



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

MATEUS DE CASTRO MATOS

**IMPACTO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS SOBRE ASPECTOS BIOLÓGICOS
DO ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)**

FORTALEZA

2023

MATEUS DE CASTRO MATOS

IMPACTO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS SOBRE ASPECTOS BIOLÓGICOS DO
ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M382i Matos, Mateus de Castro.
Impacto de produtos fitossanitários sobre aspectos biológicos do ácaro predador *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) / Mateus de Castro Matos. – 2023.
47 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo.
Coorientação: Profa. Dra. Debora Barbosa de Lima.

1. controle biológico. 2. Phytoseiidae. 3. ácaros. 4. seletividade. I. Título.

CDD 630

MATEUS DE CASTRO MATOS

IMPACTO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS SOBRE ASPECTOS BIOLÓGICOS DO
ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia Agrícola

Aprovada em: 24/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Prof. Dra. Érica da Costa Calvet
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Rosenya Michely Cintra Filgueiras
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dra. Debora Barbosa de Lima
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Aos meus pais, Sebastião e Francisca.

AGRADECIMENTOS

À minha família que tanto abdicou e se dedicou para que eu hoje pudesse estar trilhando meu próprio caminho e chegar onde estou.

À Instituição Universidade Federal do Ceará, pelos anos de aprendizados e vivências contidos em todo e qualquer espaço em que eu habitei dentro dela e em todas as suas esferas de impacto, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão de bolsa de estudo. E também às demais instituições de fomento à pesquisa que impactaram neste trabalho pela capacitação e custeio da permanência de colegas que participaram direta ou indiretamente no trabalho desenvolvido por mim e também por eles.

Agradeço a parceria com a empresa TOPbio, que cedeu estrutura e forneceu insumos para o desenvolvimento deste e de outros trabalhos.

Ao Prof. Dr. José Wagner Melo, pela excelente orientação, confiança e direcionamento direcionado a mim de modo a instigar em diferentes âmbitos da vida o constante aperfeiçoamento e sobretudo a me encorajar na carreira científica.

Aos professores participantes da banca examinadora José Wagner, Erica Calvet, Debora Lima e Rosenya Filgueiras pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos meus colegas de laboratório que compartilharam rotinas e disponibilizaram-se tantas vezes para me ajudar Luana, Felipe, Ramony, Manoel, Eduardo, Érica, Adriana e Adson. Em especial Rosenya Cintra e Wesller Batista pelas contribuições diretas no trabalho pesado de pensar e executar, sem vocês a jornada teria sido muito mais hostil.

Paulo Maciel Neto, que divide as dores e as felicidades de coexistir comigo em um mundo onde o amar nem sempre é bem-vindo. Aos amigos Juliana G. e Douglas F. por abrirem horizontes acadêmicos para mim. Aos meus amigos Ianna, Victor, Jucelino, Juliana e Valéria pelas vivências acumuladas dos últimos quase dez anos. E amigos Lari, Yara e Lucas pela possibilidade de ver e viver uma vida sob um prisma de sete cores.

“A arte existe porque a vida não basta.”

(Ferreira Gullar)

RESUMO

Múltiplos artrópodes praga podem ocorrer em espécies botânicas cultivadas e desta forma impactar diretamente na produção agrícola. O manejo de artrópodes-praga é uma tarefa árdua e a adoção de medidas de controle de uma espécie podem impactar as demais que compõem a comunidade e levar a um surto de pragas secundárias. Assim, é esperado que diferentes estratégias sejam empregadas dentro de um plano de manejo da cultura para minimizar as perdas agrícolas. Dentre os métodos de controle, o controle químico é o método mais utilizado, porém devido a riscos associados à saúde humana e ao meio ambiente o seu uso tem sido empregado com maior cautela e com redução na sua frequência de uso. Neste cenário outras estratégias têm recebido maior atenção, em especial o controle biológico. Apesar das diversas estratégias para emprego dos inimigos naturais, o controle biológico como método exclusivo para o controle de pragas é limitado, só sendo possível quando a praga alvo é mantida abaixo do nível de dano econômico sem outras intervenções. Sendo assim a integração dos métodos de controle se tornam fundamentais, porém, por vezes, algumas estratégias tornam-se incompatíveis, em especial o controle químico e o biológico. Isso acontece devido ao potencial letal e subletal dos agrotóxicos sobre os inimigos naturais. Assim, faz-se necessário o estudo da interação agrotóxico-inimigo natural a fim de selecionar produtos seletivos ou que causem impactos mínimos sobre as populações de inimigos naturais tornando possível a integração do controle químico com o biológico. Um importante agente de controle biológico é o ácaro predador *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae), ácaro generalista, já comercialmente disponível e eficaz para o manejo de algumas espécies de artrópodes-praga em diferentes culturas. Tendo em vista o potencial predatório do ácaro predador *N. barkeri* o foco é utilizar junto a ele produtos fitossanitários seletivos que sejam menos tóxicos para esse predador. Pesticidas mais seguros e compatíveis são os principais pilares dos programas de controle biológico e químico nas abordagens de MIP. Desta forma estudos que observem os efeitos de produtos fitossanitários em *N. barkeri* colabora diretamente para o enriquecimento do conhecimento sobre o seu uso e podendo desta forma até sugerir um ou mais produtos adequados para o uso integrado.

Palavras-chave: controle biológico; Phytoseiidae; ácaros; seletividade.

ABSTRACT

Multiple pest arthropods can occur in cultivated botanical species and directly impact agricultural production. The management of pest arthropods is an arduous task and the adoption of control measures for one species can impact other species in the community and lead to the emergence of secondary pests. So it is expected that different strategies are employed within a crop management plan to minimize agricultural losses. The chemical control is the most used method, but it has risks associated with human health and the environment and its application has been used with greater caution and with a reduction in the frequency of use. In this scenario, other strategies received more attention, especially biological control. Despite the various strategies for using natural enemies, biological control as an exclusive method of control is limited, being possible only when the target pest is kept below the level of economic damage without other interventions. The integration of control methods becomes essential, but sometimes some strategies become incompatible, mainly between chemical and biological control. This happens because of the lethal and sublethal potential of pesticides on natural enemies. The study of the pesticide-natural enemy interaction is necessary for the selection of selective products or those that cause minimal impact on natural enemy populations, enabling the integration of chemical and biological control. An important biological control agent is the predatory mite *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae), a generalist mite, commercially available and effective for the management of several species of pest arthropods in different cultures. Knowing the predatory potential of the predatory mite *N. barkeri*, the focus is on the use of less toxic selective pesticides for this predator. Therefore, studies that observe the effects of pesticides on *N. barkeri* contribute directly to the enrichment of knowledge about the use of this predatory mite and may even suggest one or more products suitable for integrated use.

Palavras-chave: selectivity; compatibility; biological control; chemical control.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Percentual cumulativo de adultos de *Neoseiulus barkeri* em função do seu tempo de desenvolvimento (Larva-Adulto) quando expostos ou não a resíduos dos inseticidas-acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato ou clorfenapir. Curvas seguidas por mesma letra não diferem entre si quanto ao percentual cumulativo de adultos enquanto que curvas indicadas com asterisco difere das demais quanto ao tempo de desenvolvimento..... 31
- Figura 2 – Curvas de sobrevivência (A), tempo médio de sobrevivência (B), número médio de ovos por fêmea em função do período de oviposição (C) e número médio de ovos por fêmea por dia (D) de fêmeas de *Neoseiulus barkeri* expostas ou não a resíduos dos inseticidas-acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato ou clorfenapir..... 32
- Figura 3 - Taxa líquida de reprodução (A), taxa intrínseca de crescimento (B), taxa finita de crescimento populacional (C) e tempo médio de geração (D) de *Neoseiulus barkeri* expostos ou não a resíduos de abamectina, azadiractina fenpiroximato ou clorfenapir. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si através do teste de bootstrap..... 33

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Especificações dos produtos fitossanitários testados de forma residual contra imaturos e adultos de <i>N. barkeri</i> | 28 |
| Tabela 2 – Efeito dos produtos fitossanitários sobre <i>Neoseiulus barkeri</i> após 10 dias de exposição aos resíduos em bioensaios de laboratório..... | 34 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|------|---|
| IOBC | International Organization for Biological Control |
| IRAC | Insecticide Resistance Action Committee |

SUMÁRIO

| | | |
|------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 2 | IMPACTO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS SOBRE ASPECTOS BIOLÓGICOS DO ÁCARO PREDADOR <i>Neoseiulus barkeri</i> Hughes (Acari: Phytoseiidae) | 25 |
| 2.1 | <i>Introdução</i> | 27 |
| 2.2 | <i>Metodologia</i> | 28 |
| 2.2.1 | <i>Local e condições experimentais.....</i> | 28 |
| 2.2.2 | <i>Obtenção e criação do ácaro predador <i>N.barkeri</i></i> | 28 |
| 2.2.3 | <i>Produtos e Dosagens.....</i> | 29 |
| 2.2.4 | <i>Local e condições experimentais.....</i> | 31 |
| 2.2.5 | <i>Classificação da seletividade dos produtos fitossanitários segundo a IOBC....</i> | 34 |
| 2.3 | <i>Resultados</i> | 32 |
| 2.4 | <i>Discussão</i>..... | 37 |
| | REFERÊNCIAS | 40 |

1 INTRODUÇÃO

As perdas agrícolas por pragas e doenças a depender da cultura podem superar 40% da produção e frequentemente com pragas e doenças emergentes ou reemergentes (SAVARY et al. 2019). Minimizar as perdas é um dos objetivos do manejo integrado de pragas, que se baseia no conceito de reduzir as populações de pragas a níveis que não causem perdas econômicas, por meio da integração de diferentes métodos de controle (CROFT 1990). O manejo de artrópodes-praga é uma tarefa difícil, uma vez que as medidas adotadas para controle de uma espécie podem impactar nas demais que compõem a comunidade e levar a surto de pragas secundárias (GROSS & ROSENHEIM 2011).

Dentre os métodos de controle, o controle químico ainda é o método mais frequentemente adotado dentro do manejo integrado de pragas (BRUNNER, 2014; BUENO et al. 2017; GUEDES et al. 2016). Devido aos riscos associados ao controle químico (resistência de pragas, surto de pragas secundárias, riscos à saúde humana, impactos negativos sobre organismos não alvos e também para o meio ambiente) o uso de controle químico tem sido empregado com uma maior cautela reduzindo a sua frequência de uso (CULLEN et al., 2008; OPIT et al., 2009). Diante deste cenário, outras estratégias de controle têm sido buscadas, em especial o controle biológico.

O controle biológico é um processo que ocorre naturalmente em qualquer ecossistema sem a necessidade da ação humana, reduzindo o número de organismos-praga por meio dos seus inimigos naturais (PARRA et al. 2002). O controle biológico vem se tornando cada vez mais popular e promissor, tendo em vista que as demandas da sociedade atual objetivam cada vez mais produtos livres de pesticidas e produzidos de forma sustentável (PARRA et al. 2002).

O controle biológico conservativo, pode ser definido como a preservação e incremento das populações de inimigos naturais que já existem dentro de um agroecossistema (PICANÇO, 2010). Para atrair inimigos naturais e mantê-los em um agroecossistema, é preciso não só fornecer alimentos ou presas alternativas, como néctar, pólen, e fontes de carboidratos (WYCHKUYS et al. 2013), bem como locais de refúgio.

O controle biológico clássico se baseia na importação e colonização de inimigos naturais exóticos para o controle de pragas introduzidas. Esses inimigos naturais geralmente são provenientes da região de origem da praga (DA SILVA, 2015). Essa estratégia visando a importação de inimigos naturais para o controle biológico resultou em controle total ou

parcial de diversas espécies de pragas pelo mundo. Mais de 2.700 espécies de inimigos naturais foram introduzidas em 196 países (HEIMPEL; MILLS, 2017) para o controle de insetos e ácaros ao longo de aproximadamente 130 anos, e raramente resultaram em efeitos negativos ao ambiente (VAN LENTEREN et al. 2006).

