

# SELETIVIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL A ACARICIDAS EM *Neoseiulus*

*baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

por

DEBORA BARBOSA DE LIMA

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr.)

## RESUMO

O ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer, é uma das principais pragas desta palmeira no mundo. O uso de acaricidas é uma das principais estratégias de controle dessa praga, contudo são necessárias aplicações frequentes destes em intervalos curtos de tempo. Ácaros predadores da família Phytoseiidae representam uma alternativa para redução do uso de acaricidas naquela cultura. Dentre os predadores do ácaro-do-coqueiro, *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) destaca-se como uma das espécies mais frequentemente associadas a este eriofídeo. Este trabalho teve como objetivo comparar a letalidade de acaricidas entre *A. guerreronis* e *N. baraki*; estudar o efeito destes produtos na sobrevivência, taxa instantânea de crescimento e comportamento do predador; além do efeito de sinergistas sobre *N. baraki*, submetido a diferentes concentrações de fenpiroximato. Os acaricidas clorfenapir e fenpiroximato são seletivos, pois as  $CL_{50}$  destes foram maiores para *N. baraki* que para *A. guerreronis*. Estes acaricidas não afetaram a taxa instantânea de crescimento do predador. A maior razão de sinergismo foi observada para butóxido de piperonila (PBO), indicando que a tolerância de *N. baraki* a fenpiroximato, provavelmente, está relacionada à ação de monoxigenases dependentes de citocromo P450. Todos os acaricidas, nas concentrações testadas, ocasionaram mortalidade a *N. baraki*, tendo clorfenapir e azadiractina causado menor redução no tempo de sobrevivência do predador em relação aos demais produtos.

A distância percorrida, tempo de caminhamento, velocidade de caminhamento e o número de paradas do predador não foram afetados quando expostos a fenpiroximato, clorfenapir e clorpirifós. Azadiractina e clorpirifós ocasionaram efeito repelente sobre *N. baraki* e todos os acaricidas provocaram irritabilidade ao predador, exceto abamectina. Dentre os acaricidas testados, clorfenapir e fenpiroximato foram os produtos mais indicados no manejo de *A. guerreronis*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Coqueiro, ácaro, pesticidas, comportamento, manejo integrado.

SELECTIVITY AND BEHAVIORAL RESPONSE OF *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT)  
(ACARI: PHYTOSEIIDAE) TO ACARICIDES

by

DEBORA BARBOA DE LIMA

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr.)

ABSTRACT

The coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer, is a major pest of this palm in the world. The use of acaricides is the most common control method for controlling *A. guerreronis*, however periodical applications are required in short time intervals. The predatory mites belonging to the families Phytoseiidae represent an alternative to reducing acaricide use in that culture. Among the predatory mites, *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) has been often reported in association with that eriophyid. The objective of this study was to compare the lethality of acaricides between *A. guerreronis* and *N. baraki*; to study the effect of these products on the survival, instantaneous rate of increase and behavior of the predator, besides of the potential synergism to fenpyroximate against the predator. The  $LC_{50}$  of azadirachtin, chlorfenapyr and fenpyroximate was higher for *N. baraki* compared to *A. guerreronis*. These acaricides did not affect the instantaneous rate of increase of the predator. The highest synergism was observed for piperonyl butoxide, indicating that tolerance of *N. baraki* to fenpyroximate is probably related to cytochrome P450 monooxygenase activities. Chlorfenapyr and azadirachtin caused lower reduction in survival time compared to other products. The distance walked, ambulatory time, walking velocity and number of stops of the predator were not affected when exposed to fenpyroximate, chlorfenapyr and chlorpyrifos. Azadirachtin and chlorpyrifos repelled the predator and all acaricides caused

irritability in the predator, except abamectin. Among the acaricides, chlorfenapyr and fenpyroximate are the most suitable for managing *A. guerreronis*.

KEY WORDS: Coconut palm, mite, pesticides, behavior, integrated management.

SELETIVIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL A ACARICIDAS EM

*Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

por

DEBORA BARBOSA DE LIMA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de  
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Fevereiro - 2012

SELETIVIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL A ACARICIDAS EM

*Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

por

DEBORA BARBOSA DE LIMA

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior – UFRPE

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

Raul Narciso Carvalho Guedes – UFV

SELETIVIDADE E RESPOSTA COMPORTAMENTAL A ACARICIDAS EM

*Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

por

DEBORA BARBOSA DE LIMA

Orientador:

---

Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior - UFRPE

Examinadores:

---

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira - UFRPE

---

Raul Narciso Carvalho Guedes - UFV

---

Angelo Pallini Filho - UFV

## DEDICATÓRIA

A minha mãe Maria do Socorro B. de Lima; aos meus irmãos Daniele Barbosa de Lima e Diogo Barbosa de Lima; aos meus sobrinhos Maria Clara Alves de Lima e Iago Barbosa de Lima Santos; ao meu namorado e grande amigo José Wagner da Silva Melo e sua família; ao professores Manoel Guedes C. Gondim Jr., Herbert Álvaro Abreu de Siqueira, Raul Narciso Carvalho Guedes e Angelo Pallini Filho; à equipe do Laboratório de Acarologia Agrícola; aos professores do Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola e aos colegas de turma.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar forças para concluir mais uma etapa na minha vida, coragem determinação e, acima de tudo, fé para buscar o sentido do hoje e a perspectiva do amanhã.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

À minha mãe Maria do Socorro B. de Lima por sempre ter estimulado meus estudos, visando uma educação de qualidade.

Aos meus irmãos Daniele Barbosa de Lima e Diogo Barbosa de Lima por estarem sempre ao meu lado.

Ao meu namorado e grande amigo José Wagner da Silva Melo e toda sua família pela ajuda em todos os momentos, paciência, carinho e força.

Ao meu orientador Manoel Guedes Corrêa Gondim Junior, Co-orientadores Herbert Álvaro Abreu de Siqueira e Raul Narciso Carvalho Guedes e, ao Dr. Angelo Pallini Filho por acompanharem meu desenvolvimento acadêmico, proporcionando a iniciação no meio científico e o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus amigos e “irmãos” Mirella Mendonça, Thiago Machado, Rebeca Chamie, Mônia Morais e Fabiana Pessoa.

A minha amiga e ex-estagiária Vaneska Barbosa Monteiro pela ajuda nos experimentos e pelo companheirismo.

Aos colegas de turma pelo companheirismo e momentos alegres que me proporcionaram.

Aos amigos do Laboratório de Acarologia Agrícola (Ana Elizabete Lopes Ribeiro, Ana Maria, Andréia Serra Galvão, Aleuny Coutinho Reis, Camila Stephanie, Carla Patrícia Oliveira de Assis, Cecília Sanguinetti, Cleide Dias, Cleiton Araújo Domingos, Daniela Rezende, Erika Pessoa Japhyassu, Felipe Lemos, Fernanda Helena N. de Andrade, Girleide França, Jeferson, José Wagner, Josilene Maria de Sousa, Vaneska Barbosa Monteiro, Vanessa Farias) pelo carinho e atenção.

Aos funcionários da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Ariella Rayder G. S. Cahú, Darci Martins Correia da Silva e José Romildo Nunes pela competência e eficiência na prestação de serviços; Enfim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram no desenvolvimento deste estudo me apoiando e confiando em sua conclusão.

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS .....	viii
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO .....	01
LITERATURA CITADA.....	06
2 TOXICIDADE DE ACARICIDAS E SINERGISMO PARA FENPIROXIMATO SOBRE <i>Neoseiulus baraki</i> (ATHIAS-HENRIOT) PREDADOR DE <i>Aceria guerreronis</i> KEIFER .....	13
RESUMO .....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUÇÃO .....	16
MATERIAL E MÉTODOS .....	17
RESULTADOS.....	21
DISCUSSÃO.....	22
AGRADECIMENTOS.....	25
LITERATURA CITADA.....	25
3 SOBREVIVÊNCIA E COMPORTAMENTO DE <i>Neoseiulus baraki</i> (ATHIAS- HENRIOT) EXPOSTO A ACARICIDAS.....	34
RESUMO .....	35
ABSTRACT .....	36
INTRODUÇÃO .....	37

MATERIAL E MÉTODOS .....	38
RESULTADOS.....	41
DISCUSSÃO.....	43
AGRADECIMENTOS.....	47
LITERATURA CITADA.....	47

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

O coqueiro, *Cocos nucifera* L., é uma palmeira com provável centro de origem no Sudoeste da Ásia (Persley 1992, Lebrun *et al.* 1998). Esta palmeira apresenta elevada importância agrônômica, agroindustrial, socioeconômica e alimentar (Aragão *et al.* 2009). O Brasil é responsável por aproximadamente 4,5% da produção mundial de coco, sendo o 4º maior produtor (FAO 2011). A produção de coco no Brasil se concentra nas regiões litorâneas e os principais Estados brasileiros produtores são: Bahia, Pará, Ceará, Espírito Santo, Pernambuco e Sergipe (Agriannual 2009). As variedades gigantes representam 70% da área cultivada no Brasil, normalmente, sob baixas condições de investimento em insumos (Aragão *et al.* 2009). Isto resulta em baixa produtividade, estimada em 35 frutos/planta/ano ou 2.500 a 3.000 frutos/ha. No entanto, quando se trata de plantios para comércio do albúmen líquido (água de coco), variedades anãs apresentam produtividade bem superior (Fontes *et al.* 2003).

O elevado consumo *in natura* da água de coco no Brasil tem deslocado a produção dessa Arecaceae para regiões não tradicionais de cultivo (Aragão *et al.* 2002, Fontes & Wanderley 2006). Os perímetros irrigados do Vale do São Francisco, localizados na região Semiárida da Bahia, Pernambuco, Minas Gerais, além de estados do Norte, Centro-Oeste e Sudeste, têm apresentado um aumento considerável da área plantada (Aragão *et al.* 2002, Fontes & Wanderley 2006).

