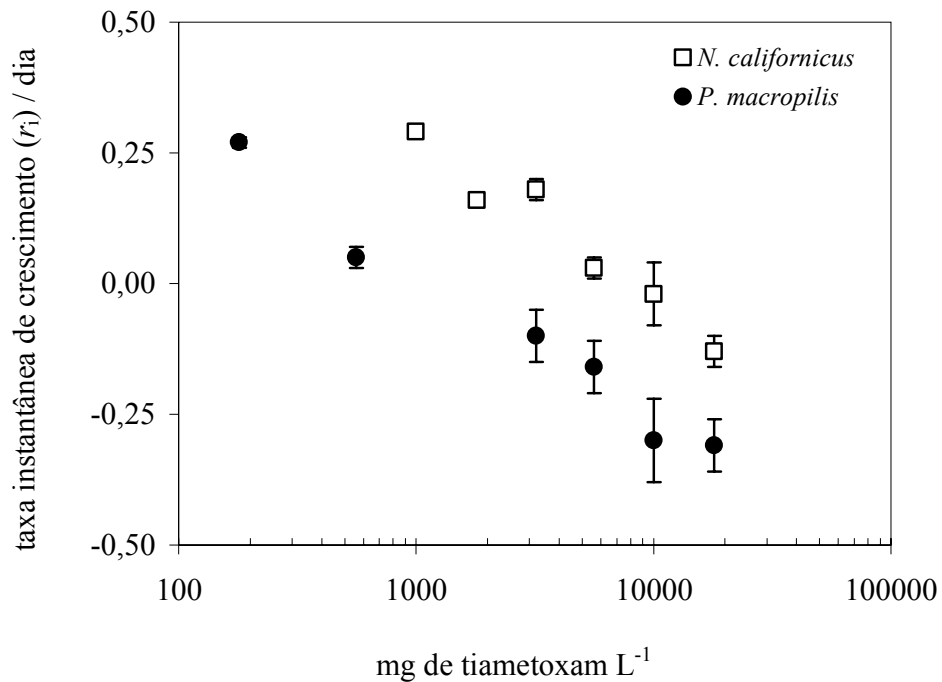


Figura 4.6 - Efeito de tiametoxam na taxa instantânea de crescimento (r_i) (\pm EP) de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

Os resultados das substituições da maior concentração recomendada, de cada neonicotinóide testado, para o controle de insetos-praga em cultivo de plantas ornamentais e hortaliças, na análise de probit estão descritos na Tabela 4.4. Para acetamiprido, apenas os imaturos de *P. macropilis* poderiam sofrer o impacto da maior concentração de campo (80 mg i.a. L⁻¹), sendo que a mortalidade esperada neste caso foi de aproximadamente 50%. Para os imaturos e adultos de *N. californicus*, bem como para os adultos de *P. macropilis*, a mortalidade esperada (probit) para essa concentração foi menor do que 1,5%. A maior concentração recomendada de imidacloprido (350 mg i.a. L⁻¹) causou mortalidade esperada maior do que 99% para imaturos de *P. macropilis* e de 43% para imaturos de *N. californicus*. Sobre adultos, a mortalidade esperada foi de aproximadamente 25% sobre o ácaro *P. macropilis* não afetando o outro predador. Com relação ao tiametoxam, apesar de 200 mg i.a. L⁻¹ ter apresentado baixa toxicidade sobre adultos das duas espécies, a mortalidade esperada para imaturos de *P. macropilis* foi aproximadamente 75%.

Tabela 4.4 - Porcentagem de mortalidade esperada, obtida a partir da análise de probit, para imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* na maior concentração de acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam recomendada para o controle de pragas em cultivo de plantas ornamentais e hortaliças

| Agrotóxico (Espécie) | Maior concentração recomendada (mg ia. L ⁻¹) | Mortalidade (%) | |
|-------------------------|--|-----------------|---------|
| | | Imaturos | Adultos |
| acetamiprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | 80 | 1,45 | 0,25 |
| <i>P. macropilis</i> | | 49,25 | 1,45 |
| imidacloprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | 350 | 43,00 | 0,30 |
| <i>P. macropilis</i> | | 99,76 | 25,50 |
| tiametoxam | | | |
| <i>N. californicus</i> | 200 | 11,00 | < 0,10 |
| <i>P. macropilis</i> | | 75,20 | 0,30 |

As concentrações sem efeito observado (CENO) e de menor efeito observado (CEO) para cada produto, e as respectivas mortalidades esperadas para imaturos e adultos de *N. californicus* e *P. macropilis*, obtidas pela substituição das mesmas no modelo de probit, encontram-se nos Tabelas 4.5 e 4.6. Verifica-se que entre os produtos testados as mortalidades esperadas para as CENO de imaturos foram relativamente altas, com valores entre 50 e 98% (Tabela 4.3). No entanto, essa elevada toxicidade sobre os imaturos não afetou o crescimento populacional de ambas as espécies. Por outro lado, observou-se que as concentrações de efeito observado (CEO) para todos os produtos, além de causarem uma alta mortalidade esperada em imaturos (65 a >99,99%), também afetaram de maneira pronunciada a sobrevivência de fêmeas adultas de *N. californicus* e *P. macropilis* (Tabela 4.6).

Na Tabela 4.7 observam-se as mortalidades esperadas, obtidas a partir da análise de probit, para as concentrações que levaram *N. californicus* e *P. macropilis* à extinção. Para acetamiprido, verifica-se que as concentrações que levaram à extinção os predadores foram as CL₉₄ e CL₉₆ para adultos de *N. californicus* e *P. macropilis*. Com relação ao imidacloprido, a concentração que levou a extinção *P. macropilis* foi a CL₉₀ para adultos. A maior concentração desse produto testada sobre *N. californicus* (18.000 mg i.a. L⁻¹) causou mortalidade esperada de cerca de 80% adultos. Para tiametoxam a substituição de 18.000 mg i.a. L⁻¹ no modelo de probit causou mortalidade esperada de aproximadamente 80% para adultos de *N. californicus* e *P. macropilis*.

Tabela 4.5 - Porcentagem de mortalidade esperada, obtida a partir da análise de probit, para imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* expostos à concentração sem efeito observado (CENO) de acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam

| Agrotóxico (Espécie) | Concentração sem efeito observado (CENO) (mg ia. L ⁻¹) | Mortalidade (%) | |
|-------------------------|--|-----------------|---------|
| | | Imaturos | Adultos |
| acetamiprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | 1.800 | 91,90 | 37,90 |
| <i>P. macropilis</i> | 320 | 95,80 | 22,10 |
| imidacloprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | 3.200 | 81,40 | 21,80 |
| <i>P. macropilis</i> | 100 | 84,20 | 4,10 |
| tiametoxam | | | |
| <i>N. californicus</i> | 1.000 | 48,40 | 3,20 |
| <i>P. macropilis</i> | 560 | 98,30 | 2,90 |

Tabela 4.6 - Porcentagem de mortalidade esperada, obtida a partir da análise de probit, de imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* expostos à concentração de efeito observado (CEO) de acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam

| Agrotóxico (Espécie) | Concentração de efeito observado (CEO) (mg ia. L ⁻¹) | Mortalidade (%) | |
|-------------------------|--|-----------------|---------|
| | | Imaturos | Adultos |
| acetamiprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | 3.200 | 98,01 | 56,40 |
| <i>P. macropilis</i> | 560 | 99,25 | 44,10 |
| imidacloprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | 5.600 | 87,90 | 38,7 |
| <i>P. macropilis</i> | 320 | 99,64 | 23,10 |
| tiametoxam | | | |
| <i>N. californicus</i> | 1.800 | 65,20 | 9,70 |
| <i>P. macropilis</i> | 3.200 | >99,99 | 29,50 |

Tabela 4.7 - Porcentagem de mortalidade esperada, obtida a partir da análise de probit, para imaturos e adultos de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* expostos à concentração de acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam que levou a população desses ácaros predadores à extinção

| Agrotóxico (Espécie) | Concentração Extinção (mg ia. L ⁻¹) | Mortalidade (%) | |
|-------------------------|---|-----------------|---------|
| | | Imaturos | Adultos |
| acetamiprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | 18.000 | >99,99 | 94,00 |
| <i>P. macropilis</i> | 3.200 | >99,99 | 96,40 |
| imidacloprido | | | |
| <i>N. californicus</i> | >18.000 | 95,90 | 77,40 |
| <i>P. macropilis</i> | 3.200 | >99,99 | 89,80 |
| tiametoxam | | | |
| <i>N. californicus</i> | >18.000 | 98,22 | 80,30 |
| <i>P. macropilis</i> | >18.000 | >99,99 | 79,40 |

4.2.2.3 Impacto de inseticidas neonicotinóides na resposta funcional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*

A resposta funcional exibida por *N. californicus* e *P. macropilis* foi do tipo II, sendo que o número de presas consumidas por predador cresceu de maneira rápida com o aumento da densidade de presas oferecidas no início, nivelando-se posteriormente com acréscimos adicionais (Figuras 4.7 e 4.8) (HOLLING, 1959).

De acordo com os parâmetros da resposta funcional revelaram que o desempenho de *N. californicus* só foi afetado por imidacloprido, o qual reduziu o seu coeficiente de ataque (a) e aumentou o período de manuseio da presa (Th). Por outro lado, todos os neonicotinóides testados afetaram a resposta funcional exibida por *P. macropilis* (Tabela 4.6).

O consumo máximo estimado para *N. californicus* foi reduzido pela metade quando os ovos foram pulverizados com imidacloprido, comparado com o consumo no controle (Figura 4.7). Apesar de *P. macropilis* ter consumido até 60 ovos/arena quando os mesmos foram pulverizados

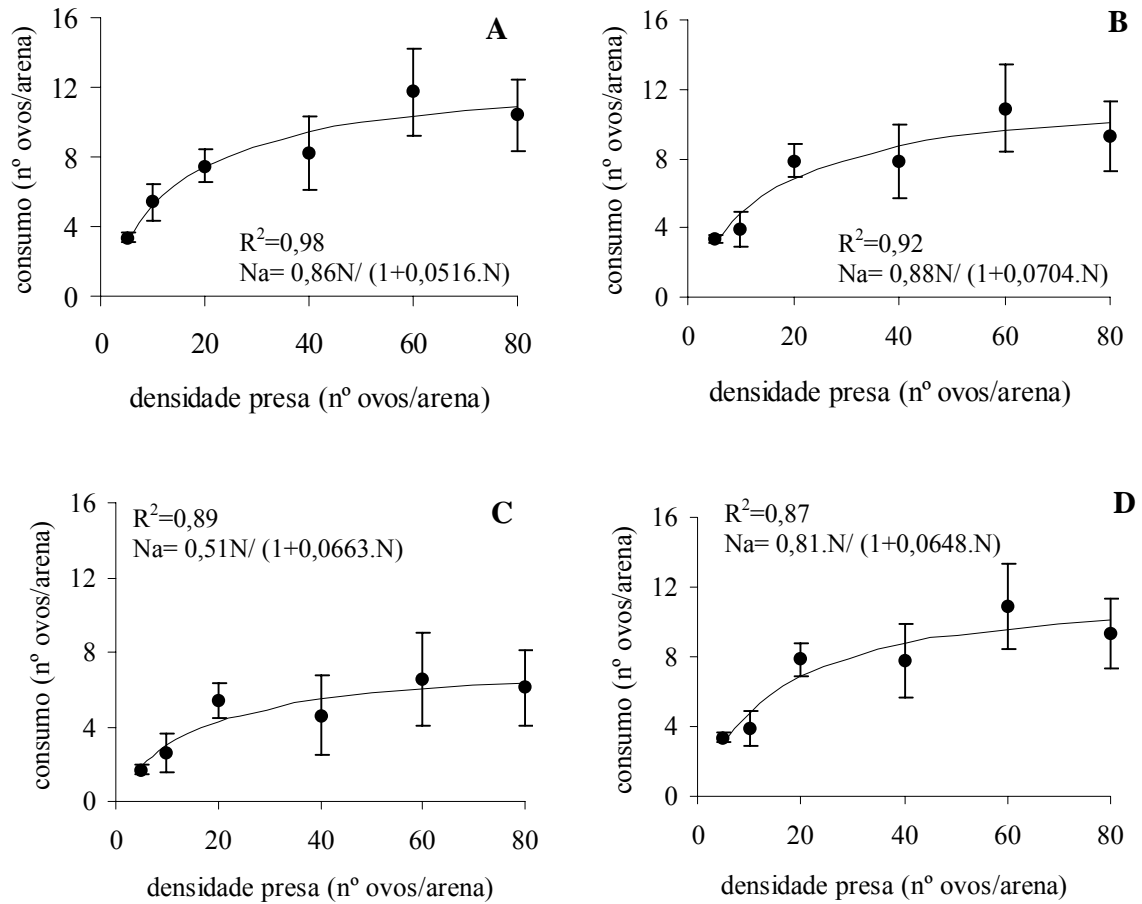


Figura 4.7 - Resposta funcional de *Neoseiulus californicus* sobre ovos de *Tetranychus urticae* tratados com água destilada (controle) (A), acetamiprido (B), imidacloprido (C) e tiametoxam (D)

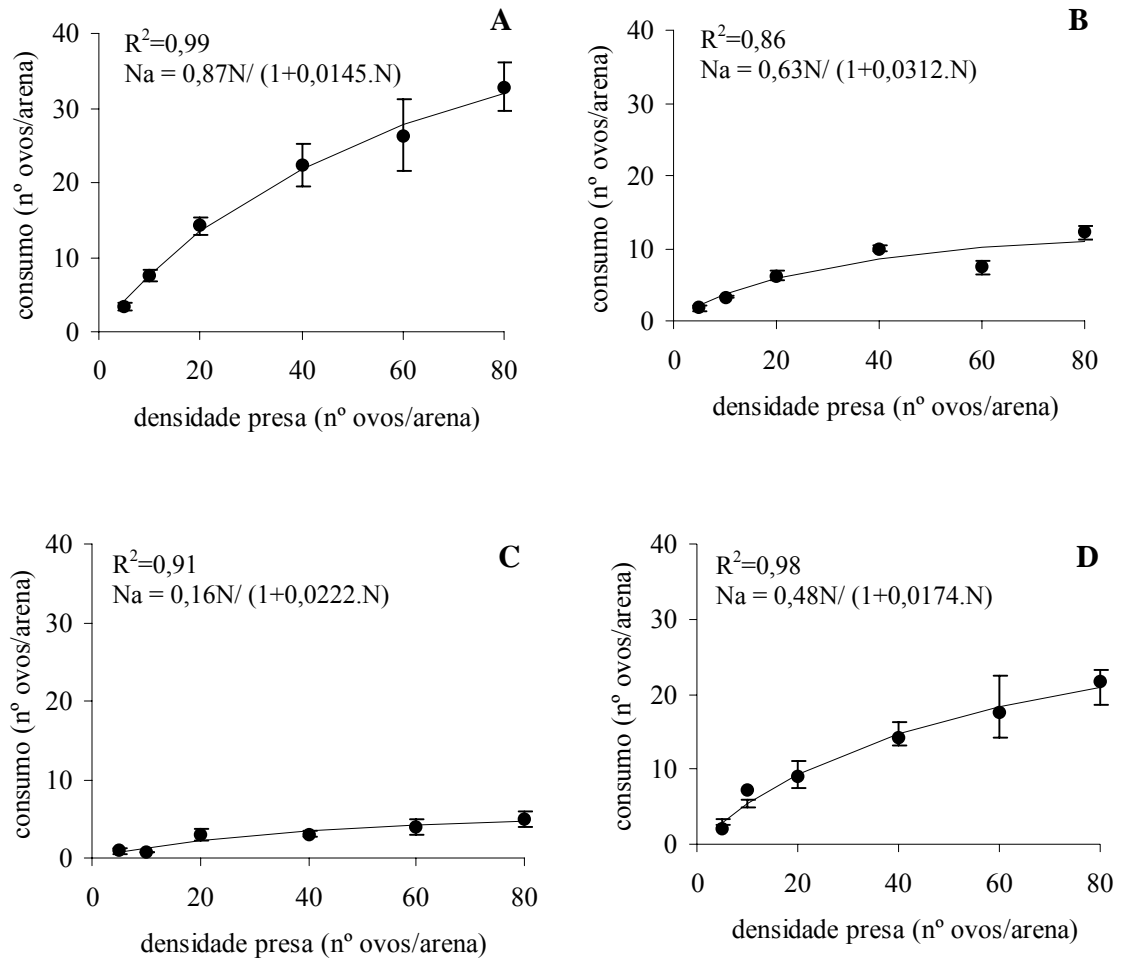


Figura 4.8 - Resposta funcional de *Phytoseiulus macropilis* sobre ovos de *Tetranychus urticae* tratados com água destilada (controle) (A), acetamiprido (B), imidacloprido (C) e tiametoxam (D)

com água (controle), todos os neonicotinóides testados reduziram o consumo máximo de ovos por esse predador, sendo que esta redução foi de aproximadamente quatro, oito e duas vezes para acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam, respectivamente (Figura 4.9).

Os contrastes estabelecidos entre o consumo médio de *N. californicus* e *P. macropilis* sobre os ovos de *T. urticae* pulverizados com água (controle) versus inseticidas neonicotinóides (acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam) estão representados na Tabela 4.7. Verifica-se que o inseticida imidacloprido ocasionou uma redução no consumo de *N. californicus*, a qual foi significativa apenas quando a disponibilidade de alimento foi maior ou igual a 40 ovos por arena. Nessas densidades o consumo de *N. californicus* foi cerca de seis a oito vezes maior no controle do que no tratamento com imidacloprido. Acetamiprido não reduziu o consumo de *N. californicus* sobre os ovos tratados, e tiametoxam afetou o consumo desse predador apenas na densidade de 40 ovos por arena.

O consumo de *P. macropilis* sobre os ovos de *T. urticae* foi significativamente reduzido nos tratamentos com acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam a partir das densidades de 20, 10 e 40 ovos por arena, respectivamente (Tabela 4.7). Foi possível estabelecer uma relação entre a variação média no consumo (ΔNa) e o período de manuseio da presa pelos predadores (Th). Tanto para *N. californicus* quanto para *P. macropilis*, observou-se que quanto maior ΔNa , menor Th estimado (Figura 4.10). Maiores variações neste parâmetro, comparando-se o controle e os ovos pulverizados com os neonicotinóides foram observadas para *P. macropilis*, isso devido à elevada capacidade de predação sobre ovos de *T. urticae*, associado ao fato da redução no consumo ocasionada por todos inseticidas em estudo.

Tabela 4.8 - Parâmetros da resposta funcional de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* sobre ovos de *Tetranychus urticae* pulverizados com água destilada (controle) e inseticidas neonicotinóides (acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam)

| Espécies | Tratamento | $a^{(i)}$ (95% I.C.) | $Th^{(ii)}$ (95% I.C.) |
|------------------------|---------------|-------------------------|---------------------------|
| <i>N. californicus</i> | controle | 0,86 (0,41 - 1,31) | 0,06 (0,04 - 0,07) |
| | acetamiprido | 0,88 (0,14 - 1,62) | 0,08 (0,05 - 0,10) |
| | imidacloprido | 0,51 (0,00 - 1,60) | 0,13* (0,07 - 0,19) |
| | tiametoxam | 0,81 (0,09 - 1,53) | 0,08 (0,05 - 0,11) |
| <i>P. macropilis</i> | controle | 0,87 (0,48 - 1,25) | 0,02 (0,01 - 0,03) |
| | acetamiprido | 0,48 (0,15 - 0,81) | 0,07* (0,04 - 0,09) |
| | imidacloprido | 0,16 (0,03 - 0,29) | 0,14* (0,04 - 0,23) |
| | tiametoxam | 0,63 (0,28 - 0,97) | 0,03 (0,01 - 0,04) |

⁽ⁱ⁾ coeficiente de ataque, ⁽ⁱⁱ⁾ período de manuseio da presa pelo predador; * Resultados que diferiram do controle, ao nível de 5% de significância

Tabela 4.9 - Diferenças entre o consumo médio de ovos de *Tetranychus urticae* (nº de ovos/arena) tratados com água destilada (controle) e os inseticidas (acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam) por *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm)

| Espécie | Densidade | acetamiprido | | imidacloprido | | tiametoxam | |
|---------|-----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|----------|
| | | C vs I ⁽¹⁾ | p* | C vs I ⁽¹⁾ | p* | C vs I ⁽¹⁾ | p* |
| Nc | 5 | -0,08 | 0,9704 | 1,59 | 0,4609 | -0,08 | 0,9704 |
| | 10 | 0,04 | 0,9852 | 2,89 | 0,1840 | 1,56 | 0,4703 |
| | 20 | 0,90 | 0,6768 | 2,97 | 0,1708 | 0,52 | 0,8096 |
| | 40 | 4,23 | 0,0523 | 7,81 | 0,0005 | 4,60 | 0,0351 |
| | 60 | 0,36 | 0,8675 | 5,58 | 0,0110 | 1,23 | 0,5700 |
| | 80 | 2,92 | 0,1780 | 7,20 | 0,0012 | 4,00 | 0,0662 |
| Pm | 5 | 1,52 | 0,5690 | 2,40 | 0,3696 | 1,10 | 0,6808 |
| | 10 | 4,11 | 0,1264 | 6,68 | 0,0139 | 0,32 | 0,9047 |
| | 20 | 7,96 | 0,0036 | 11,11 | < 0,0001 | 5,17 | 0,0554 |
| | 40 | 12,36 | < 0,0001 | 19,28 | < 0,0001 | 8,11 | 0,0030 |
| | 60 | 18,94 | < 0,0001 | 22,44 | < 0,0001 | 8,81 | 0,0013 |
| | 80 | 20,63 | < 0,0001 | 27,86 | < 0,0001 | 11,14 | < 0,0001 |

⁽¹⁾ Contrastes estabelecidos: controle (C) vs inseticida (I). Erro padrão das estimativas dos contrastes = 2,15 e 2,67 ácaros/arena, para *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis*, respectivamente. *Nível de significância nominal associado ao teste F para contrastes entre médias dos tratamentos, em cada densidade.