O controle biológico aplicado consiste no emprego de inimigos naturais produzidos de forma massal em biofábricas que são liberados em agroecossistema de interesse, visando suprimir as populações da praga-alvo de forma mais rápida e direta (GALLO et al. 1988). Nessa metodologia aumentativa, os organismos benéficos são liberados de forma periódica em grandes densidades dentro do agroecossistema, com o objetivo de controle rápido da população da praga-alvo, sem necessariamente esperar o estabelecimento desses inimigos naturais ao longo do tempo dentro do sistema de produção (ALVES et al. 2008).

Em ambientes com elevada perturbação, como são os agroecossistemas, é comum que vários métodos de controle sejam requeridos/empregados contra uma praga alvo ou contra um complexo de pragas (HAJEK, 2004), muitas vezes requerendo a integração de métodos naturalmente antagônicos (como é o caso dos métodos químicos e biológicos) para um controle satisfatório.

A integração dos métodos de controle químico e biológico em algumas culturas é uma estratégia para minimizar os problemas associados ao uso de produtos químicos no controle de pragas (SATO et al. 2007, ALZOUBI e ÇOBANOĞLU 2010, IWASSAKI et al. 2015). Essa integração pode ser alcançada com a utilização de acaricidas seletivos (SATO et al. 2011) e inimigos naturais tolerantes e/ou resistentes a acaricidas (HOY 1985, QUEIROZ e SATO 2016). A implementação de métodos naturalmente antagônicos, como a integração do uso de produtos fitossanitários com inimigos naturais, é muitas vezes necessária para evitar danos e prejuízos causados por artrópodes-praga (CROFT 1990).

Nos sistemas manejados com o uso de produtos fitossanitários, a exposição dos agentes de controle biológico aos produtos pode ocorrer por meio do contato direto durante o processo de pulverização, do contato com superfícies contaminadas durante o forrageamento ou ainda através da alimentação sobre presas ou subprodutos vegetais contaminados (JEPSON 1989; STAPEL et al. 2000; AHMAD et al. 2003; HUA et al. 2004; TORRES & RUBERSON 2004). Os efeitos do uso de produtos fitossanitários sobre os agentes de controle biológico não se limitam apenas à letalidade, aqueles organismos que sobrevivem à exposição aos produtos

fitossanitários podem sofrer alterações fisiológicas e/ou comportamentais (estes definidos como efeitos sub-letais), e ter o seu desempenho comprometido (DESNEUX et al. 2007; GUEDES et al. 2016, 2017).

Os efeitos sub-letais podem incluir: retardo no desenvolvimento de imaturos, alterações no comportamento de caminhamento (LIMA et al. 2013b, VÉLEZ et al. 2019) e comportamento de dispersão (MONTEIRO et al. 2018), comprometimento do forrageamento e/ou predação (TEODORO et al. 2009, LIMA et al. 2015a, SOUSA NETO et al. 2020), alteração na resposta funcional e/ou numérica (Barros et al 2022), retardo e/ou redução na oviposição (HAMEDÍ et al. 2010, LIMA et al. 2015b), reduções na taxa instantânea de crescimento (LIMA ET AL. 2013a), alterações na taxa de conversão do alimento em biomassa de ovos (BARROS et al. 2022), e/ou comprometimento de sua longevidade (HAMEDÍ et al. 2010).

Tais efeitos normalmente são observados nos indivíduos expostos, contudo efeitos nas gerações subsequentes têm sido também observados (HAMEDÍ et al. 2011; LIMA et al. 2016; RAJAEI et al 2022). Conhecendo os riscos do uso de produtos fitossanitários aos agentes de controle biológico, é fundamental conhecer se dentre esses produtos quais deles apresentam alguma seletividade aos agentes de controle biológico. A seletividade dos produtos fitossanitários pode ser classificada em fisiológica e ecológica (RIPPER et al., 1951). A seletividade fisiológica consiste no uso de produtos químicos fitossanitários que são mais tóxicos à praga que aos inimigos naturais (O'BRIEN, 1960). Já seletividade ecológica relaciona-se com a forma de aplicação dos produtos químicos fitossanitários, minimizando a exposição do inimigo natural ao produto (RIPPER et al., 1951).

O principal grupo de inimigos naturais utilizado para controle de ácaros fitófagos são os ácaros predadores da família Phytoseiidae (MORAES, 2002), e por esse motivo vários estudos têm sido feitos visando o emprego desses inimigos naturais (FAN & PETITT, 1994b; GARCÍA-MARÍ Et Al., 1999; DÖKER Et Al., 2016; GIGON Et Al., 2016; ZHENG Et Al., 2017). Algumas dessas espécies de Phytoseiidae vêm sendo multiplicadas de forma massal e comercializadas como agentes de controle do ácaro-rajado ao redor do mundo, com destaque para *Neoseiulus californicus* McGregor, *Galendromus occidentalis* Nesbitt, *Phytoseiulus longipes* Evans, *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1904), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot e *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans, 1930) (McMurtry et al., 2013; Helyer et al., 2014). No Brasil, os predadores *N. californicus*, *P. macropilis*, *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma e

Neoseiulus barkeri Hughes (Acari: Phytoseiidae) estão comercialmente disponíveis e são registrados para controle de ácaros fitófagos (AGROFIT, 2022).

Dentre os ácaros predadores mais utilizados no controle biológico de insetos ácaros-praga, o predador *N. barkeri* recebe destaque por ser uma espécie cosmopolita (XIN 1988; ZHANG 2003; DE MORAES et al. 2004; WU et al. 2014; DEMITE et al. 2019), capaz de sobreviver em diferentes condições climáticas e por possuir uma ampla gama de presas (como ácaros e pequenos insetos) (FAN & PETITT 1994a, FAN & PETITT 1994b; JAROSIK & PLIVA 1995; PEÑA & OSBORNE 1996; GERSON et al. 2003; LI et al. 2017; RODRÍGUEZ-CRUZ et al. 2017; LI et al. 2018).

A utilização do *N. barkeri* no controle biológico se dá por meio da sua liberação massal em campo, por ter uma ampla gama de presas e pode ser utilizado em diferentes culturas que caso seja um uso conjunto com controle químico os indivíduos poderão entrar em contato com diferentes substâncias utilizadas no controle químico de artrópodes. Para que essa integração seja possível é necessário que produtos fitossanitários com baixo ou nenhum impacto negativo sobre o agente de controle biológico sejam utilizados (JOHNSON e TABASHNIK 1999).

Tendo em vista o potencial predatório do ácaro predador *N. barkeri* objetivo junto a ele produtos fitossanitários seletivos que sejam menos tóxicos para esse predador. Pesticidas mais seguros e compatíveis são os principais pilares dos programas de controle biológico e químico nas abordagens de MIP. Apesar dos avanços no desenvolvimento de produtos fitossanitários com risco reduzido, eles podem não ser necessariamente mais seguros para ácaros predadores (VILLANUEVA e WALGENBACH, 2005; BOSTANIAN et al., 2009; LEFEBVRE et al., 2012). Desta forma estudos que observem os efeitos de produtos fitossanitários em *N. barkeri* colabora diretamente para o enriquecimento do conhecimento sobre o seu uso e podendo desta forma até sugerir um ou mais produtos adequados para o uso integrado.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura do Governo Federal. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 22 dez. 2022.

AHMAD, M., OSSIEWATSCH, H.R. & BASEDOW, T. Effects of neem treated aphids as food/hosts on their predators and parasitoids. **Journal of Applied Entomology**, [s.l.] 127, 458–464. 2003 <https://doi.org/10.1046/j.0931-2048.2003.00779.x>

ALVES, S. B., LOPES R. B. (Ed.). **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: Fealq, 2008. 414 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luis de Queiroz, 14).

ALZOUBI, S.; S. ÇOBANOĞLU. Bioassay of some pesticides on twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch and predatory mite *Phytoseiulus persimilis* A-H. **International Journal of Acarology**. Oak Park, 36: 267–272. 2010.

BARBOSA, P. (Ed.). **Conservation biological control**. San Diogo: Academic press. 1998. 396 p.

BARROS, M. E. N., DA SILVA, F. W. B., NETO, E. P. D. S., BISNETO, M. C. D. R., DE LIMA, D. B., & MELO, J. W. D. S. Acaricide-impaired functional and numerical responses of the predatory mite, *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to the pest mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.] v. 27, n. 1, p. 33-44, 2022.

BOSTANIAN, N. J., BEUDJEKIAN, S., MCGREGOR, E., & RACETTE, G. A modified excised leaf disc method to estimate the toxicity of slow-and fast-acting reduced-risk acaricides to mites. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.] 102(6), 2084-2089 . 2009

BRUNNER, J. F. Integrated pest management in tree fruit crops. 2014, pp. 15-30. N.K. Van Alfen (Ed.), **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, Elsevier.

BUENO, A. D. F., CARVALHO, G. A., SANTOS, A. C. D., SOSA-GÓMEZ, D. R., & SILVA, D. M. D. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS. v.47, 2017.

BUENO, V. H. P., JUNIOR, J., JUNIOR, A. M., & SILVEIRA, L. D. (2015). Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável. *Departamento de Entomologia*,

Universidade Federal de Lavras. Retirado de: [http://www. den. ufla. br/attachments/article/75/ApostilaCB](http://www.den.ufla.br/attachments/article/75/ApostilaCB), 20.

CROFT, B.A. (1990) *Arthropod Biological Control Agents and Pesticides*. New York, Wiley, 723 pp.

CULLEN, R.; WARNER, K.D.; JONSSON, M.; WRATTEN, S.D. Economics and adoption of conservation biological control. **Biological Control**, [s.l.], v. 45, p. 272–280, 2008.

DE MORAES, G. J. *et al.* A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, Auckland, New Zealand: Ed. Magnolia Press, v. 434, n. 1, p. 1-494, 2004.

DEMITE, P.R., MORAES, G.J., MCMURTRY, J.A., DENMARK, H.A., CASTILHO, R.C., 2022. Phytoseiidae database. <http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae/> Acesso em: 20 de novembro de 2022.

DESNEUX, N., DECOURTYE, A. & DELPUECH, J.M. . The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**,[s.l.], 52, 81–106, 2007.

DÖKER, İ., KAZAK, C., 2019. Non-target effects of five acaricides on a native population of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, Oak Park. 45, 69-74, 2019.

DÖKER, I.; KAZAK, C.; KARUT, K. Functional response and fecundity of a native *Neoseiulus californicus* population to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at extreme humidity conditions. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 21, p. 1463–1472, 2016.

FAN, Y. Q.; PETITT, F. L. Biological control of broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), by *Neoseiulus barkeri* Hughes on pepper. **Biological control**, Orlando: Ed. Elsevier, v. 4, n. 4, p. 390-395, 1994a.

FAN, Y.; PETITT, F. L. Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, Switzerland: Ed. Springer Nature, v. 18, n. 10, p. 613-621, 1994b.

FERNANDES, F.L., PICANÇO, M.C., Fernandes, M.E.deS.; Xavier, V.M.; Martins, J.C.; Silva, V.F. da. Controle biológico natural de pragas e interações ecológicas com predadores e parasitoides em feijoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v.26, n.1, p.6–14, 2010.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; APTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920p, 2002.

GARCÍA-MARÍ, F.; GONZÁLEZ-ZAMORA, J.E. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valenica, Spain. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 23, n. 6, p. 487-495, 1999.

GERSON, U., SMILEY, R. L., & OCHOA, R. **Mites (Acari) for pest control**. Oxford, UK: Ed. Blackwell Science Ltd., 539p, 2003.

GIGON, V.; CAMPS, C.; CORFF, J.L. Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 68, n. 1, p. 55-70, 2016.

GROSS, K., & ROSENHEIM, J. A. Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. **Ecological Applications**, , [s.l.], v. 21, n. 7, p. 2770-2780, 2011.

GUEDES, R. N. C.; WALSE, S. S.; THRONE, J. E. Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. **Current opinion in insect science**, , [s.l.], v. 21, p. 47-53,

GUEDES, R.N.C., SMAGGHE, G., STARK, J.D. & DESNEUX, N. (2016) Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, [s.l.],61, 43–62. 2016

HAJEK AE (2004) Natural enemies: an introduction to biological control. Cambridge University Press, Cambridge

HAMEDI, N., FATHIPOUR, Y. & SABER, M. Sublethal effects of fenpyroximate on life table parameters of the predatory mite *Phytoseius plumifer*. **Biocontrol**, [s.l.] 55, 271–278, 2010.