A produção de coco pode ser afetada por inúmeras causas, dentre estas, as pragas representam um dos principais fatores bióticos. Os ácaros eriofídeos associadas ao coqueiro

totalizam nove espécies (Navia 2004). Dentre estes, o ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), destaca-se como uma das principais pragas desta cultura no mundo (Moore & Howard 1996, Seguni 2002, Fernando *et al.* 2010). Esse ácaro tem provocado reduções na produção de vários países da América, África e Ásia (Moore & Howard 1996, Seguni 2002, Fernando *et al.* 2010) e estas perdas podem ser superiores a 60% (Moore 2000, Nair 2002, Negloh *et al.* 2011). *Aceria guerreronis* foi descrito em 1965 por Keifer, a partir de espécimes coletados em materiais em trânsito nos Estados Unidos da América do Norte, danificando frutos em desenvolvimento (Keifer 1965). A partir de então, foi relatado em coqueirais das Américas (Moore & Howard 1996), África (Mariau 1977), e mais recentemente, na Índia e Sri Lanka (Fernando *et al.* 2002, Ramaraju *et al.* 2002).

O ácaro-da-necrose-do-coqueiro possui corpo alongado, vermiforme e com apenas dois pares de pernas em todos os estágios pós-embrionários. Ao longo do desenvolvimento passa pelos estágios de ovo, larva, ninfa e adulto (Ansaloni & Perring 2004). As colônias de *A. guerreronis* se desenvolvem no perianto, região meristemática dos frutos coberta por brácteas (Moore & Alexander 1987, Nair 2002). A alimentação dos ácaros nessa região provoca injúrias mecânicas, que inicialmente são visualizadas como manchas brancas triangulares na epiderme do fruto (Haq *et al.* 2002). Posteriormente, com o crescimento dos frutos, essas manchas se tornam progressivamente maiores e necróticas, podendo levar a queda prematura e acentuada destes (Mariau 1977, Nair 2002).

*Aceria guerreronis* ocorre nas regiões tropicais e sua maior incidência se dá em climas relativamente secos (Howard *et al.* 1990, Haq 1999). Segundo Ansaloni & Perring (2004) a duração média do período de ovo a adulto varia de 6,8 a 8,1 dias de 35 a 30°C, respectivamente. Essa praga apresenta elevada taxa reprodutiva (Haq *et al.* 2002) e a colonização do fruto por uma única fêmea pode levar à formação de grandes colônias (Moore & Alexander 1987).

Alguns métodos de controle já foram estudados para minimizar os danos causados por *A. guerreronis*, e dentre eles destacam-se a resistência de plantas (Mariau 1986, Moore & Alexander 1990); controle químico (Moore *et al.* 1989, Nair 2002, Moreira & Nascimento 2002, Ramarethinam *et al.* 2003); controle biológico, através de fungos entomopatogênicos (Julia & Mariau 1979, Muthiah *et al.* 2001) e ácaros predadores (Lawson-Balagbo *et al.* 2007a, 2007b, 2008, Fernando *et al.* 2010, Domingos *et al.* 2010).

O controle de *A. guerreronis* através da aplicação de acaricidas é freqüente no Brasil (Ferreira 2009), contudo de difícil implementação, devido ao porte da cultura e ao custo elevado desta prática para agricultores com baixa produtividade (Mariau & Tchibozo 1973, Hernandez 1977, Ramaraju *et al.* 2002). Além disso, o habitat da praga é protegido por brácteas, dificultando o contato dos acaricidas com os ácaros no perianto (Mariau & Tchibozo 1973, Hernandez 1977). Todavia, são necessárias aplicações freqüentes em intervalos curtos de tempo (Herrnandez 1977, Julia & Mariau 1979, Fernando *et al.* 2002).

Alguns trabalhos vêm sendo conduzidos na América, África e parte da Ásia, com a finalidade de encontrar ácaros predadores que possam ser utilizados no controle biológico de *A. guerreronis* (Aratchige *et al.* 2007, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008, Negloh *et al.* 2011). Dentre esses, os predadores pertencentes à família Phytoseiidae se destacam por apresentar maior potencial de uso no controle biológico (Moraes & Zacarias 2002, Lawson-Balagbo *et al.* 2007a, Domingos *et al.* 2010). Levantamentos realizados no Brasil revelaram que *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot), *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon), *Proctolaelaps bickleyi* Bram e *Proctolaelaps bulbosus* Moraes, Reis & Gondim Jr. são as espécies mais freqüentes em associação com *A. guerreronis* no perianto dos frutos (Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008). Resultados semelhantes têm sido encontrados na Florida (Howard *et al.* 1990) e em Cuba (Cabrera *et al.* 1992). Na África, *Neoseiulus neobaraki* Zannou, Moraes & Oliveira, *N. baraki* e

*N. paspalivorus* são os predadores mais frequentes associados a *A. guerreronis* (Negloh *et al.* 2011), enquanto na Ásia, *N. baraki* e *N. paspalivorus* são as espécies mais frequentes (Moraes *et al.* 2004).

Dentre os predadores associados a *A. guerreronis*, no Estado de Pernambuco, *N. baraki* foi o mais encontrado na região do perianto (Lima *et al.* 2012). Este predador apresenta o corpo achatado e setas dorsais curtas (Moraes *et al.* 2004). Estas características possibilitam-no colonizar os espaços situados entre as brácteas e a epiderme do fruto (perianto), local não acessível a outros predadores (Lima *et al.* 2012). *Neoseiulus baraki* destaca-se também por conseguir localizar e preferir *A. guerreronis* como presa a outras fontes de alimento encontradas no perianto (Domingos *et al.* 2010, Melo *et al.* 2011).

O uso de acaricidas seletivos é uma estratégia favorável para a conservação dos inimigos naturais em programas de manejo de ácaros-praga (Sato *et al.* 2002, Poletti *et al.* 2007). Alguns acaricidas são registrados no mercado brasileiro para controle de *A. guerreronis*, sendo eles: Envidor (espiroclorfenol), Ortus 50SC (fenpiroximato), Azamax (azadiractina), Talento (hexitiazoxi) e Vertimec 18 CE (abamectina) (Agrofit 2011). No entanto, ainda não se sabe o efeito desses produtos sobre as populações de ácaros predadores associados a *A. guerreronis*.

O uso de pesticidas seletivos pode evitar a ressurgência de pragas, surtos de pragas secundárias, desenvolvimento de resistência a estes compostos e morte de espécies não alvo (Van de Vrie *et al.* 1972, Omoto *et al.* 2000). A seletividade pode ser classificada em fisiológica e ecológica (Ripper *et al.* 1951). A seletividade fisiológica consiste no uso de inseticidas mais tóxicos à praga que aos inimigos naturais (O' Brien 1960). Já seletividade ecológica relaciona-se com a forma de aplicação dos pesticidas, minimizando a exposição do inimigo natural ao produto (Ripper *et al.* 1951). Diferentes acaricidas são citados apresentando efeitos deletérios sobre ácaros da família Phytoseiidae (Castagnoli *et al.* 2005, Nadimi *et al.* 2009). Já foi relatado o efeito



negativo de acaricidas na longevidade (Irigaray & Zalom 2006), fecundidade (Nadimi *et al.* 2009), taxa instantânea de crescimento (Teodoro *et al.* 2005) e na sobrevivência de ácaros predadores (Kim & Yoo 2002).

Alguns fitoseídeos podem apresentar tolerância a acaricidas. Esta característica pode estar relacionada a mecanismos como: maior atividade de enzimas detoxificadoras como glutathione-S-transferase, esterases e oxidases (Motoyama *et al.* 1977, Mullin *et al.* 1982, Roush & Plapp 1982, Fournier *et al.* 1987, Anber & Oppenoorth 1989, Sato *et al.* 2000, Sato *et al.* 2006) ou com a diminuição da afinidade ao sítio de ação acaricida (Van de Baan *et al.* 1985, Anber & Overmeer 1988, Sato *et al.* 2000, Sato *et al.* 2006).

Os indivíduos que sobrevivem à exposição de pesticidas podem sofrer efeitos subletais, como a redução no período de oviposição (Hamedi *et al.* 2010), fecundidade (Hamedi *et al.* 2010), sobrevivência (Kim & Yoo 2002), mudanças na razão sexual (Ibrahim & Yee 2000), comportamento de oviposição (Bowie *et al.* 2001) e localização de presas (Teodoro *et al.* 2009).

Como forma de fugir da ação prejudicial de pesticidas, os ácaros/insetos buscam mecanismos que facilitem o escape. Um destes mecanismos é a mudança do comportamento, como forma de evitar o contato com o inseticida (Lockwood *et al.* 1984, Ffrench-Constant 1994, Hoy *et al.* 1998, Lorini & Gallei 1998). O organismo pode se comportar de forma preventiva à exposição à substância tóxica, sem que haja o contato prévio com o pesticida. Este comportamento caracteriza a resistência comportamental estímulo-independente (repelência). Já o aumento da habilidade em detectar a substância tóxica promove o efeito irritante, excitando-o a uma resposta de fuga após a percepção do acaricida. Este comportamento caracteriza a resistência comportamental estímulo-dependente (irritabilidade) (Georghiou 1972, Lockwood *et al.* 1984, Cordeiro *et al.* 2010).