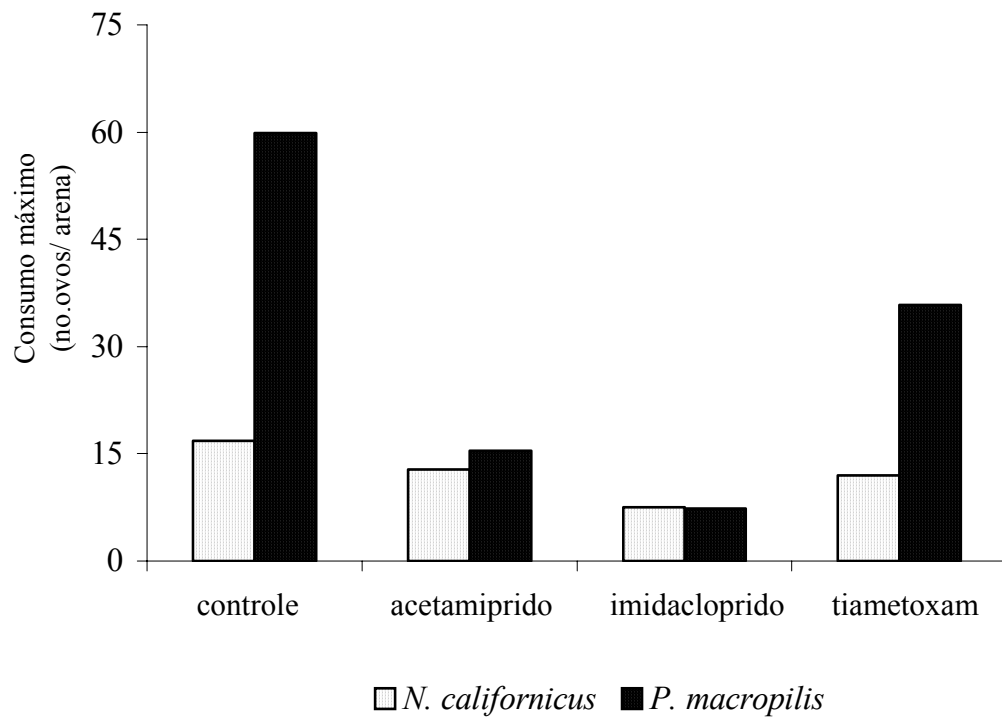


Figura 4.9 - Consumo máximo (nº ovos por arena) de *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* sobre ovos de *Tetranychus urticae* pulverizados com água destilada (controle) e inseticidas neonicotinóides (acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam)

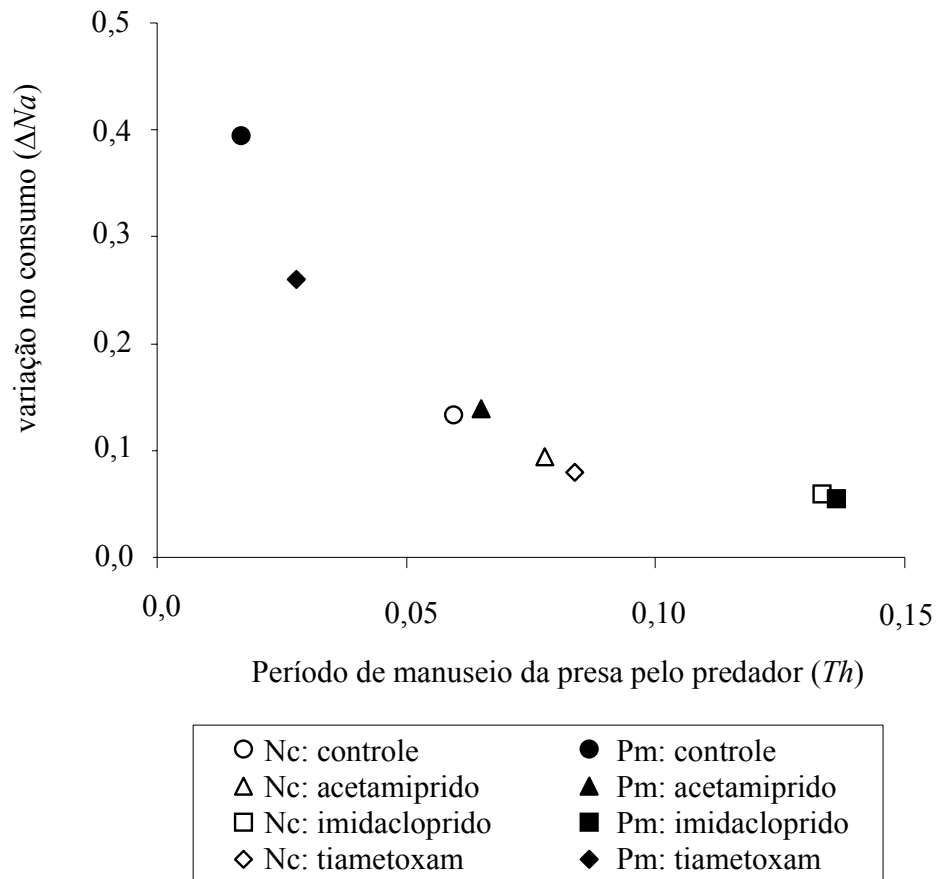


Figura 4.10 - Variação média no consumo de ovos de *Tetranychus urticae* (ΔNa , nº de ovos consumidos/nº de ovos oferecidos) em função do período de manuseio (Th) efetuado por *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm)

4.2.3 Discussão

A variabilidade interespecífica na suscetibilidade dos ácaros predadores aos inseticidas neonicotinóides testados foi verificada no presente estudo, sendo que *N. californicus* foi mais tolerante a esses produtos do que *P. macropilis*.

Acetamiprido apresentou baixa toxicidade sobre imaturos e adultos de *N. californicus*, sendo que as CL_{50} s estimadas para ambos foram mais elevadas do que a maior concentração recomendada para o controle de insetos sugadores em cultivo de plantas ornamentais e/ou hortaliças (80 mg i.a. L^{-1}) (Tabela 4.1). Por outro lado, apesar desse produto também não ter ocasionado efeito significativo sobre adultos de *P. macropilis*, verificou-se que a concentração recomendada para campo causou mortalidade esperada de aproximadamente 50% de imaturos desse ácaro (Tabela 4.2). Baixa toxicidade de acetamiprido sobre imaturos de *N. fallacis* foi reportada por Villanueva e Walgenbach (2005), concordando com os resultados obtidos para *N. californicus*.

Com relação ao impacto de acetamiprido nos parâmetros populacionais dos ácaros predadores, observou-se que até 1.800 mg i.a. L^{-1} (CENO), esse produto não ocasionou efeito significativo no crescimento populacional de *N. californicus*, e que a primeira concentração que reduziu a taxa instantânea de crescimento (r_i) desse predador (3.200 mg i.a. L^{-1}) foi 40 vezes superior à maior concentração recomendada. Para *P. macropilis*, as CENO e CEO foram de 320 e 560 mg i.a. L^{-1} , sendo quatro e sete vezes superiores à maior concentração recomendada. De acordo com Villanueva e Walgenbach (2005), acetamiprido também não apresentou efeito significativo na capacidade reprodutiva de *N. fallacis*, o qual permaneceu exposto ao resíduo desse produto por um período de 96 horas. No entanto, esse produto causou uma redução significativa na fecundidade do ácaro fitófago *T. urticae* (AKO et al., 2004).

Acetamiprido não afetou o consumo de *N. californicus* sobre ovos de *T. urticae*. Por outro lado, esse produto reduziu o consumo de *P. macropilis* a partir de 20 ovos contaminados/arena (Tabela 4.3). Além disso, observou-se um acréscimo significativo no período empregado por *P. macropilis* durante os processos de identificação, captura, ataque, consumo e digestão de ovos da presa (*Th*) (Tabela 4.2), o que também prejudicou a eficiência desse predador no consumo de ovos de *T. urticae* contaminados com acetamiprido.

O inseticida imidacloprido causou baixa toxicidade sobre *N. californicus*, sendo que as CL_{50} s para imaturos e adultos foram superiores à maior concentração recomendada para o

controle de insetos sugadores (350 mg i.a. L⁻¹). Castagnoli et al. (2005) observaram que apesar de imidacloprido ter apresentado baixa toxicidade sobre fêmeas adultas de *N. californicus*, esse produto reduziu significativamente a fecundidade desse ácaro.

No presente estudo, além de imidacloprido não ter causado impacto direto sobre fêmeas adultas de *N. californicus*, verificou-se que até 3.200 mg i.a. L⁻¹ não houve efeito significativo no crescimento populacional desse ácaro. Apesar disso, imidacloprido foi o único produto que afetou significativamente os parâmetros da resposta funcional desse predador, evidenciando-se um acréscimo no período de manuseio da presa (*Th*) e redução no coeficiente de ataque (*a*). Consequentemente, a alteração desses parâmetros levou a uma redução de aproximadamente 55% no consumo máximo de ovos de *T. urticae* por esse predador. Considera-se que um predador que não se alimenta adequadamente, além de não executar seu papel no agroecossistema, também poderá ter seu potencial reprodutivo comprometido (HELLE; SABELIS, 1985). Porém no presente estudo, apesar de imidacloprido ter afetado a resposta funcional de *N. californicus* não causou impacto sobre o crescimento populacional desse predador.

Nos estudos de resposta funcional foram oferecidos como fonte de alimento aos predadores apenas ovos de *T. urticae* contaminados, sendo que a avaliação do consumo foi realizada 24 h após a transferência do predador na arena. Por outro lado, para avaliar o impacto dos neonicotinóides sobre o crescimento populacional dos predadores, foram oferecidos como fonte de alimento, além de ovos, adultos da presa contaminados com o inseticida. Além disso, a avaliação do número total de indivíduos por arena foi efetuada setes dias após o início do bioensaio. Nesse caso, mesmo após a contaminação das fêmeas adultas de *T. urticae* com imidacloprido, essas supostamente continuaram ovipositando e disponibilizando aos predadores ovos sem tratamento inseticida. Ainda, durante o período de desenvolvimento do bioensaio (sete dias) *N. californicus* pode ter consumido outros estágios de desenvolvimento da presa, ao contrário do que ocorreu no bioensaio de resposta funcional. Esse fato, associado à baixa toxicidade de imidacloprido sobre imaturos de *N. californicus* pode ter contribuído como o baixo impacto desse neonicotinóide no crescimento populacional desse predador.

Os imaturos e adultos de *P. macropilis* foram 10 vezes mais suscetíveis ao imidacloprido do que *N. californicus*. Os imaturos de *P. macropilis* não completariam seu desenvolvimento quando expostos a 350 mg i.a. L⁻¹ desse produto, pois a mortalidade esperada para essa concentração foi de aproximadamente 100% (Tabela 4.4). James (2003) reportou mortalidade maior do que 90%

de imaturos de *N. fallacis*, quando esses foram expostos a um resíduo de 130 mg i.a. L⁻¹ de imidacloprido. No entanto, Villanueva e Walgenbach (2005) verificaram que 60 mg i.a. L⁻¹ de imidacloprido causou baixa toxicidade sobre desse mesmo predador.

Apesar do elevado impacto de imidacloprido sobre imaturos de *P. macropilis*, verificou-se que até 100 mg i.a. L⁻¹ desse produto, não houve efeito no crescimento populacional do predador. De acordo com Stark et al. (1997), as espécies que apresentam elevado potencial reprodutivo podem estar mais aptas a sobreviver à pulverização de agrotóxicos, do que aquelas que apresentam baixo potencial reprodutivo. No presente estudo, tanto *P. macropilis* quanto *N. californicus* apresentaram elevado potencial reprodutivo, observando-se que a r_1 para ambas as espécies no controle (água destilada), estiveram entre 0,30 e 0,40. Por outro lado, apesar da CL₅₀ estimada para adultos de *P. macropilis* (745 mg i.a. L⁻¹) ter sido duas vezes superior à maior concentração de campo de imidacloprido, a concentração de efeito observado (CEO) para a r_1 desse predador foi de 320 mg i.a. L⁻¹. Dessa forma, o crescimento populacional de *P. macropilis* ficaria comprometido se imidacloprido fosse empregado na sua maior concentração para o controle de pragas em cultivo de plantas ornamentais e/ou hortaliças. Mizell e Sconyers (1992) também verificaram elevada tolerância de fêmeas adultas de *P. macropilis* ao imidacloprido, porém esses autores não mesuraram o efeito desse produto na capacidade reprodutiva ou no crescimento populacional desse predador. Com relação à resposta funcional, verificou-se que imidacloprido afetou significativamente *P. macropilis*, reduzindo seu consumo a partir de 10 ovos contaminados de *T. urticae* por arena (Tabela 4.9).

O inseticida tiametoxam, apesar de ter apresentado baixa toxicidade sobre *N. californicus*, na maior concentração recomendada para campo (200 mg i.a. L⁻¹) observou-se uma mortalidade esperada de 75% para imaturos de *P. macropilis*. No entanto, as CENO e CEO desse produto sobre *P. macropilis* foram de 560 e 3.200 mg i.a. L⁻¹, sendo duas e 16 vezes superior a maior concentração de campo desse produto, respectivamente. Tiametoxam não causou impacto nos parâmetros da resposta funcional de *N. californicus*, porém reduziu o consumo de *P. macropilis* a partir de 40 ovos contaminados/arena.

Comparando os resultados apresentados pelas duas espécies nos bioensaios de resposta funcional, verifica-se que, com exceção do tratamento com imidacloprido, sempre o consumo máximo exibido por *P. macropilis* foi maior do que o estimado para *N. californicus*, mesmo apesar de todos inseticidas terem causado redução significativa no consumo de *P. macropilis*. A

diferença no consumo desses predadores fica evidente no tratamento onde os ovos foram pulverizados com água destilada (controle), verificando-se que neste caso o consumo de *P. macropilis* foi quatro vezes maior do que aquele exibido por *N. californicus*. Deve-se considerar que *P. macropilis* é um predador com hábito alimentar especialista, consumindo exclusivamente ácaros pertencentes ao gênero *Tetranychus* (McMURTRY; CROFT, 1997), ao contrário de *N. californicus* que apresenta atributos generalistas (CROFT; MONETTI; PRATT, 1998). Os ácaros predadores especialistas são mais vorazes do que os generalistas (McMURTRY, 1992; McMURTRY; CROFT, 1997) o que pode justificar o consumo exibido por *P. macropilis* ter sido cerca de quatro vezes maior aquele estimado para *N. californicus*. Um outro fato que se relaciona à especialização alimentar de *P. macropilis* é sua preferência pelo consumo de ovos de *T. urticae* ao invés de outras fases de desenvolvimento dessa presa. No entanto, *N. californicus*, bem como outros ácaros generalistas, consome indistintamente os estágios de ovo e larvas de *T. urticae* (BLACKWOOD; CROFT; SCHAUSBERGER, 2001). A preferência por ambas as espécies de predadores por ovos de *T. urticae*, também justifica o emprego desse estágio de desenvolvimento da presa no presente estudo.

De acordo com os resultados do efeito letal de inseticidas neonicotinóides no presente estudo, verifica-se que todos os produtos testados foram considerados inócuos sobre adultos de ambas as espécies de predadores, pois as CL_{50} estimadas estiveram sempre acima das maiores concentrações recomendadas para campo. Ao mesmo tempo, todos os neonicotinóides testados apresentaram elevada toxicidade sobre imaturos de *P. macropilis*. No entanto, a maioria dos produtos testados, na sua maior concentração de campo, não afetaria a r_i dos predadores. De acordo com Stark et al. (1997) nem sempre a suscetibilidade de determinado estágio de desenvolvimento, refletirá na resposta exibida pela população devido à compensação, ou seja, quando um indivíduo é removido de uma determinada população, haverá uma maior disponibilidade de alimento para os sobreviventes, e conseqüentemente uma menor competição entre os mesmo.

Um estudo revelou que a pulverização de imidacloprido via solo ocasionou um aumento significativo na densidade populacional de *T. urticae* em ornamentais, sendo que esse fato foi atribuído à elevada toxicidade desse produto sobre o percevejo predador *Orius tristicolor* (White) (SCLAR; GERACE; CRANSHAW, 1998). No presente trabalho, considerou-se apenas o efeito do impacto direto da pulverização dos neonicotinóides sobre os ácaros fitoseídeos. Além da

pulverização via foliar o efeito sistêmico de imidacloprido tem sido considerado importante, podendo estimular o crescimento populacional de *T. urticae* (JAMES; PRICE, 2002). Dessa forma, sugere-se que a avaliação do efeito sistêmico dos neonicotinóides sobre os ácaros predadores também poderia contribuir com as discussões a respeito do emprego desses produtos, em sistemas de produção onde são empregadas liberações desses inimigos naturais para o manejo de ácaros-praga. Além disso, apesar da relativa segurança do emprego dos neonicotinóides no crescimento populacional dos ácaros *N. californicus* e *P. macropilis* revelada no presente estudo, deve-se considerar que o efeito na reposta funcional poderá causar impacto indireto sobre esses predadores afetando o desempenho no controle biológico aplicado de ácaro-praga. Estudos futuros realizados em campo são recomendados, pois poderiam elucidar o impacto do efeito indireto dos neonicotinóides sobre esses fitoseídeos nestas condições.

4.3 Conclusões

- Acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam apresentam baixa toxicidade sobre adultos e no crescimento populacional dos ácaros *N. californicus* e *P. macropilis*;
- Acetamiprido e imidacloprido apresentam elevada toxicidade sobre imaturos de *P. macropilis*;
- Imidacloprido reduz o consumo de *N. californicus* e *P. macropilis* em ovos de *T. urticae* contaminados com esse produto;
- Acetamiprido, imidacloprido e tiametoxam causam impacto na resposta funcional de *P. macropilis* sobre ovos de *T. urticae* contaminados.

Referências

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01 nov. 2006.

AKO, M.; BORGEMEISTER, C.; POEHLING, H.M.; ELBERT, A.; NAUEN, R. Effects of neonicotinoid insecticides on the bionomics of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n.5, p.1587-1594, 2004.

BLACKWOOD, J. S.; CROFT, B. A.; SCHAUSBERGER, P. Prey stage preference in generalist and specialist phytoseiidae mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.30, p.1103-1111, 2001.

CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S.; DUSO, C. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. **Biocontrol**, Dordrecht, v.50, p.611-622, 2005.

CROFT, B.A.; MONETTI, L.N.; PRATT, P.D. Comparative life histories and predation types: are *Nesoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar Type II selective predators of spider mites? **Environmental Entomology**, Lanham, v.27, p.531-538, 1998.

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

GOTOH, T.; MITSUYOSHI, N.; YAMAGUCHI, K. Prey consumption and functional response of three acarophagous species to eggs of the two-spotted spider mite in the laboratory. **Applied Entomology Zoology**, Tokyo, v.39, n.1, p.97-105, 2004.

HELLE, W.; SABELIS, M. W. **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Amsterdam: Elsevier, 1985. v.1B 458 p.

HOLLING, C. S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v.9, p.385-396, 1959.

JAMES, D.G. Imidacloprid increases egg production in *Amblyseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.21, p.75-82, 1997.

JAMES, D.G. Toxicity of imidacloprid to *Galendromus occidentalis*, *Neoseiulus fallacis* and *Amblyseius andersoni* (Acari: Phytoseiidae) from hops in Washington State, USA **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.31, p.275-281, 2003.

JAMES, D.G; COYLE, J. Which pesticides are safe to beneficials insects and and mites? **Agrichemical & Environmental News**, Washington, n.178, p.12-14, 2001.

JAMES, D.G; VOGELE, B. The effect of imidacloprid on survival of some beneficial arthropods. **Plant Protection Quarterly**, Victoria, v.16, p.58-62, 2001.

JAMES, D.G; PRICE, T.S. Fecundity in twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) is increased by direct and systemic exposure to imidacloprid. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.95, p.729-732, 2002.

KOVEOS, D.S.; BROUFAS, G.D. Functional response of *Euseius finlandicus* and *Amblyseius andersoni* to *Panonychus ulmi* on apple and peaches leaves in laboratory. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.24, p.247-256, 2000.

LEICHT, W. Imidacloprid - a chloronicotinyl insecticide. **Pesticide Outlook**, Hemel Hempstead, v.4, p.17-24, 1993.

LEORA SOFTWARE, **POLO-PC**: a user's guide to Probit or Logit analysis. Berkley, 1987, 20p.

LI, D. -X.; TIAN, J.; SHEN, Z. -R. Effects of pesticides on the functional response of predatory thrips, *Scolothrips takahashii* to *Tetranychus viennensis*. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.130, p.314-322, 2006.

McMUTRY, J. Dynamics and potential impact of generalist phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.14, p.371-382, 1992.

McMUTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of Phytoseiidae mites and their holes in biological control. **Annual Review of Entomology**, Standford, v.42, p. 291-321, 1997.

MIZELL, R.F.; SCONYERS, M.C. Toxicity of imidacloprid to selected arthropod predators in the laboratory. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.75, n.2, p.277-280, 1992.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**, 3 rd., New York: John Wiley, 1991. 672p

NAUEN, R.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; ELBERT, A.; JESCHKE, P.; TIETJEN, K. Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: ISHAAYA, I. (Ed.) **Biochemical sites of insecticides action and resistance**. Heidelberg: Springer-Verlag, 2001, p.77-105.

ROBERTSON, J.L.; PREISLER, H.K. **Pesticide bioassay with arthropods**. Boca Ranton: CRC Press, 1992. 127p.

SANGSOO, K.; SANGI, S.; JONGDAE, P.; SEONGON, K.; DOIK, K. Effects of selected pesticides on the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Entomological Science**, Griffin, v. 40, n.2, p.107-114, 2005.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT: user's guide**, Version 8. SAS Institute Inc.: Cary, NC, 2000.

SCLAR, D.C.; GERACE, D.; CRANSHAW, W.S. Observations of population increases and injury by spider mites (Acari: Tetranychidae) on ornamental plants treated with imidacloprido. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.91, p.250-255, 1998.

SHIPP, J.L.; WHITFIELD, G.H. Funcional response of predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 20, n.2, p.694-699, 1991.

STARK, J.D.; WENNERGREN, U. Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies? **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.88, n.5, p.1089-1096, 1995.

STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Standford, v.48, p.505-519, 2003.

STARK, J.D.; JEPSON, P.C.; MAYER, D.F. Limitations to the use of topical toxicity data for predictions of pesticide side-effects in the field. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.88, n.5, p.1081-1088, 1995.

STARK, J.D.; TANIGOSHI, L.; BOUNFOUR, M.; ANTONELLI, A. Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.37, p.273-279, 1997.

TEODORO, A.V.; FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.P.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.36, p.61-70, 2005.

WEI, Q.; WALDE, S.J. The functional response of *Typhlodromus pyri* to its prey, *Panonychus ulmi*: the effect of pollen. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.21 p.677-684, 1997.

VENZON, M.; ROSADO, M.C.; PINTO, C.M.F.; DUARTE, V.S., EUSÉBIO, D.E.; PALLINI, A. Potencial de defensivas alternativas para o controle do ácaro-branco em pimenta "Malagueta". **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, p.224-227, 2006.

VILLANUEVA, R.T.; WALGENBACH, J.F. Development, oviposition, and mortality of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in response to reduced-risk insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.98, n.6, p.2114-2120, 2005.