HAMEDI, N., FATHIPOUR, Y. & SABER, M.. Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & Applied Acarology**,[s.l.], 53, 29–40, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10493-010-9382-8>

HEIMPEL, G. E.; MILLS, N. J. **Biological control**. Cambridge University Press, 2017.

HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. Arthropod biological control agentes. In: HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. (eds) **Biological Control in Plant Protection: A Color Handbook**. Broken Sound Parkway, New York, 276 p., 2014. 21

HOY, M. A. Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. **Experimental and applied acarology**, [s.l.], Switzerland: Ed. Springer Nature, v. 57, n. 3, p. 381-393, 2012.

HUA, R.M., CAO, H.Q., XU, G.W., TANG, F. & LI, X.D. The integrative toxicity effects of beta-cypermethrin on *Propylea japonica* larvae and *Aphis gossypii* adults. **Acta Phytophysiological Sinica**, [s.l.], 31, 96–100, 2004.

IRAC, 2012. Classificação do modo de ação dos inseticidas. Disponível em: http://www.irac-br.org.br/Arquivos/Folder_Acao.pdf [acesso em 15 outubro 2022].

IWASSAKI, L. A., M. E. SATO, F. F. CALEGARIO, M. POLETTI, AND A. D. E. H. MAIA. . Comparison of conventional and integrated programs for control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental Applied Acarology** [s.l.]. 65:205–217, 2015.

JAROSIK, V.; PLIVA, J. Assessment of *Amblyseius barkeri* (Acarina: Phytoseiidae) as a control agent for thrips on greenhouse cucumbers. **Acta Societatis Zoologicae Bohemicae**, Czech Republic: Ed. Czech Zoological Society, v. 59, n. 3, p. 177-186, 1995.

JEPSON, P.C. (1989) The temporal and spatial dynamics pesticide side effects on non-target invertebrates. In: Jepson, P.C. (Ed.), *Pesticides and non-target invertebrates*. **Intercept, Wimborne**, pp. 95–128. 1989, disponível em <https://ci.nii.ac.jp/naid/10006969355/>.

JOHNSON, M. W., AND B. E. TABASHNIK. 1999. Enhanced biological control through pesticide selectivity, pp. 297–312. In T. S. Bellows, T. W. Fisher and L. E. Caltagirone (eds.), *Handbook of biological control*. Academic Press, San Diego, CA.

LEFEBVRE, M., BOSTANIAN, N. J., MAUFFETTE, Y., RACETTE, G., THISTLEWOOD, H. A., & HARDMAN, J. M.. Laboratory-based toxicological assessments of new insecticides on mortality and fecundity of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], 105(3), 866-871. 2012.

LI, L., JIAO, R., YU, L., HE, X. Z., HE, L., XU, C., ZANG, L., & LIU, J. Functional response and prey stage preference of *Neoseiulus barkeri* on *Trasonemus confusus*. **Systematic & Applied Acarology**, [s.l.] 23(11), 2244-2258, 2018. <https://doi.org/10.11158/saa.23.11.16>

- LI, Y.-Y., LIU, M.-X., ZHOU, H.-W., TIAN, C.-B., ZHANG, G.-H., LIU, Y.-Q., LIU, H. & WANG, J.-J. Evaluation of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) for control of *Eotetranychus kankitus* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, [s.l.] 110(3), 903–914, 2017. <https://doi.org/10.1093/jee/tox056>
- LIMA, D. B., MELO, J. W. S., GONDIM JR, M. G. C., GUEDES, R. N. C., OLIVEIRA, J. D. M., PALLINI, A., Acaricide-impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. **Ecotoxicology** [s.l.]. 24, 1124-1130 2015a
- LIMA, D. B., MELO, J. W. S., GUEDES, N. M. P., GONTIJO, L. M., GUEDES, R. N. C., GONDIM JR, M. G. C.,. Bioinsecticide-predator interactions: azadirachtin behavioral and reproductive impairment of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **PLoS One** [s.l.]. 10, e0118343. 2015b
- LIMA, D. B., MELO, J.W.S., GONDIM JR, M.G.C., GUEDES, R.N.C., OLIVEIRA, J. E.,. Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite *Neoseiulus baraki*. **Experimental and Applied Acarology** [s.l.],. 70, 165-177. 2016.
- LIMA, D. B., MONTEIRO, V. B., GUEDES, R. N. C., SIQUEIRA, H. A. A., PALLINI, A., GONDIM, M. G. C.. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **BioControl** [s.l.]. 58,595-605, 2013b.
- LIMA, D.B., MELO, J. W. S., GUEDES, R.N., SIQUEIRA, H.A., PALLINI, A., GONDIM Jr, M.G.C.. Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **Experimental and Applied Acarology**.[s.l.] 60 (3), 381–393, 2013a.
- MCMURTRY, J. A.; DE MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.]v. 18, n. 4, p. 297-320, 2013.
- MONTEIRO, V. B., SILVA, V. F., LIMA, D. B., GUEDES, R. N. C., GONDIM JR, M. G. C., 2018. Pesticides and passive dispersal: acaricide- and starvation-induced take-off of the predatory mite *Neoseiulus baraki*. **Pest Management Science** [s.l.]. 74: 1272–1278.
- O'BRIEN, R.D. Toxic phosphorus esters. New York, Academic, 1960, 434p.
- OPIT, G.P.; PERRET, J.; HOLT, K.; NECHOLS, J.R.; MARGOLIES, D.C.; WILLIAMS, K.A. Comparing Chemical and Biological Control Strategies for Twospotted Spider Mites

(Acari: Tetranychidae) in Commercial Greenhouse Production of Bedding Plants. **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 102, n. 1, p. 336-346, 2009.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia. In: PARRA, J.R.P; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16

PEÑA, J.E. & OSBORNE, L. (1996) Biological Control of *Polyphagotarsonemus latus* (Acarina: Tarsonemidae) in greenhouses and field trials using introductions of predacious mites (Acarina: Tphytoseiidae). **Entomophaga**, [s.l.] 41(2), 279–285.

QUEIROZ, M. C., SATO M. E.. Pyrethroid resistance in *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae): cross-resistance, stability and effect of synergists. **Experimental and Applied Acarology**. [s.l.] 68: 71–82, 2016.

RAJAEI, F., MAROOFPOUR, N., GHANE-JAHROMI, M., SEDARATIAN-JAHROMI, A., & GUEDES, R. N. C. Transgenerational sublethal effects of spiromesifen on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and on its phytoseiid predator *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.] v. 27, n. 5, p. 888-904, 2022.

RIPPER, W.E., GREENSLADE, R.M., HARTLEY, G.S. Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.] 44(4), 448-459, 1951.

RODRIGUEZ-CRUZ, F. A. *et al.* Two predatory mite species as potential control agents of broad mites. **BioControl**, Switzerland: Ed. Springer Nature, v. 62, n. 4, p. 505-513, 2017.

SATO, M. E., M. Z. DA SILVA, M. F. DE SOUZA FILHO, A. L. MATIOLI, RAGA A. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.],42: 107–120. 2007.

SATO, M. E., M. Z. SILVA, A. RAGA, K. G. CANGANI, B. VERONEZ, NICASTRO, D R. L.. Spiromesifen toxicity to the spider mite *Tetranychus urticae* and selectivity to the predator *Neoseiulus californicus*. **Phytoparasitica** [s.l.]. 39: 437–445, 2011.

SAVARY, S. *et al.* The global burden of pathogens and pests on major food crops. **Nature Ecology & Evolution**, [s.l.] v. 3, n. 3, p. 430–439, 4 fev. 2019.

SOUSA NETO, E.P., MENDES, J.A., FILGUEIRAS, R.M.C., LIMA, D.B., GUEDES, R.N.C., MELO, J.W.S.. Effects of Acaricides on the Functional and Numerical Responses of the Phytoseid Predator *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) to Spider Mite Eggs. **Journal of Economy Entomology** [s.l.] 113, 1804–1809, 2020.

- STAPEL, J. O., CORTESERO, A. M., & LEWIS, W. J. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. **Biological Control**, [s.l.], v.17, n. 3, p. 243-249, 2000.
- TEODORO, A. V., PALLINI, A., OLIVEIRA, C.,. Sub-lethal effects of fenbutatin oxide on prey location by the predatory mite *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology** [s.l.], 47. 293-299, 2009.
- TORRES, J. B., & RUBERSON, J. R. Toxicity of thiamethoxam and imidacloprid to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. **Neotropical Entomology** [s.l.], 33(1), 99-106, 2004.
- VAN LENTEREN, J. C., BALE, J., BIGLER, F., HOKKANEN, H. M. T., & LOOMANS, A. J. M. . *Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests*. **Annual Review of Entomology**, [s.l.] 51(1), 609-634 , 2006..
- VÉLEZ, M., BERNARDES, R.C., BARBOSA, W.F., SANTOS, J.C., GUEDES, R.N.C.. Walking activity and dispersal on deltamethrin- and spinosad-treated grains by the maize weevil *Sitophilus zeamais*. **Crop Protection** [s.l.]. 118, 50-56, 2019.
- VILLANUEVA, R.T. AND WALGENBACH, J.F. . Development, oviposition, and mortality of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in response to reduced-risk insecticides. **Journal of Economic Entomology** [s.l.] 98: 2114-2120, 2005.
- WU, S. *et al.* Evaluation of *Stratiolaelaos scimitus* and *Neoseiulus barkeri* for biological control of thrips on greenhouse cucumbers. **Biocontrol science and technology**, London: Ed. Taylor & Francis, v. 24, n. 10, p. 1110-1121, 2014.
- WYCKHUYS, K. A. G., LU, Y., MORALES, H., VAZQUEZ, L. L., LEGASPI, J. C., ELIOPOULOS, P. A., & HERNANDEZ, L. M. (2013). Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. **Biological Control**, [s.l.], 65(1), 152–167, 2013.
- XIN, J.L. **Agricultural Acarology**. Beijing: Ed. Agricultural Press, pp236 (in Chinese), 1988.
- ZHANG, Z.Q. **Mites in greenhouse: identification, biology and control**. Cambridge: CABI. 2003. 244 p.
- ZHENG, Y.; DE CLERCQ, P.; SONG, Z.W.; LI, D.S.; ZHANG, B.X. Functional response of two *Neoseiulus* species preying on *Tetranychus urticae* Koch. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 22, n. 7, p. 1059-1069, 2017.

2 IMPACTO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS SOBRE ASPECTOS BIOLÓGICOS DO ÁCARO PREDADOR *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)

RESUMO

Múltiplos artrópodes-pragas podem ocorrer sobre uma mesma cultura em sistemas agrícolas demandando a integração dos métodos de controle. No presente estudo foi avaliado o efeito da exposição residual de 4 inseticidas-acaricidas de amplo espectro (azadiractina, abamectina, clorfenapir e fenpiroximato) sobre imaturos (tempo de desenvolvimento e sobrevivência) e fêmeas adultas (longevidade, fecundidade e parâmetros de tabela de vida de fertilidade) do ácaro predador *Neoseiulus barkeri*. Adicionalmente, os inseticidas-acaricidas foram categorizados quanto a sua seletividade seguindo a classificação proposta pela IOBC para avaliação da suscetibilidade de artrópodes em experimentos conduzidos em laboratório. O método 004 proposto pelo Insecticide Resistance Action Committee foi adotado para os bioensaios, sendo os predadores expostos a resíduos dos inseticidas-acaricidas. Os bioensaios foram conduzidos com larvas recém emergidas e fêmeas recém emergidas de *N. barkeri*, sendo as larvas acompanhadas até a fase adulta ou até a morte do imaturo e fêmeas acompanhadas até a morte destas. Dentre os inseticidas-acaricidas estudados azadiractina apresentou efeitos mínimos sobre imaturos e adultos de *N. barkeri* (todos não significativos), sendo considerado como inofensivo levando-se em consideração a classificação da toxicidade de acordo com os padrões/categorias propostas pela IOBC. Todos os demais inseticidas-acaricidas apresentaram efeitos sobre imaturos e adultos de *N. barkeri* e foram considerados com levemente prejudicial quanto a toxicidade de acordo com a IOBC.