Até o presente, nenhum estudo relata o efeito de acaricidas sobre a mortalidade dos predadores associados a *A. guerreronis*. A identificação de acaricidas que causem mínimos efeitos sobre os inimigos naturais é recomendável (Hassan *et al.* 1991). Portanto, o objetivo deste trabalho foi estudar, sob condições de laboratório, os efeitos dos acaricidas utilizados no controle de *A. guerreronis* sobre o predador *N. baraki*.

### Literatura Citada

**Agriannual (Anuário da agricultura Brasileira). 2009.** São Paulo, FNP, p. 318-321.

**Agrofit. 2011.** Sistema de agrotóxicos Fitossanitários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acessado em 21 de julho de 2011.

**Anber, H.A.I. & F.J. Oppenoorth. 1989.** A mutant esterase degrading organophosphates in a resistant strain of the predacious mite *Amblyseius potentillae* (Garman). Pestic. Biochem. Physiol. 33: 283-297.

**Anber, H.A.I. & W.P.J. Overmeer. 1988.** Resistance to organophosphates and carbamates in the predacious mite *Amblyseius potentillae* (Garman) due to insensitive acetylcholinesterase. Pestic. Biochem. Physiol. 31:91-98.

**Ansaloni, T. & T.M. Perring. 2004.** Biology of *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) on queen palm, *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae). Int. J. Acarol. 30: 63-70.

**Aragão, W.M., F.E. Ribeiro & M.F.V. Melo. 2009.** Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro gigante vs híbridos, p. 37-60. In F.L.D. Cintra, H.R. Fontes, E.E.M. Passos & J.M.S. Ferreira (eds.), Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no Nordeste do Brasil. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 233p.

**Aragão, W.M., J.M. Resende, E.M.O. Cruz, C.S. Reis, O.J. Saggin Junior, J.A. Alencar, W.A. Moreira, F.R. Paula & J.M.P. Lima Filho. 2002.** Fruto do coqueiro para consumo natural, p. 19-25. In W.M. Aragão (ed.). Coco: Pós-colheita. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 292p.

**Aratchige, N.S., M.W. Sabelis & I. Lesna. 2007.** Plant structural changes due to herbivory: do changes in *Aceria*-infested coconut fruits allow predatory mites to move under the perianth? Exp. Appl. Acarol. 43: 97-107.

- Bowie, M.H., S.P. Worner, O.E. Krips & D.R. Penman. 2001.** Sublethal effects of esfenvalerate residues on pyrethroid resistant *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) and its prey *Panonychus ulmi* and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 25: 311-319.
- Cabrera, R.I., C.G. Otero & N. Rodriguez. 1992.** Principales enemigos naturales del cocotero *Aceria guerreronis* (Eriophyidae) em Cuba. *Agrociência* 3: 83-89.
- Castagnoli, M., M. Liguori, S. Simoni & C. Duso. 2005.** Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. *BioControl* 50: 611-622.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon & R.N.C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphera* 81: 1352-1357.
- Domingos, C.A., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., G.J. de Moraes, R. Hanna, L.M. Lawson-Balagbo & P. Schausberger. 2010.** Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 50: 201-215.
- FAO 2011.** World Production. Disponível em: <[www.faostat.org.br](http://www.faostat.org.br)>. Acesso em: 10 jan. 2011.
- Fernando, L.C.P., I.R. Wickramanada & N.S. Aratchige. 2002.** Status of coconut mite, *Aceria guerreronis* in Sri Lanka, p. 1-8. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramanada (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka. Coconut Research Institute, 117p.
- Fernando L.C.P., K.P. Waidyarathne, K.F.G. Perera & P.H.P.R. De Silva. 2010.** Evidence for suppressing coconut mite, *Aceria guerreronis* by inundative release of the predatory mite, *Neoseiulus baraki*. *Biol. Control* 53: 108-111.
- Ferreira, J.M.S. 2009.** Pragas e métodos de controle ajustados à baixa capacidade de investimentos dos pequenos produtores rurais, p. 191-218. In F.L.D. Cintra, H.R. Fontes, E.E.M. Passos & J.M.S. Ferreira (eds.), *Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no Nordeste do Brasil*. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 233p.
- Ffrench-Constant, R.H. 1994.** The molecular and population genetics of cyclodiene resistance. *Insect Biochem. Mol. Biol.* 4: 275-288.
- Fontes, H.R., F.E. Ribeiro & M.F. Fernandes. 2003.** Coco, produção: aspectos técnicos, Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 106p.
- Fontes, H.R. & M. Wanderley. 2006.** Situação atual e perspectiva para a cultura do coqueiro no Brasil. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 16p.

- Fournier, D., A. Cuany, M. Pralavorio, J.M. Bride & J.B. Berge. 1987.** Analysis of methidathion resistance mechanism in *Phytoseiulus persimilis* A.H. Pestic. Biochem. Physiol. 28: 271-278.
- Georghiou, G.P. 1972.** The evolution of resistance to pesticides. Annu. Rev. Ecol. Syst. 3: 133-168.
- Hamedi N., Y. Fathipour & M. Saber. 2010.** Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 53: 29-40.
- Haq, M.A. 1999.** Coconut mite threat in Kerala. J. Acarol. 14: 58-63.
- Haq, M.A., K. Sumangala & N. Ramani. 2002.** Coconut mite invasion, injury and distribution, p. 41-49. In L.C.P. Fernando, G.J. de Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Hassan, S.A., F. Bigler, H. Bogenschütz, E. Boiler, J. Brun, J.N.M. Calls, P. Chiverton, J. Coremas-Pelseneer, C. Duso, G.B. Lewis, F. Mansour, L. Moreth, P.A. Oomen, W.P.J. Overneer, L. Polgar, W. Rieckmann, L. Samsee-Petersen, A. Stdiubll, G. Sterk, K. Tavares, J.J. Tuset & G. Viggiaai. 1991.** Results of the fifth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". Entomophaga 36: 55-67.
- Hernandez, R.F. 1977.** Combate químico del eriofiídeo del cocotero *Aceria* (Eriophyes) *guerreronis* (K) em la costa de Guerrero. Agric.Téc. México 4: 23-28.
- Howard, F.W, E. Abreu-rodrigues & H.A. Denmark. 1990.** Geographical and seasonal distribution of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) in Puerto Rico and Florida, USA. J. Agric. Univ. Puerto Rico 74: 237-251.
- Hoy, C.W., G.P. Head & F.R. Hall. 1998.** Spatial heterogeneity and insect adaptation to toxins. Ann. Rev. Entomol. 43: 571-594.
- Ibrahim, Y.B. & T.S. Yee. 2000.** Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). J. Econ. Entomol. 93: 1085-1089.
- Irigaray, F.J.S. & F.G. Zalom. 2006.** Side effects of five new acaricides on the predator *Galendromus occidentalis* (Acari, Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol. 38: 299-305.
- Julia, J.F. & D. Mariau. 1979.** New research on the coconut mite *Eriophyes guerreronis* (K) in the Ivory Coast. Oléagineux 34: 181-189.
- Keifer, H.H. 1965.** Eriophyid studies B-14. Sacramento, Department of Agriculture Bureau of Entomology, 20p.

- Kim, S.S. & S.S. Yoo. 2002.** Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. *BioControl* 47: 563-573.
- Lawson-balagbo, L.M, M.G.C Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P Schausberger. 2007a.** Life history of the predatory mites *Neoseiulus paspalivorus* e *Proctolaelaps bickleyi*, candidates for control biological *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 43: 49-51.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007b.** Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: Fine scale distribution and association with other mites under the perianth. *Biol. Control* 43: 102-110.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *Bull. Entomol. Res.* 98: 83-96.
- Lebrun, P., L. Grivet & L. Baudoin. 1998.** Dissemination et domestication du cocotier a la lumière des marqueurs RFLP. *Plant. Rech. Develop.* 5: 233-245.
- Lima, D.B., J.W.S Melo, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2012.** Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. *Exp. Appl. Acarol.* 56: 233-246.
- Lockwood, J.A., T.C. Sparks & R.N. Story. 1984.** Evolution of insect resistance to insecticides: a reevaluation of the roles of physiology and behavior. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 30: 41-51.
- Lorini, I. & D.J. Galley. 1998.** Relative effectiveness of topical, filter paper and grain applications of deltamethrin, and associated behavior of *Rhizopertha dominica* (F.) strains. *J. Stored Prod. Res.* 34: 377-383.
- Mariau, D. 1977.** *Aceria (Eriophyes) guerreronis*: an important pest of African and American coconut groves. *Oléagineux* 32: 109-111.
- Mariau, D. 1986.** Comportement de *Eriophyes guerreronis* Keifer à l'égard de différentes variétés de cocotiers. *Oléagineux* 41: 499-505.
- Mariau, D. & H.M. Tchibozo. 1973.** Essais de lutte chimique contre *Aceria guerreronis* (Keifer). *Oléagineux* 28: 133-135.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2011.** Olfactory response of predatory mites to vegetative and reproductive parts of coconut palm infested by *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 55: 191-202.
- Moore, D. 2000.** Non-chemical control of *Aceria guerreronis* on coconuts. *Biocontrol News Inf.* 21: 83-87.

- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts, p. 561-570. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, 790p.
- Moore, D. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Bull. Entomol. Res.* 77: 641-650.
- Moore, D. & L. Alexander. 1990.** Resistance of coconut in St. Lucia to attack by the coconut mite *Eriophyes guerreronis* Keifer. *Trop. Agric.* 67: 33-36.
- Moore, D., L. Alexander & R.A. Hall. 1989.** The coconut mite, *Eriophyes guerreronis* Keifer in St Lucia yield losses and attempts to control it with acaricide, polybutene e *Hirsutella* fungus. *Trop. Pest. Manag.* 35: 83-89.
- Moraes, G.J. & M.S. Zacarias. 2002.** Use of predatory mites for control of eriophyid mites, p. 78-88. In L.C.P. Fernando, G.J. de Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Moraes, G.J., P.C. Lopes & L.C.P. Fernando. 2004.** Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of coconut growing areas in Sri Lanka, with description of three new species. *J. Acarol. Soc. Japan* 13: 141-160.
- Moreira, J.O.T. & A.R.P. Nascimento. 2002.** Avaliação da eficiência de acaricidas isolados e em mistura no controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer, 1965 (Prostigmata: Eriophyidae) no Vale do São Francisco. *Rev. Bras. Frutic.* 24: 72-76.
- Motoyama, N., W.C. Dauterman & G.C. Rock 1977.** Toxicity of O-alkyl analogues of azinphosmethyl and other insecticides to resistant and susceptible predaceous mites, *Amblyseius fallacis*. *J. Econ. Entomol.* 70: 475-476.
- Mullin, C.A., B.A. Croft, K. Strickler, F. Matsumura & J.R. Miller. 1982.** Detoxification enzyme differences between a herbivorous and predatory mite. *Science* 217: 1270-1272.
- Muthiah, C., R. Bhaskaran & S. Kannaiyan. 2001.** Bio-ecology and control of eriophyid mite of coconut – An Indian experience. *The planter* 77: 255-263.
- Nadimi, A., K. Kamali, M. Arabi & F. Abdoli. 2009.** Selectivity of three miticides to spider mite predator, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *Agric. Sci. China* 8: 326-331.
- Nair, C.P.R. 2002.** Status of eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India, p. 9-12. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka. Coconut Research Institute, 117p.

- Navia, D. 2004.** Ácaros Eriophyoidea (Prostigmata) associados a palmeiras (Arecacea), com ênfase no ácaro do coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer- espectro de hospedeiros e aspectos biogeográficos. Tese de doutorado, ESALQ-USP, São Paulo, 235p.
- Negloh, K., R. Hanna & P. Schausberger. 2011.** The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. *Exp. Appl. Acarol.* 55: 361-374.
- O'Brien, R.D. 1960.** Toxic phosphorus esters. New York, Academic, 434p.
- Omoto, C., E.B. Alves & P.C. Ribeiro. 2000.** Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. *An. Soc. Entomol. Bras.* 29: 757-764.
- Persley, G.J. 1992.** Replanting the tree of life: towards an international agenda for coconut palm research. Wallingford, CAB International, 156p.
- Poletti, M., A.H.N. Maia & C. Omoto. 2007.** Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biol. Control* 40:30-36.
- Ramaraju, K., K. Natarajan, P.C.S. Babu, S. Palnisamy & R.J. Rabindra. 2002.** Studies on coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tamil Nadu, Índia, p.13-31. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Ramarethinam, S., N.V. Murungesan & S. Marimuthu. 2003.** Studies on the effect of biologicals in the control of coconut mite *Aceria* (Eriophyes) *guerreronis* (Keifer). *Pestology* 23: 11-16.
- Reis, A.C., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, P. Schausberger, L.M. Lawson-Balagbo & R. Barros. 2008.** Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 37: 457-462.
- Ripper, W.E., R.M. Greenslade & G.S. Hartley. 1951.** Selective insecticides and biological control. *J. Econ. Entomol.* 44: 448-449.
- Roush, R.T. & F.W. Plapp Jr. 1982.** Biochemical genetics of resistance to aryl carbamate insecticides in the predaceous mite, *Metaseiulus occidentalis*. *J. Econ. Entomol.* 75: 304-307.
- Sato, M.E., M. Silva, L.R. Gonçalves, M.F. Souza Filho & A. Raga. 2002.** Toxicidade diferencial de agroquímicos a *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) em morangueiro. *Neotrop. Entomol.* 31: 449-456.

- Sato, M.E., T. Miyata, A. Kawai & O. Nakano. 2000.** Selection for resistance and susceptibility to methidathion and cross resistance in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). *Appl. Entomol. Zool.* 35: 393-399.
- Sato, M.E., T. Tanaka & T. Miyata. 2006.** Monooxygenase activity in methidathion resistant and susceptible populations of *Amblyseius womersleyi* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 39: 13-24.
- Seguni, Z. 2002.** Incidence, distribution and economic importance of the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tanzanian coconut based cropping systems, p. 54-57. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda. (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Teodoro, A.V, A. Pallini & C. Oliveira. 2009.** Sub-lethal effects of fenbutatin oxide on prey location by the predatory mite *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 47: 293-299.
- Teodoro, A.V, M.A.M. Fadini, W.P. Lemos & R.N.C. Guedes, 2005.** 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. *Exp. Appl. Acarol.* 36: 61-70.
- Van de Baan, H.E., L.A.M. Kuijpers, W.P.J. Overmeer & F.J. Oppenoorth. 1985.** Organophosphorus and carbamate resistance in the predacious mite *Typhlodromus pyri* due to insensitive acetylcholinesterase. *Exp. Appl. Acarol.* 1: 3-10.
- Van de Vrie, M., J.A. McMurtry & C.B. Huffaker. 1972.** Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. III. Biology, ecology, and pest status and host-plant relations of tetranychids. *Hilgardia* 41: 387-403.



## CAPÍTULO 2

TOXICIDADE DE ACARICIDAS E SINERGISMO PARA FENPIROXIMATO SOBRE  
*Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) PREDADOR DE *Aceria guerreronis* KEIFER

DEBORA B. LIMA<sup>1</sup>, VANESKA B. MONTEIRO<sup>1</sup>, RAUL N.C. GUEDES<sup>2</sup>, HERBERT A.A. SIQUEIRA<sup>1</sup>,  
ANGELO PALLINI<sup>2</sup> E MANOEL G.C. GONDIM JR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Biologia Animal – Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter  
Henry Rolfs, s/n, Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

Lima, D.B., V.B. Monteiro, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. Toxicidade de acaricidas e sinergismo para fenpiroximato sobre *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) predador de *Aceria guerreronis* keifer. A ser submetido

RESUMO – O ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) é uma das principais pragas desta palmeira no mundo. O uso de acaricidas é um dos principais métodos de controle deste ácaro, contudo não se sabe quais os efeitos dessa prática sobre os inimigos naturais da praga. Dentre os predadores de *A. guerreronis*, *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) possui grande potencial no seu controle biológico. Este trabalho teve como objetivo comparar a letalidade de acaricidas entre *A. guerreronis* e *N. baraki*; estudar o efeito destes produtos na taxa instantânea de crescimento do predador; além do efeito de sinergistas sobre *N. baraki*, submetido a diferentes concentrações de fenpiroximato. Bioensaios de toxicidade com ambas as espécies foram realizados por meio de pulverizações dos ácaros em torre de Potter. O efeito de butóxido de piperonila (PBO), trifenilfosfato (TPP) e dietilmaleato (DEM) foi avaliado por testes de toxicidade ao predador submetido a diferentes concentrações de fenpiroximato. A taxa instantânea de crescimento foi calculada 10 dias após a pulverização do acaricida sobre o predador. Os acaricidas clorfenapir e fenpiroximato são seletivos, pois as  $CL_{50}$  destes foram maiores para *N. baraki* que para *A. guerreronis*. Estes acaricidas não afetaram a taxa instantânea de crescimento de *N. baraki*. A maior razão de sinergismo foi observada para PBO, indicando que a tolerância de *N. baraki* a fenpiroximato, provavelmente está relacionada à ação de monoxigenases. Fenpiroximato, clorfenapir e azadiractina são promissores no manejo de *A. guerreronis*.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro, coqueiro, toxicidade, seletividade, sinergismo

ACARICIDE TOXICITY AND SYNERGISM TO FENPYROXIMATE ON THE  
PREDATOR *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) PREDATOR *Aceria guerreronis* KEIFER

ABSTRACT – The coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), is a major pest of this palm in the world. The use of acaricides is the most common method for controlling *A. guerreronis*, however their non-targeted effects on the natural enemies of this pest are not known. Among the predators of *A. guerreronis*, *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) has great potencial for its biological control. The objective of this study was to compare the lethality of acaricides between *A. guerreronis* and *N. baraki*; to study the effect this products on the instantaneous rate of increase; besides of the effect of synergists on the predator tolerance to fenpyroximate. Bioassays toxicity with both species were perfomed by means of spraying mites under a Potter spray tower. The effect of piperonyl butoxide (PBO), *S,S,S*-tributylphosphoro-trithioate (TPP) and diethylmaleate (DEM) was evaluated by testing the toxicity of the predator subjected to different concentrations of fenpiroximato. The instantaneous rate of increase was calculated 10 days after spraying acaricide on the predator. The LC<sub>50</sub> of azadirachtin, chlorfenapyr and fenpyroximate was higher for *N. baraki* in relation to *A. guerreronis*. Theses acaricides did not affect the predator instantaneous rate of increase. The highest synergism was observed for piperonyl butoxide PBO, indicating that the tolerance of *N. baraki* to fenpyroximate is probably related to cytochrome P450 monooxygenase activity. Fenpyroximate, chlorfenapyr and azadirachtin are promising in the management of *A. guerreronis*.

KEY WORDS: Mite, coconut palm, toxicity, selectivity, synergism

## Introdução

O ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer, é uma das principais pragas desta palmeira no mundo (Mariau 1977, Moore & Howard 1996, Haq *et al.* 2002). Este ácaro se desenvolve no perianto dos frutos em crescimento (Aratchige *et al.* 2007), promovendo necrose e abortamento destes (Mariau 1977, Nair 2002). Com o crescimento do fruto e da densidade populacional do ácaro, aumenta-se a competição intra-específica, reduz-se a quantidade e a qualidade do alimento e aumenta-se a chance da colonização por predadores (Lawson-Balagbo *et al.* 2007, Galvão *et al.* 2011, Lima *et al.* 2012). Tudo isto, promove a saída de *A. guerreronis* do perianto em busca de novos sítios de alimentação (Muthiah & Natarajan 2004, Lawson-Balagbo *et al.* 2007, Galvão *et al.* 2011, Lima *et al.* 2012).