5 TOXICIDADE DIFERENCIAL DE ABAMECTINA E ESPIROMESIFENO AOS ÁCAROS PREDADORES *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) E *Phytoseiulus macropilis* (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) E AO ÁCARO RAJADO *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Resumo

A seleção de agrotóxicos eficazes no controle do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), e compatíveis com os ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae), é uma etapa importante para o manejo dessa praga. Sendo assim, o presente trabalho foi desenvolvido com intuito de avaliar a toxicidade diferencial de abamectina e espiromesifeno sobre os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) e sobre *T. urticae*. A caracterização da suscetibilidade a abamectina e espiromesifeno para imaturos e adultos de cada espécie foi realizada com bioensaio de contato direto e residual. Foi avaliado também o impacto de abamectina e espiromesifeno no crescimento populacional de cada espécie de ácaro, mediante estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) na presença de diferentes concentrações de cada produto. Abamectina foi altamente tóxico tanto para *T. urticae* quanto para os ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis*. *N. californicus* foi mais tolerante ao espiromesifeno do que *P. macropilis*, sendo que mortalidade foi inferior a 50% em fêmeas adultas na concentração de 56.000 mg de i.a. L⁻¹. Concentrações a partir de 32 e 180 mg de espiromesifeno L⁻¹ reduziram os valores de r_i de *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente. Abamectina e espiromesifeno foram altamente tóxicos sobre de *T. urticae*. A toxicidade de abamectina foi também elevada sobre as duas espécies de ácaros predadores; porém, espiromesifeno foi compatível com *N. californicus*.

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; Agrotóxicos; Ácaros fitoseídeos; Controle biológico

Differential toxicity of abamectin and spiromesifen to predatory mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) and two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch

Abstract

The selection of pesticides that are effective for controlling two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), and compatible with phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae), is an important step for managing this pest. Therefore, this research was conducted to evaluate the differential toxicity of abamectin and spiromesifen on the predaceous mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) and on *T. urticae*. A direct contact and residual-type bioassay was used to characterize the susceptibility to abamectin and spiromesifen to immature and adult stages of each mite species. The impact of these insecticides was also evaluated by estimating the instantaneous growth rate (r_i) of each mite species in the presence of different concentrations of each insecticide. Abamectin was highly

toxic to both *T. urticae* and predaceous mites *N. californicus* and *P. macropilis*. *N. californicus* was more tolerant to spiromesifen than *P. macropilis*, with mortality of female adults lower than 50% at concentration of 56,000 mg a.i. L⁻¹. The lowest tested concentrations that reduced the values of r_i for *P. macropilis* and *T. urticae* were 180 mg de a.i. L⁻¹ and 32 mg de a.i. L⁻¹, respectively. Abamectin and spiromesifen were highly toxic to *T. urticae*. High toxicity of abamectin was also detected to both species of predaceous mites; however, spiromesifen was compatible with *N. californicus*.

Keywords: Integrated pest management; Pesticides; Phytoseiid mites; Biological control

5.1 Introdução

O controle químico tem sido a estratégia mais utilizada para o manejo do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), em cultivos de plantas ornamentais e/ou hortaliças. Dentre os produtos recomendados para o controle de *T. urticae*, a abamectina é um dos acaricidas mais empregados nesses cultivos. O uso intensivo de abamectina tem comprometido sua efetividade, principalmente devido à evolução da resistência de *T. urticae* (CRANHAM; HELLE, 1985; CAMPOS; KRUPA; DYBAS, 1996; NAUEN et al., 2001; SATO et al., 2005; SATO, 2006). Recentemente, espiromesifeno foi lançado no mercado para o manejo de *T. urticae* e outras pragas (LIU, 2004; ELBERT et al., 2005). Esse produto pertence a um novo grupo químico (cetoenol), cujo modo de ação é distinto dos demais agrotóxicos existentes, atuando na biosíntese de lipídeos (DEKEYSER, 2005). Espiromesifeno pode ser utilizado com sucesso no manejo da resistência de *T. urticae* a acaricidas devido à ausência de resistência cruzada com os principais ingredientes ativos utilizados para o controle dessa praga (NAUEN; KONANZ, 2005).

Em vários países da Europa e América do Norte, o controle biológico aplicado é comumente utilizado para o controle de *T. urticae* (GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003). A possibilidade de manejo de populações resistentes de pragas a agrotóxicos e a inexistência de um período de carência para a utilização do controle biológico são algumas das razões que têm levado os agricultores a optarem por esta estratégia. Além disso, a liberação de inimigos naturais pode ser realizada pelo próprio agricultor, de maneira mais rápida e segura do que a pulverização de agrotóxicos (van LENTEREN, 2000).

Os ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) destacam-se pela sua eficiência no controle biológico de ácaros-praga (GERSON; SMILEY; OCHOA, 2003). Em todo mundo são

conhecidas mais de 2.250 espécies, das quais aproximadamente 140 já foram relatadas no Brasil (MORAES et al., 2004). *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) são espécies de fitoseídeos considerados promissores para o controle biológico aplicado de *T. urticae* em cultivo de plantas ornamentais e hortaliças no Brasil (BELLINI et al., 2006; SATO et al., 2006; WATANABE, MORAES; NICOLELLA, 1994).

No entanto, em sistemas de produção comercial, a adoção do controle químico pode interferir nas liberações dos ácaros predadores, pois geralmente esses são mais suscetíveis aos agrotóxicos do que os ácaros fitófagos (CROFT, 1990). Para reduzir o efeito negativo do controle químico sobre o biológico e proporcionar um equilíbrio ecológico no agroecossistema, a integração dessas estratégias de controle pode resultar em uma forma de manejo racional de ácaros. A escolha de produtos eficazes no controle da praga-alvo, e que sejam seletivos aos inimigos naturais, é uma das etapas mais importantes para se estabelecer um programa de manejo integrado de pragas (MIP).

Apesar de alguns trabalhos reportarem o efeito de abamectina e espiromesifeno na sobrevivência e reprodução de algumas espécies de ácaros fitoseídeos e de *T. urticae* (ZHANG; SANDERSON, 1990; SATO et al., 2002; SÁENZ DE CABEZÓN IRIGARAY; ZALOM, 2006), pouco se sabe a respeito do efeito desses produtos no crescimento populacional desses ácaros. Dessa forma, o presente estudo foi realizado com intuito de avaliar a toxicidade diferencial de abamectina e espiromesifeno aos predadores *N. californicus* e *P. macropilis* e ao ácaro rajado *T. urticae*. Além da estimativa das CL_{50} s de abamectina e espiromesifeno a imaturos e adultos para cada espécie, também foi avaliado o impacto desses produtos no crescimento populacional desses ácaros mediante estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_1).

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 Material e Métodos

5.2.1.1 Coleta de populações de ácaros

A população de *N. californicus* utilizada neste trabalho foi cedida em 2002 pelo Dr. Mário Eidi Sato do Instituto Biológico em Campinas/SP, sendo previamente coletada em cultivo comercial de morango no município de Atibaia/SP em outubro de 1999. Já as populações de *P.*

macropilis e de *T. urticae* foram provenientes de coletas realizadas durante o ano de 2003 em cultivo de feijão, *Phaseolus vulgaris* L., situados no campo experimental do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, da ESALQ/USP em Piracicaba/SP.

Após a realização das coletas, os ácaros foram encaminhados ao laboratório, dentro de sacos de papel acondicionados em caixas de isopor contendo placas de gelo. Após o estabelecimento das populações em laboratório, amostras foram retiradas para identificação específica.

5.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório

As populações dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* foram mantidas sobre as plantas de *C. ensiformis* infestadas com *T. urticae*, que foi utilizado como fonte de alimento aos predadores. Cada espécie foi isolada em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase. A reposição das plantas para a manutenção das populações dos predadores foi realizada a cada cinco dias.

Para a criação de *T. urticae*, plantas de *Canavalia ensiformis* (L.) foram cultivadas em casa de vegetação até o desenvolvimento do primeiro par de folhas. Nessas condições, cerca de 50 plantas foram infestadas com *T. urticae* e mantidas em uma gaiola de $1,0 \times 0,6 \times 0,4$ m confeccionada com armação de madeira e coberta com tecido voil. A cada cinco dias efetuou-se a substituição de aproximadamente 25 plantas para a manutenção da população.

5.2.1.3 Bioensaios toxicológicos

5.2.1.3.1 Imaturos

Grupos com 50 fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis* foram retirados diretamente das criações mantidas em laboratório, sendo transferidos para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae*. Para a confecção das arenas, cada essa folha foi disposta sobre uma espuma embebida em água destilada contida em de placas de Petri de 12 cm de diâmetro. A borda da folha foi circundada com algodão hidrófilo umedecido para mantê-la túrgida e impedir a fuga dos ácaros. Cada arena contendo os ácaros predadores foi mantida em câmara climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase, durante 24 h. Após esse período, grupos com

cinco ovos de cada ácaro predador, com idade variando entre 0 e 24 h, foram retirados das arenas e transferidos em discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, infestados com aproximadamente 20 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. Quatro discos, contendo cinco ovos dos ácaros redadores por disco, foram dispostos sobre espuma embebida em água destilada contida em placa de Petri de 12 cm de diâmetro, sendo as bordas dos discos circundadas com algodão hidrófilo umedecido para mantê-los túrgidos e impedir a fuga dos ácaros.

As arenas foram mantidas durante 20 h em câmaras climatizadas, sendo pulverizadas posteriormente, com uso da torre de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Inglaterra) calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa). Em cada pulverização foi utilizado um volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente 1,50 mg/cm². Meia hora após a pulverização, o algodão que circundava os discos de folha foi removido, transferindo-se cada disco sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Essas placas foram fechadas com filme plástico (PVC) para evitar a fuga dos ácaros, sendo posteriormente mantidas dentro de caixas plásticas, em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas.

Para a realização dos bioensaios toxicológicos com imaturos de *T. urticae*, foram confeccionadas arenas contendo quatro discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro. Esses discos foram dispostos sobre espuma embebida em água e contida em placa de Petri de 12 cm de diâmetro, sendo circundados com algodão hidrófilo umedecido para mantê-los túrgidos e impedir a fuga dos ácaros. Após o preparo das arenas, 30 fêmeas adultas, retiradas da criação do laboratório, foram transferidas para cada um dos quatro discos. Vinte e quatro horas após, essas fêmeas foram removidas dos discos, sendo em seguida realizada a contagem do número de ovos. Posteriormente, as arenas foram colocadas em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase, onde permaneceram durante 96 h. Após esse período, procedeu-se a pulverização direta das arenas contendo os ovos, com idade próxima à eclosão das larvas, tal como foi descrito para os imaturos dos predadores. Logo após a pulverização as arenas foram mantidas em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase.

5.2.1.3.2 Fêmeas adultas

Trinta fêmeas adultas de *N. californicus* ou *P. macropilis*, com aproximadamente 10 dias após a emergência, foram transferidas para arenas confeccionadas com folhas de *C. ensiformis*, previamente infestadas com todos os estágios de desenvolvimento de *T. urticae* (conforme descrito no item anterior).

Após a transferência dos ácaros predadores foi realizada a pulverização dessas arenas, juntamente com discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, previamente infestados com cerca de 40 fêmeas adultas e 100 ovos de *T. urticae*. A pulverização foi realizada com a torre de Potter calibrada a uma pressão de 10 psi (68,95 kPa). Em cada pulverização foi utilizado um volume de 2 ml de suspensão, obtendo-se uma deposição média de aproximadamente 1,50 mg/cm². Em seguida, os discos de folha contendo resíduo foram deixados para secar em condições de laboratório por aproximadamente meia hora.

Posteriormente, esses discos foram acondicionados sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Grupos de cinco fêmeas pulverizadas foram transferidos para cada arena contendo resíduo do respectivo agrotóxico. Posteriormente essas arenas foram fechadas com filme plástico transparente (PVC) para impedir a fuga dos ácaros. Durante o período de desenvolvimento dos bioensaios, as arenas foram mantidas em câmara climatizada a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade relativa e 14 h de fotofase. Foram realizadas quatro repetições para cada tratamento, sendo cada repetição composta por quatro arenas.

Para os bioensaios toxicológicos com fêmeas adultas de *T. urticae*, foram confeccionadas arenas com quatro discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, da mesma forma que o descrito para imaturos desse ácaro. Após o preparo das arenas foi transferido um grupo de cinco fêmeas adultas de *T. urticae* por disco, com aproximadamente 10 dias após a emergência, para a pulverização direta com a torre de Potter. Após a pulverização, as arenas foram mantidas em câmara climatizada a 25 ± 2°C, 70 ± 10% de umidade relativa e 14 h de fotofase.

5.2.1.3.3 Caracterização da suscetibilidade de imaturos e fêmeas adultas

Para a caracterização da linha-básica de suscetibilidade de imaturos e fêmeas adultas de *N. californicus* e *P. macropilis* a abamectina (Vertimec 18 CE[®] (1,8% I.A.), Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.) e ao espiromesifeno (Oberon 240 SC[®] (24% I.A.), Bayer Cropscience) foram

utilizadas de cinco a seis concentrações de cada produto. Estas concentrações foram distribuídas logaritmicamente, variando entre 0,56 e 13,5 mg de abamectina L⁻¹ e entre 1 e 180 mg de espiromesifeno L⁻¹ para os imaturos, e entre 1 e 18 mg de abamectina L⁻¹ e entre 560 e 56.000 mg de espiromesifeno L⁻¹ para os adultos. Foram realizadas de quatro a seis repetições para cada concentração testada, sendo cada repetição composta por quatro arenas contendo cinco ácaros predadores.

Para *T. urticae*, foram utilizadas de cinco a sete concentrações de abamectina e espiromesifeno. As concentrações foram distribuídas logaritmicamente, variando entre 0,056 e 3,2 mg de abamectina L⁻¹, e entre 1,8 e 32 mg de espiromesifeno L⁻¹ para os imaturos, e entre 0,32 e 10 mg de abamectina L⁻¹, e entre 100 e 56.000 mg de espiromesifeno L⁻¹ para adultos desse ácaro. Foram realizadas de quatro a seis repetições para cada concentração testada, sendo cada repetição composta por uma arena contendo quatro discos com cinco ácaros.

Tanto para os ácaros predadores quanto para *T. urticae*, a avaliação da mortalidade das fêmeas adultas foi efetuada 48 h após a transferência dos ácaros contaminados sobre o resíduo, e dos imaturos 120 h após a pulverização direta dos ovos. Foi considerado morto o indivíduo que não respondeu com movimentos vigorosos ao ser tocado por um pincel. Os dados de mortalidade de cada espécie foram submetidos à análise de Probit utilizando-se o programa POLO-PC (LEORA SOFTWARE, 1987) para a estimativa das CL₅₀s e seus respectivos intervalos de confiança (I.C. 95%). Testes de igualdade e paralelismo foram realizados para comparar os coeficientes angular e linear para cada espécie. A toxicidade diferencial (TD) foi estimada dividindo-se a CL₅₀ de cada espécie de ácaro predador pela CL₅₀ de *T. urticae*, e o respectivo intervalo de confiança estimado a partir do método descrito por Robertson e Preisler (1992).

5.2.1.4 Impacto no crescimento populacional

Os procedimentos de bioensaio adotados para avaliar o impacto de abamectina e espiromesifeno no crescimento populacional de *N. californicus*, *P. macropilis* e *T. urticae* foram os mesmos descritos para fêmeas adultas de cada ácaro no item 5.2.1.3.2. Foram utilizadas entre seis e sete concentrações distribuídas logaritmicamente e variando entre 0,32 e 18 mg de abamectina L⁻¹ e entre 10 e 56.000 mg de espiromesifeno L⁻¹. Foram realizadas de três a cinco repetições para cada concentração testada.

A avaliação foi efetuada sete dias após a transferência das fêmeas adultas contaminadas sobre o resíduo, momento em que se procedeu a contagem do número total de predadores por arena (ovos, imaturos e adultos) em cada concentração. A partir disso, foi realizada a estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) dada pela eq. (1):

$$r_i = \frac{\ln(N_f/N_o)}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: N_f é o número de ácaros presentes em cada arena por ocasião da avaliação do bioensaio, N_o é o número inicial de ácaros transferidos em cada arena por ocasião do início do bioensaio e Δt é o período em que os ácaros predadores ficaram em contato com o resíduo dos produtos, ou seja, o período de duração do bioensaio. De acordo com a equação, se o valor estimado para: $r_i = 0$, verifica-se equilíbrio no crescimento populacional; por outro lado se $r_i > 0$, o crescimento populacional mantém-se em estado ascendente e se $r_i < 0$, a população está sofrendo um declínio que poderá levá-la à extinção, quando $N_f = 0$ (STARK et al., 1997; STARK; BANKS, 2003).

Os dados de r_i , foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias obtidas para cada concentração foram comparadas com o controle pelo teste de Dunnett a 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Posteriormente, foram obtidas as concentrações sem efeito observado (CENO) e a menor concentração que causou redução na taxa instantânea de crescimento de cada espécie (CEO).

5.2.2 Resultados

5.2.2.1 Caracterização da suscetibilidade de imaturos e fêmeas adultas

As respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos de *N. californicus*, *P. macropilis* e *T. urticae* a abamectina e espiromesifeno encontram-se na Tabela 5.1 e 5.2. Não foram observadas diferenças significativas na suscetibilidade de imaturos e adultos de *N. californicus* e *P. macropilis* a abamectina, devido à sobreposição dos intervalos de confiança das CL_{50} s estimadas para ambas as espécies. Por outro lado, os adultos de *T. urticae* foram quatro vezes mais tolerantes a esse produto do que os imaturos.

Pelos resultados obtidos nos testes de igualdade e paralelismo, verificou-se que as curvas de concentração-mortalidade de imaturos dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* e de

T. urticae a abamectina (Figura 5.1A) foram distintas ($\chi^2= 332,21$; g.l.= 4; $p<0,05$) e não paralelas ($\chi^2= 13,60$; g.l.= 2; $p <0,05$), ou seja, os valores dos coeficientes angulares estimados para as três espécies diferiram significativamente. O mesmo foi observado para as curvas de concentração-mortalidade estimadas para os adultos desses ácaros a esse produto (Figura 5.1B) sendo consideradas significativamente distintas ($\chi^2= 258,30$; g.l.= 4; $p<0,05$) e não paralelas ($\chi^2= 21,69$; g.l.= 2; $p <0,05$).

Os imaturos dos ácaros predadores *N. californicus*, *P. macropilis* e do ácaro rajado *T. urticae* foram mais suscetíveis ao espiromesifeno do que os adultos, não ocorrendo sobreposição dos intervalos de confiança estabelecidos para as CL_{50} s entre os estágios de desenvolvimento de todas as espécies (Tabela 5.2). Verificou-se que tanto os imaturos quanto os adultos de *N. californicus* foram mais tolerantes ao espiromesifeno do que *T. urticae*, sendo que a toxicidade diferencial (TD) estimada foi de aproximadamente nove vezes para os imaturos e maior do que 14 vezes para os adultos. Ressalta-se que a maior concentração de espiromesifeno testada sobre adultos de *N. californicus* foi de 56.000 mg de i.a. L^{-1} , a qual ocasionou mortalidade menor do que 50% nesse estágio de desenvolvimento, e, portanto não foi estimada a curva de concentração-resposta. Apesar de os adultos de *P. macropilis* mostrarem-se aproximadamente três vezes mais tolerantes ao espiromesifeno do que *T. urticae*, os imaturos desse ácaro predador foram mais suscetíveis do que os imaturos do ácaro rajado a esse produto.

Os testes de igualdade e paralelismo revelaram que as curvas de concentração-mortalidade dos imaturos de *N. californicus*, *P. macropilis* e *T. urticae* ao espiromesifeno (Figura 5.2A) foram distintas ($\chi^2= 545,95$; g.l.= 4; $p<0,05$) e não paralelas ($\chi^2= 34,78$; g.l.= 2; $p<0,05$). Com relação aos adultos, verificou-se que as curvas de concentração-mortalidade estimadas para *P. macropilis* e *T. urticae* para esse produto também foram distintas e não paralelas ($\chi^2= 52,95$; g.l.= 2; $p<0,05$) (Figura 5.2B).

Tabela 5.1 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) e do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Tu) a abamectina

| Estágio | Espécie | n ^a | CL ₅₀ (mg I.A. L ⁻¹) (95% I.C.) | Coef. ang. ± EP | χ ² | g.l. ^b | TD ^c (95% I.C.) |
|---------|---------|----------------|---|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| imaturo | Nc | 581 | 3,42 (2,94 - 3,92) | 2,24 ± 0,18 | 2,68 | 4 | 10,36 (6,28 - 16,96) |
| | Pm | 360 | 2,67 (1,36 - 3,90) | 2,47 ± 0,25 | 7,32 | 3 | 8,10 (6,26 - 10,44) |
| | Tu | 1610 | 0,33 (0,19 - 0,53) | 1,72 ± 0,11 | 13,69 | 4 | - |
| adulto | Nc | 518 | 5,38 (3,91 - 7,85) | 3,12 ± 0,25 | 10,65 | 3 | 4,11 (3,29 - 5,13) |
| | Pm | 1078 | 4,15 (3,64 - 4,71) | 2,73 ± 0,15 | 4,26 | 4 | 3,17 (2,21 - 4,55) |
| | Tu | 558 | 1,31 (1,11 - 1,53) | 1,92 ± 0,15 | 3,33 | 5 | - |

^a número de indivíduos testados. ^b graus de liberdade;

Toxicidade diferencial (TD) = CL₅₀ de cada predador/ CL₅₀ de *T. urticae* (Tu).