Palavras-chave: seletividade; compatibilidade; controle biológico; controle químico; tabela de vida.

ABSTRACT

Multiple arthropod pests can occur on the same crop in agricultural systems, requiring the integration of control methods. In the present study, the effect of residual exposure of 4 broad-spectrum insecticides-acaricide (azadiractin, abamectin, chlorfenapyr and fenpyroximate) on immature (developmental and survival time) and adult females (longevity, fecundity and fertility life table parameters) of the predatory mite *Neoseiulus barkeri* was evaluated. Additionally, the insecticides-acaricides were categorized according to their selectivity following the classification proposed by the IOBC for assessing the susceptibility of arthropods in laboratory experiments. The method 004 proposed by the Insecticide Resistance Action Committee was adopted for the bioassays, with predators being exposed to insecticide-acaricide residues. The bioassays were carried out with neonate larvae and recently emerged females of *N. barkeri*, with the larvae monitored until the adult stage or until the immature death, and the females followed until their death. Among the insecticides-acaricides studied, azadiractin had minimal effects on immature and adult *N. barkeri* (all non-significant), being considered harmless taking into account the classification of toxicity according to the standards/categories proposed by the IOBC. All other insecticides-acaricides showed effects on immature and adult *N. barkeri* and were considered slightly harmful in terms of toxicity according to the IOBC.

Keywords: selectivity; compatibility; biological control; chemical control; life table.

2.1 Introdução

Múltiplos artrópodes podem ocorrer sobre uma mesma cultura em sistemas agrícolas dificultando o manejo das espécies nocivas, uma vez que as medidas adotadas para controle de uma espécie podem impactar nas demais que compõem a comunidade e levar a surto de pragas secundárias (Gross & Rosenheim 2011). Nestes sistemas, tanto o controle químico quanto o controle biológico quando utilizados isoladamente são insuficientes para o manejo adequado das espécies pragas (Bueno & Torres 2018). É amplamente aceito que para estes sistemas a melhor opção de manejo é a integração dos métodos de controle, que só é possível através do uso de produtos fitossanitários com baixo ou nenhum impacto sobre os agentes de controle biológico (Croft 1990).

Dentre os agentes de controle biológico, os ácaros predadores destacam-se não só por sua ampla gama de presas potenciais (incluindo ácaros fitófagos, pequenos insetos tais como mosca-branca, fungus gnats e tripes e até mesmo nematoides) (Gerson e Weintraub 2012, McMurtry et al. 2013) mas também por sua adoção em diferentes culturas (fruteiras, hortaliças e ornamentais) (van Lenteren 2012; Knapp et al. 2018; van Lenteren et al. 2018). Estes organismos representam uma fatia expressiva no mercado de agentes de controle biológico sendo o segundo grupo em número de espécies comerciais (Knapp et al. 2018; van Lenteren et al. 2018). Tais fatos têm estimulado estudos explorando a seletividade de produtos químicos (inseticidas-acaricidas) aos ácaros predadores, visando a identificação de combinações compatíveis.

Estudos recentes de seletividade têm demonstrado que os xenobióticos utilizados nos sistemas agrícolas, incluindo aqueles considerados seletivos, apresentaram efeitos não direcionados (letais ou subletais) em pelo menos uma espécie de fitoseídeo (Bergeron et al. 2020, Schmidt-Jeffris et al. 2021). Demonstraram também que os níveis de seletividade não são intercambiáveis entre as espécies (Bergeron et al. 2020, Schmidt-Jeffris et al. 2021), evidenciando a necessidade de se examinar individualmente as principais espécies de fitoseídeos quanto aos aspectos seletivos de todo e qualquer xenobiótico utilizado nos sistemas agrícolas.

Dentre as principais espécies comerciais de fitoseídeos destaca-se *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) que é comercializado na Europa, América Latina e do Sul para controle do ácaro-branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae), do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) e do tripes *Thrips tabaci* L. (Thysonaptera: Thripidae) (van Lenteren et al. 2018, Agrofitec 2023). Apesar do seu amplo uso informações quanto a compatibilidade deste com inseticidas-acaricidas são escassas, ademais

tais estudos normalmente são conduzidos expondo apenas adultos aos tóxicos e ignorando possíveis efeitos sobre imaturos. É esperado que indivíduos adultos sejam menos susceptíveis do que imaturos devido ao seu maior peso (reduzindo a dose por quantidade de massa corporal), e menor razão superfície-volume (reduzindo a exposição relativa da superfície) e também a formação dos escudos. Diante dessas suposições a IOBC (Organização Internacional para o Controle Biológico) recomenda em seus protocolos incluir larvas recém eclodidas nos bioensaios de susceptibilidade inseticidas-acaricidas (Hassan et al. 1985).

No presente estudo foi avaliado o efeito da exposição residual de 4 inseticidas-acaricidas (azadiractina, abamectina, clorfenapir e fenpiroximato) sobre imaturos (larvas e ninfas) (tempo de desenvolvimento e sobrevivência) e adultos (longevidade e parâmetros reprodutivos) de *N. barkeri*. Os inseticidas-acaricidas escolhidos são recomendados e frequentemente utilizados contra potenciais alvos biológicos do predador *N. barkeri*, além de apresentarem distintos modo ação. Adicionalmente, os inseticidas-acaricidas foram classificados quanto a sua seletividade seguindo a classificação proposta pela IOBC para avaliação da suscetibilidade de artrópodes em experimentos conduzidos em laboratório

2.2 Metodologia

2.2.1 Local e condições experimentais

Os bioensaios foram realizados no Laboratório de Manejo de Ácaros e Insetos (LAMAI) da Universidade Federal do Ceará (UFC) em ambiente com condições controladas e reguladas para $25 \pm 2^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\% \text{UR}$ e 12 h de fotofase.

2.2.2 Obtenção e criação do ácaro predador *N. barkeri*

A população de *N. barkeri* foi coletada em cultivo de pimentão no município de Icapuí (Ceará, Brasil, $4^\circ 51' \text{S}$, $37^\circ 21' \text{W}$). Cerca de 200 adultos de *N. barkeri* foram utilizados para estabelecimento das unidades de criação. Estas consistiram de potes plásticos (com aproximadamente 60 cm de altura e 25 cm de diâmetro; com capacidade de 7L), com dois orifícios laterais (7 cm de diâmetro) fechados com tecido *voil* para permitir a entrada de ar. Uma mistura de casca de arroz e vermiculita (3L na proporção de 1:1) foi adicionada aos potes. Semanalmente, em cada unidade de criação foram adicionados 500 mL de farelo de trigo infestado com *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Acaridae), servindo como alimento aos predadores.

Para facilitar a manipulação dos ácaros a serem utilizados nos experimentos, 15 dias antes dos experimentos, uma população de *N. barkeri* (~100 fêmeas) foi retirada dos potes e mantida em bandejas plásticas (18 x 10 x 3,5 cm) contendo espuma úmida de polietileno, sob a qual foi depositada uma placa de PVC preto (14 x 8 cm) circundada por algodão hidrófilo umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros. A partir dessas unidades foi possível a obtenção de indivíduos com idade conhecida.

2.2.3 Produtos e dosagens

Os produtos bem como suas respectivas doses utilizadas são apresentadas na Tabela 1. Estes produtos são recomendados e frequentemente utilizados contra potenciais alvos biológicos do predador *N. barkeri* (AGROFIT, 2022).

Tabela 1. Especificações dos produtos fitossanitários testados de forma residual contra imaturos e adultos de *N. barkeri*.

| Princípio ativo | PC¹ | Modo de ação (IRAC) | i.a. (g/L)² | Fabricante | Dose³ | Cultura | Espécie alvo |
|------------------------|-----------------------|--|-------------------------------|-------------------|-------------------------|--|---------------------------------|
| Azadiractin | Azama x | Desconhecido ou incerto | 12 | UPL | 250mL/100 L | <i>Carica papaya</i> L. | <i>Tetranychus urticae</i> Koch |
| Abamectin | Abame x | Moduladores alostéricos de canais de cloro mediados pelo glutamato | 18 | Sumitomo Chemical | 75mL/100L | <i>Cocos nucifera</i> L. | <i>Raoiella indica</i> Hirst |
| Clorfenapir | Pirate ® | Desaclopadores da fosforilação oxidativa via disrupção do gradiente de prótons | 240 | BASF | 100mL/100 L | <i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum & Nakai | <i>Thrips palmi</i> Karny |
| Fenpiroximato | Ortus 50SC | Inibidores do complexo I da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria | 50 | Nichino do Brasil | 75/100L | <i>Carica papaya</i> L. | <i>Tetranychus urticae</i> Koch |

¹ Produto comercial; ² Ingrediente ativo; ³ Dose recomendada pelo fabricante.

2.2.4 Bioensaios com imaturos e adultos de *N. barkeri*

O método 004 proposto pelo Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) (www.illac-online.org) foi adotado para os bioensaios. Placas de PVC (5 x 5 cm) foram imergidas durante 5 segundos em um volume de 40mL de soluções dos produtos fitossanitários ou em água destilada (controle). Posteriormente, as placas de PVC foram postas para secar em laboratório por 30 minutos. Em seguida as placas foram utilizadas para confecção das unidades experimentais. Estas consistiram de placas de Petri (1,5 cm de altura, Ø 9 cm) contendo espuma de polietileno (1 cm de espessura e Ø 8 cm), sobreposto por um disco de papel de filtro (Ø 7 cm) e pela placa de PVC contendo resíduos dos produtos ou de água destilada. Em cada unidade, a borda da placa de PVC foi coberta com algodão umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros. Como fonte de alimento foram ofertados diferentes estágios de desenvolvimento de *T. putrescentiae*. Todos os bioensaios foram realizados em triplicatas com pelo menos 10 unidades experimentais por diluição.

Para o bioensaio com imaturos de *N. barkeri*, larvas recém emergidas (< 12 horas de idade) foram transferidas para as unidades experimentais. Estas foram acompanhadas a cada 12 horas até alcançarem a fase adulta ou até a morte do imaturo. Os parâmetros avaliados neste bioensaio foram sobrevivência dos imaturos e tempo de desenvolvimento (larva-adulto). Tais parâmetros foram submetidos à análise de sobrevivência de Kaplan-Meier (efeito geral), seguido pelo teste de log-rank (comparações entre pares) (Hosmer e Lemeshow, 1999) através do software SAS.

Para o bioensaio com adultos de *N. barkeri*, foram retiradas da criação fêmeas recém emergidas e grávidas (~7 dias de idade contados a partir de ovo) foram confinadas nas unidades experimentais. As fêmeas foram acompanhadas diariamente até a sua morte, sendo computado a longevidade e fecundidade das fêmeas. Os primeiros dez ovos de cada fêmea foram isolados em novas unidades experimentais, similares ao controle, para determinação da viabilidade dos ovos bem como da razão sexual dos descendentes, sendo esta aferida após montagem de lâminas com os descendentes adultos. A longevidade e fecundidade das fêmeas foram plotadas em função do tempo e em seguida utilizadas para confecção de tabelas de vida de fertilidade sendo estimados os seguintes parâmetros: taxa líquida de reprodução (R_0), taxa de intrínseco populacional (r_m), taxa finita de crescimento populacional (λ) e tempo médio de geração (T). Os erros relacionados a cada parâmetro foram estimados pelo método bootstrap (100.000

iterações), sendo posteriormente realizado o teste bootstrap pareado para comparar as diferenças entre os tratamentos (EFRON & TIBSHIRANI, 1993). Os os parâmetros da tabela de vida de fertilidade foram calculados através do software TWSEX-MSChart (Chi 2020).