O controle de *A. guerreronis* pode ser feito através de aplicações de acaricidas dirigidos aos cachos em crescimento, contudo são necessárias aplicações frequentes, em curtos intervalos de tempo (Moore & Howard 1996, Ramaraju *et al.* 2002). O alvo da aplicação é a superfície externa dos frutos, entretanto os ácaros estão protegidos no perianto, reduzindo as chances de contato entre o acaricida e a colônia de *A. guerreronis* (Mariau & Tchibozo 1973, Hernandez 1977). Alguns autores sugerem que ao sair do perianto, os ácaros entram em contato com o resíduo dos acaricidas, levando-os a morte (Monteiro *et al.* submetido, Melo *et al.* submetido). O uso contínuo destes produtos pode selecionar para resistência a inseticidas, ressurgência de pragas, surto de pragas secundárias e morte de inimigos naturais (Van de Vrie *et al.* 1972, Omoto *et al.* 2000, Van Leeuwen *et al.* 2010).

Atualmente, uma opção cogitada para o controle de *A. guerreronis* é o uso de ácaros predadores (Fernando *et al.* 2010). A utilização desses inimigos naturais pode reduzir o número de aplicações de acaricidas, ou ser uma alternativa para aqueles produtores com baixa

produtividade. Diversas pesquisas vêm sendo realizadas na América, África e parte da Ásia, com intuito de identificar predadores promissores no controle de *A. guerreronis* (Aratchige *et al.* 2007, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008, Negloh *et al.* 2011). A espécie mais frequentemente associada a este eriofídeo, em parte do litoral do Brasil, é *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Lawson-Balagbo *et al.* 2008), cuja eficiência no controle de *A. guerreronis* foi constatada em laboratório (Domingos *et al.* 2010, Melo *et al.* 2011, Lima *et al.* 2012).

A avaliação da toxicidade de acaricidas utilizados no controle de *A. guerreronis* sobre *N. baraki* pode auxiliar na identificação de compostos seletivos, contribuindo para o manejo dessa praga. Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar a letalidade de acaricidas a *A. guerreronis* e *N. baraki*; estudar o efeito destes produtos na taxa instantânea de crescimento do predador; além do efeito de sinergistas sobre *N. baraki*, submetido a diferentes concentrações de fenpiroximato.

## Material e Métodos

**Obtenção e Criação dos Ácaros.** Frutos de *Cocos nucifera* L. foram coletados na Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W) e transportados para o Laboratório de Acarologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As plantas de onde os frutos foram retirados não eram pulverizadas com pesticidas por mais de 10 anos. Os frutos foram acondicionados em laboratório (27 ± 1,0 °C, 75 ± 10% U.R. e 12h de fotofase). Os ensaios com *A. guerreronis* foram realizados com fêmeas retiradas do perianto dos frutos, com auxílio de pincel, com até sete dias de armazenamento. Aproximadamente 100 fêmeas do predador foram retiradas do perianto e utilizadas para o estabelecimento das colônias. A unidade de criação foi confeccionada conforme Figura 1A. *Aceria guerreronis* foi fornecido como alimento aos predadores em pedaços de perianto (~1 cm<sup>2</sup>), contendo cada um, aproximadamente 300 ácaros de todas as fases de desenvolvimento. O alimento foi trocado a cada dois dias, colocando-se cinco

fragmentos de perianto por unidade de criação. As colônias foram mantidas em incubadora, nas mesmas condições em que os frutos foram armazenados.

**Acaricidas.** Os acaricidas utilizados foram: abamectina (Kraft 36 CE Bayer CropScience Ltda.), azadiractina (Azamax E.I.D. Parry Limited), carbosulfano (Marshal 200 SC FMC Corporation & Pyosa S.A.), clorfenapir (Pirate, Basf SA), clorpirifós (Klorpan 480 CE Point International Ltda) e fenpiroximato (Ortus 50 SC Arysta Lifescience).

**Bioensaio de Toxicidade.** Ensaio preliminares foram conduzidos com ambas as espécies para cada acaricida, com três concentrações diluídas em fator 10 (a partir de 0,1 mg de ingrediente ativo/L de calda), além do controle. Fêmeas adultas (64 *N. baraki* e 240 *A. guerreronis*) foram transferidas para arenas de folhas de feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.), semelhantes às utilizadas na criação de *N. baraki* (Fig. 1B). As arenas foram levadas para pulverização em torre de Potter com 2 ml de volume de calda (pressão de 10 psi/bar), distante de 70 cm do bico do pulverizador. A pulverização foi feita da menor para a maior concentração de cada produto. A torre de Potter foi lavada com acetona, álcool etílico 70% e água destilada, nesta sequência, a cada troca de produto. Após a pulverização, as arenas foram deixadas para secar em laboratório por 30 min ( $27 \pm 1,0$  °C,  $75 \pm 10\%$  U.R. e 12h de fotofase). Em seguida, quatro fêmeas adultas de *N. baraki* foram transferidas para uma unidade experimental (célula) obtida a partir de Bio-Serv Incorporation (Bioassay Tray 128 células) (Fig. 1C). Quatro células foram utilizadas para cada concentração, totalizando 16 ácaros. Cada célula recebeu um fragmento de perianto infestado com *A. guerreronis*, semelhante aos utilizados na criação, servindo de alimento aos predadores. Posteriormente, um adesivo foi colado sobre cada célula, impedindo o escape dos ácaros. As células foram colocadas em incubadoras, nas mesmas condições anteriormente citadas. Para *A. guerreronis* foi feito o mesmo procedimento utilizado para *N. baraki*, contudo foram transferidas 30 fêmeas adultas por unidade experimental, (Fig. 1D), totalizando 60 ácaros por concentração.

As avaliações foram realizadas após 24h, computando-se o número total de ácaros vivos e mortos. O ácaro foi considerado morto quando não conseguia mexer as pernas para *A. guerreronis* ou caminhar o comprimento do corpo para *N. baraki*, após serem tocados por um pincel. Os ácaros não encontrados foram desconsiderados na avaliação. Foram escolhidas as concentrações que ocasionaram 0 e 100% de mortalidade para cada espécie e acaricida. A partir destas concentrações foram estabelecidas sete concentrações entre estes intervalos, além do controle (água destilada).

As sete concentrações estabelecidas a partir dos ensaios preliminares e o controle foram utilizados para os bioensaios de toxicidade. Os procedimentos foram semelhantes aos ensaios preliminares, contudo foram feitas duas e três repetições, em dias diferentes, para *A. guerreronis* e *N. baraki*, respectivamente.

**Efeito de Sinergistas sobre *N. baraki*.** Os sinergistas utilizados foram: butóxido de piperonila (PBO), trifenilfosfato (TPP) e dietilmaleato (DEM). Fenpiroximato foi o único acaricida escolhido para esse bioensaio, pois dentre os anteriormente testados, este se mostrou o menos tóxico ao predador e, o único que apresenta registro junto ao Ministério de Agricultura e Reforma Agrária para controle de *A. guerreronis*.

Um ensaio preliminar foi realizado para determinação da máxima concentração de cada sinergista que não ocasionasse morte ao predador. Os procedimentos foram iguais aos realizados nos ensaios preliminares do bioensaio de toxicidade. As concentrações máximas que não ocasionaram morte ao predador foram: 100, 100 e 1000 mg/L para PBO, TPP e DEM, respectivamente.

Outro ensaio preliminar foi conduzido, com dois tratamentos, tendo no primeiro sido aplicado apenas fenpiroximato, enquanto no segundo foi inicialmente aplicado a concentração do sinergista que não ocasionou a morte do predador e, em seguida fenpiroximato. A metodologia foi semelhante ao bioensaio de toxicidade quanto a determinação das sete concentrações de

fenpiroximato. Contudo, no segundo tratamento, após a aplicação do sinergista, a arena (Fig. 1B) foi colocada para secar por duas horas e, em seguida, pulverizada com as sete diferentes concentrações de fenpiroximato. Em seguida, a arena foi colocada para secar por 30 minutos para só então os ácaros serem transferidos para as unidades experimentais (Fig. 1C).

Definidas as concentrações de fenpiroximato, bioensaios de toxicidade foram realizados de maneira semelhante aos ensaios preliminares para ambos os tratamentos (acaricida e acaricida + sinergista), realizando-se três repetições, em dias diferentes.

**Taxa Instantânea de Crescimento ( $ri$ ) de *N. baraki*.** A taxa instantânea de crescimento ( $ri$ ) foi estimada, utilizando-se a equação:  $ri = \ln(N_f/N_0)/\Delta t$ , onde:  $N_f$  é o número final de ácaros,  $N_0$  é o número inicial de ácaros,  $\Delta t$  é o intervalo de tempo entre o começo e o final do bioensaio (Stark *et al.* 1997, Walthall & Stark 1997), que teve 10 dias de duração. Valores positivos de  $ri$  significam que a população está em crescimento,  $ri = 0$  indica que a população está estável, enquanto valores negativos de  $ri$  indicam que a população está em declínio.