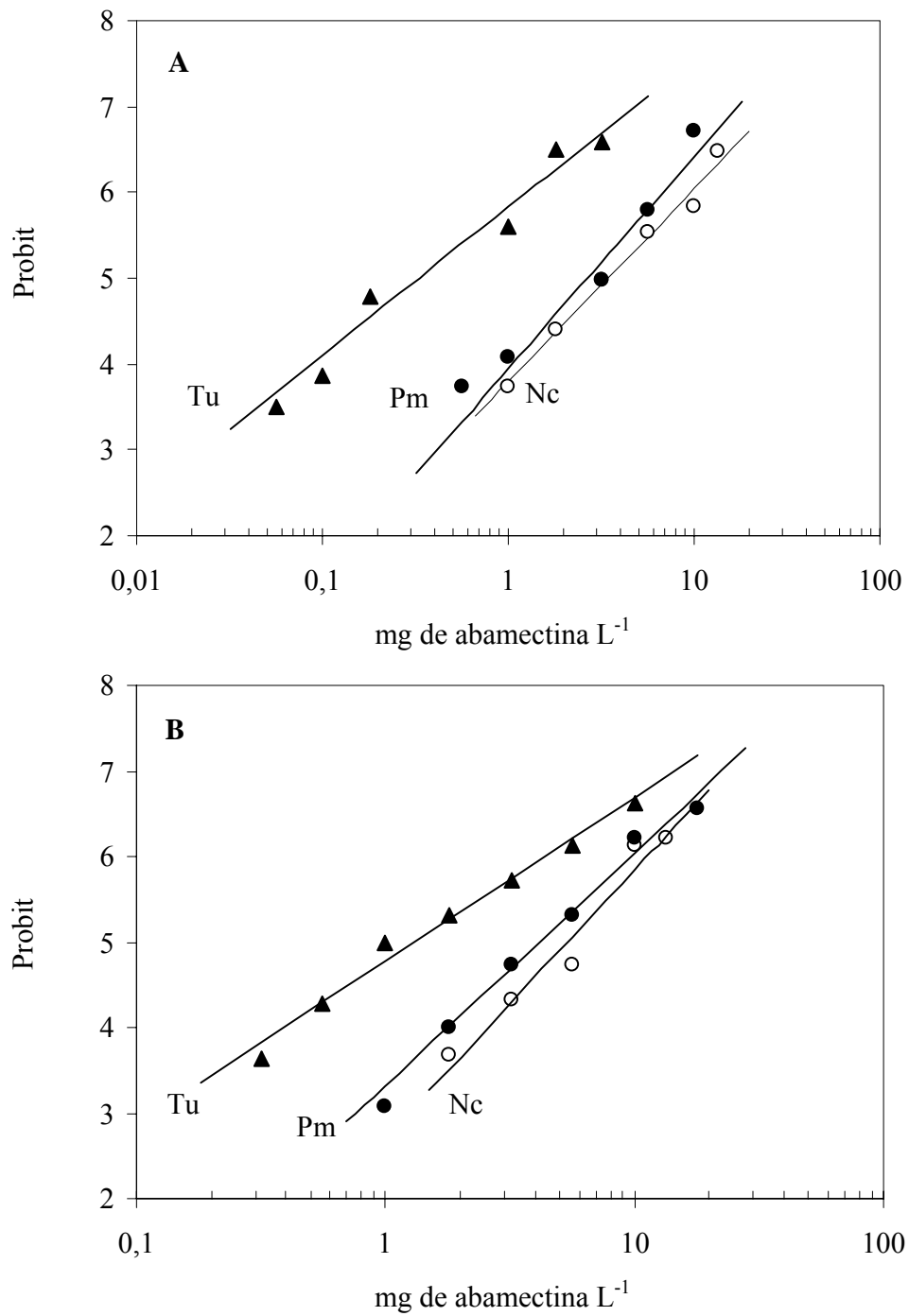


Figura 5.1 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos (A) e adultos (B) dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) e do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Tu) a abamectina

Tabela 5.2 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos e adultos dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) e do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Tu) ao espiromesifeno

| Estágio | Espécie | n ^a | CL ₅₀ (mg I.A. L ⁻¹) (95% I.C.) | Coef. ang. ± EP | χ ² | g.l. ^b | TD ^c (95% I.C.) |
|---------|---------|----------------|---|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| imaturo | Nc | 540 | 57,96 (51,26 - 65,36) | 2,60 ± 0,22 | 2,83 | 3 | 8,46 (2,12 - 33,72) |
| | Pm | 528 | 2,29 (1,78 - 2,72) | 4,86 ± 0,54 | 5,26 | 3 | 0,33 (0,29 - 0,39) |
| | Tu | 1497 | 6,85 (3,66 - 9,94) | 2,26 ± 0,15 | 14,29 | 3 | - |
| adulto | Nc | 403 | > 56.000,00 | - | - | - | > 14,13 |
| | Pm | 380 | 13.490,45 (11.130,92 - 16.050,86) | 2,62 ± 0,34 | 1,42 | 3 | 3,40 (2,14 - 5,40) |
| | Tu | 698 | 3.963,90 (691,41 - 19.317,53) | 0,71 ± 0,68 | 20,24 | 4 | - |

^a número de indivíduos testados. ^b graus de liberdade;

^c Toxicidade diferencial = CL₅₀ de cada predador/ CL₅₀ de *T. urticae* (Tu).

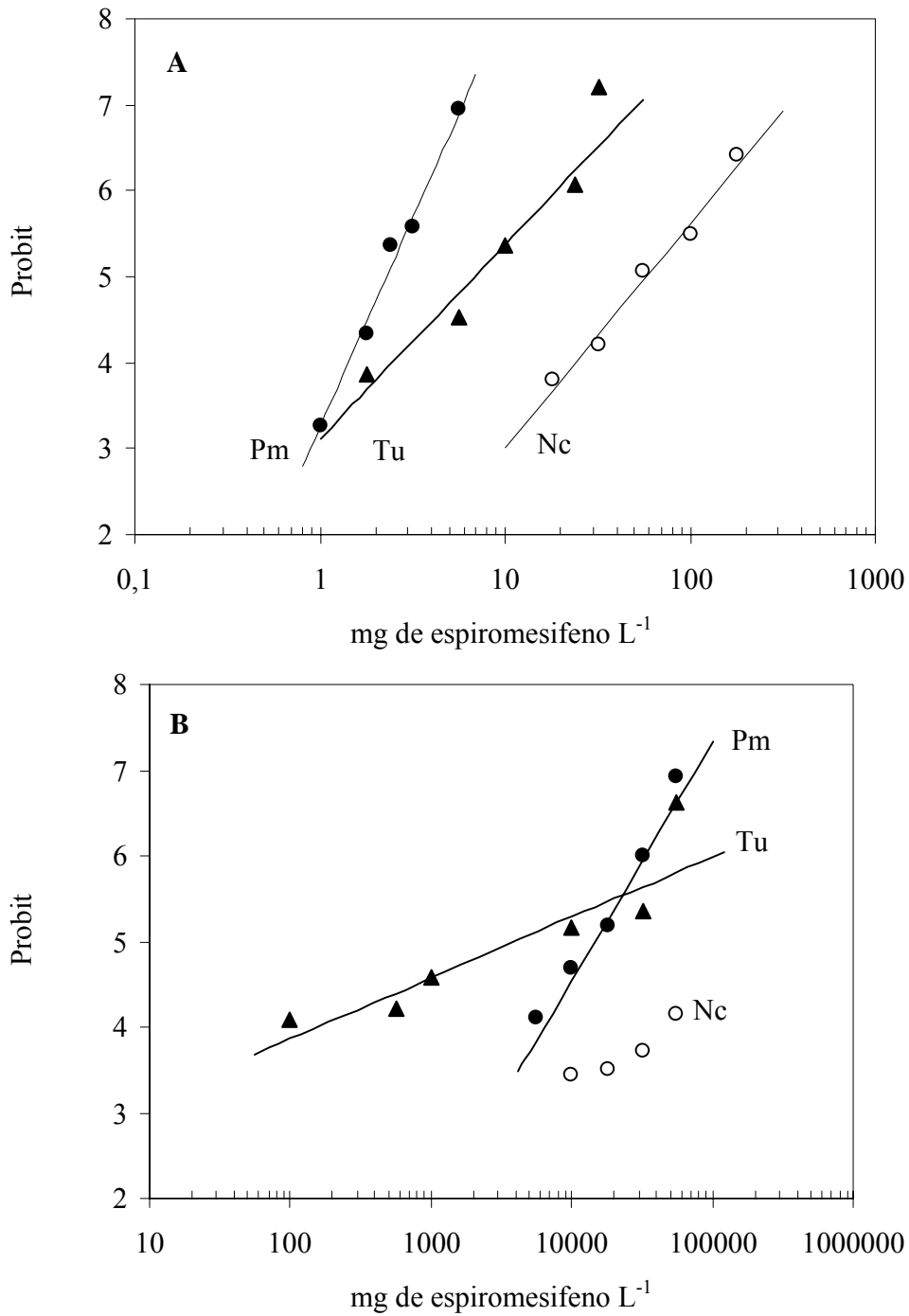


Figura 5.2 - Respostas de concentração-mortalidade de imaturos (A) e adultos (B) dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm) e do ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Tu) ao espiromesifeno

5.2.2.2 Impacto no crescimento populacional

O aumento nas concentrações de abamectina ocasionou uma redução na taxa instantânea de crescimento (r_i) dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* e de *T. urticae* (Figura 5.3). A concentração sem efeito observado (CENO) estimada para ambos os predadores foi de 1,8 mg abamectina L⁻¹, e a menor concentração que afetou o crescimento populacional de *N. californicus* e *P. macropilis* (CEO) foi de 3,2 e 5,6 mg abamectina L⁻¹, respectivamente (Tabela 5.3). Os valores negativos para a r_i foram obtidos a partir de 10 mg abamectina L⁻¹ para *P. macropilis* e 13,5 mg abamectina L⁻¹ para *N. californicus*, sendo que 32 mg abamectina L⁻¹ levou à extinção as duas espécies de ácaro predador. Para o ácaro rajado, foi estimada CENO de 1,0 mg abamectina L⁻¹ e CEO de 1,8 mg abamectina L⁻¹, sendo que a partir de 5,6 mg abamectina L⁻¹ foram obtidos valores negativos para r_i . A concentração que levou esse ácaro à extinção foi 18 mg abamectina L⁻¹.

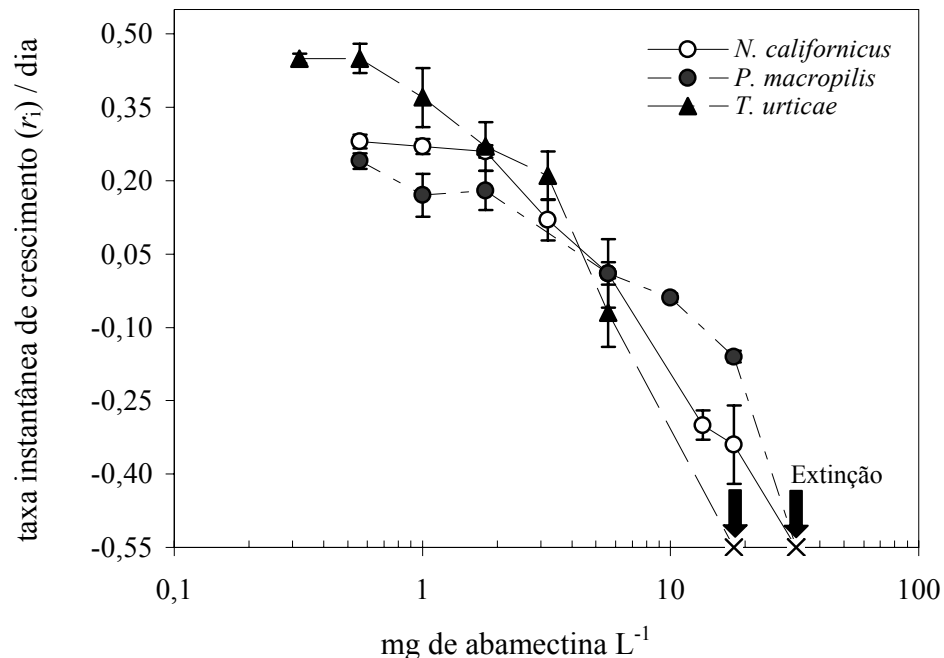


Figura 5.3 - Efeito de abamectina na taxa instantânea de crescimento (r_i) dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* e de *Tetranychus urticae*

Espiromesifeno causou um maior impacto no crescimento populacional de *P. macropilis* e *T. urticae* do que *N. californicus* (Figura 5.4). As concentrações sem efeito observado (CENO) e de efeito observado (CEO) estimadas para *N. californicus* foram de 10.000 e 18.000 mg espiromesifeno L⁻¹ (Tabela 5.3). No entanto, valores negativos para a r_i desse predador foram obtidos somente a partir de 32.000 mg espiromesifeno L⁻¹ ($r_i = -0,01$), sendo que até 56.000 mg espiromesifeno L⁻¹ esse produto não o levou à extinção *N. californicus*, observando-se que o número final de indivíduos (N_f) foi maior do que zero, sete dias após a pulverização.

Os valores de CENO e CEO para *P. macropilis* foram de 56 e 180 mg espiromesifeno L⁻¹, respectivamente e para *T. urticae* foram de 10 e 32 mg espiromesifeno L⁻¹, respectivamente (Tabela 5.3). Para *T. urticae* essas concentrações foram 1.000 e 560 vezes inferiores às mesmas concentrações estimadas para *N. californicus*. A partir de 100 e 560 mg espiromesifeno L⁻¹ foram obtidos valores negativos para a r_i de *T. urticae* e *P. macropilis*, respectivamente. Porém, apenas 56.000,0 mg espiromesifeno L⁻¹ levou esses ácaros à extinção.

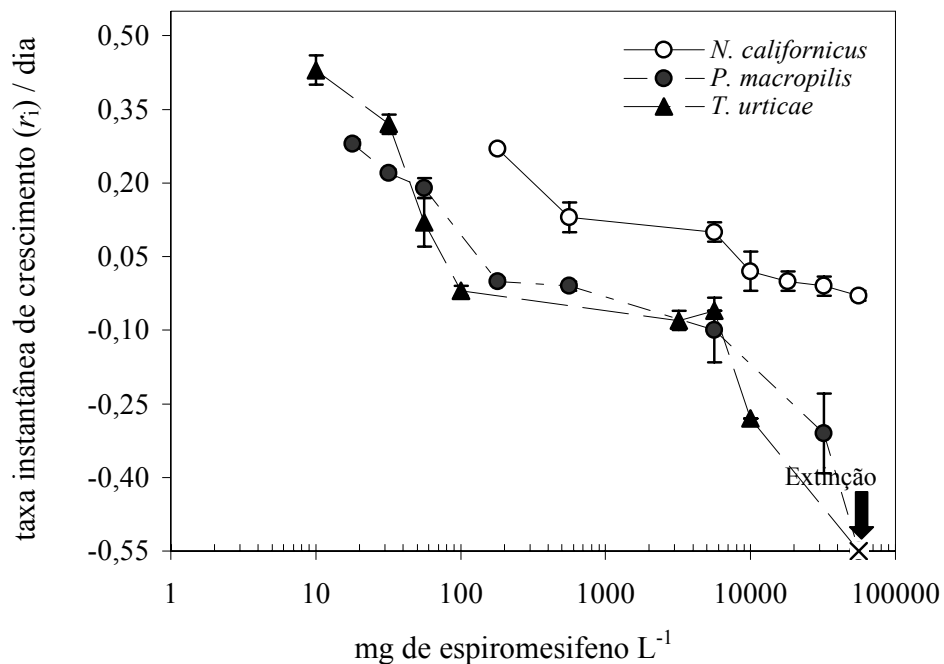


Figura 5.4 - Efeito de espiromesifeno na taxa instantânea de crescimento (r_i) dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* e de *Tetranychus urticae*

Tabela 5.3 - Respostas obtidas para a taxa instantânea de crescimento (r_i) dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* e de *Tetranychus urticae*, pulverizados com abamectina e espiromesifeno

| Produto | Espécie | Concentrações (mg ia. L ⁻¹) | | |
|----------------|------------------------|---|------------------|-----------------------|
| | | CENO ^a | CEO ^b | Extinção ^c |
| abamectina | <i>N. californicus</i> | 1,8 | 3,2 | 32 |
| | <i>P. macropilis</i> | 1,8 | 5,6 | 32 |
| | <i>T. urticae</i> | 1,0 | 1,8 | 18 |
| espiromesifeno | <i>N. californicus</i> | 10.000 | 18.000 | > 56.000 |
| | <i>P. macropilis</i> | 56 | 180 | 56.000 |
| | <i>T. urticae</i> | 10 | 32 | 56.000 |

^a CENO = concentração sem efeito observado; ^b CEO = concentração de efeito observado;

^c Extinção = concentração que levou cada espécie à extinção.

5.2.3 Discussão

Abamectina ocasionou impacto significativo sobre os ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* e sobre o ácaro rajado *T. urticae*, causando elevada mortalidade em imaturos e adultos (Figura 5.1) e reduzindo o crescimento populacional desses ácaros (Figura 5.3).

Elevada toxicidade de abamectina sobre fêmeas adultas de *N. californicus* e *T. urticae* também foi reportada por Sato et al. (2002), sendo que nesse caso o predador foi mais suscetível a esse produto do que o ácaro rajado. Entretanto, esses autores verificaram que abamectina, na concentração recomendada para o controle de *T. urticae* em morangueiro (13,5 mg i.a L⁻¹), apresentou um curto período residual sobre *N. californicus*, sendo observado que a liberação desse inimigo natural poderia ser realizada 24 h após a pulverização desse produto em cultivo de morango. Sáenz de Cabezón Irigaray, Zalom e Thompson (2007) avaliando a toxicidade residual de abamectina sobre os ácaros predadores *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, durante um período de 37 dias após a pulverização em morangueiro, verificaram que o efeito letal desse produto sobre fêmeas adultas foi de três e seis dias após a pulverização para *G. occidentalis* e *P. persimilis* respectivamente. Abamectina também

ocasionou efeito letal durante sete dias após a pulverização sobre adultos de *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (KONGCHUENSIN; TAKAFUJI, 2006).

Os estudos relacionados à toxicidade residual de agrotóxicos sobre os ácaros fitoseídeos são considerados de grande relevância, fornecendo informações importantes para integração dos controles químico e biológico. Apesar de já existirem informações para *N. californicus* (SATO et al., 2002), pouco se sabe com relação ao período residual de abamectina sobre *P. macropilis*, sugerindo-se nesse caso, que estudos futuros possam contribuir com programas de manejo de ácaros-praga baseados na liberação desse predador, isoladamente ou de forma combinada com *N. californicus*.

Houve redução significativa na r_i de *N. californicus* e *P. macropilis* a partir de 3,2 e 5,6 mg de abamectina L^{-1} respectivamente. Portanto, concentrações sub-letais de abamectina apresetaram efeito significativo na redução do crescimento populacional desses ácaros predadores. Zhang e Sanderson (1990) também reportaram que abamectina apresentou efeito sub-letal sobre *P. persimilis*, sendo que quando esse ácaro foi exposto, durante oito dias, sobre resíduo de 4 mg de abamectina L^{-1} , houve redução superior a 50% na fecundidade do mesmo, quando comparado com os ácaros sem contato com esse produto. O efeito sub-letal de abamectina também foi reportado por Ibrahim e Yee (2000) os quais verificaram que 0,015 mg de abamectina L^{-1} reduziu significativamente todos os parâmetros da tabela de vida e fertilidade de *N. longispinosus*. De acordo com Bostanien e Akalach (2006), abamectina, na concentração de 8,6 mg de i.a. L^{-1} , além de ter causado elevada mortalidade dos ácaros fitoseídeos *P. persimilis* e *Amblyseius* (= *Neoseiulus*) *fallacis* (Garman) também afetou significativamente a capacidade reprodutiva desses predadores, reduzindo a fecundidade e fertilidade dos mesmos.

Com relação às respostas de concentração-mortalidade exibidas pelos ácaros predadores *N. californicus*, *P. macropilis* e pelo ácaro *T. urticae* ao espiromesifeno, verificou-se que os imaturos de todas as espécies foram mais suscetíveis a esse produto do que os adultos (Tabela 5.2). *N. californicus* foi mais tolerante ao espiromesifeno do que *P. macropilis* e *T. urticae*, sendo que 56.000 mg de i.a. L^{-1} causou mortalidade inferior a 50% em fêmeas adultas desse ácaro e também não o levou à extinção, o que foi evidenciado para os outros ácaros. Cloyd, Galle e Keith (2006) reportaram que a concentração de 310 mg espiromesifeno L^{-1} causou 5 e 40% de mortalidade sobre adultos de *N. californicus* e *P. persimilis*.

Concentrações de espiromesifeno inferiores às recomendadas para o controle de ácaros e insetos-praga em campo (120 a 288 mg i.a. L⁻¹) reduziram significativamente a r_i de *P. macropilis* e *T. urticae*, sendo que a concentração de menor efeito observado (CEO) estimada para *P. macropilis* foi de 180 mg de i.a. L⁻¹ e para *T. urticae* de 32 mg de i.a. L⁻¹. Por outro lado, a CEO obtida para *N. californicus* (18.000 mg de i.a. L⁻¹) foi aproximadamente 100 e 560 vezes superior à estimada para *P. macropilis* e *T. urticae*, confirmando a elevada tolerância desse predador ao espiromesifeno.

Apesar de no presente estudo não ter sido avaliado o efeito direto de espiromesifeno na fecundidade e fertilidade dos ácaros, pode-se considerar que o impacto desse produto na r_i de *P. macropilis* e *T. urticae*, tenha sido ocasionado devido ao efeito letal observado sobre os imaturos, somado à redução na capacidade reprodutiva. Sáenz de Cabezón Irigaray, Zalom e Thompson (2006) relataram que apesar de espiromesifeno (142,6 mg de i.a. L⁻¹) não ter ocasionado mortalidade em fêmeas adultas de *G. occidentalis* e *P. persimilis*, reduziu significativamente a fecundidade e a fertilidade desses ácaros. Além disso, esse produto (76,2 mg de i.a. L⁻¹) também causou redução na longevidade de fêmeas de *G. occidentalis* (SÁENZ DE CABEZÓN IRIGARAY; ZALOM, 2006). O efeito de espiromesifeno na fecundidade de *T. urticae* foi comprovado por Nauen, Schnorbach e Elbert (2005) que verificaram que a exposição de fêmeas adultas sobre resíduos de 40 e 200 mg de i.a. L⁻¹ inibiu a oviposição desse tetraniquídeo. Segundo esses autores, o contato direto de espiromesifeno sobre fêmeas adultas de *T. urticae* foi ainda mais pronunciado do que o contato residual, observando-se redução na capacidade reprodutiva desse ácaro quando expostas a baixas concentrações (a partir de 0,064 mg de i.a. L⁻¹).

Tanto abamectina quanto espiromesifeno apresentaram efeito pronunciado sobre a população de *T. urticae* utilizada no presente trabalho, causando elevada mortalidade de imaturos e/ou adultos, além de terem afetado significativamente o crescimento populacional desse ácaro. No entanto, a ineficiência de abamectina para o controle de *T. urticae* em condições de campo tem sido evidenciada com frequência por agricultores e técnicos envolvidos com a produção de plantas ornamentais e hortaliças no Brasil. Um dos fatores associado a esse fato é o elevado número de pulverizações com abamectina realizadas nestas culturas, o que tem favorecido a evolução da resistência em populações de *T. urticae* a esse produto. Recentemente, estudos de monitoramento da resistência de *T. urticae* realizados em cultivos de morango e plantas ornamentais no estado de São Paulo indicaram a ocorrência de populações resistentes a

abamectina, sendo que as maiores frequências de resistência foram encontradas em ornamentais como crisântemo e áster (SATO et al, 2005; SATO, 2006).