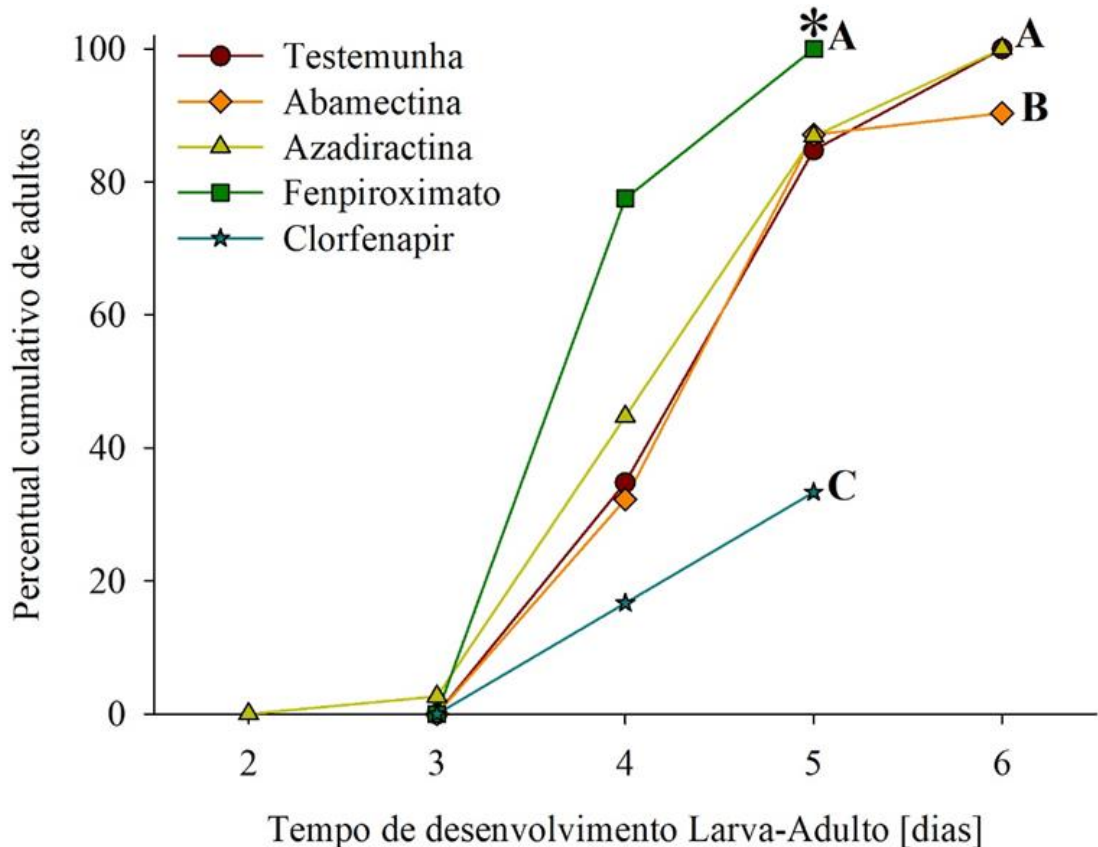
2.2.5 Classificação da seletividade dos produtos fitossanitários segundo IOBC

Os produtos fitossanitários foram classificados quanto a sua seletividade seguindo a classificação proposta pela IOBC (International Organization for Biological Control) para avaliação da suscetibilidade de artrópodes em experimentos conduzidos em laboratório (Sterk *et al.* 1999). Essa classificação de como base o efeito cumulativo do produto sobre o organismo alvo, sendo o efeito cumulativo calculado segundo a fórmula proposta por Vogt *et al.* (1992) ($E = 100\% - (100\% - M\%) \times R1 \times R2$), no qual E = efeito cumulativo; M% = mortalidade corrigida de adultos; R1 = razão do número médio de ovos diários entre os tratamentos e o controle; R2 = razão da viabilidade média de ovos entre os tratamentos e o controle. Os dados para cálculo do efeito cumulativo foram obtidos no bioensaio com adultos de *N. barkeri* levando em consideração apenas os primeiros 10 dias de avaliação. Uma vez conhecido o efeito cumulativo este foi categorizado em uma das seguintes categorias: 1- inofensivos ($E < 30\%$), 2- levemente nocivos ($30 < E < 79\%$), 3- moderadamente nocivos ($80 < E < 99\%$), 4- nocivos ($E > 99\%$).

2.3 Resultados

Apenas abamectina e clofenapir afetaram a sobrevivência dos imaturos de *N. barkeri* (Figura 1). O percentual de imaturos que alcançaram o estágio adulto quando expostos aos resíduos de abamectina foi de aproximadamente 90% e de 35% (Figura 1) quando expostos aos resíduos de clofenapir. Todos os imaturos não expostos aos resíduos (testemunha) ou expostos aos resíduos de azadiractina e fenpiroximato alcançaram o estágio adulto (100% de viabilidade larva-adulto). O tempo de desenvolvimento (larva-adulto) de *N. barkeri* foi afetado apenas pela exposição aos resíduos de fenpiroximato (Figura 1). A exposição aos resíduos de fenpiroximato reduziu o tempo de desenvolvimento de *N. barkeri*. Aproximadamente 80% dos imaturos expostos aos resíduos de fenpiroximato alcançaram o estágio adulto em 4 dias, chegando este percentual a 100% no dia seguinte (5º dia). Para os demais tratamentos também foram encontrados adultos no 4º dia, só que estes corresponderam a menos do que 40% dos imaturos, grande parte dos imaturos alcançaram o estágio adulto entre o 5º e 6º dia.

Figura 1. Percentual cumulativo de adultos de *Neoseiulus barkeri* em função do seu tempo de desenvolvimento (Larva-Adulto) quando expostos ou não a resíduos dos inseticidas-acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato ou clorfenapir. Curvas seguidas por mesma letra não diferem entre si quanto ao percentual cumulativo de adultos enquanto que curvas indicadas com asterisco difere das demais quanto ao tempo de desenvolvimento.



Fonte: elaborado pelo autor.

Quando comparado ao tratamento controle a exposição aos resíduos de azadiractina não afetou a curva de sobrevivência ($\chi^2= 19,41$; gl= 4; P= 0,0007), nem o tempo médio de sobrevivência das fêmeas de *N. barkeri* ($\chi^2= 18,21$; gl= 4; P= 0,0011) os demais produtos afetaram ambos os parâmetros (Figura 2A e 2B). Fêmeas não expostas a resíduos dos produtos fitossanitários sobreviveram em média 37,95 dias e no máximo 87 dias, sendo os primeiros eventos de mortalidade observados aos 14 dias (Figura 2A e 2B). A exposição aos resíduos dos produtos fitossanitários promoveu eventos de mortalidade antes dos 10 primeiros dias de avaliação, sendo a sobrevivência média 21,7; 26,6; 22,7; e 12,0 dias, e máxima 70, 70, 39 e 77 dias para abamectina, azadiractina, clorfenapir e fenpiroximato, respectivamente.

Independentemente da exposição aos resíduos dos produtos fitossanitários, fêmeas de *N. barkeri* apresentaram picos de oviposição no início do período de oviposição (antes do 10º

dia), sendo estes próximos a 3,0 ovos/fêmea (Figura 2C). O período de oviposição das fêmeas foi de 38, 41, 51, 28 e 34 dias para fêmeas não expostas ou expostas aos de resíduos de abamectina, azadiractina, clorfenapir e fenpiroximato, respectivamente. O número médio de ovos por fêmea por dia também não foi afetado pela exposição aos resíduos dos produtos fitossanitários ($\chi^2= 3,60$; gl= 4; P= 0,46, Figura 2D).

Figura 2. Curvas de sobrevivência (A), tempo médio de sobrevivência (B), número médio de ovos por fêmea em função do período de oviposição (C) e número médio de ovos por fêmea por dia (D) de fêmeas de *Neoseiulus barkeri* expostas ou não a resíduos dos inseticidas-acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato ou clorfenapir.

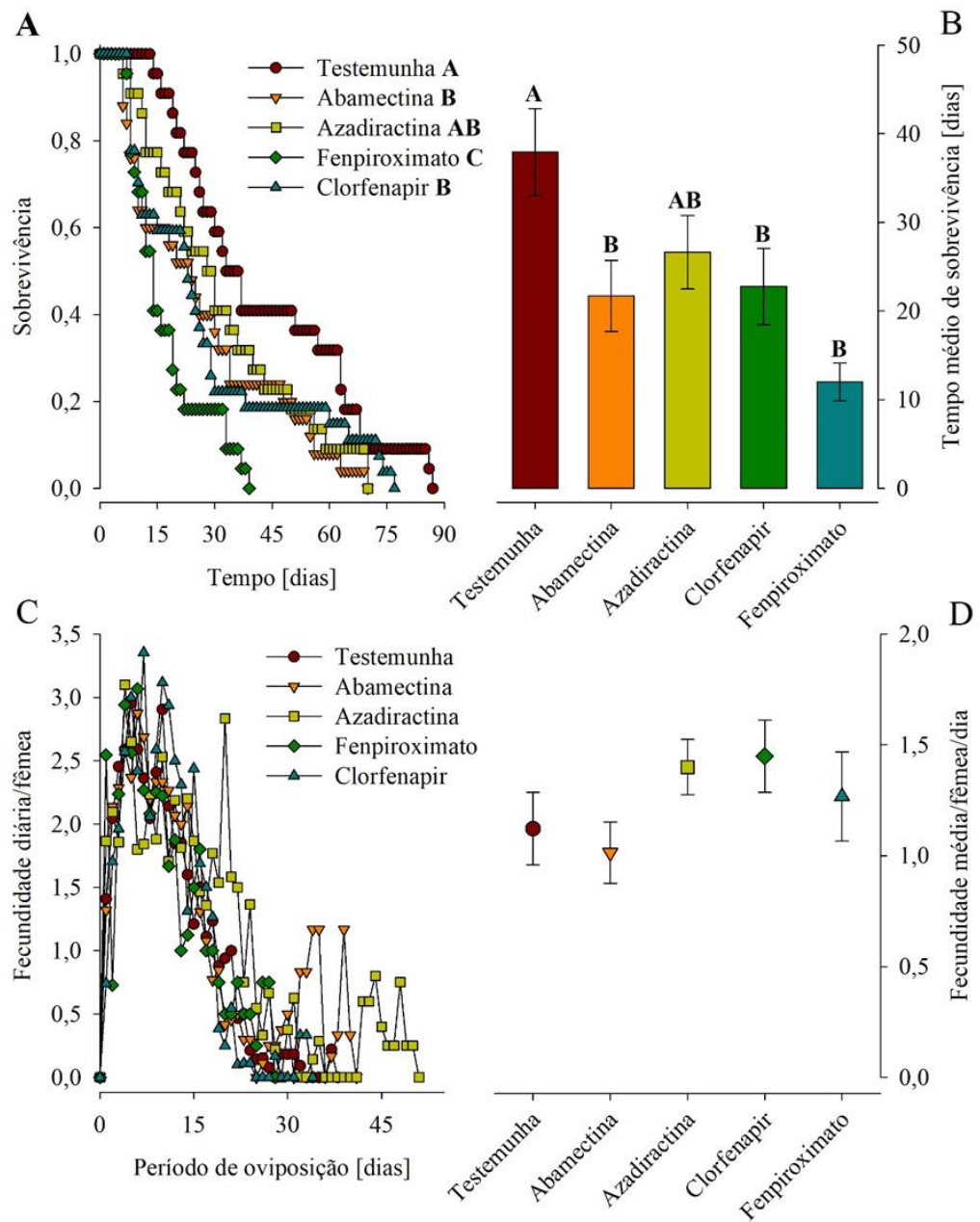
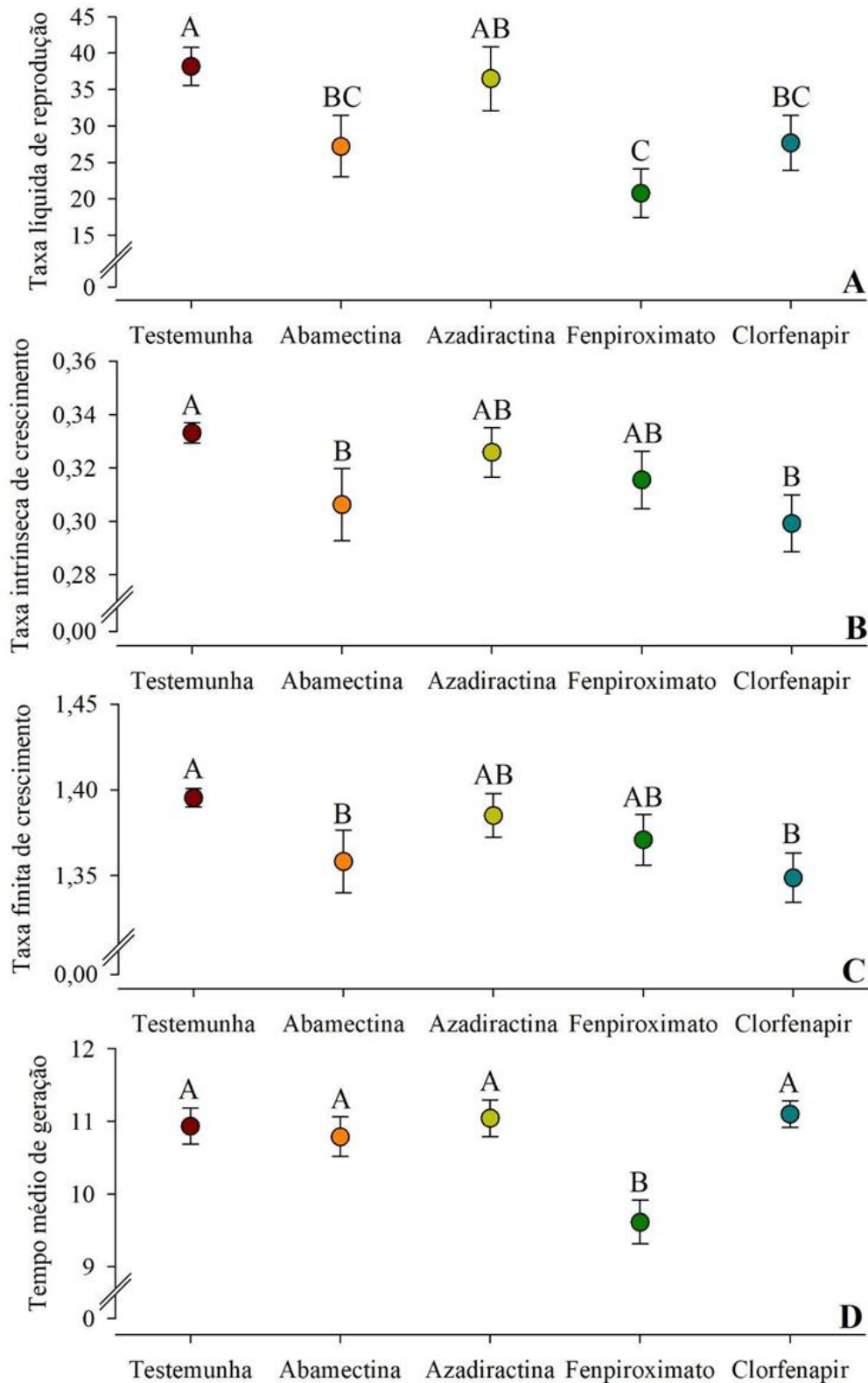