Os procedimentos experimentais referentes à pulverização e a transferência dos ácaros para arenas (Fig. 1B) foram realizados conforme descrito no bioensaio de toxicidade para *N. baraki*. As concentrações utilizadas foram aquelas referentes às doses de campo recomendadas pelos fabricantes dos acaricidas registrados para controle de *A. guerreronis* e a concentração letal para 80% da população ( $CL_{80}$ ) para aqueles que não apresentam registro. A  $CL_{80}$  foi escolhida por propiciar o controle minimamente eficiente contra a praga e é apregoado pela legislação brasileira. Como controle, foi utilizado apenas água destilada. Duas fêmeas adultas foram testadas por repetição. Vinte repetições foram realizadas por acaricida. Em cada arena foi adicionado um macho para contínua fertilização das fêmeas. Em caso de morte do macho, este era substituído por outro da criação. Diariamente foi adicionado um fragmento de perianto de fruto de coqueiro



infestado por *A. guerreronis*, servindo de alimento para os predadores. A avaliação foi feita contando-se o número de ovos, imaturos e adultos após 10 dias.

**Análise dos Dados.** Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971), usando o programa POLO-PC (LeOra Software 2005) para obtenção das curvas de concentração-resposta para os acaricidas. As razões de sinergismo para cada acaricida foram calculadas por meio do método de Robertson & Presler (1992). Os dados da taxa instantânea de crescimento foram analisados usando-se ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P=0,05$ ), usando o programa SAS (SAS Institute 2002).

## Resultados

**Bioensaio de Toxicidade.** Os dados de mortalidade das curvas de concentração-resposta apresentaram baixos valores de  $\chi^2$  ( $<8,10$ ) e altos valores de  $P$  ( $>0,15$ ), indicando a adequação ao modelo de Probit. Todos os produtos testados, com exceção de clorpirifós e carbosulfano, apresentaram  $CL_{50}$  maior para o predador em relação à praga. Clorfenapir foi o acaricida mais seletivo ( $> CL_{50}$ ), seguido por fenpiroximato e abamectina (Tabela 1). Não foi possível obter curva para azadiractina já que na máxima concentração (produto sem diluição) houve mortalidade de apenas 20% da população de *N. baraki*. Portanto, os dados de mortalidade não se ajustaram ao modelo de Probit. Para *A. guerreronis* não foi possível a realização do bioensaio com esse produto, devido à sua formulação, que causou aderência dos ácaros entre si e à folha.

**Efeito de Sinergistas sobre *N. baraki*.** Os dados de mortalidade das curvas de concentração-resposta, independente do uso de sinergistas, apresentaram baixos valores de  $\chi^2$  ( $< 6,14$ ) e altos valores de  $P$  ( $> 0,39$ ), indicando a adequação ao modelo de Probit. O uso dos sinergistas resultou na redução da  $CL_{50}$  de *N. baraki*. A maior razão de sinergismo foi observada para PBO (~ 26 vezes), seguido de TPP (~ 2 vezes) e DEM (~2 vezes) (Tabela 2).

**Taxa Instantânea de Crescimento (*ri*).** Os acaricidas clorpirifós e carbo-sulfano provocaram a mortalidade de 100% da população testada após 10 dias de avaliação, portanto, não foi possível calcular a *ri* para estes produtos. Foi observado valor negativo da *ri* para abamectina, enquanto fenpiroximato, clorfenapir e azadiractina apresentaram valores positivos e iguais ao controle ( $F_{5,89} = 31,69$ ;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 3).

### Discussão

Fenpiroximato, abamectina e clorfenapir foram os acaricidas mais seletivos. Explicações para esta seletividade pode ser devido a maior atividade de enzimas destoxicadoras em *N. baraki*. A atividade de enzimas tem sido considerado o fator mais importante na destoxificação de acaricidas (Kim *et al.* 2004). Em fitoseideos, a destoxificação de acaricidas pode estar relacionado ao aumento da atividade de glutathione-S-transferase (Motoyama *et al.* 1977; Fournier *et al.* 1987), monooxigenase (Roush & Plapp 1982) e esterases (Mullin *et al.* 1982; Anber & Oppenorth 1989).

Dentre os sinergistas, PBO ocasionou maior redução na  $CL_{50}$  (Tabela 2). Este sinergista atua inibindo monooxigenases dependentes de citocromo P450, indicando que a tolerância de *N. baraki* a fenpiroximato, provavelmente, deve estar relacionada a ação destas enzimas. Dietilmaleato atua inibindo glutathione-S-transferase, enquanto TPP é um inibidor esterases. Estas enzimas parecem ter baixa contribuição na tolerância observada, uma vez que os sinergistas apresentaram baixas taxas de sinergismo. Esses grupos enzimáticos aumentam a polaridade do pesticida, acarretando maior excreção da molécula pelo organismo. A atividade de monooxigenases dependentes de citocromo P450 envolvida na capacidade de destoxicar diferentes inseticidas é freqüentemente relatada (Battsten *et al.* 1986, Kasai *et al.* 1998, Sato *et al.* 2001). Esse mecanismo já foi constatado tanto em ácaros pragas, como *Tetranychus urticae* Koch (Van Pottelberge *et al.*

2009), quanto em ácaros predadores, como *Amblyseius womersleyi* Schicha (Sato *et al.* 2001). A utilização de sinergistas pode ser uma importante ferramenta no manejo de *A. guerreronis*.

A suscetibilidade do sítio alvo e a diferença de tamanho também podem contribuir para a ocorrência de maior tolerância a um determinado xenobiótico. Todos os fatores supracitados não são exclusivos, podendo ocorrer simultaneamente e maximizar a capacidade do organismo de tolerar um determinado xenobiótico. No entanto, é provável que o maior fator de contribuição seja ação de enzimas detoxificativas, pois houve grande redução na  $CL_{50}$  pelo menos para um dos sinergistas (PBO) (Tabela 2).

Clorpirifós e carbosulfano foram considerados não seletivos. Essa não seletividade pode estar relacionada às massas moleculares desses produtos, à semelhança de polaridade dos acaricidas e a cutícula dos ácaros. Inseticida/acaricida com massa molecular menor pode apresentar maior taxa de penetração na cutícula do artrópode (Hornsby *et al.* 1996). Clorpirifós e carbosulfano apresentam alta lipofilicidade. A diferença de espessura e a composição lipídica da cutícula de *N. baraki* e *A. guerreronis* podem estar relacionadas à lipossolubilidade e a penetração do acaricida através da cutícula do ácaro. Pesticidas mais lipofílicos apresentam menor solubilidade em água, conseqüentemente estes compostos penetram em maior quantidade no corpo dos artrópodes.

O fato de um acaricida apresentar  $CL_{50}$  para o predador menor ou igual que para a praga pode ser devido a mecanismos detoxificadores presentes no herbívoro. A frequente alimentação em plantas pode levar a praga a evoluir seus aparatos enzimáticos, capacitando-as a detoxificar tais produtos (Mullin *et al.* 1982). Segundo Croft & Bown (1975) herbívoros são frequentemente mais tolerantes a inseticidas que predadores (Croft & Bown 1975). É possível também que *A. guerreronis* apresente mecanismos detoxificadores que estejam relacionados apenas a organofosforados (clorpirifós) e carbamatos (carbosulfano). Herne *et al.* (1979) ao testar

populações de *Aculus schlechtendali* (Napela) (Acari: Eiofhyidae) verificou que esse eriofídeo apresentava mecanismos detoxificadores a organofosforados e organoclorados.

Fenpiroximato e clorfenapir não afetaram a *ri* de *N. baraki* (Tabela 3). Resultado semelhante foi observado por Hamedí *et al.* (2010) para fenpiroximato sobre a oviposição de *Phytoseiulus plumifer* (Canestrini & Fanzago). As CL<sub>50</sub> de clorpirifós e carbosulfano para o predador foram inferiores as CL<sub>50</sub> da praga (Tabela 1), conseqüentemente a extinção do predador após a exposição da CL<sub>99</sub> da praga já era esperada.

*Neoseiulus baraki* tolerou maiores doses de abamectina que *A. guerreronis* (Tabela 1), contudo, a *ri* do predador (Tabela 2) foi negativa. Isto fez com que esse produto fosse considerado não seletivo. Essa redução na *ri* sugere uma interferência do produto sobre a biologia do predador, podendo ser devido a falhas no acasalamento e/ou na fecundidade. Doses subletais desse produto também ocasionaram redução na fecundidade e nos valores de taxa intrínseca de crescimento populacional (*rm*) de outros ácaros, como *P. plumifer* (Hamedí *et al.* 2010) e *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Acari: Phytoseiidae) (Ibrahim & Yee 2000).

A não obtenção de curvas de azadiractina para *A. guerreronis* neste trabalho se deve a formulação do produto. Conseqüentemente, azadiractina ainda não pode ser considerado seletivo, pois é necessária uma metodologia adequada para avaliar o seu efeito sobre *A. guerreronis*. Apesar disso, esse acaricida parece não afetar o predador, já que não foi observado efeito negativo da dose de campo sobre a *ri* de *N. baraki* (Tabela 3) e a aplicação da dose máxima (sem diluição) provocou a morte de apenas 20% da população. Castagnoli *et al.* (2005) observaram que azadiractina não provocou efeito negativo na sobrevivência de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae).

O uso de acaricidas é de extrema importância no manejo de *A. guerreronis*, sendo necessárias pulverizações repetidas, em curto intervalo de tempo. Assim, a alternância de

produtos, com atuação em sítios alvos distintos, pode evitar o surgimento de resistência. Fenpiroximato, clorfenapir atuam em sítios alvos distintos (IRAC 2009) e, considerando os resultados deste trabalho, estes acaricidas são promissores para o manejo de *A. guerreronis*. Clorpirifós, carbosulfano e abamectina não devem ser recomendados no manejo dessa praga, pois são mais tóxicos para o predador que para a praga e/ou alteraram negativamente a *ri*. Apesar dos resultados aqui obtidos apontarem alguns produtos promissores no manejo de *A. guerreronis*, estudos adicionais que avaliem os efeitos subletais no comportamento, sobrevivência e predação contribuirão para a integração dos métodos biológicos e químicos no manejo de *A. guerreronis*.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a CAPES pelo suporte financeiro da pesquisa.