Por outro lado, considera-se que espiromesifeno, que apresenta um modo de ação distinto dos demais produtos existentes no mercado, inibindo a biosíntese de lipídeos (DEKEYSER, 2005), possa ser utilizado no manejo da resistência de *T. urticae* a abamectina, já que resultados reportados por Nauen e Konanz (2005) demonstraram a ausência de resistência cruzada para a maioria dos inseticidas existentes. Além desse fato, a compatibilidade de espiromesifeno com o ácaro predador *N. californicus* demonstrada no presente estudo, pode contribuir com a integração dos controles químico e biológico, podendo ser uma estratégia importante para o manejo de populações resistentes de *T. urticae* a acaricidas em campo. No entanto, deve-se observar que um estudo realizado em cultivo de morango revelou que espiromesifeno reduziu a densidade populacional de *Phytoseiulus* spp., sendo que esse impacto pode ter ocorrido devido ao efeito direto de espiromesifeno sobre os predadores, ou então, devido à redução na densidade populacional de *T. urticae*, e conseqüente escassez de alimento (ELBERT et al., 2005).

Um estudo realizado por Sanderson e Zhang (1995) demonstrou que o uso de abamectina integrado à liberação de *P. persimilis* para o manejo de *T. urticae* em cultivo de rosas foi possível, pois direcionando a pulverização com esse produto na parte superior das plantas, o ácaro predador não foi exposto ao resíduo desse produto, por ocupar principalmente a parte inferior das plantas. Deve-se considerar que os dados reportados no presente estudo foram obtidos em condições de laboratório, e portanto, trabalhos futuros precisam ser conduzidos em condições de casa de vegetação e/ou campo, principalmente para confirmação do efeito de espiromesifeno no crescimento populacional de *P. macropilis* e *T. urticae*.

5.3 Conclusões

- Abamectina apresenta elevada toxicidade aos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* e ao ácaro rajado *T. urticae*;
- Espiromesifeno apresenta baixa toxicidade sobre *N. californicus* e elevada toxicidade sobre *P. macropilis* e *T. urticae*.

Referências

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 12 dez. 2006.

BELLINI, M.R.; ARAÚJO, R.V.; BALLAMINUT, J.C.C.; BERTI FILHO, E.; MORAES, G.J. DE. 2006. Perspectivas para o controle biológico do ácaro rajado em gérberas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACAROLOGIA, 1., 2006. Viçosa. **Resumos...**, Viçosa:UFV, 2006. p.188.

BOSTANIAN, N.J.; AKALACH, M. The effect of indoxacarb and five other insecticides on *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae), *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae) and nymphs of *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). **Pest Management Science**, Sussex, v.62, p.334-339, 2006.

CAMPOS, F.; KRUPA, D. A.; DYBAS, R. A. Susceptibility of populations of twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae) from Florida, Holland and Canary Island to abamectin and characterization of abamectin resistance. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.89, p.594-601, 1996.

CLOYD, R. A.; GALLE, C. L.; KEITH, S. R. Compatibility of three miticides with the predatory mites *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae). **HortScience**, Alexandria, v.41, p.707-710, 2006.

CRANHAM, J.E; HELLE, W. Pesticide resistance in Tetranychidae. In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (Eds.). **Spider mites: their biology, natural enemies and control**, Amsterdam: Elsevier, 1985. v.1B chap. 3.4 p.405-421.

CROFT, B.A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: Wiley Interscience, 1990. 723p.

DEKEYSER, M. A. Acaricide mode of action. **Pest Management Science**, Sussex, v.61, p.103-110, 2005.

ELBERT, A.; BRÜCK, E.; MELGAREJO, J.; SCHNORBACH, H. J.; SONE, S. Field development of Oberon[®] for withflie and mite control in vegetables, cotton, corn, strawberries, ornamentals and tea. **Pflanzenschutz Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v.58, n.3, p.441-468, 2005.

GERSON, U.; SMILEY, R.L.; OCHOA, R. **Mites (acari) for pest control**. Oxford: Blackwell Science, 2003. 539p.

IBRAHIM, Y. B.; YEE, T. S. Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.93, p.1085-1089, 2000.

KONGCHUENSIN, M.; TAKAFUJI, A. Effects of some pesticides on the predatory mite, *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Gamasina: Phytoseiidae). **Journal of Acarological Society of Japan**, Tsukuba, v.15, n.1, p.17-27, 2006.

LIU, T.-X. Toxicity and efficacy of spiromesifen, a tetroneic acid insecticide, against sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on melons and collards. **Crop Protection**, Guildford, v.23, p.505-513, 2004.

LENTEREN, J. C. van. A greenhouse without pesticide: fact or fantasy? **Crop Protection**, Guildford, v.19, p.375-384, 2000.

LEORA SOFTWARE, **POLO-PC**: a user's guide to Probit or Logit analysis. Berkley, 1987, 20p.

MORAES, G.J. de; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, Auckland, v.434, p. 1-494, 2004.

NAUEN, R.; KONANZ, S. Spiromesifen as a new chemical option for resistance management in whiteflies and spider mites. **Pflanzenschutz Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v.58, n.3, p.485-502, 2005.

NAUEN, R.; SCHNORBACH, H. J.; ELBERT, A. The biological profile of spiromesifen (Oberon[®]) - A new tetroneic acid insecticide/acaricide. **Pflanzenschutz Nachrichten Bayer**, Leverkusen, v.58, n.3, p.417-439, 2005.

NAUEN, R.; STUMPF, N.; ELBERT, A.; ZEBITZ, C. P. W.; KRAUS, W. Acaricide toxicity and resistance in larvae of different strains of *Tetranychus urticae* and *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae). **Pest Management Science**, Sussex, v.57, p. 253-261, 2001.

ROBERTSON, J.L.; PREISLER, H.K. **Pesticide bioassay with arthropods**. Boca Ranton: CRC Press, 1992. 127p.

SÁENZ DE CABEZÓN IRIGARAY, F. J.; ZALOM, F. G. Side effects of new acaricides on the predator *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.38, p.299-305, 2006.

SÁENZ DE CABEZÓN IRIGARAY, F. J.; ZALOM, F. G.; THOMPSON, P. B. Residual toxicity of acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* reproductive potencial. **Biological Control**, Oxford, v.40, p.153-159, 2007.

SANDERSON, J. P.; ZHANG, Z. Q. Dispersion, sampling and potential for integrated control of twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse roses. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.88, p.343-351, 1995.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT**: user's guide, Version 8. SAS Institute Inc.: Cary, NC, 2000.

SATO, M.E. Resistência de ácaros a acaricidas. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 15., 2006, Holambra. **Resumos...**, Holambra:RBB Eventos, 2006. p. 1-9.

SATO, M. E.; SILVA, M. Z. da; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M. F. de. Abamectin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): selection, cross-resistance and stability of resistance. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, p.991-998, 2005.

SATO, M.E.; SILVA, M. DA; GONÇALVEZ, L.R.; SOUZA FILHO, M.F. DE; RAGA, A. Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.31, p.449-456, 2002.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z. DA; SOUZA FILHO, M.F. DE; MATIOLI, A.L.; RAGA, A. Management of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in strawberry fields using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and acaricides. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ACAROLGY, 12., 2006, Amsterdam. **Abstract...** Amsterdam: University of Amsterdam, 2006. p.184.

STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.48, p.505-519, 2003.

STARK, J.D.; TANIGOSHI, L.; BOUNFOUR, M.; ANTONELLI, A. Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v.37, p.273-279, 1997.

WATANABE, M. A.; MORAES, G. J. de; NICOLELLA, G. Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, p.75-81, 1994.

ZHANG, Z. Q.; SANDERSON, J. P. Relative toxicity of abamectin to the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.83, p.1783-1790, 1990.

6 VIABILIDADE DA LIBERAÇÃO COMBINADA DOS ÁCAROS PREDADORES *Neoseiulus californicus* (McGREGOR) e *Phytoseiulus macropilis* (BANKS) (ACARI: PHYTOSEIIDAE) PARA O MANEJO DO ÁCARO RAJADO *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE)

Resumo

A liberação combinada de inimigos naturais que apresentem hábitos alimentares e/ou comportamentais distintos pode ser uma estratégia efetiva em programas de manejo integrado de pragas. No Brasil, os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) podem ser explorados para o manejo do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch, em várias culturas. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade da liberação combinada desses ácaros predadores. Inicialmente, foram conduzidos estudos em laboratório para estabelecer a melhor proporção de predador em relação à presa para cada espécie, sendo avaliadas as relações de 1:1; 1:5; 1:10 e 1:20 (predador:presa). A avaliação foi realizada sete dias após a infestação de *T. urticae* e a liberação dos predadores, mediante contagem do número de ácaros por arena e estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i) de cada predador. Posteriormente, foram conduzidos estudos em vasos e canteiros de crisântemo mantidos em casa de vegetação. Os vasos foram infestados com 500 fêmeas adultas de *T. urticae*. Dez dias após a infestação de *T. urticae* foi realizada a liberação dos predadores na densidade de 50 fêmeas adultas por vaso. Os tratamentos de liberações isolada ou combinada de ácaros predadores foram comparados com o controle e tratamento químico com abamectina. Em canteiros, os tratamentos testados foram os mesmos, sendo liberados um total de 240 ácaros rajado/m² e 60 predadores/m² em cada canteiro. Foram realizadas aproximadamente 10 avaliações em intervalos semanais, a partir da primeira liberação dos predadores. Em laboratório o emprego combinado de ácaros predadores ou isolado com *P. macropilis*, reduziu o número total de *T. urticae* por arena em todas as densidades testadas. Por outro lado, liberações isoladas de *N. californicus* não apresentou eficiência satisfatória na maior relação 1:20. O crescimento populacional dos predadores foi reduzido nas relações 1:1, 1:5 e 1:10. Todos os tratamentos com ácaros predadores apresentaram a mesma eficiência no controle de *T. urticae* em vasos. Em canteiros, os tratamentos com *N. californicus*, isoladamente ou combinado, apresentaram redução mais pronunciada no número de *T. urticae* do que com *P. macropilis* isoladamente; porém, a baixa disponibilidade da presa na área ocasionou a dispersão de *P. macropilis* para todos os tratamentos. As liberações combinadas de *N. californicus* e *P. macropilis* foram eficientes quando comparadas a liberações isoladas, somente em situações com alta relação predador:presa (igual ou superior a 1:20).

Palavras-chave: Manejo integrado de pragas; Controle biológico; Competição interespecífica; Predação intraguilda

Feasibility of combined release of *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) for managing two-spotted spider *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)

Abstract

The combined release of natural enemies with distinct feeding habitat and behavior can be an effective strategy in integrated pest management programs. In Brazil, the predaceous mites *Neoseiulus californicus* (McGregor) and *Phytoseiulus macropilis* (Banks) can be exploited for managing two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, in many crops. Then, the objective of this research was to evaluate the feasibility of combined release of these predaceous mites. Initially, studies were conducted under laboratory conditions to determine the best proportion of the predator in relation to the prey for each species, by evaluating 1:1; 1:5; 1:10 and 1:20 (predator:prey) ratios. The assessment of the number of mites and the estimative of the instantaneous growth rate (r_i) of each predaceous mites was performed seven days after *T. urticae* infestation. Then, studies under greenhouse conditions were conducted in chrysanthemum plants kept in pots or field beds. Each pot was infested by 500 female adults of *T. urticae*. The predaceous mites were released at density of 50 female adults per pot, ten days after *T. urticae* infestation. Single or combined releases of the predaceous mites were compared to control and chemical treatment with the acaricide abamectin. The same treatments were evaluated in field beds with releases of a total of 240 spider mites/ rajado/m² e 60 predaceous mites/m² of field beds. Ten evaluations were conducted in a week interval after the first release of the predaceous mites. Under laboratory conditions, the combined release of predaceous mites or single release of *P. macropilis* reduced to total number of *T. urticae* per arena at all release ratios. On the other hand, single release of *N. californicus* was not effective at the highest ratio of 1:20. The population growth rate of the predaceous mites were reduced at ratios of 1:1, 1:5 e 1:10. All treatments were effective to control *T. urticae* in pots. In field beds, the single or combined releases of *N. californicus* were more effective to reduce *T. urticae* population density than the single release of *P. macropilis*; however, the dispersal of *P. macropilis* to all treatments occurred due to the low food availability in the field beds. Combined releases of *N. californicus* and *P. macropilis* were more effective than single species releases, only in situations with high predator:prey ratios (equal or greater than 1:20).

Keywords: Integrated pest management; Biological control; Interspecific competition, Intraguild predation

6.1 Introdução

Uma estratégia que pode contribuir com o sucesso de programas de manejo integrado do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), em cultivos de plantas ornamentais e hortaliças é a liberação combinada de diferentes espécies ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae). De acordo com McMurtry e Croft (1997), os fitoseídeos podem ser divididos em

quatro grupos classificados de acordo com o hábito alimentar. Os ácaros do grupo I são predadores especialistas, alimentando-se exclusivamente de ácaros pertencentes ao gênero *Tetranychus*. Os ácaros fitoseídeos pertencentes ao grupo II são considerados predadores específicos de ácaros, no entanto, consomem indistintamente ácaros pertencentes a vários gêneros e famílias. Já os ácaros pertencentes aos grupos III e IV são generalistas e podem sobreviver e se reproduzir satisfatoriamente alimentando-se de diversas fontes, tais como várias espécies de ácaros, pequenos insetos, pólen de vários tipos de plantas, fungos etc.

Os ácaros especialistas reproduzem-se rapidamente quando a disponibilidade da presa é elevada, imigrando para outras áreas quando a disponibilidade de alimento apresenta-se escassa (McMURTRY, 1992). Por outro lado, os ácaros generalistas são caracterizados por apresentarem um baixo potencial reprodutivo, porém, são capazes de manter-se em populações mais estáveis mesmo quando a disponibilidade de alimento é restrita, sendo menos dependentes da dispersão para novos sítios em busca de alimento. Uma outra diferença estabelecida entre generalistas e especialistas é a preferência pelo estágio de desenvolvimento da presa. Apesar dos especialistas preferirem ovos da presa, os generalistas não fazem distinção entre imaturos e ovos. (BLACKWOOD, SCHAUSBERGER; CROFT, 2001).

No Brasil, duas espécies de ácaros fitoseídeos que poderiam ser utilizadas de forma combinada para o controle do ácaro rajado são *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks), sendo o primeiro generalista e o segundo especialista quanto ao hábito alimentar (McMURTRY; CROFT, 1997; CROFT; MONETTI; PRATT, 1998). Apesar de vários estudos reportarem a eficiência de cada um desses predadores no controle biológico de *T. urticae* em culturas como gérbera, morango e maçã (BELLINI et al., 2006; MONTEIRO, 2002; WATANABE, MORAES; NICOLELLA, 1994), até o momento não há referência com relação ao emprego combinado desses predadores.

A viabilidade do emprego combinado de ácaros predadores tem sido estudada em outros países como, por exemplo, de *N. californicus* e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, que é um predador especialista muito empregado para o controle biológico de *T. urticae* em cultivos protegidos de plantas ornamentais e hortaliças em vários países da Europa e Estados Unidos (ZHANG, 2003; ZHANG; SANDERSON, 1995). O emprego combinado desses predadores resultou em um controle bastante satisfatório de *T. urticae* em gérbera e rosa (SCHAUSBERGER; WALZER, 2001; BLÜMEL; WALZER, 2002). O sucesso dessa estratégia

também foi confirmado recentemente por Rhodes et al. (2006), que reportaram que o emprego combinado desses predadores no manejo de *T. urticae* em morangueiro nos Estados Unidos.

A coexistência de espécies generalistas e especialistas em uma mesma área pode ser limitada em condições de escassez de alimento, principalmente devido à predação intraguilda, ou seja, a predação exercida entre indivíduos pertencentes a um mesmo nível trófico (POLIS; MYERS; HOLT, 1989). Estudos realizados para avaliar a interação de *N. californicus* e *P. persimilis*, em condições de laboratório, indicaram que apesar de o ácaro especialista ser mais eficiente do que *N. californicus* quanto à competição pela fonte de alimento, em situações onde a disponibilidade da presa é baixa, esse predador pode sofrer redução em função da predação intraguilda exercida pelo ácaro generalista (WALZER; SCHAUSBERGER, 1999 a,b). Portanto, estudos para a compreensão dessas interações são importantes para fornecer subsídios para programas de manejo de ácaros-praga mediante liberações de diferentes espécies de ácaros predadores.

Diante disso, o presente trabalho foi desenvolvido com intuito de avaliar a viabilidade de liberações combinadas dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* em programas de manejo integrado de *T. urticae*. Para tanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a viabilidade da liberação combinada desses ácaros predadores, em condições de laboratório e casa de vegetação.

6.2 Desenvolvimento

6.2.1 Material e Métodos

6.2.1.1 Coleta de populações de ácaros

A população de *T. urticae* foi proveniente de coletas realizadas durante o ano de 2003 em cultivo de feijão, *Phaseolus vulgaris* L., do campo experimental do Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, da ESALQ/USP, Piracicaba/SP. Com relação aos ácaros predadores, a população de *N. californicus* foi cedida em 2002 pelo Dr. Mário Eidi Sato do Instituto Biológico, Campinas/SP. Essa população foi coletada em cultivo comercial de morango no município de Atibaia/SP, em outubro de 1999. Já a população de *P. macropilis* foi coletada em cultivo de feijão situado em Piracicaba/SP, por ocasião das coletas de *T. urticae*.

Após o estabelecimento das populações de ácaros no laboratório, amostras foram retiradas para identificação específica.

6.2.1.2 Criação de ácaros em condições de laboratório

Para a criação de *T. urticae*, plantas de *Canavalia ensiformis* (L.) foram cultivadas em casa de vegetação até o desenvolvimento do primeiro par de folhas. Cerca de 50 plantas foram infestadas com o ácaro rajado, mantidas em uma gaiola de 1,0 × 0,6 × 0,4 m feita com armação de madeira e coberta com tecido voil. A cada cinco dias efetuou-se a substituição de cerca de 25 plantas para a manutenção da população.

As populações dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* foram mantidas em plantas de *C. ensiformis* infestadas com *T. urticae*. Cada espécie foi isolada em câmaras climatizadas a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase. A reposição das plantas para a manutenção das populações dos ácaros predadores foi realizada a cada cinco dias.

6.2.1.3 Experimento em condições de laboratório

Inicialmente foram conduzidos estudos para estabelecer a melhor proporção de predador em relação à presa para cada espécie, em liberações isoladas ou combinadas. Para a realização desse estudo foram confeccionadas arenas com discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, os quais foram dispostos sobre uma mistura de ágar-água (3%) contida no interior de placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro. Posteriormente, as arenas foram infestadas com fêmeas adultas de *T. urticae* e com os ácaros predadores. Foram avaliadas as relações predador:presa de 1:1; 1:5; 1:10 e 1:20. As arenas foram fechadas com filme plástico (PVC) para evitar a fuga dos ácaros, sendo posteriormente mantidas dentro de caixas plásticas e em câmara climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e 14 h de fotofase.

Foram avaliados quatro tratamentos para cada relação predador:presa, sendo: 1. controle (sem ácaro predador); 2. Nc (somente *N. californicus*); 3. Pm (somente *P. macropilis*); 4. Nc + Pm (combinação de *N. californicus* e *P. macropilis* na proporção de 1:1). Nos tratamentos 2, 3 e 4 foram utilizados dois ácaros predadores por arena, ajustando-se o número de *T. urticae* em cada relação predador:presa. Foram realizadas cinco repetições para cada tratamento, sendo que cada repetição foi composta por quatro arenas. A contagem do número total (ovos + larvas + ninfas +

adultos) de *N. californicus*, *P. macropilis* e *T. urticae* foi realizada sete dias após o início do bioensaio. Os números totais de *T. urticae* em cada tratamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste-*t* (LSD) ao nível de 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Para os ácaros predadores, foi realizada a estimativa da taxa instantânea de crescimento (r_i), eq. (1):

$$r_i = \frac{\ln(N_f/N_o)}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: N_f é o número de *N. californicus* ou *P. macropilis* presentes em cada arena por ocasião da avaliação do bioensaio, N_o é o número inicial de cada ácaro predador transferidos em cada arena por ocasião do início do bioensaio e Δt é o período em que os ácaros predadores ficaram em contato com o resíduo dos produtos (7 dias). De acordo com a equação, se o valor estimado para: $r_i = 0$, verifica-se equilíbrio no crescimento populacional; por outro lado se $r_i > 0$, o crescimento populacional mantêm-se em estado ascendente e se $r_i < 0$, a população está sofrendo um declínio que poderá levá-la à extinção, quando $N_f=0$ (STARK; BANKS, 2003). Os dados obtidos para a r_i dos predadores, nos tratamentos onde cada espécie foi empregada isoladamente ou em combinação, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste-*t* a 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000).

6.2.1.4 Experimentos em condições de casa de vegetação

6.2.1.4.1 Vasos de crisântemo de corte

A viabilidade do emprego combinado de *N. californicus* e *P. macropilis* foi avaliada em vasos de crisântemo, *Dendranthema grandiflora* Tzvelev, mantidos em condições de casa de vegetação, no Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ/USP, durante o período de abril a julho de 2004.

O plantio das mudas de crisântemo de corte, variedade Sheena, cedidas pela Empresa Terra Viva, situada no município de Santo Antônio de Posse/SP, foi realizado 60 dias antes da infestação com *T. urticae*. Foram utilizados 20 vasos de poliestireno, com volume de 15 litros, os quais foram preenchidos com substrato especial para flores. Em seguida foram transplantadas seis mudas de crisântemo por vaso, sendo que um mês após o plantio foi realizado desbaste,

mantendo-se cinco plantas por vaso. Durante o período que antecedeu o início do experimento foram efetuadas irrigações diárias e adubação de cobertura com adubo nitrogenado aos 20 e 40 dias após o plantio. Além disso, 45 dias após o plantio das mudas, foi realizado o tutoramento das plantas, com intuito de evitar o tombamento das mesmas.

A infestação dos vasos com *T. urticae* foi feita 50 dias após o plantio das mudas. Para a infestação das plantas, 10 discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm diâmetro, contendo 50 fêmeas adultas de *T. urticae* cada, foram dispostos nos vasos, sendo distribuídas dois discos no terço médio de cada uma das cinco plantas, totalizando 500 fêmeas adultas de *T. urticae* por vaso. Em seguida, cada vaso foi isolado em gaiolas de 1,20 × 0,40 × 0,40 feitas com armação de ferro e cobertas com tecido voil (Figuras 6.1 A). Essas gaiolas foram dispostas de maneira equidistantes e arranjadas ao acaso dentro da casa de vegetação.