Figura 3. Taxa líquida de reprodução (A), taxa intrínseca de crescimento (B), taxa finita de crescimento populacional (C) e tempo médio de geração (D) de *Neoseiulus barkeri* expostos ou não a resíduos de abamectina, azadiractina, fenpiroximato ou clorfenapir. Médias seguidas por mesma letra não diferem entre si através do teste de bootstrap.



A exposição das fêmeas de *N. barkeri* aos resíduos de azadiractina não alterou nenhum dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade, todos os demais produtos alteraram (reduziram) pelo menos um dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade (Figura 3A, 3B, 3C e 3D). A exposição das fêmeas de *N. barkeri* aos resíduos de abamectina e clorfenapir resultou em redução da taxa líquida de reprodução, da taxa intrínseca de crescimento populacional e da taxa finita de crescimento populacional (Figura 3A, 3B e 3C). A exposição das fêmeas de *N. barkeri* aos resíduos de fenpiroximato apenas reduziu a taxa líquida de reprodução e o tempo médio de geração (Figura 3A e 3D)

Considerando o efeito cumulativo dos produtos fitossanitários avaliados e classificação da toxicidade de acordo com os padrões/categorias propostas pela IOBC, azadiractina foi o único produto considerado inofensivo a *N. barkeri* com efeito cumulativo inferior a 30%. Os demais produtos foram considerados levemente prejudiciais a *N. barkeri* com efeitos cumulativos entre 30 e 79% (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito dos produtos fitossanitários sobre *Neoseiulus barkeri* após 10 dias de exposição aos resíduos em bioensaios de laboratório.

| Princípio ativo | M (%) ^a | R1 ^b | R2 ^c | E ^d (%) | Classe (IOBC) ^e |
|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|--------------------|----------------------------|
| Abamectin | 37,21 | 0,84 | 0,98 | 48,58 | Levemente prejudicial |
| Azadiractin | 19,13 | 0,89 | 0,98 | 29,79 | Inofensivo |
| Clorfenapir | 34,10 | 0,96 | 0,97 | 38,71 | Levemente prejudicial |
| Fenpiroximato | 57,19 | 0,84 | 0,96 | 65,65 | Levemente prejudicial |

^aM = Mortalidade corrigida (Abbott, 1925); ^bR1 = Razão entre o número total de ovos depositados por fêmea quando exposta ao princípio ativo e o número total de ovos depositados por fêmeas não expostas; ^cR2 = Razão entre o percentual de larvas que eclodiram dos ovos depositados por fêmeas expostas ao princípio ativo e o percentual de larvas que eclodiram dos ovos depositados por fêmeas não expostas; ^dEfeito cumulativo do princípio ativo sobre o organismo teste; ^eClassificação quanto a susceptibilidade proposta pela IOBC.

2.4 Discussão

Dentre os inseticidas-acaricidas estudados azadiractina apresentou efeitos mínimos sobre imaturos e adultos de *N. barkeri* (todos não significativos), sendo considerado como inofensivo levando-se em consideração a classificação da toxicidade de acordo com os padrões/categorias propostas pela IOBC. Todos os demais inseticidas-acaricidas apresentaram efeitos sobre imaturos e adultos de *N. barkeri* e foram considerados com levemente prejudicial quanto a toxicidade de acordo com a IOBC.

Azadiractina é o inseticida-acaricida botânico de maior sucesso em sistemas agrícolas no mundo, especialmente em sistemas orgânicos (ISMAN & GRIENEISEN 2014, CAMPOS et al. 2019). Apesar da elevada frequência de uso de azadiractina, sua segurança para artrópodes não alvo tem sido questionada, especialmente ao considerar seus efeitos sub-letais (QI et al. 2001, CORDEIRO et al. 2010, LIMA et al. 2015). No presente estudo foram conduzidos bioensaios com imaturos e adultos de *N. barkeri* avaliando tanto efeitos letais (sobrevivência de imaturos e de fêmeas recém emergidas), quanto sub-letais (tempo de desenvolvimento de imaturos e parâmetros reprodutivos de fêmeas recém emergidas), e nenhum dos parâmetros analisados foi alterado pela exposição aos resíduos de azadiractina. Estes resultados sugerem que a azadiractina, na dose aqui utilizada, é inofensivo a *N. barkeri*, sendo inclusive esta sua classificação na IOBC quanto a sua toxicidade. Resultados semelhantes têm sido observados para outros ácaros predadores tais como: *Euseius gallicus* Kreiter & Tixier (Acari: Phytoseiidae) (PUT et al. 2015), *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) (LIMA et al. 2016), *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (Acari: Laelapidae) e *Cosmolaelaps brevistilis* (Karg) (Acari: Laelapidae) (DUARTE et al. 2020). Por outro lado, existem espécies de ácaros predadores sensíveis a azadiractina, como é o caso do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae), que apresentou elevada mortalidade (~ 90%) após exposição a azadiractina (MOURÃO et al. 2004). Tais diferença quanto a susceptibilidade de ácaros predadores a azadiractina pode ser explicada tanto devido a características intrínseca do produto (formulação, doses, quantidade de ingrediente ativos ou parte da planta utilizada para obtenção do extrato) quanto intrínseca a espécie de predador (idade, tamanho, hábito alimentar, composição cuticular e/ou enzimática) (BUENO et al. 2017, VIDAL & KREITER 1995, LIMA et al. 2015b, BERGERON & SCHMIDT-JEFFRIS 2020, SCHMIDT-JEFFRIS et al. 2021).

Abamectina, clorfenapir e fenpiroximato apresentaram efeitos tanto sobre imaturos quanto sobre adultos de *N. barkeri*, sendo considerados como levemente prejudiciais quanto a sua toxicidade de acordo com a classificação proposta pela IOBC. Tais produtos são considerados de amplo espectro de ação sendo utilizados contra insetos e ácaros em uma grande variedade de plantas (YU 2008, BERGERON & SCHMIDT-JEFFRIS 2020, ZHAO et al. 2017, AGROFIT 2022), e por isso efeitos sobre *N. barkeri* eram esperados. Em imaturos de *N. barkeri*, abamectina e clorfenapir apenas reduziram a sobrevivência destes não alterando seu tempo de desenvolvimento, o inverso foi observado para fenpiroximato. A redução da sobrevivência de imaturos de fitoseídeos quando expostos a resíduos de abamectina, clorfenapir ou fenpiroximato já foi relatada em estudos prévios, envolvendo espécies como *Neoseiulus fallacis* (Garman), *Neoseiulus californicus* McGregor e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, em alguns casos nenhum dos imaturo alcançou a fase adulta (redução de 100%) (KIN & YOO 2002, BERGERON & SCHMIDT-JEFFRIS 2020). Por outro lado, a redução no tempo de desenvolvimento após a exposição a resíduos de tóxicos é algo pouco mencionado para ácaros predadores, talvez porque este parâmetro não tenha sido considerado nos estudos ou devido a uma não alteração deste. No presente estudo foi observado que a exposição dos imaturos de *N. barkeri* aos resíduos de fenpiroximato resultou em um menor tempo requerido para alcançar a fase adulta. Resultado semelhante foi recentemente observado por Bozhgani et al. (2018) para imaturos de *N. californicus* quando expostos a espirotetramat, especialmente devido a redução do tempo de incubação dos ovos e em menor grau para protoninfas e deutoninfas. No presente estudo o desenvolvimento dos imaturos de *N. barkeri* foi computado a partir de larvas neonatas, assim, é possível que a redução observada esteja subestimada.

Resíduos de abamectina, clorfenapir e fenpiroximato afetaram também a sobrevivência/longevidade das fêmeas de *N. barkeri* mas não sua fecundidade média diária. Em artrópodes alterações em parâmetros reprodutivos normalmente são explicados através do trade-off fisiológico entre fecundidade e longevidade (GUEDES et al. 2016, 2017). Dessa forma, apenas parte da energia obtida através da alimentação é convertida em ovos, enquanto o restante é usado para manter as atividades vitais do organismo, como custos metabólicos e respiração (BAUMGARTNER et al. 1987). A produção de ovos por ácaros predadores demanda muito de sua alimentação, não só pelo número de ovos produzidos, mas também pela quantidade de energia investida por ovo (SABELIS 1985b). O não investimento energético ou sua redução pode prolongar a longevidade dos ácaros, como observado para *N. californicus* (GOTOH et al. 2006). No presente estudo, as fêmeas de *N. barkeri* não apresentaram alterações

quanto a fecundidade média diária após a exposição aos produtos, porém tiveram sua longevidade reduzida fazendo com que tivessem uma menor fecundidade total. Este fato seguramente contribuiu para redução dos parâmetros de tabela de vida de fertilidade, em especial da R_0 , r_m e λ . A redução em parâmetros de tabela de vida e de fertilidade de predadores em decorrência da exposição a resíduos tóxicos, é observado com frequência para diversas espécies de fitoseídeos (HAMEDI et al. 2010, PARK et al. 2011, ALINEJAD et al. 2014, LIMA et al. 2016, ALINEJAD et al. 2020). O tempo médio de geração para ácaros predadores após exposição a tóxicos quando alterados normalmente aumentam este parâmetro (HAMEDI et al. 2010, PARK et al. 2011, ALINEJAD et al. 2014, LIMA et al. 2016, ALINEJAD et al. 2020). No presente estudo foi verificado que a exposição a fenpiroximato reduziu o tempo médio de geração. Esta redução provavelmente é uma consequência da redução do tempo de desenvolvimento dos imaturos. No entanto, essa é uma questão que merece uma investigação mais detalhada.