### **Literatura Citada**

- Anber, H.A.I. & F.J. Oppenoorth. 1989.** A mutant esterase degrading organophosphates in a resistant strain of the predacious mite *Amblyseius potentillae* (Garman). Pestic. Biochem. Physiol. 33: 283-297.
- Aratchige, N.S., M.W. Sabelis & I. Lesna. 2007.** Plant structural changes due to herbivory: do changes in *Aceria*-infested coconut fruits allow predatory mites to move under the perianth? Exp. Appl. Acarol. 43: 97-107.
- Battsten, L.B., C.W. Holyoke Jr., J.R. Leeper & K.F. Raffa. 1986.** Insecticide resistance: Challenge to pest management and basic research. Science 231: 1255-1260.
- Castagnoli, M., M. Liguori, S. Simoni & C. Duso. 2005.** Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. BioControl 50: 611-622.

- Croft, B.A. & A.W.A. Brown. 1975.** Responses of arthropod natural enemies to insecticides. *Ann. Rev. Entomol.* 20: 285-355.
- Domingos, C.A., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, L.M. Lawson-Balagbo & P. Schausberger. 2010.** Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 50: 201-215.
- Fernando L.C.P., K.P. Waidyaratne, K.F.G. Perera & P.H.P.R. Silva. 2010.** Evidence for suppressing coconut mite, *Aceria guerreronis* by inundative release of the predatory mite, *Neoseiulus baraki*. *Biol. Control* 53: 108-111.
- Finney, D.J. 1971.** Probit analysis, 3rd ed. Cambridge University Press, London, England.
- Fournier, D., A. Cuany, M. Pralavorio, J.M. Bride & J.B. Berge. 1987.** Analysis of methidathion resistance mechanism in *Phytoseiulus persimilis* A.H. *Pestic. Biochem. Physiol.* 28: 271-278.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes & J.W.S. Melo. 2011.** Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and within coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 373-38.
- Hamedi, N., Y. Fathipour & M. Saber. 2010.** Sublethal effects of fenpyroximate on life table parameters of the predatory mite *Phytoseius plumifer*. *BioControl* 55: 271-278.
- Haq, M.A., K. Sumangala & N. Ramani. 2002.** Coconut mite invasion, injury and distribution, p. 41-49. In L.C.P. Fernando, G.J. de Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Hernandez, R.F. 1977.** Combate químico del eriofiídeo del cocotero *Aceria* (Eriophyes) *guerreronis* (K) em la costa de Guerrero. *Agric.Téc. Méx.* 4: 23-28.
- Herne, D.H.C., J.E. Cranham & M.A. Easterbrook. 1979.** New acaricides to control resistant mites. *Recent. Adv. Acarol.* 1: 95-104.
- Hornsby, A.G., R. Wauchope & A.E. Herner. 1996.** Pesticide properties in the environment. New York; Springer, 227p.
- Ibrahim, Y.B. & T.S. Yee. 2000.** Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 93: 1085-1089.
- IRAC. 2009.** Method N°4. Insecticide Resistance Action Committee.

- Kasai, S., I.S. Weerashinghe & T. Shono. 1998.** P450 monooxygenases are an important mechanism of permethrin resistance in *Culex quinquefasciatus* Say larvae. Arch. Insect Biochem. Physiol. 37: 47-56.
- Kim, Y.J., H.S. Lee, S.W. Lee & Y.J. Ahn. 2004.** Fenpyroximate resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): cross-resistance and biochemical resistance mechanisms. Pest Manag. Sci. 60: 1001-1006.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007.** Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: fine scale distribution and association with other mites under the perianth. BioControl 43: 102-110
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. Bull. Entomol. Res. 98: 83-96.
- LeOra-Software 2005.** POLO-Plus, POLO for Windows computer program, version 2.0. By LeOra-Software, Petaluma, CA.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2012.** Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. Exp. Appl. Acarol. 56: 233-246.
- Mariau, D. 1977.** *Aceria (Eriophyes) guerreronis*: an important pest of African and American coconut groves. Oléagineux 32: 109-111.
- Mariau, D. & H.M. Tchiboza. 1973.** Essais de lutte chimique contre *Aceria guerreronis* (Keifer). Oléagineux 28: 133-135.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2011.** Olfactory response of predatory mites to vegetative and reproductive parts of coconut palm infested by *Aceria guerreronis*. Exp. Appl. Acarol. 55: 191-202.
- Motoyama, N., W.C. Dauterman & G.C. Rock 1977.** Toxicity of O-alkyl analogues of azinphosmethyl and other insecticides to resistant and susceptible predaceous mites, *Amblyseius fallacis*. J. Econ. Entomol. 70: 475-476.
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts, p. 561-570. In E. E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 790p.
- Mullin, C.A., B.A. Croft, K. Strickler, F. Matsumura & J.R. Miller. 1982.** Detoxification enzyme differences between a herbivorous and predatory mite. Science 217: 1270-1272.
- Muthiah, C. & C. Natarajan. 2004.** Varietal reaction and nutrient management of coconut eriophyid mite. The Planter 80: 159-164.

- Nair, C.P.R. 2002.** Status of eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India, p. 9-12. In L.C.P. Fernando, G.J. de Moraes & I.R. Wickramananda (eds.). Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Negloh, K., R. Hanna & P. Schausberger. 2011.** The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. *Exp. Appl. Acarol.* 55: 361-374.
- Omoto, C., E.B. Alves & P.C. Ribeiro. 2000.** Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. *An. Soc. Entomol. Brasil* 29: 757-764.
- Ramaraju, K., K. Natarajan, P.C.S. Babu, S. Palnisamy & R.J. Rabindra. 2002.** Studies on coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tamil Nadu, Índia, p.13-31. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Reis, A.C., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, P. Schausberger, L.M. Lawson-Balagbo & R. Barros. 2008.** Population dynamics of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 37: 457-462.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide bioassays with arthropods. Boca Raton, CRC Press, 127p.
- Roush, R.T. & F.W. Plapp Jr. 1982.** Biochemical genetics of resistance to aryl carbamate insecticides in the predaceous mite, *Metaseiulus occidentalis*. *J. Econ. Entomol.* 75: 304-307.
- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sato, M.E., T. Miyata, A. Kawai & O. Nakano. 2001.** Methidathion resistance mechanisms in *Amblyseius womersleyi* Schicha (Acari: Phytoseiidae). *Pestic. Biochem. Physiol.* 69: 1-12.
- Stark, J.D., L. Tanigoshi, M. Bounfour & A. Antonelli 1997.** Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 37: 273-279.
- Van de Vrie, M., J.A. McMurtry & C.B. Huffaker. 1972.** Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: A review. III. Biology, ecology, and pest status and host-plant relations of tetranychids. *Hilgardia* 41: 387-403.
- Van Leeuwen T., J. Vontas, A. Tsagkarakou, W. Dermauwa & L. Tirry. 2010.** Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect. Biochem. Mol. Biol.* 40: 563-572.



**Van Pottelberge, S., T. Van Leeuwen, R. Nauen & L. Tirry. 2009.** Resistance mechanisms to mitochondrial electron transport inhibitors in a field-collected strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Bull. Entomol. Res. 99: 23-31.

**Walthall, W.K. & J.D. Stark 1997.** Comparison of two population level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (rm) and instantaneous (ri) rates of increase. Environ. Toxicol. Chem. 16: 1068-1073.

Tabela 1. Concentração letal de acaricidas para *Neoseiulus baraki* e *Aceria guerreronis*.

Espécies	Acaricidas	n	Inclinação ± EP	CL <sub>50</sub> (mg/L) (IC a 95%)	ITR <sub>50</sub> (IC a 95%)	G L	χ <sup>2</sup>	P
<i>Neoseiulus baraki</i>	abamectina	328 <sup>1</sup>	2,3 ± 0,21 <sup>2</sup>	29,78 <sup>3</sup> (24,90-35,68)	2761,13 (1718,16-4432,20) <sup>4</sup>	5	3,50	0,62
	carbosulfano	266	1,4 ± 0,17	38,25 (24,30-65,91)	2646,69 (1314,06-3506,92)	5	8,10	0,15
	clorpirifós	309	2,7 ± 0,26	46,36 (35,76-60,45)	1779,13 (1046,80-3023,81)	5	6,50	0,26
	fenpiroximato	323	4,1 ± 0,41	4996,61 (4247,76-5737,94)	16,43 (10,67-25,29)	5	5,56	0,35
	clorfenapir	229	1,6 ± 0,23	84686 (6,2E4-1,2E5)	-----	5	2,24	0,82
<i>Aceria guerreronis</i>	abamectina	830	2,6 ± 0,15	7,944 (6,52-9,52)	22,53 (11,63-43,64)	5	7,84	0,17
	carbosulfano	569	1,8 ± 0,13	28,62 (21,57-37,46)	6,25 (3,19-12,25)	5	7,60	0,18
	clorpirifós	545	1,9 ± 0,17	180,97 (143,94-219,24)	-----	5	7,21	0,21
	fenpiroximato	365	1,3 ± 0,14	6,44 (4,03-9,64)	27,73 (13,37-57,48)	5	7,84	0,17
	clorfenapir	563	2,0 ± 0,16	8,17 (6,80-9,63)	22,67 (12,17-42,22)	5	4,85	0,43

<sup>1</sup>Número total de ácaros utilizados para obtenção das curvas de concentração-resposta

<sup>2</sup>Inclinação da reta e erro padrão

<sup>3</sup>Concentração letal média e intervalo de confiança a 95%

<sup>4</sup>Índice de toxicidade relativa para 50% da população calculada através do método de Robertson & Preisler (1992) e intervalo de confiança a 95%

Tabela 2. Concentração letal de fenpiroximato, com e sem os sinergistas dietilmaleato (DEM), butóxido de piperonila (PBO) e trifetilfosfato (TPP), para *Neoseiulus baraki* e razão de sinergismo.