O início do experimento foi efetuado 10 dias após a infestação com *T. urticae*. Foi empregado delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: 1. controle (sem liberação de predadores e sem pulverizações com acaricidas); 2. pulverização com abamectina (Vertimec 18 CE[®] (1,8% I.A.), Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.), utilizando-se a concentração recomendada de 9 mg i.a. L⁻¹ para o controle de *T. urticae* em crisântemo (AGROFIT, 2006); 3. liberação de *N. californicus*; 4. liberação de *P. macropilis*; 5. liberação combinada de *N. californicus* e *P. macropilis* (proporção de 1:1).

Para a liberação dos ácaros predadores foram confeccionados sachês, utilizando-se canudos plásticos para refrigerante de 5 cm de comprimento, cujas extremidades foram fechadas com aquecimento.. Em cada sachê foram feitos três orifícios de aproximadamente 0,5 cm para introdução de 10 fêmeas adultas dos ácaros predadores. No tratamento de liberação combinada de *N. californicus* e *P. macropilis*, cada sachê foi preparado contendo cinco fêmeas adultas de cada espécie. Após a transferência dos predadores para cada sachê, os orifícios foram devidamente fechados com filme transparente de PVC. No momento da liberação foi pendurado 1 sachê por planta, com auxílio de um grampo (Figura 6.1 B). No total foram distribuídos cinco sachês por vaso, totalizando 50 ácaros predadores por repetição. Em seguida, os sachês foram abertos para permitir a saída dos predadores.



Figura 6.1 - Disposição dos vasos na casa de vegetação (A) e sachê utilizado para a liberação dos ácaros predadores (B) no experimento conduzido em condições de casa de vegetação, ESALQ/USP, utilizando-se vasos de crisântemo

A primeira amostragem foi realizada cerca de 2 h antes da pulverização com abamectina e liberação dos ácaros predadores e as amostragens subseqüentes foram efetuadas aos 3, 7, 11, 16, 23, 30, 37 e 45 dias após o início do experimento. Foram coletados nove folíolos de crisântemo por vaso em cada avaliação, tomando-se três folíolos em cada terço da planta (superior, médio e inferior).

Esses folíolos foram transferidos para sacos de papel, os quais foram identificados com o número do tratamento e repetição. Esse material foi acondicionado em caixas de isopor e encaminhado ao laboratório. Nestas condições, procedeu-se, a contagem do número de ovos, larvas, ninfas e adultos de *N. californicus*, *P. macropilis* e *T. urticae* em cada folíolo de crisântemo, com auxílio de microscópio estereoscópico.

O número total (ovos + larvas + ninfas + adultos) de *N. californicus*, *P. macropilis* e *T. urticae*, nos diferentes tratamentos, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste-*t* (LSD) a 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Também foi realizada análise gráfica para comparar a flutuação populacional de *T. urticae* entre os tratamentos e de correlação simples da densidade populacional dos ácaros predadores e do ácaro rajado nos tratamentos onde foram realizadas liberações isoladas e combinadas de ácaros predadores.

6.2.1.4.2 Canteiros de crisântemo de corte

O experimento foi realizado em canteiros de crisântemo de corte, variedade Sheena, em casa de vegetação (área total 600 m²) (Figura 6.2), localizada na empresa Terra Viva (Grupo Schoenmaker), situada no município de Santo Antônio de Posse/SP, no período de julho a outubro de 2004. Foi utilizado delineamento de blocos ao acaso, contendo cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: 1. controle (sem liberação de predadores e sem pulverizações com acaricidas); 2. pulverização com abamectina (Vertimec 18 CE[®] (1,8% I.A.), Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.), utilizando-se a concentração recomendada de 9 mg i.a. L⁻¹ para o controle de *T. urticae* em crisântemo (AGROFIT, 2006); 3. liberação de *N. californicus*; 4. liberação de *P. macropilis*; 5. liberação combinada de *N. californicus* e *P. macropilis* (proporção de 1:1). A área útil de cada parcela foi de 6,5 m² (5,0 × 1,3 m), contendo aproximadamente 600 plantas. O espaçamento entre os blocos foi de três metros e entre as parcelas de um metro e meio. Os tratos culturais adotados durante o experimento foram realizados por funcionários da



Figura 6.2 - Experimento conduzido em canteiros de crisântemo em casa de vegetação localizada na empresa Terra Viva, Santo Antonio de Posse/SP, no período de julho a outubro de 2004

empresa Terra Viva, os quais realizaram os mesmos procedimentos adotados nas áreas de produção comercial de crisântemo da empresa, com exceção da pulverização com agrotóxicos.

O plantio das mudas de crisântemo foi efetuado no dia 12/07/04. Trinta dias após foi realizada uma amostragem prévia na área do experimento, verificando-se a presença de ácaros predadores e *T. urticae*. A partir de então foi iniciado processo de infestação dos canteiros com ácaro rajado. Para isso, discos de folha de *C. ensiformis* de 3 cm de diâmetro, previamente infestados com 10 fêmeas adultas de *T. urticae* provenientes da criação em laboratório, foram dispostos sobre uma espuma embebida em água e contida em uma bandeja plástica branca. Foram realizadas três infestações, com intervalo de sete dias, distribuindo-se 50 discos por parcela em cada infestação, totalizando 500 ácaros por parcela em cada infestação com aproximadamente 80 ácaros/m².

Uma semana após as infestações com *T. urticae*, ou seja, 45 dias após o plantio das mudas, foram iniciadas as liberações com *N. californicus* e *P. macropilis*, nos respectivos tratamentos. Durante o período de execução do trabalho foram efetuadas quatro liberações, com intervalo de sete dias, distribuindo-se 100 predadores por parcela em cada liberação (15 predadores/m²). Para a liberação dos predadores foram utilizados sachês contendo 10 fêmeas adultas, conforme descrito anteriormente (item 6.2.1.4.1). No tratamento com a liberação combinada de *N. californicus* e *P. macropilis*, foram empregados 50 ácaros de cada espécie (1:1) por parcela em cada liberação. Com relação ao tratamento com controle químico, foram realizadas duas pulverizações com abamectina, sendo a primeira efetuada por ocasião da primeira liberação com os predadores, e a segunda 21 dias após o início do experimento.

Foram realizadas 10 amostragens, sendo a primeira efetuada cerca de 2 h antes ao início do experimento, e as demais em intervalos de sete dias. Em cada amostragem foram tomados ao acaso 30 folíolos de crisântemo por parcela (canteiro), sendo 10 folíolos em cada terço da planta (superior, médio e inferior). Os folíolos coletados foram colocados dentro de sacos de papel, identificados por tratamento e parcela, e dispostos em caixas de isopor contendo placa de gelo, as quais foram encaminhadas ao Laboratório de Resistência de Artrópodes a Pesticidas, ESALQ/USP. A contagem do número de ovos, larvas, ninfas e adultos dos ácaros predadores *N. californicus* e *P. macropilis* e de *T. urticae* foi realizada por amostra composta por 30 folíolos por

canteiro. Os adultos dos ácaros predadores encontrados foram separados e montados para a identificação específica.

O número total de *T. urticae* (ovos + larvas + ninfas + adultos) por canteiro (30 folíolos) foi submetido à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste-*t* (LSD) ao nível de 5% de significância (SAS INSTITUTE, 2000). Também foi realizada análise gráfica e de correlação simples para comparar a densidade populacional do ácaro rajado e dos ácaros predadores em cada tratamento.

6.2.2 Resultados

6.2.2.1 Experimento em condições de laboratório

As médias do número total de *T. urticae* nos diferentes tratamentos, sete dias após a infestação das arenas, para cada relação predador:presa, encontram-se na Figura 6.3. Nas relações testadas 1:1, 1:5 e 1:10, foram observadas que o emprego isolado ou combinado de *N. californicus* e *P. macropilis* reduziram significativamente o número total de *T. urticae* por arena. Por outro lado, na maior relação testada de 1:20, o emprego isolado de *P. macropilis* ou em combinação com *N. californicus* foi mais eficiente no controle de *T. urticae* do que *N. californicus* liberado isoladamente.

O emprego combinado dos ácaros predadores reduziu significativamente o crescimento populacional de *N. californicus* e *P. macropilis* nas relações 1:5 e 1:10 (Tabela 6.1). Na menor relação testada (1:1), verificou-se que a taxa instantânea de crescimento estimada para *P. macropilis* foi negativa (-0,019), indicando um declínio significativo no crescimento populacional desse predador. Por outro lado, na relação 1:20, o crescimento populacional de *P. macropilis*, quando empregado isoladamente ou em combinação, foi significativamente maior do que o obtido para *N. californicus*.

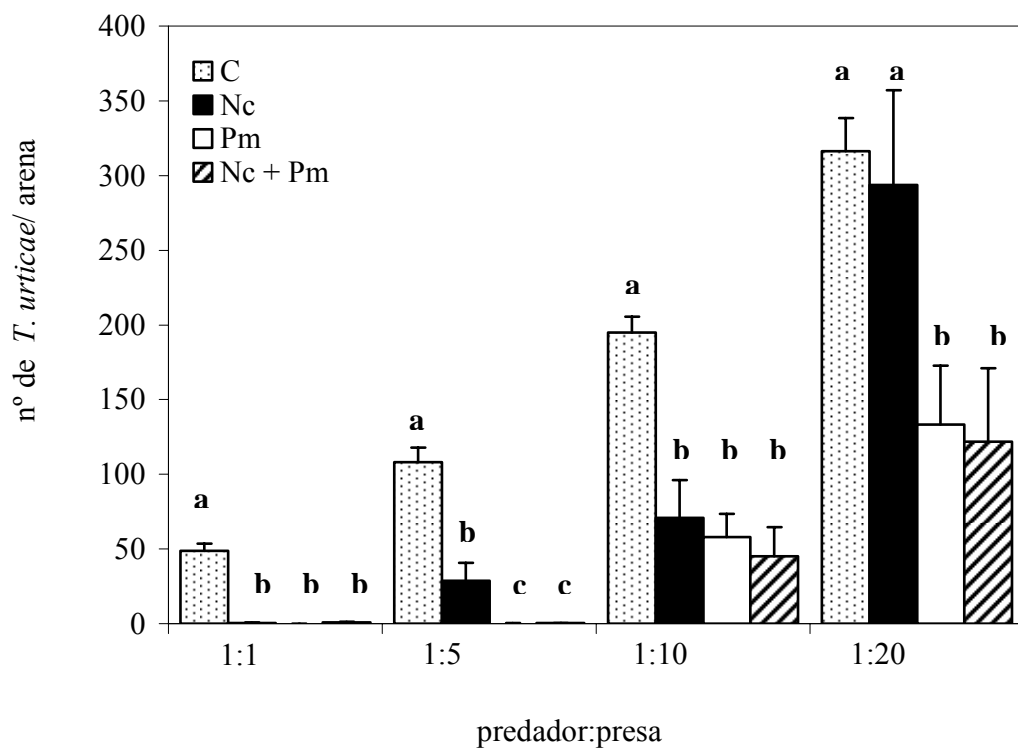


Figura 6.3 - Média do número de *Tetranychus urticae* (ovos + larvas + ninfas + adultos) por arena nos diferentes tratamentos [C= controle (sem ácaro predador); Nc= somente *Neoseiulus californicus*; Pm= somente *Phytoseiulus macropilis*; Nc + Pm= combinação de Nc e Pm] para cada relação predador:presa, sete dias após a infestação. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada relação predador:presa, não diferem entre si (LSD, $p > 0,05$)

Tabela 6.1 - Taxa instantânea de crescimento (r_i) (\pm EP) de *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm), empregados isoladamente ou em combinação, nas diferentes relações predador:presa testadas (1:1, 1:5, 1:10 e 1:20), sete dias após a liberação em arenas

| Predador | Tratamentos | predador:presa | | | |
|------------------------|-------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | | 1:1 | 1:5 | 1:10 | 1:20 |
| <i>N. californicus</i> | isolado | 0,116 \pm 0,06 ab | 0,316 \pm 0,02 a | 0,336 \pm 0,04 ab | 0,303 \pm 0,01 bc |
| | combinado | 0,054 \pm 0,04 a | 0,161 \pm 0,03 b | 0,211 \pm 0,03 c | 0,246 \pm 0,02 c |
| <i>P. macropilis</i> | isolado | 0,084 \pm 0,05 a | 0,320 \pm 0,02 a | 0,378 \pm 0,01 a | 0,386 \pm 0,02 a |
| | combinado | - 0,109 \pm 0,07 b | 0,196 \pm 0,05 b | 0,258 \pm 0,04 bc | 0,349 \pm 0,00 ab |
| F | | 3,24 | 5,98 | 5,74 | 12,36 |
| p | | 0,0500 * | 0,0062 * | 0,0073 * | 0,0008 * |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si (LSD, $p > 0,05$).

6.2.2.2 Experimentos em condições de casa de vegetação

6.2.2.2.1 Vasos de crisântemo de corte

As médias do número total de *T. urticae* por folíolo de crisântemo em cada tratamento para avaliar o efeito das liberações isoladas e combinadas com *N. californicus* e *P. macropilis*, em condições de casa de vegetação, encontram-se na Figura 6.4 e Tabela 6.2. Na amostragem realizada três dias após o início do experimento, o número total de *T. urticae* por folíolo no tratamento com a liberação combinada de ácaros predadores não diferiu significativamente do tratamento com abamectina. A redução da densidade populacional de *T. urticae* proporcionada com abamectina foi próxima das liberações isoladas de *N. californicus* ou combinadas de *N. californicus* com *P. macropilis* nas avaliações realizadas após 10, 16, 23, 30 e 37 dias do início do experimento. Aos 45 dias, foram observados 11 ácaros por folíolo no tratamento com abamectina, e menos do que 1 ácaro por folíolo no tratamento com liberação isolada de *N. californicus*.

A partir da amostragem realizada três dias após a primeira liberação de ácaros predadores, houve um aumento da densidade populacional de *N. californicus* no tratamento de liberação isolada (Figura 6.5), mantendo-se estável até a amostragem realizada aos 37 dias. Aos 45 dias houve um decréscimo no número de *N. californicus*, provavelmente devido à redução de *T. urticae*, observada a partir dos 16 dias após o início do experimento. O aumento no crescimento populacional de *P. macropilis* liberado isoladamente, também causou redução no crescimento populacional de *T. urticae*, sendo mais evidente a partir da avaliação aos 16 dias após a liberação do predador (Figura 6.6).

Com relação à liberação combinada, na amostragem realizada 23 dias após a liberação dos ácaros predadores, verificou-se que para cada *P. macropilis* foram encontrados cinco *N. californicus*. No entanto, nas demais avaliações não foram detectadas diferenças significativas na densidade populacional de ambos os predadores. O emprego combinado de *N. californicus* e *P. macropilis* causou redução no crescimento populacional de *T. urticae*, principalmente a partir da quarta amostragem que foi realizada aos 11 dias após a liberação dos ácaros predadores (Figura 6.7).

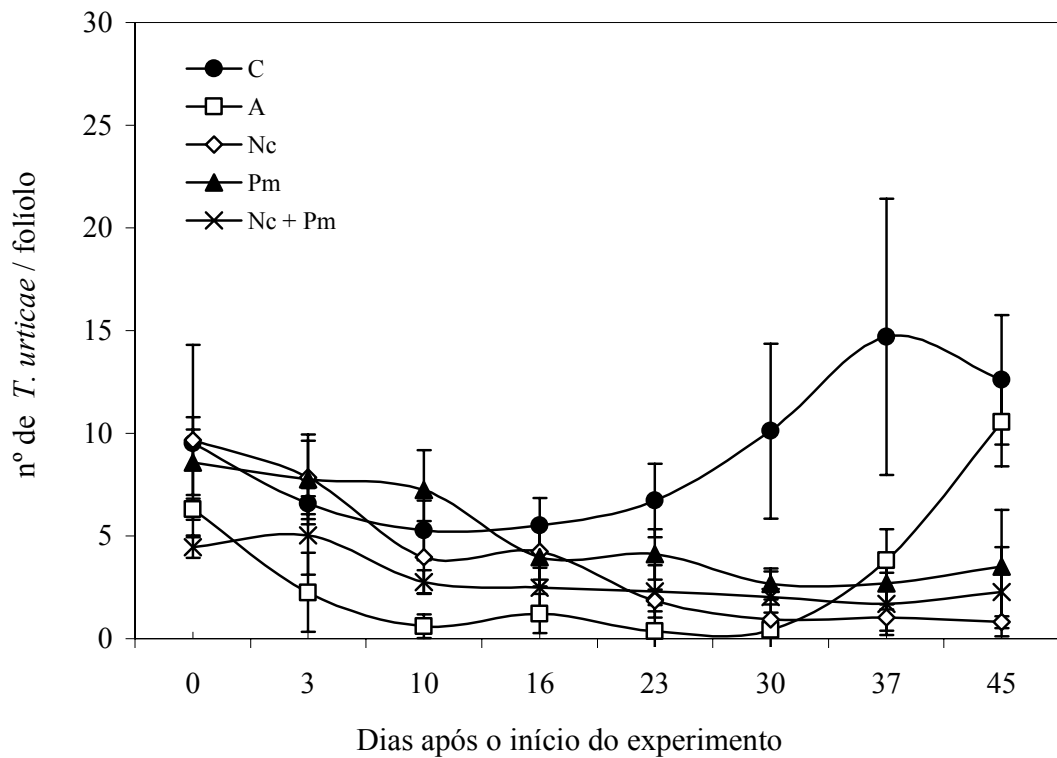


Figura 6.4 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae*, média (\pm EP) do número total de ácaros [ovos, larvas, ninfas e adultos] por folíolo de crisântemo, em experimento conduzido em vaso em condições de casa de vegetação, ESALQ/USP. C = controle; A = pulverização com abamectina; Nc = liberação de *Neoseiulus californicus*; Pm = liberação de *Phytoseiulus macropilis*; Nc + Pm = liberação combinada dos ácaros predadores

Tabela 6.2 - Média (\pm EP) do número total de *Tetranychus urticae* [ovos, larvas, ninfas e adultos] por folíolo de crisântemo, no experimento realizado em vasos, em condições de casa de vegetação, ESALQ/USP

| Dias ^a | Tratamentos | | | | |
|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | controle | abamectina | Nc ^b | Pm ^c | Nc + Pm |
| 0 | 9,53 \pm 1,25 a | 6,31 \pm 3,15 a | 9,67 \pm 4,65 a | 8,58 \pm 1,59 a | 4,44 \pm 0,51 a |
| 3 | 6,58 \pm 0,76 ab | 2,25 \pm 0,35 b | 7,86 \pm 1,79 a | 7,75 \pm 2,19 a | 5,03 \pm 1,92 ab |
| 10 | 5,28 \pm 1,46 ab | 0,61 \pm 0,34 c | 3,97 \pm 1,76 abc | 7,25 \pm 1,94 a | 2,75 \pm 0,57 bc |
| 16 | 5,53 \pm 1,32 a | 1,22 \pm 0,52 b | 4,25 \pm 1,36 ab | 3,97 \pm 1,42 ab | 2,50 \pm 0,96 ab |
| 23 | 6,72 \pm 1,79 a | 0,36 \pm 0,22 c | 1,86 \pm 0,54 bc | 4,11 \pm 1,2 b | 2,31 \pm 1,27 bc |
| 30 | 10,11 \pm 4,25 a | 0,42 \pm 0,38 b | 0,94 \pm 0,32 b | 2,67 \pm 0,77 b | 2,03 \pm 1,24 b |
| 37 | 14,69 \pm 6,73 a | 3,83 \pm 2,00 b | 1,03 \pm 0,64 b | 2,69 \pm 1,26 b | 1,69 \pm 1,51 b |
| 45 | 12,61 \pm 3,15 a | 10,56 \pm 5,44 ab | 0,81 \pm 0,28 c | 3,53 \pm 2,73 abc | 2,28 \pm 2,17 bc |

^a dias após o início do experimento; ^b Nc = *Neoseiulus californicus*; ^c Pm = *Phytoseiulus macropilis*; Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si (LSD, $p > 0,05$)

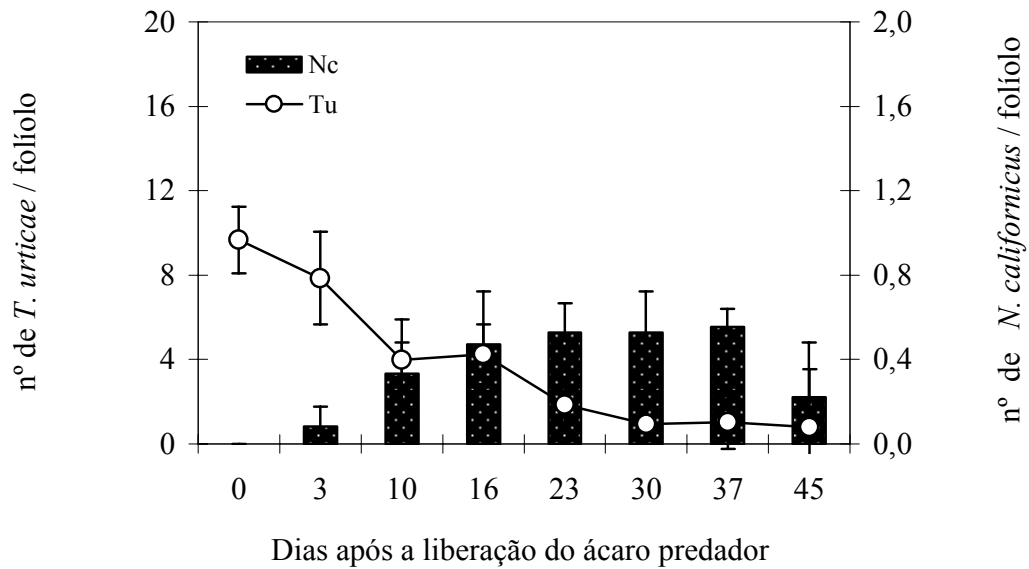


Figura 6.5 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu) e *Neoseiulus californicus* (Nc), média (\pm EP) do número total de ácaros [ovos, larvas, ninfas e adultos] por folíolo de crisântemo, no tratamento com liberação isolada de *N. californicus* em casa de vegetação, ESALQ/USP