O presente estudo demonstrou que azadiractina é inofensivo a imaturos e adultos de *N. barkeri* e que abamectina, clorfenapir e fenpiroximato mostraram-se levemente prejudiciais a imaturos e adultos de *N. barkeri*. Estes resultados reforçam aquilo que foi evidenciado em um estudo recente de meta-análise utilizando pouco mais de 150 artigos revelando que imaturos e adultos de fitoseídeos não diferem em sensibilidade quando expostos a tóxicos (SCHMIDT-JEFFRIS et al. 2021). É possível que os inseticidas-acaricidas aqui testados sejam de fato compatíveis com o ácaro predador *N. barkeri*. No entanto, ressalta-se que no presente estudo apenas parâmetros fisiológicos e reprodutivos foram investigados, ignorando aspectos comportamentais. Estes são igualmente importantes e podem por exemplo comprometer a ação do predador como agentes de controle biológico. Assim, faz-se necessário que os aspectos comportamentais sejam considerados para assegurar a compatibilidade ou dos inseticidas-acaricidas com o ácaro predador *N. barkeri*.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura do Governo Federal. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 22 dez. 2022.
- AHMAD, M.; OSSIEWATSCH, H.R.; BASEDOW, T. Effects of neem treated aphids as food/hosts on their predators and parasitoids. **Journal of Applied Entomology**, [s.l.] 127, 458–464. 2003 <https://doi.org/10.1046/j.0931-2048.2003.00779.x>
- ALINEJAD, M.; KHERADMAND, K.; FATHIPOUR, Y. Sublethal effects of fenazaquin on life table parameters of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**. [s.l.] 64(3):361-373, 2014
- ALINEJAD, M.; KHERADMAND, K.; FATHIPOUR, Y. Demographic analysis of sublethal effects of propargite on *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae): Advantages of using age-stage, two sex life table in ecotoxicological studies. **Systematic and applied acarology**, [s.l.] 25(5), 906-917, 2020.
- ALVES, S. B.; LOPES, R. B. **Controle microbiano de pragas na América Latina: avanços e desafios**. Piracicaba: **Fealq**, 2008. 414 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luis de Queiroz, 14).
- ALZOUBI, S.; S. ÇOBANOĞLU. Bioassay of some pesticides on twospotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch and predatory mite *Phytoseiulus persimilis* A-H. **International Journal of Acarology**. Oak Park, v. 36, p. 267–272. 2010.
- ASSIS, C. P.O.; DE MORAIS, E.G.; GONDIM JR, M.G.C. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**. [s.l.] 60, 357–365, 2013. doi: 10.1007/s10493-012- 9647-5
- BARBOSA, P. **Conservation biological control**. San Diego: Academic press. p. 396, 1998.
- BARROS, M. E. N.; DA SILVA, F. W. B.; NETO, E. P. D. S.; BISNETO, M. C. D. R.; DE LIMA, D. B.; MELO, J. W. D. S. Acaricide-impaired functional and numerical responses of the predatory mite, *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to the pest mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.] v. 27, n. 1, p. 33-44, 2022.
- BARROSO, Geovanny et al. Are Pesticides Used to Control Thrips Harmonious with Soil-Dwelling Predatory Mite *Cosmolaelaps sabelis* (Mesostigmata: Laelapidae)?. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.] v. 115, n. 1, p. 151-159, 2022.
- BAUMGÄRTNER, J.; BIERI M.; DELUCCHI, V. Growth and development of immature life stages of *Propylaea 14-punctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. [Col.: Coccinellidae] simulated by the metabolic pool model. **Entomophaga** [s.l.], v. 32, p. 415–423. 1987

BERGERON, Paul E.; SCHMIDT-JEFFRIS, Rebecca A. Not all predators are equal: miticide non-target effects and differential selectivity. **Pest management science**, [s.l.] v. 76, n. 6, p. 2170-2179, 2020.

BOSTANIAN, N. J., BEUDJEKIAN, S., MCGREGOR, E., & RACETTE, G. A modified excised leaf disc method to estimate the toxicity of slow- and fast-acting reduced-risk acaricides to mites. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 102(6), p. 2084-2089 . 2009

BOZHGANI, N.S.S. & TALEBI, A.A..The effects of spirotetramat on the demographic parameters of *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.] , v. 23(10), p. 1952–1964, 2018

BRUNNER, J. F. Integrated pest management in tree fruit crops. 2014, pp. 15-30. N.K. Van Alfen (Ed.), **Encyclopedia of Agriculture and Food Systems**, [s.l.], Elsevier.

BUENO, A. D. F., CARVALHO, G. A., SANTOS, A. C. D., SOSA-GÓMEZ, D. R., & SILVA, D. M. D. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, Santa maria, v.47, 2017.

BUENO, V. H. P.; JUNIOR, J.; JUNIOR, A. M.; SILVEIRA, L. D. Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável 2015. Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras. Retirado de:
<http://www.den.ufla.br/attachments/article/75/ApostilaCB>, 20.

CAMPOS E.V.R.; PROENÇA P.L.F.; OLIVEIRA, J.L.; ABHILASH, M.B.P.C.; FRACETO, L.F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives, **Ecological Indicators**, [s.l.]. v. 105, p. 483-495. 2019.

CHI, H. TWSEX-MSChart: A Computer Program for the Age-Stage, Two-Sex Life Table analysis, 2020. Disponível em: <http://140.120.197.173/ecology/>.

CORDEIRO E.M.G., CORRÊA A.S., VENZON M., GUEDES R.N.C. . Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. **Chemosphere**. [s.l.], ; 81: 1352–1357. 2010.

CROFT, B.A., 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. New York, 16. Wiley & Sons, 723pp, 1990.

CULLEN, R.; WARNER, K.D.; JONSSON, M.; WRATTEN, S.D. Economics and adoption of conservation biological control. **Biological Control**, [s.l.], v. 45, p. 272–280, 2008.

DE ARMAS, F. S.; GRUTZMACHER, D.A.; NAVA, E.D.; PASINI, A.R.; RAKES, M., & DE BASTOS PAZINI, J. . Non-target toxicity of nine agrochemicals toward larvae and adults of two generalist predators active in peach orchards. **Ecotoxicology**, [s.l.]. v. 29, p. 327-339, ., 2020.

DE MORAES, G. J. *et al.* A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, Auckland, New Zealand: Ed. Magnolia Press, v. 434, n. 1, p. 1-494, 2004.

- DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CASTILHO, R.C. Phytoseiidae database. <http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae/> Acesso em: 20 de nov. 2022.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A. DELPUECH, J.M. . The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v.52, p.81–106, 2007.
- DÖKER, İ., KAZAK, C., 2019. Non-target effects of five acaricides on a native population of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, Oak Park., v. 45, p. 69-74, 2019.
- DÖKER, I.; KAZAK, C.; KARUT, K. Functional response and fecundity of a native *Neoseiulus californicus* population to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at extreme humidity conditions. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 21, p. 1463–1472, 2016.
- DUARTE, A.D.A. F.; DE BASTOS PAZINI J.; DUARTE J.L.P., et al. Compatibility of pesticides used in strawberry crops with predatory mites *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) and *Cosmolaelaps brevistilis* (Karg). **Ecotoxicology**, [s.l.], v. 29, p. 148-155, 2020.
- FAN, Y. Q.; PETITT, F. L. Biological control of broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), by *Neoseiulus barkeri* Hughes on pepper. **Biological control**, Orlando: Ed. Elsevier, v. 4, n. 4, p. 390-395, 1994a.
- FAN, Y.; PETITT, F. L. Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], Switzerland: Ed. Springer Nature, v. 18, n. 10, p. 613-621, 1994b.
- FERNANDES, F.L.; PICANÇO, M.C.; Fernandes, M.E S.; Xavier, V.M.; Martins, J.C.; Silva, V.F. Controle biológico natural de pragas e interações ecológicas com predadores e parasitoides em feijoeiro. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v.26, n.1, p.6–14, 2010.
- FERNÁNDEZ, M. M.; MEDINA, P.; WANUMEN, A.; DEL ESTAL, P.; SMAGGHE, G.; VIÑUELA, E. Compatibility of sulfoxaflo and other modern pesticides with adults of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. Residual contact and persistence studies. **BioControl**. [s.l.], v. 62, p.197-208, , 2017. doi:10.1007/s10526-017-9784-1
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; APTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920p, 2002.
- GARCÍA-MARÍ, F.; GONZÁLEZ-ZAMORA, J.E. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valenica, Spain. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 23, n. 6, p. 487-495, 1999.

GERSON U.; SMILEY R.L.; OCHOA R. The effect of agricultural chemicals on acarine biocontrol agents, in *Mites (Acari) for Pest Control*. **Blackwell Science**, Oxford, pp. 367–383, 2003.

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

GERSON, U.; WEINTRAUB, P.G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 57, p. 229–247, 2012.

GIGON, V.; CAMPS, C.; CORFF, J.L. Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 68, n. 1, p. 55-70, 2016.

GOTOH, T.; TSUCHIYA, A.; KITASHIMA, Y. Influence of prey on developmental performance, reproduction and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**. [s.l.], v. 40, p.189–204, 2006.

GROSS, K., & ROSENHEIM, J. A. Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. **Ecological Applications**, [s.l.], v. 21, n. 7, p. 2770-2780, 2011.

GUEDES, R. N. C.; WALSE, S. S.; THRONE, J. E. Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. **Current opinion in insect science** [s.l.], v. 21, p. 47-53,

GUEDES, R.N.C.; SMAGGHE, G.; STARK, J.D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 61, p.43–62. 2016

HAJEK, A.E. (2004) *Natural enemies: an introduction to biological control*. **Cambridge University Press**, Cambridge

HAMEDI, N.; FATHIPOUR, Y.; SABER, M. Sublethal effects of fenpyroximate on life table parameters of the predatory mite *Phytoseius plumifer*. **Biocontrol**, [s.l.] v. 55, p. 271–278, 2010.

HAMEDI, N.; FATHIPOUR, Y.; SABER, M.. Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & Applied Acarology**, [s.l.], v. 53, p. 29–40, 2011.

HASSAN S.A., et al . Standard methods to test the side-effects of pesticides on natural enemies 19 of insects and mites developed by the IOBC/WPRS working group ‘Pesticides and Beneficial 20 Organisms’. **EPPO Bulletin** [s.l.] v. 15, p.214–255, 1985.

HEIMPEL, G. E.; MILLS, N. J. **Biological control**. Cambridge University Press, 2017.

HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. Arthropod biological control agentes. In: HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. (eds) **Biological Control in Plant Protection: A Color Handbook**. Broken Sound Parkway, New York, 276 p., 2014. 21

HOSMER DW, LEMESHOW S. Applied survival analysis: Time-to-event. Wiley-Interscience, 1999

HOY, M. A. Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. **Experimental and applied acarology**, [s.l.], Switzerland: Ed. Springer Nature, v. 57, n. 3, p. 381-393, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10526-009-9239-4>

HUA, R.M.; CAO, H.Q.; XU, G.W.; TANG, F.; LI, X.D. The integrative toxicity effects of beta-cypermethrin on *Propylea japonica* larvae and *Aphis gossypii* adults. **Acta Phytophysiological Sinica**, [s.l.], v. 31, p. 96–100, 2004.

IRAC, 2012. Classificação do modo de ação dos inseticidas. Disponível em: http://www.irac-br.org.br/Arquivos/Folder_Acao.pdf . Acesso em: 15 out 2022].

ISMAN, M.B.; GRIENEISEN, M.L. Botanical insecticide research: Many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, Oxford. v. 19, p.140–145, 2014;.

ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology** [s.l.]. v. 51, p. 45–66, 2006.

IWASSAKI, L. A.; SATO, M. E.; CALEGARIO, F. F.; POLETTI, M.; MAIA, A. D. E. H. Comparison of conventional and integrated programs for control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Experimental Applied Acarology** [s.l.]. v. 65, p. 205–217, 2015.

JAROSIK, V.; PLIVA, J. Assessment of *Amblyseius barkeri* (Acarina: Phytoseiidae) as a control agent for thrips on greenhouse cucumbers. **Acta Societatis Zoologicae Bohemicae**, Czech Republic: Ed. Czech Zoological Society, v. 59, n. 3, p. 177-186, 1995.