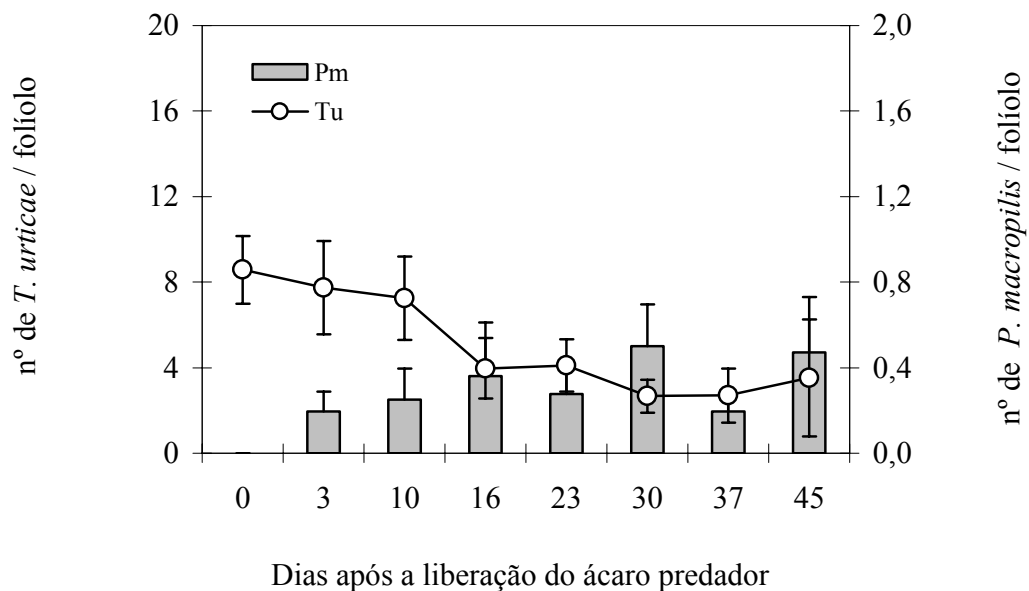


Figura 6.6 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm), média (\pm EP) do número total de ácaros [ovos, larvas, ninfas e adultos] por folíolo de crisântemo, no tratamento com liberação isolada de *P. macropilis* em casa de vegetação, ESALQ/USP

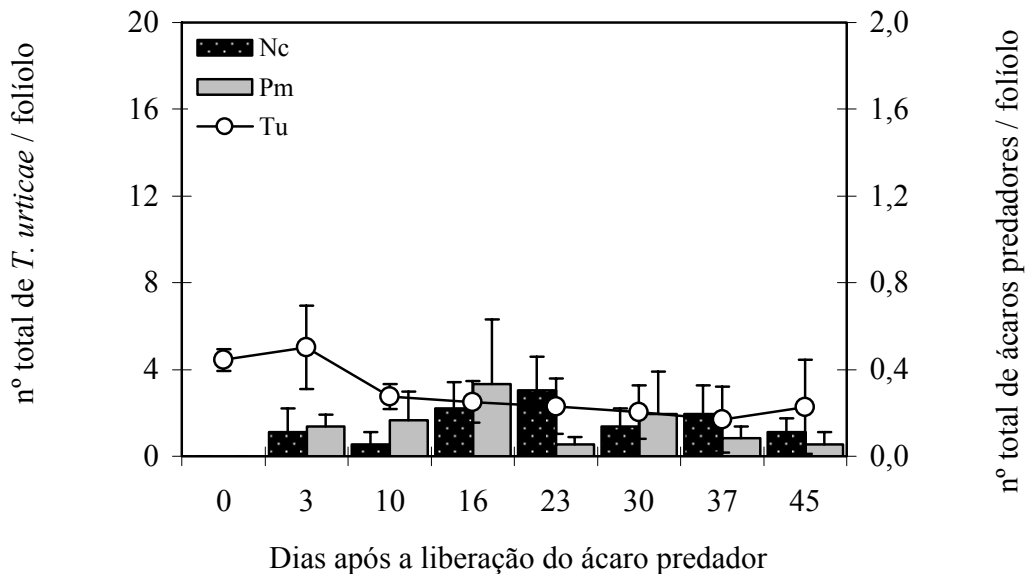


Figura 6.7 – Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu), *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm), média (\pm EP) do número total de ácaros [ovos, larvas, ninfas e adultos] por folíolo de crisântemo, no tratamento com liberação combinada de ácaros predadores em casa de vegetação, ESALQ/USP.

6.2.2.2.2 Canteiros de crisântemo de corte

As médias do número total (ovos + larvas + ninfas + adultos) de *T. urticae* por 30 folíolos de crisântemo por tratamento, no experimento conduzido em condições de casa de vegetação em Santo Antônio de Posse/SP, encontram-se na Tabela 6.3. A infestação de *T. urticae* foi ausente no início do experimento. A presença de *T. urticae* foi detectada na avaliação realizada cinco dias após, sendo que nesta ocasião não foi observada diferença significativa entre os tratamentos ($F=0,44$; g.l.= 4; $p=0,7755$). O pico populacional do ácaro rajado no controle (testemunha) ocorreu na amostragem realizada aos 48 dias após o início do experimento (Figura 6.8). Posteriormente, houve uma redução significativa desse ácaro em todos os tratamentos, sendo que aos 62 dias não foi observada diferença significativa entre os mesmos ($F=1,82$; g.l.= 4; $p=0,1647$).

Tanto as liberações isoladas quanto as combinadas de *N. californicus* e *P. macropilis* reduziram significativamente o número total de *T. urticae* por canteiro nas amostragens realizadas aos 34, 41 e 48 dias após a liberação. Essa redução foi também observada nos

tratamentos com *N. californicus*, de forma isolada ou combinada com *P. macropilis*, nas amostragens realizadas aos 55 e 62 dias após o início do experimento. No entanto, por ocasião dessas avaliações o número de *T. urticae* encontrado por canteiro no tratamento onde *P. macropilis* foi liberado isoladamente, não diferiu significativamente do número de *T. urticae* por canteiro na testemunha (Tabela 6.3).

Comparando a eficiência do controle biológico com o controle químico, verificou-se que 13 dias após a liberação dos ácaros predadores, o emprego isolado de *N. californicus* proporcionou resultado semelhante ao observado para abamectina sobre *T. urticae*. Resultados semelhantes foram observados para *P. macropilis*, com exceção das avaliações realizadas aos 34 e 41 dias após o início do experimento. Quando os ácaros predadores foram liberados de forma combinada, a eficiência do controle biológico foi semelhante à pulverização com abamectina a partir da amostragem realizada aos 36 dias. Considerando os tratamentos onde se empregou o controle biológico, verificou-se que de um modo geral, a eficiência de *N. californicus* foi semelhante para as liberações de forma isolada ou combinada com *P. macropilis*. Por outro lado, nas amostragens realizadas aos 34, 41 e 55 dias o emprego isolado de *P. macropilis* foi menos efetivo do que a liberação de forma combinada com *N. californicus*.

Tabela 6.3 - Média (\pm EP) do número de *Tetranychus urticae* [ovos, larvas, ninfas e adultos] por 30 folíolos de crisântemo, por tratamento em condições de casa de vegetação, em Santo Antônio de Posse/SP

| Dias ^a | Tratamentos | | | | |
|-------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | controle | abamectina | Nc ^b | Pm ^c | Nc + Pm |
| 0 | 0,00 \pm 0,00 | 0,00 \pm 0,00 | 0,00 \pm 0,00 | 0,00 \pm 0,00 | 0,00 \pm 0,00 |
| 5 | 1,00 \pm 0,36 a | 2,80 \pm 1,05 a | 2,80 \pm 0,74 a | 0,80 \pm 0,36 a | 1,40 \pm 0,56 a |
| 13 | 1,00 \pm 0,36 bc | 0,80 \pm 0,20 bc | 0,40 \pm 0,23 c | 5,40 \pm 1,52 ab | 7,40 \pm 1,70 a |
| 20 | 22,40 \pm 4,06 a | 1,60 \pm 0,37 b | 2,40 \pm 0,42 b | 18,60 \pm 6,77 ab | 19,20 \pm 4,88 ab |
| 27 | 38,40 \pm 6,97 a | 2,00 \pm 0,55 b | 14,60 \pm 2,85 ab | 24,20 \pm 3,55 ab | 14,40 \pm 4,36 ab |
| 34 | 47,00 \pm 7,29 a | 1,60 \pm 0,37 c | 3,40 \pm 0,75 c | 14,00 \pm 2,65 b | 6,20 \pm 2,04 cb |
| 41 | 47,20 \pm 6,76 a | 1,80 \pm 0,60 c | 2,20 \pm 0,46 c | 17,40 \pm 2,99 b | 5,20 \pm 0,76 cb |
| 48 | 120,40 \pm 24,29 a | 16,40 \pm 6,32 cb | 11,80 \pm 3,84 cb | 37,20 \pm 6,72 b | 7,60 \pm 1,82 c |
| 55 | 21,20 \pm 4,23 a | 5,60 \pm 1,31 bc | 1,00 \pm 0,32 c | 15,20 \pm 3,41 ab | 2,20 \pm 0,57 bc |
| 62 | 11,60 \pm 2,07 a | 4,40 \pm 1,00 a | 1,40 \pm 0,41 a | 11,60 \pm 2,87 a | 1,40 \pm 0,40 a |

^a dias após o início do experimento; ^b Nc = *Neoseiulus californicus*; ^c Pm = *Phytoseiulus macropilis*; Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si (LSD, $p > 0,005$).

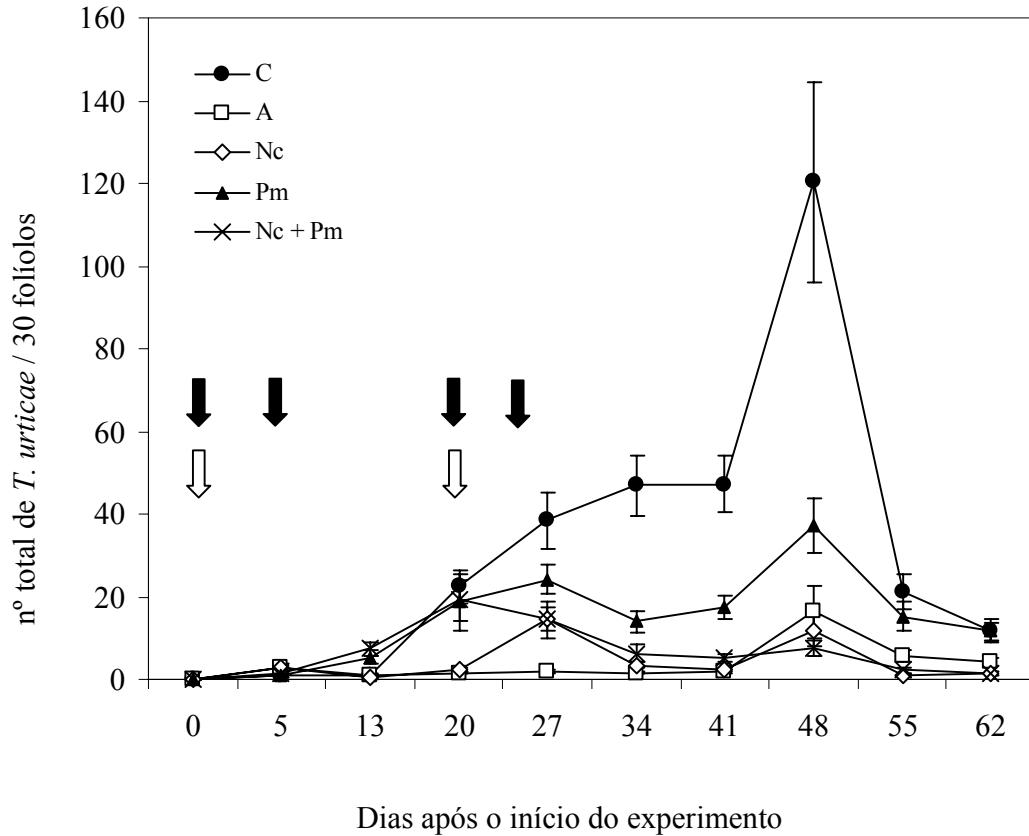


Figura 6.8 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae*. Média (\pm EP) do número de ácaros (ovos, larvas, ninfas e adultos) por 30 folíolos de crisântemo, em experimento conduzido em condições de casa de vegetação, Santo Antônio de Posse/SP. C= controle; A= pulverização com abamectina; Nc = liberação de *Neoseiulus californicus*; Pm = liberação de *Phytoseiulus macropilis*; Nc + Pm = liberação combinada dos ácaros predadores. As setas brancas indicam as datas em que foram realizadas as pulverizações com abamectina, e as setas pretas indicam as datas em que foram realizadas liberações isoladas ou combinadas com os ácaros predadores

Verificou-se que apesar dos predadores não terem sido liberados no tratamento controle, a partir da amostragem realizada 21 dias após o início do experimento, foi detectada a presença de *P. macropilis* nas parcelas avaliadas (Figura 6.9). *N. californicus* também foi encontrado no tratamento controle na avaliação realizada aos 35 dias. A dispersão, principalmente do ácaro *P. macropilis* para os canteiros da testemunha, provavelmente foi responsável pelo declínio populacional de *T. urticae* que foi evidente aos 55 dias, quando também foi observado o pico populacional desse predador no tratamento controle.

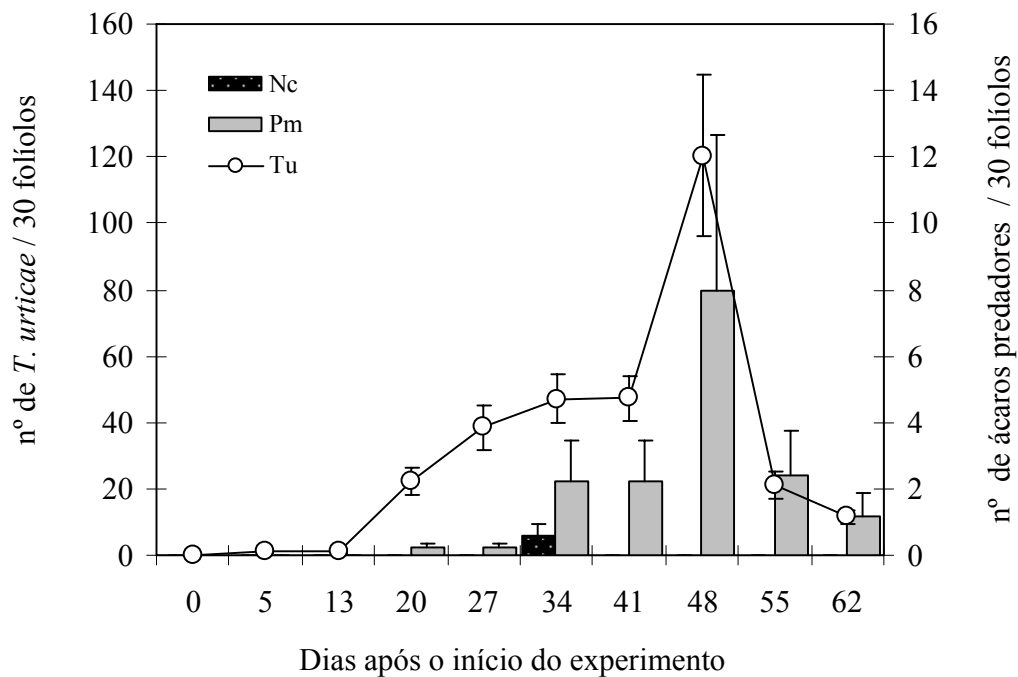


Figura 6.9 – Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu), *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm). Média (\pm EP) do número de ácaros (ovos, larvas, ninfas e adultos) por 30 folíolos de crisântemo no tratamento controle, Santo Antônio de Posse/SP

A dispersão de *P. macropilis* para os canteiros pulverizados com abamectina ocorreu a partir da amostragem realizada aos 34 dias, porém, de maneira menos agressiva pronunciada do que o observado no controle (Figura 6.10). Verificou-se que o pico populacional de *P. macropilis* nas parcelas tratadas com esse acaricida ocorreu somente na avaliação realizada aos 62 dias, ou seja, 21 dias após a última pulverização, que foi realizada por ocasião da quarta amostragem. *N. californicus* não foi encontrado neste tratamento em todas as amostragens.

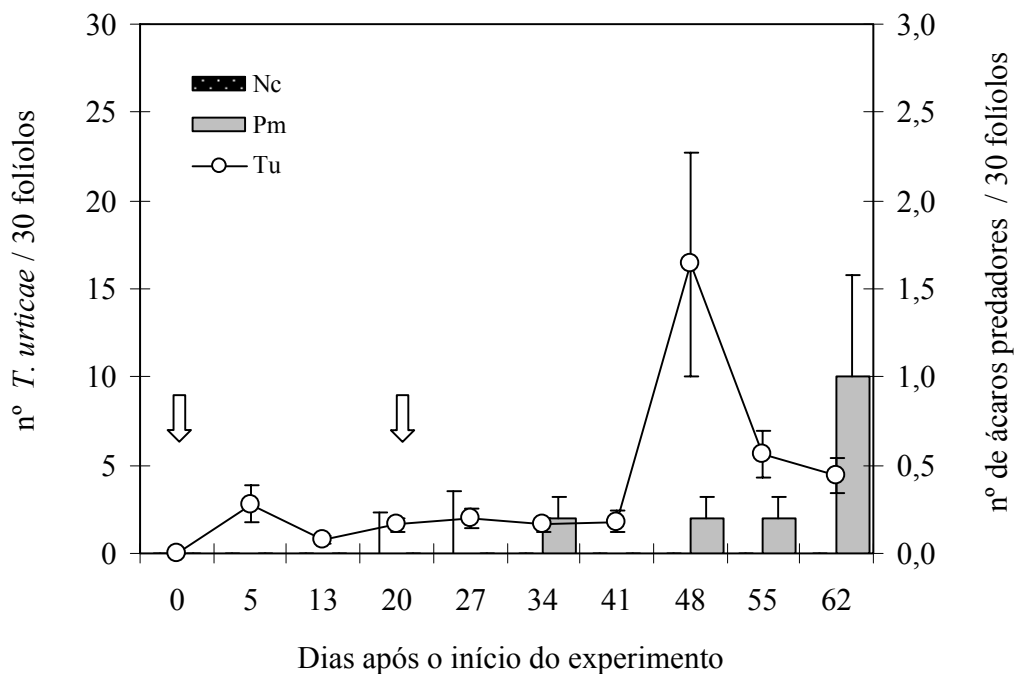


Figura 6.10 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu), *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm). Média (\pm EP) do número de ácaros (ovos, larvas, ninfas e adultos) por 30 folíolos de crisântemo no tratamento com abamectina, Santo Antônio de Posse/SP. As setas indicam as datas em que foram efetuadas as pulverizações.

O maior número de *N. californicus* nos canteiros em que esse predador foi liberado isoladamente, ocorreu nas avaliações realizadas aos 27 e 48 dias, com os picos populacionais desse ácaro coincidindo com as datas em que *T. urticae* foi encontrado em maior número (Figura 6.11). *P. macropilis* também foi encontrado neste tratamento, nas avaliações realizadas aos 34 e 41 dias após as liberações, observando-se que o número total desse predador por canteiro não diferiu do observado para *N. californicus*.

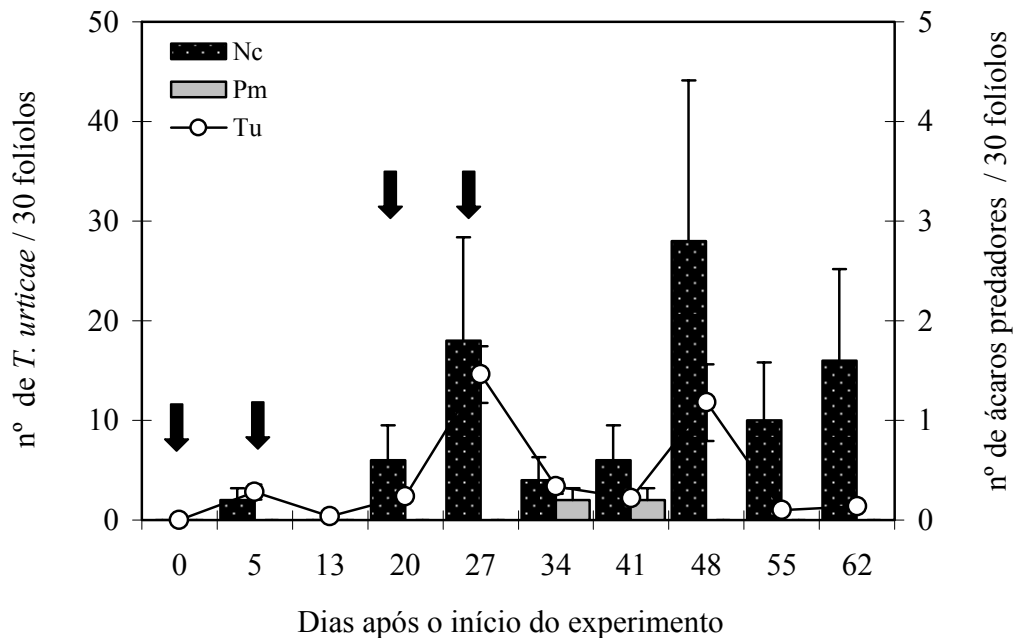


Figura 6.11 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu), *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm). Média (\pm EP) do número de ácaros (ovos, larvas, ninfas e adultos) por 30 folíolos de crisântemo no tratamento com liberação isolada de *N. californicus*, Santo Antônio de Posse/SP. As setas indicam as datas em que foram realizadas as liberações

Nos canteiros onde *P. macropilis* foi liberado isoladamente, os picos populacionais desse predador, da mesma forma que o observado para *N. californicus*, coincidiram com os períodos de maior disponibilidade do ácaro-presa na área (Figura 6.12). A presença de *N. californicus* nesse tratamento, também foi detectada na avaliação realizada aos 34 dias após a liberação, porém, o número total de *P. macropilis*, nessa avaliação foi significativamente maior do que o observado para *N. californicus*.

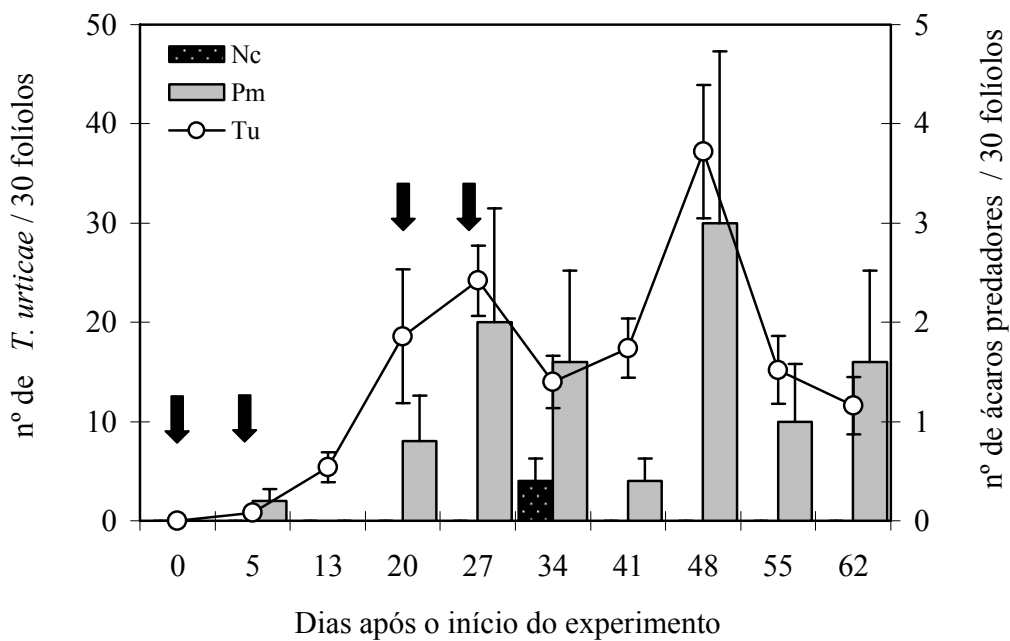


Figura 6.12 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu), *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm). Média (\pm EP) do número de ácaros (ovos, larvas, ninfas e adultos) por 30 folíolos de crisântemo no tratamento com liberação isolada de *P. macropilis*, Santo Antônio de Posse/SP. As setas indicam as datas em que foram realizadas as liberações

Com relação aos canteiros onde os ácaros predadores foram liberados de forma combinada, *P. macropilis* foi encontrado em um maior número de amostragens do que *N. californicus*, constatando-se a presença de *P. macropilis* em 8 das 10 amostragens realizadas, enquanto que para *N. californicus* foi detectada apenas duas vezes (Figura 6.13). Aos 27 dias do início do experimento, a relação predador:presa foi de 35:1. No entanto, nas amostragens subsequentes, devido ao crescimento populacional de *P. macropilis* e redução no número total de *T. urticae*, verificou-se uma redução significativa nessa proporção, observando-se uma relação de 1:1 aos 62 dias.

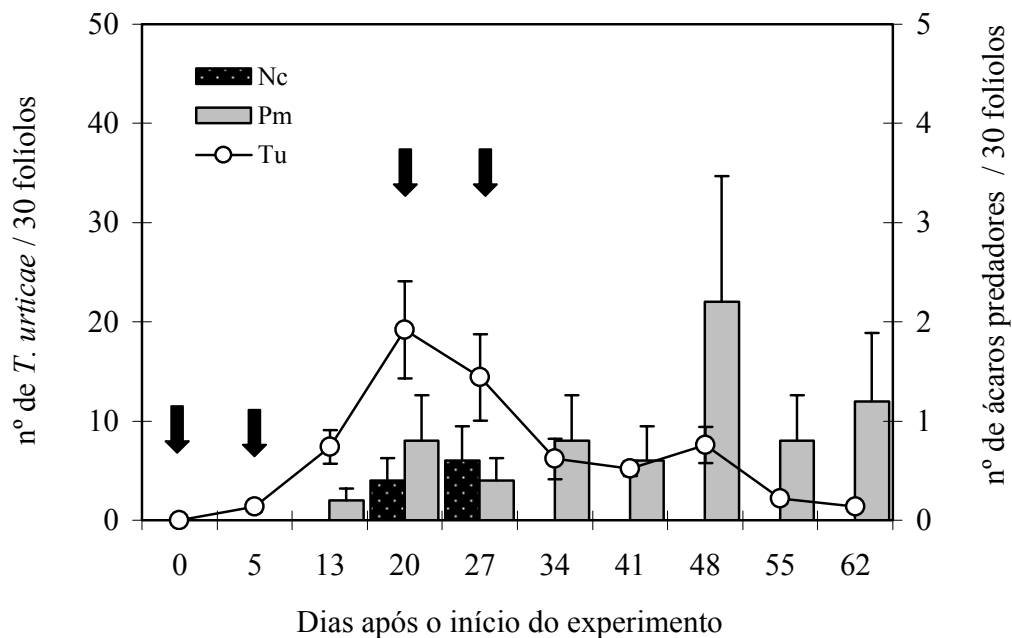


Figura 6.13 - Flutuação populacional de *Tetranychus urticae* (Tu), *Neoseiulus californicus* (Nc) e *Phytoseiulus macropilis* (Pm). Média (\pm EP) do número de ácaros (ovos, larvas, ninfas e adultos) por 30 folíolos de crisântemo quando os ácaros predadores foram liberados de forma combinada em canteiros de crisântemo, Santo Antônio de Posse/SP

6.2.3 Discussão

N. californicus e *P. macropilis* liberados de forma isolada ou combinada, em condições de laboratório, reduziram significativamente o número total de *T. urticae* quando as relações predador:presa foram iguais ou inferiores a 1:10. Porém, na maior relação testada (1:20) o desempenho de *N. californicus* liberado isoladamente não supriu o crescimento populacional de *T. urticae* na arena, ao contrário do que foi observado para os tratamentos em que *P. macropilis* foi empregado de forma isolada ou combinada.

Segundo trabalho realizado por Hamlem e Poole (1980), o melhor desempenho de *P. macropilis* testado em três relações predador:presa (1:5, 1:10 e 1:20) para o controle de *T. urticae* em *Dieffenbachia maculata* (Lodd.), conhecida vulgarmente como comigo-ninguém-pode, foi na relação 1:10. Já na relação de 1:20, o ácaro rajado ocasionou danos visíveis às folhas. Por outro lado, Opti; Nechols e Margolies (2004) reportaram que *P. persimilis* apresentou eficiência satisfatória para o controle de *T. urticae* em gerânio, *Pelargonium peltatum* (L.), quando liberado nas relações predador:presa de 1:4 e 1:20. Os danos devido a presença de *T. urticae* nessa planta só foram evidenciados na relação predador:presa de 1:60.

Além da relação predador:presa, um outro fato que deve ser considerado para o sucesso dos ácaros predadores em campo, é a densidade inicial do ácaro rajado no momento da liberação. Greco; Sánchez e Liljesthröm (2005) verificaram que *N. californicus*, empregado na relação predador:presa de 1:5 para o controle de *T. urticae* em morangueiro, foi eficiente quando a densidade inicial da praga variou entre 5 e 15 ácaros por folíolo. Por outro lado, quando a densidade inicial de *T. urticae* foi de 20 ácaros por folíolo, *N. californicus* não reduziu a população de *T. urticae* a níveis abaixo do dano econômico estabelecido em 50 ácaros por folíolo. O desempenho de *N. californicus* também não foi eficiente com a densidade de *T. urticae* de 15 ácaros por folíolo na relação 1:10 e 1:15.

No presente estudo realizado em vasos de crisântemo em condições de casa de vegetação, os ácaros predadores empregados isoladamente ou de forma combinada apresentaram a mesma eficiência na redução do número total de *T. urticae* por folíolo, a partir da amostragem realizada 16 dias após o início do experimento. De um modo geral, no tratamento em que os predadores foram liberados de forma combinada, foi observada a presença de *N. californicus* e *P. macropilis* em todas as amostragens, sendo que o número total de cada espécie só diferiu significativamente

na amostragem realizada aos 23 dias, quando foram encontrados cinco *N. californicus* para cada *P. macropilis*.

Durante a infestação com *T. urticae* no estudo conduzido em canteiros de crisântemo, foram introduzidos aproximadamente 240 ácaros/m² em cada parcela do experimento. O processo de infestação com *T. urticae* foi iniciado um mês após o plantio das mudas em campo, sendo efetuado durante as três semanas que antecederam o início do experimento. No entanto, por ocasião da realização da primeira amostragem, quando também foi efetuada a primeira liberação dos predadores em campo, não foi detectada a presença de *T. urticae* em nenhuma parcela do experimento. O aumento no número de ácaro rajado no controle (testemunha) só ocorreu aos 27 dias após o início do trabalho, quando foram encontrados aproximadamente 38 ácaros por 30 folíolos (1,3 ácaros por folíolo). Considera-se que esse fato tenha ocorrido, pois até a amostragem realizada aos 13 dias, a irrigação da plantas foi realizada via aspersão, podendo ter inibido o crescimento populacional desse de *T. urticae* na área do experimento. A partir de então, devido ao fechamento da cultura, que ocorreu aproximadamente 60 dias após o plantio, passou a ser adotada a irrigação localizada, o que provavelmente favoreceu o aumento na densidade populacional do ácaro rajado.

Comparando os resultados obtidos nos tratamentos com liberações de ácaros predadores, verifica-se que a redução no número total de *T. urticae* ocorreu de maneira mais efetiva nos tratamentos com *N. californicus* isoladamente ou em combinação com *P. macropilis* nas avaliações realizadas aos 13, 34, 41 e 55 dias. Nas demais amostragens o número total de *T. urticae* por canteiro não diferiu entre as liberações de forma isolada e combinada.

Devido à baixa infestação de *T. urticae*, observada principalmente nas três primeiras amostragens, ou seja, até 13 dias após o início do experimento em campo (Figura 6.9), foram verificadas a disseminação de ácaros predadores para todos os tratamentos. Ressalta-se que associado à baixa disponibilidade da presa nas parcelas, um outro fator que estimulou a dispersão dos predadores na área do experimento foi o uso de malhas para o tutoramento das plantas. Essa prática permitiu que todos os canteiros instalados dentro de cada bloco do experimento, permanecessem em contato direto, o que favoreceu a dispersão dos ácaros nestas condições.

P. macropilis imigrou para o tratamento controle a partir da amostragem realizada aos 20 dias e para o tratamento com abamectina a partir da avaliação realizada aos 34 dias do início do experimento. O pico populacional de *P. macropilis* foi atingido aos 48 dias no controle,

coincidindo com o pico populacional de *T. urticae*. Nessa ocasião, a relação predador:presa foi de aproximadamente 1:15. Esse fato foi responsável pela redução populacional de *T. urticae* no controle, observando-se um decréscimo significativo na densidade populacional do ácaro rajado a partir da amostragem realizada aos 55 dias do início do experimento.

A dispersão de *P. macropilis* também foi observada no tratamento com liberação isolada de *N. californicus* aos 34 e 41 dias após o início do experimento. No entanto, não ocorreu o estabelecimento desse ácaro nessas parcelas. Blümel e Walzer (2002) reportaram que em casa de vegetação de rosa, onde foi efetuada a liberação de *N. californicus*, esse predador inibiu o crescimento populacional de *P. persimilis* em condição de baixa densidade populacional de *T. urticae*. Rhodes et al. (2006) também observaram que *N. californicus* deslocou *P. persimilis* quando esses ácaros foram liberados de forma combinada para o controle de *T. urticae* em morangueiro.

No presente estudo, quando *P. macropilis* imigrou para as parcelas onde *N. californicus* foi liberado isoladamente, a relação predador:presa observada estava entre 1:3 e 1:6, sendo que nestas condições o ácaro especialista foi desfavorecido e deslocado desse tratamento. Em condições de laboratório, verificou-se que nas relações iguais ou inferiores a 1:10, houve redução na taxa instantânea de crescimento de *N. californicus* e *P. macropilis* no tratamento em que esses predadores foram empregados de forma combinada (Tabela 6.1). Uma das possíveis explicações para tal fato pode ser a predação intraguildd. A agressividade na predação intraguildd geralmente ocorre de maneira mais pronunciada para os ácaros generalistas do que para os especialistas. Alguns estudos indicaram que em condições de baixa disponibilidade de alimento, a coexistência entre *N. californicus* e *P. persimilis* foi limitada, principalmente devido ao consumo de imaturos do ácaro especialista que pode potencialmente ter sido exercida por *N. californicus*. (SCHAUSBERGER, 2003; SCHAUSBERGER; CROFT, 2000; WALZER; SCHAUSBERGER, 1999 a,b; SCHAUSBERGER; WALZER, 2001).

A dispersão de *N. californicus* entre as parcelas do experimento foi menos evidente do que a observada para *P. macropilis*, sendo que o predador generalista só foi encontrado na avaliação realizada aos 34 dias no controle e no tratamento onde *P. macropilis* foi liberado isoladamente. No entanto, esse ácaro generalista não se estabeleceu em nenhum desses tratamentos. Jung e Croft (2001) observaram que os ácaros especialistas, como *P. persimilis*, apresentam uma maior capacidade de dispersão, apresentando uma maior velocidade de

caminhamento a distâncias mais longas do que os ácaros generalistas. Esses autores sugeriram que a localização rápida e eficiente da fonte de alimento é um fator crítico para o desenvolvimento e a manutenção de populações dos ácaros fitoseídeos especialistas. De modo contrário, para os ácaros generalistas, pelo fato de os mesmos consumirem fontes de alimentos variadas, a localização imediata da presa não é fator tão limitante para o crescimento e desenvolvimento populacional. Além disso, os ácaros generalistas apresentam uma maior tolerância à falta de alimento, devido ao baixo metabolismo (CROFT; KIM; KIM, 1996). Dentro deste contexto, Bernstein (1983) verificou que o ácaro especialista *P. persimilis* imigrou de plantas com baixa densidade de presas até em ambientes com alta densidade de infestação, evitando plantas em que a disponibilidade de alimento era escassa. No entanto, Auger et al. (1999) relataram que uma pequena densidade de fonte de alimento, por exemplo, uma presa por predador seria suficiente para inibir o comportamento de dispersão por caminhamento de *N. californicus*.

No tratamento onde foi realizada a liberação combinada dos predadores, *N. californicus* foi encontrado somente nas avaliações realizadas aos 20 e 27 dias, quando a relação predador:presa foi de aproximadamente 1:15. Na avaliação realizada aos 34 dias, esse ácaro predador não foi mais encontrado neste tratamento, evidenciando-se também que a partir de então, ocorreu redução no número de *T. urticae* nas amostragens subsequentes. A relação predador:presa, estimada aos 41 dias, foi de aproximadamente 10 *T. urticae* para cada *P. macropilis*. Apesar da redução na disponibilidade de alimento, verificou-se a partir de então, um aumento no número de *P. macropilis* neste tratamento. Provavelmente, na ausência de *N. californicus*, o ácaro especialista pode ter encontrado ambiente favorável para a estabilidade do seu crescimento populacional.

Os resultados obtidos em condições de laboratório revelaram que quando a disponibilidade de *T. urticae* é elevada, *P. macropilis* empregado isoladamente ou em combinação com *N. californicus* foi eficiente na redução do número de *T. urticae*, o que não foi observado para *N. californicus* isoladamente. Além disso, quando a relação predador:presa foi de 1:20, o crescimento de ambos os predadores foi mantido na liberação combinada, sendo que a taxa instantânea de crescimento não diferiu do emprego isolado com cada espécie. Assim, quando a população de *T. urticae* encontra-se estabelecida na área e em altas densidades populacionais, a liberação combinada ou isolada de *P. macropilis* pode ser adotada com sucesso. Em gérbera,

Schausberger e Walzer (2001) também sugeriram que *P. persimilis* fosse empregado isoladamente em condições de elevada disponibilidade de alimento.

De modo contrário, em situações de escassez de alimento a liberação combinada desses ácaros predadores deve ser evitada. Nessas condições, a dispersão de *P. macropilis* foi bastante evidente para áreas adjacentes em busca de alimento, não permanecendo no local onde foram efetuadas as liberações, conforme observado no experimento conduzido em canteiros de crisântemo. Além disso, também pode ocorrer a predação intraguilda, que é exercida potencialmente por *N. californicus* (SCHAUSBERGER; WALZER, 1999). Nesse caso, as liberações isoladas com *N. californicus* seriam mais interessantes, pois o controle de *T. urticae* foi eficiente quando a relação predador:presa foi de até 1:10. Quando a disponibilidade de alimento é escassa, esse ácaro predador pode se manter na cultura, visto que nestas condições sua dispersão não ocorre de maneira tão pronunciada como observado para *P. macropilis*. Por ser generalista, *N. californicus* pode ser alimentar também de outras fontes como pólen ou pequenos insetos como tripes ou ninfas de mosca-branca (BLÜMEL; WALZER, 2002; CROFT et al., 1998).

Informações básicas para viabilizar a liberação combinada de *N. californicus* e *P. macropilis* para o manejo de *T. urticae*, por exemplo em cultivo de plantas ornamentais e hortaliças, foram obtidas no presente trabalho. As avaliações dessa estratégia em canteiros de crisântemo foram realizadas durante um ciclo da cultura. Sendo assim, há necessidade da realização de outros trabalhos para a implementação efetiva dessa estratégia. Trabalhos em outras ornamentais como gérbera e rosas poderiam ser interessantes, pois diferentemente do crisântemo que permanece no campo por um período de no máximo quatro meses, essas ornamentais apresentam um ciclo mais longo, o que poderia favorecer o estabelecimento dos ácaros predadores. E por fim, para o sucesso do manejo integrado de pragas nessas culturas, há necessidade de realização de estudos para avaliar, em condições de campo, a viabilidade da integração do controle químico com a estratégia de liberação isolada ou combinada de ácaros predadores.

6.3 Conclusões

Diante dos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que:

- O emprego conjunto de *N. californicus* e *P. macropilis* é uma estratégia viável para o manejo de *T. urticae* quando a disponibilidade de alimento é abundante;
- Quando a relação predador:presa é igual ou inferior a 1:10, em condições de laboratório, o emprego conjunto de *N. californicus* e *P. macropilis* ocasiona redução na taxa instantânea de crescimento (r_i) de ambas as espécies;
- A escassez de alimento, em condições de casa de vegetação, limita o sucesso do emprego conjunto de *N. californicus* e *P. macropilis* devido à dispersão do ácaro especialista para áreas adjacentes em busca de alimento.

Referências

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 01 nov. 2006.

AUGER, P.; TIXIER, M. S.; KREITER, S.; FAUVEL, G. Factors affecting ambulatory dispersal in the predaceous mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.23, p.235-250, 1999.

BELLINI, M.R.; ARAÚJO, R.V.; BALLAMINUT, J.C.C.; BERTI FILHO, E.; MORAES, G. J. DE. 2006. Perspectivas para o controle biológico do ácaro rajado em gérberas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACAROLOGIA, 1., 2006. Viçosa. **Resumos...**, Viçosa:UFV, 2006. p.188.

BLACKWOOD, J. S.; CROFT, B. A.; SCHAUSBERGER, P. Prey stage preference in generalist and specialist phytoseiidae mites (Acari: Phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 30, p.1103-1111, 2001.

- BLÜMEL, S.; WALZER, A. Efficacy of different release strategies of *Neoseiulus californicus* McGregor e *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Acari: Phytoseiidae) for the control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on greenhouses cut roses. **Systematic and Applied Acarology**, New Zeland, v. 7, p.35-48, 2002.
- BERNSTEIN, C. Some aspects of *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) dispersal behaviour. **Entomophaga**, Paris, v. 28, p.185-198, 1983.
- CROFT, B. A.; KIM, S. S.; KIM, D. I. Intra- and interspecific predation on four life stages groups by adult females of *Metaseiulus occidentalis*, *Typhlodromus pyri*, *Neoseiulus fallacis* e *Amblyseius andersoni*. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.20, p.435-444, 1996.
- CROFT, B. A.; MONETTI, L. N.; PRATT, P. D. Comparative life histories and predation types: are *Nesoseiulus californicus* and *N. fallacis* (Acari: Phytoseiidae) similar Type II selective predators of spider mites? **Environmental Entomology**, Lanham, v. 27, p.531-538, 1998.
- GRECO, N. M.; SÁNCHEZ, N. E.; LILJESTHRÖM, G. G. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.37, p.57-66, 2005.
- HAMLEN, R. A.; POOLE, R. T. Effects of a predaceous mite on spider mite populations of *Dieffenbachia* under greenhouse and interior environments. **HortScience**, Alexandria, v.15, p.611-612, 1980.
- JUNG, C.; CROFT, B. A. Ambulatory and Aerial dispersal among specialist and generalist predatory mites (Acari: Phytoseiidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v.30, n.6, p.1112-1118, 2001.
- McMUTRY, J. A. Dynamics and potential impact of 'generalist' phytoseiids in agroecosystems and possibilities for establishment of exotic species. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.14, p.371-382, 1992.
- McMUTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of Phytoseiidae mites and their holes in biological control. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.42, p. 291-321, 1997.

MONTEIRO, L.B. Criação de ácaros fitófagos e predadores: Uma caso de *Neoseiulus californicus* por produtores de maçã. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; FERREIRA, B.S.C.; BENTO, J.M.S. (Ed). **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002, p.351-362.

OPIT, G. P.; NECHOLS, J. R.; MARGOLIES, D.C. Biological control of twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on ivy geranium: assessment of predator release ratios. **Biological Control**, Oxford, v. 29, p. 445-452, 2004

POLIS, G. A.; MYERS, C. A.; HOLT, R. D. The ecology and evolution of intraguild predation: potencial competitors that eat each other. **Annual Review of Ecology Systematics**, Stanford, v. 20, p.297-330, 1989.

RHODES, E.; LIBURD, O. E.; KELTS, C.; RONDON, S. I.; FRANCIS, R. R. Comparison of single and combination treatments of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus* and Acramite (bifenazate) for control of twospotted spider mites in strawberry. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.39, p.213-225, 2006.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT: user's guide**, Version 8. SAS Institute Inc.: Cary, NC, 2000.

SCHAUSBERGER, P. Cannibalism among phytoseiid mites: a review. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 29, p.173-191, 2003.

SCHAUSBERGER, P.; CROFT, B. A. Cannibalism and intraguild predation among phytoseiid mites: are agressivness, and prey preference related to diet specialization? **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 24, p.709-725, 2000.

SCHAUSBERGER, P.; WALZER, A. Combined versus single species release of predaceous mites: predator-predator interactions and pest suppression. **Biological Control**, Oxford, v. 20, p. 269-278, 2001.

STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.48, p.505-519, 2003.

WALZER, A.; SCHAUSBERGER, P. A. Cannibalism and interespecific predation in the phytoseiidae mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: predation rates and effects on reproduction and juvenile development. **Biocontrol.**, Dordrecht, v. 43, p.457-468, 1999a.

WALZER, A.; SCHAUSBERGER, P. A. Predation preference and discrimination between con- and heterospecific prey by the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. **Biocontrol.**, Dordrecht, v. 43, p.469-478, 1999b.

WATANABE, M. A.; MORAES, G. J. de; NICOLELLA, G. Controle biológico do ácaro rajado com ácaros predadores fitoseídeos (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae) em culturas de pepino e morango. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, p.75-81, 1994.

ZHANG, Z.Q. **Mites of greenhouses**: identification, biology and control. London: CABI Publishing, 2003. 244p.

ZHANG, Z.Q; SANDERSON, J. P. Twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on greenhouses roses: spatial distribution and predator efficacy. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.88 p.352-357, 1995.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)