JEPSON, P.C. (1989) The temporal and spatial dynamics pesticide side effects on non-target invertebrates. In: Jepson, P.C. (Ed.), *Pesticides and non-target invertebrates*. **Intercept, Wimborne**, pp. 95–128. 1989, disponível em <https://ci.nii.ac.jp/naid/10006969355/>.

JOHNSON, M. W.; B. E. TABASHNIK. . Enhanced biological control through pesticide selectivity, pp. 297–312, 1999. In T. S. Bellows, T. W. Fisher and L. E. Caltagirone (eds.), *Handbook of biological control*. Academic Press, San Diego, CA.

KNAPP, M; VAN HOUTEN, Y.; VAN BAAL, E., GROOT, T. Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. **Acarologia** [s.l.], v. 58, p. 72-82, 2018.

LEFEBVRE, M.; BOSTANIAN, N. J.; MAUFFETTE, Y.; RACETTE, G.; THISTLEWOOD, H. A.; HARDMAN, J. M. Laboratory-based toxicological assessments of new insecticides on

mortality and fecundity of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v.105(3), p. 866-871. 2012.

LI, L.; JIAO, R.; YU, L.; HE, X. Z.; HE, L.; XU, C.; ZANG, L.; LIU, J. Functional response and prey stage preference of *Neoseiulus barkeri* on *Tarsonemus confusus*. **Systematic & Applied Acarology**, [s.l.] v. 23(11), p. 2244-2258, 2018.

LI, Y.Y.; LIU, M.X.; ZHOU, H.W.; TIAN, C.B.; ZHANG, G.H.; LIU, Y.Q.; LIU, H.; WANG, J.J. Evaluation of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) for control of *Eotetranychus kankitus* (Acari: Tetranychidae). **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 110(3), p. 903–914, 2017.

LIMA, D.B.; MELO, J.W.S.; GONDIM JR., M.G.C.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA JEM Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite *Neoseiulus baraki*. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v.70, p. 165–177, 2016.

LIMA, D. B.; MELO, J. W. S.; GONDIM JR, M. G. C.; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, J. D. M.; PALLINI, A. Acaricide-impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. **Ecotoxicology**. [s.l.] , v. 24, p. 1124-1130, 2015a.

LIMA, D. B.; MELO, J. W. S.; GUEDES, N. M. P.; GONTIJO, L. M.; GUEDES, R. N. C.; GONDIM JR, M. G. C. Bioinsecticide-predator interactions: azadirachtin behavioral and reproductive impairment of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **PLoS One**. [s.l.] 10, e0118343. 2015b

LIMA, D. B.; MELO, J.W.S.; GONDIM JR, M.G.C.; GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, J. E. Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite *Neoseiulus baraki*. **Experimental and Applied Acarology** [s.l.], v. 70, p. 165-177, 2016.

LIMA, D. B., MONTEIRO, V. B., GUEDES, R. N. C., SIQUEIRA, H. A. A., PALLINI, A., GONDIM, M. G. C.. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **BioControl** [s.l.]. v. 58, p.595-605, 2013b.

LIMA, D.B., MELO, J. W. S., GUEDES, R.N., SIQUEIRA, H.A., PALLINI, A., GONDIM Jr, M.G.C.. Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **Experimental and Applied Acarology**. [s.l.], v. 60 (3), p. 381–393, 2013a.

MCMURTRY, J. A.; DE MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], [s.n.], v. 18, n. 4, p. 297-320, 2013.

MONTEIRO, V. B., SILVA, V. F., LIMA, D. B., GUEDES, R. N. C., GONDIM JR, M. G. C.. Pesticides and passive dispersal: acaricide- and starvation-induced take-off of the predatory mite *Neoseiulus baraki*. **Pest Management Science**. [s.l.] 74: 1272–1278, 2018.

- MOURÃO, S.A., SILVA J.C.T.; GUEDES, R.N.C.; VENZON, M.; JHAM, G.N.; OLIVEIRA, C.L.; ZANUNCIO, J.C... Seletividade de extratos de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology** [s.l.], v. 33, p. 613-617, 2004.
- O'BRIEN, R.D. **Toxic phosphorus esters**. New York, Academic, 1960, 434p.
- OPIT, G.P.; PERRET, J.; HOLT, K.; NECHOLS, J.R.; MARGOLIES, D.C.; WILLIAMS, K.A. Comparing Chemical and Biological Control Strategies for Twospotted Spider Mites (Acari: Tetranychidae) in Commercial Greenhouse Production of Bedding Plants. **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 102, n. 1, p. 336-346, 2009.
- PARK, J.J.; KIM, M.; LEE, JH. et al. . Sublethal effects of fenpyroximate and pyridaben on two predatory mite species, *Neoseiulus womersleyi* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari, Phytoseiidae). **Experimental Applied Acarology** [s.l.], v. 54, p. 243–259, 2011.
- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORREA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. 2002. Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. **Editora Manole**, São Paulo. 609p.
- PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia. In: PARRA, J.R.P; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 1-16
- PEÑA, J.E. & OSBORNE, L. Biological Control of *Polyphagotarsonemus latus* (Acarina: Tarsonemidae) in greenhouses and field trials using introductions of predacious mites (Acarina: Tphytoseiidae). **Entomophaga**, v. 41(2), p. 279–285, 1996.
- PUT, K.; BOLLENS, T.; WÄCKERS, F.; PEKAS, A. Non-target effects of commonly used plant protection products in roses on the predatory mite *Euseius gallicus* Kreiter & Tixier (Acari: Phytoseiidae). **Pest Management Science**, [s.l.], v. 72(7), p. 1373–1380, 2015.
- QI, B.; GORDON, G.; GIMME, W. Effects of neem-fed prey on the predacious insects *Harmonia conformis* (Boisduval) (Coleoptera: Coccinellidae) and *Mallada signatus* (Schneider) (Neuroptera: Chrysopidae). **Biological Control**. [s.l.], v. 22, p. 185–190. 2001.
- QUEIROZ, M. C., SATO M. E.. Pyrethroid resistance in *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae): cross-resistance, stability and effect of synergists. **Experimental and Applied Acarology**. [s.l.], v. 68, p. 71–82, 2016.
- RAJAEI, F.; MAROOFPOUR, N.; GHANE-JAHROMI, M.; SEDARATIAN-JAHROMI, A.; GUEDES, R.N.C. Transgenerational sublethal effects of spiromesifen on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and on its phytoseiid predator *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.] v. 27, n. 5, p. 888-904, 2022.
- RIGA, M.; TSAKIRELI, D.; ILIAS, A.; MOROU, E.; MYRIDAKIS, A.; STEPHANOU, E. G.; VONTAS, J. Abamectin is metabolized by CYP392A16, a cytochrome P450

associated with high levels of acaricide resistance in *Tetranychus urticae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. v. 46, p. 43-53, 2014.

RIPPER, W.E.; GREENSLADE, R.M.; HARTLEY, G.S. Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 44(4), p. 448-459, 1951.

RODRIGUEZ-CRUZ, F. A. *et al.* Two predatory mite species as potential control agents of broad mites. **BioControl**, Switzerland: Ed. Springer Nature, v. 62, n. 4, p. 505-513, 2017.

SATO, M. E.; DA SILVA, M.Z.; DE SOUZA FILHO, M.F.; MATIOLI, A.L.; RAGA, A. Management of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in strawberry fields with *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) and acaricides. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 42, p. 107–120. 2007.

SATO, M. E.; SILVA, M. Z.; RAGA, A.; CANGANI, K.G.; VERONEZ, B.; NICASTRO, D.R.L. Spiromesifen toxicity to the spider mite *Tetranychus urticae* and selectivity to the predator *Neoseiulus californicus*. **Phytoparasitica** [s.l.]. v. 39, p. 437–445, 2011.

SAVARY, S. *et al.* The global burden of pathogens and pests on major food crops. **Nature Ecology & Evolution**, [s.l.] v. 3, n. 3, p. 430–439, 4 fev. 2019.

SCHMIDT-JEFFRIS, R.A.; BEERS, E.H.; SATER, C. Meta-analysis and review of pesticide non-target effects on phytoseiids, key biological control agents. **Pest Management Science** [s.l.], v.77, p. 4848–4862, 2021.

SOUSA NETO, E.P.; MENDES, J.A.; FILGUEIRAS, R.M.C.; LIMA, D.B.; GUEDES, R.N.C.; MELO, J.W.S. Effects of Acaricides on the Functional and Numerical Responses of the Phytoseiid Predator *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) to Spider Mite Eggs. **Journal of Economy Entomology** [s.l.] v. 113, 1804–1809, 2020.

STAPEL, J. O., CORTESERO, A. M., & LEWIS, W. J. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. **Biological Control**, [s.l.], v.17, n. 3, p. 243-249, 2000.

TEODORO, A. V., PALLINI, A., OLIVEIRA, C.,. Sub-lethal effects of fenbutatin oxide on prey location by the predatory mite *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology** [s.l.], 47. 293-299, 2009.

TIBSHIRANI, R.J.; EFRON, B. An introduction to the bootstrap. Monographs on statistics and applied probability. Chapman & Hall, London, 1993.

TORRES, J. B., & RUBERSON, J. R. Toxicity of thiamethoxam and imidacloprid to *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) nymphs associated to aphid and whitefly control in cotton. **Neotropical Entomology** [s.l.], 33(1), 99-106, 2004.

TORRES, J.B.; BUENO, A.F. Conservation biological control using selective insecticides – A

valuable tool for IPM. **Biological Control** [s.l.], v. 126, p. 53-64, 2018.

VAN LENTEREN, J. C., BALE, J., BIGLER, F., HOKKANEN, H. M. T., & LOOMANS, A. J. M. . *Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests*. **Annual Review of Entomology**, [s.l.] 51(1), 609-634 , 2006..

VAN LENTEREN, J.C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl** [s.l.], v. 57, p.1–20, 2012.

VAN LENTEREN, J.C.; BOLCKMANS K.; KÖHL J. et al .Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl** [s.l.], v. 63, p. 39–59. 2018.

VÉLEZ, M., BERNARDES, R.C., BARBOSA, W.F., SANTOS, J.C., GUEDES, R.N.C.. Walking activity and dispersal on deltamethrin- and spinosad-treated grains by the maize weevil *Sitophilus zeamais*. **Crop Protection** [s.l.]. 118, 50-56, 2019.

VIDAL, C.; KREITER, S. Resistance to a range of insecticides in the predaceous mite *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae): inheritance and physiological mechanisms. **Journal of Economic Entomology** [s.l.] v. 88, p. 1097–1105, 1995.

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** [s.l.] v. 98, p. 2114-2120, 2005.

WU, S. *et al.* Evaluation of *Stratiolaelaos scimitus* and *Neoseiulus barkeri* for biological control of thrips on greenhouse cucumbers. **Biocontrol science and technology**, London: Ed. Taylor & Francis, v. 24, n. 10, p. 1110-1121, 2014.

WYCKHUYS, K.A.G.; LU, Y.; MORALES, H.; VAZQUEZ, L. L.; LEGASPI, J. C.; ELIOPOULOS, P. A.; HERNANDEZ, L. M. (2013). Current status and potential of conservation biological control for agriculture in the developing world. **Biological Control**, [s.l.], v. 65(1), p. 152–167, 2013.

XIN, J.L. **Agricultural Acarology**. Beijing: Ed. Agricultural Press, pp236 (in Chinese), 1988.

ZAHID, M.; BASHIR, M.H.; KHAN, B.S.; SHAHID, M.;. Toxicity of some selected pesticides against *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. **Pakistan Journal of Zoology**, Lahore, v. 49(1), 2017.

ZHANG, Z.Q. **Mites in greenhouse**: identification, biology and control. Cambridge: CABI. 2003. 244 p.

ZHAO, Y; WANG, Q.; WANG, Y. et al. Chlorfenapyr, a potent alternative insecticide of phoxim to control *Bradysia odoriphaga* (Diptera: Sciaridae). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Washington- DC. v.65, p.5908–5915, 2017.

ZHENG, Y.; DE CLERCQ, P.; SONG, Z.W.; LI, D.S.; ZHANG, B.X. Functional response of two Neoseiulus species preying on Tetranychus urticae Koch. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 22, n. 7, p. 1059-1069, 2017.