Acaricida	n <sup>1</sup>	CL <sub>50</sub> (mg/L) (IC a 95%)	Inclinação ± EP	RS (IC a 95%)	GL	χ <sup>2</sup>	P
Com DEM	222	1.001 (741-1.248)	2,7 ± 0,40 <sup>2</sup>	1,65 <sup>3</sup> (1,39-1,77)	5 <sup>4</sup>	5,23	0,39
Sem DEM	225	1.648 (1.429-1.881)	3,7 ± 0,45		5	2,13	0,83
Com PBO	243	60,24 (40,96-86,24)	1,6 ± 0,20	25,89 (18,35-36,52)	5	5,01	0,41
Sem PBO	237	1.523 (1.323-1.731)	3,9 ± 0,47		5	3,23	0,66
Com TPP	219	311 (226-434)	2,6 ± 0,31	2,17 (1,66-2,83)	5	6,14	0,76
Sem TPP	229	671 (565-780)	3,4 ± 0,45		5	0,72	0,64

<sup>1</sup>Número total de ácaros utilizados para obtenção das curvas de concentração-resposta

<sup>2</sup>Inclinação da reta ± erro padrão

<sup>3</sup>Razão de sinergismo (CL<sub>50</sub> sem sinergista/CL<sub>50</sub> com sinergista) e intervalo de confiança a 95% calculado através do método de Robertson & Preisler (1992)

<sup>4</sup>Grau de liberdade

Tabela 3. Taxa instantânea de crescimento ( $ri$ ) de *Neosiulus baraki* tratado com diferentes acaricidas.

Tratamentos	Taxa instantânea de crescimento
Controle	$0,17 \pm 0,03$ a <sup>1</sup>
Abamectina	$-0,01 \pm 0,06$ b
Azadiractina	$0,19 \pm 0,01$ a
Carbosulfano	— <sup>2</sup>
Clorfenapir	$0,24 \pm 0,01$ a
Clorpirifós	— <sup>2</sup>
Fenpiroximato	$0,17 \pm 0,02$ a

<sup>1</sup>Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup>Não calculado por provocar mortalidade de 100% dos indivíduos antes dos 10 dias de avaliação.

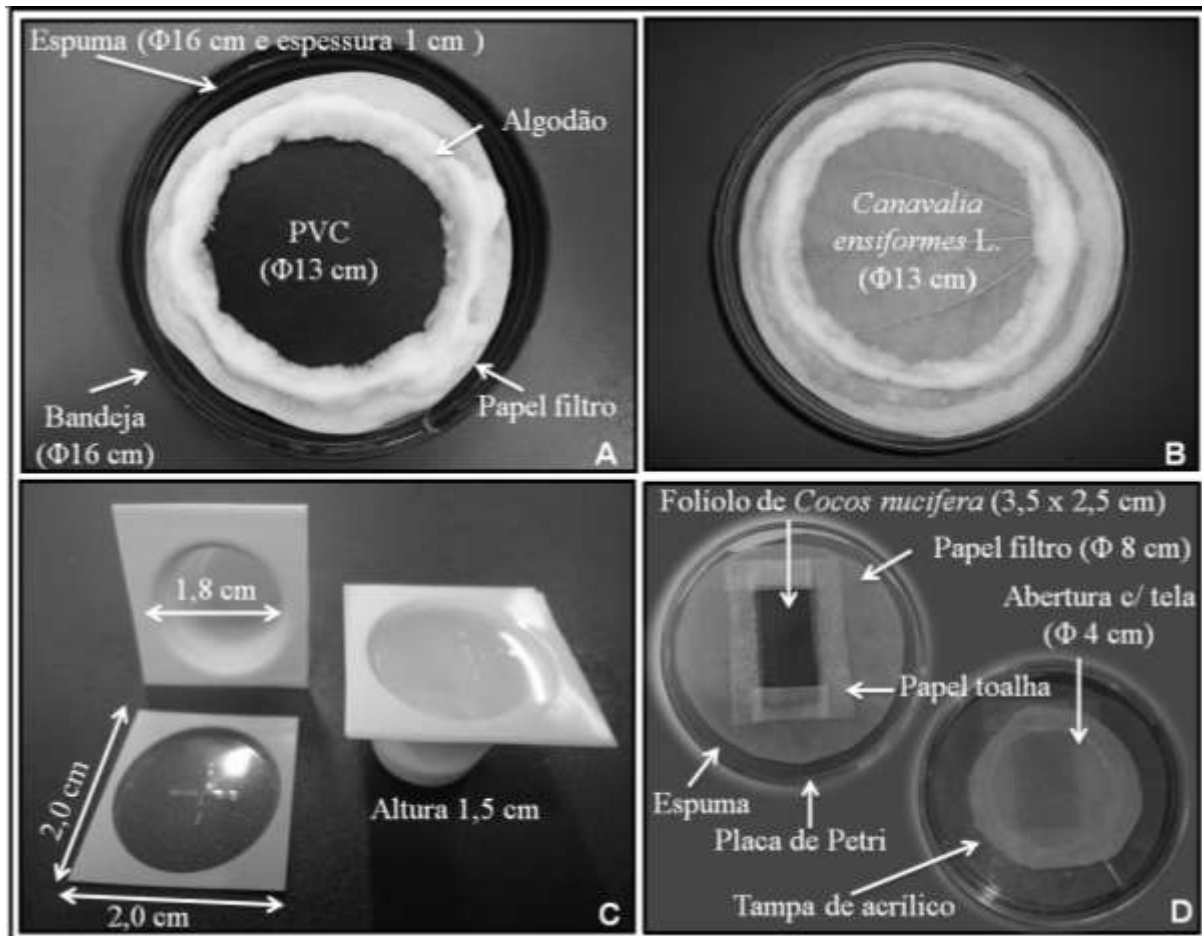


Figura 1. Arenas utilizadas nos experimentos: criação para *Neoseiulus baraki* (A), pulverização dos ácaros (B), unidades experimentais utilizadas para *N. baraki* após a pulverização (C) e unidades experimentais utilizadas para *Aceria guerreronis* após a pulverização (D).

### CAPÍTULO 3

#### SOBREVIVÊNCIA E COMPORTAMENTO DE *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) EXPOSTO A ACARICIDAS

DEBORA B. LIMA<sup>1</sup>, JOSÉ W. S. MELO<sup>1</sup>, RAUL N.C. GUEDES<sup>2</sup>, HERBERT A.A. SIQUEIRA<sup>1</sup>,  
ANGELO PALLINI<sup>2</sup> E MANOEL G.C. GONDIM JR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Av. Peter Henry Rolfs, s/n,  
Campus Universitário, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil.

---

Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C Gondim Jr. Sobrevivência e comportamento de *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) exposto a acaricidas. A ser submetido.

RESUMO - O ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer, é uma das principais pragas desta palmeira no mundo. O controle desta praga tem sido realizado através de aplicações de acaricidas, contudo os predadores também podem ser afetados. Dentre estes, *Neoseilus baraki* (Athias-Henriot) apresenta grande potencial no controle biológico. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de acaricidas na sobrevivência e no comportamento de *N. baraki*. A sobrevivência de adultos de *N. baraki* foi avaliada por meio da mortalidade dos ácaros confinados em arenas tratadas por imersão. Bioensaios, sem e com chance de escape, foram realizados para avaliação do comportamento do predador quando exposto a acaricidas e, avaliados através do sistema de rastreamento. Embora todos os acaricidas tenham afetado negativamente a sobrevivência de *N. baraki*, clorfenapir e azadiractina ocasionaram menor efeito em relação aos demais. Fenpiroximato, clorfenapir e clorpirifós não diferiram do controle quanto aos parâmetros avaliados no teste sem chance de escape. Azadiractina e clorpirifós causaram repelência. Todos os acaricidas, exceto abamectina, causaram irritabilidade. Clorfenapir foi considerado o produto mais adequado, dentre aqueles testados, para o manejo de *A. guerreronis*, pois causou maior sobrevivência e menos alterações no comportamento do predador.

PALAVRAS-CHAVE: Phytoseiidae, ácaro, coqueiro, manejo integrado, predador

SURVIVAL AND BEHAVIOR OF *Neoseiulus baraki* (ATHIAS-HENRIOT) UNDER  
ACARICIDE EXPOSURE

ABSTRACT - The coconut mite, *Aceria guerreronis* Keifer, is a major pest of this palm in the world. The control of this pest species has been through acaricide applications in a short time intervals. However, the predators of this pest may also be affected by acaricides. Among the predators of *A. guerreronis*, *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) has potential for biological control. The objective of this study was to evaluate the effect of acaricides on the survival and behavior of *N. baraki*. The survivalship of *N. baraki* was evaluated through mite mortality in treated arenas by immersion. Behavioral bioassays with and without choice were carried out using a video tracking system to assess the walking behavior of the predator under acaricide exposure. Although all acaricides negatively affected the survival of *N. baraki*, chlorfenapyr and azadirachtin caused lower effect than the other acaricides. No significant differences were observed between the evaluated parameters for fenpyroximate, chlorfenapyr and chlorpyrifos and the control on walking behavior on fully-contaminated arenas. Azadirachtin and chlorpyrifos caused repellence. Irritability was observed for all acaricides, except for abamectin. Chlorfenapyr was the most suitable product for managing the coconut mite because of its low effect on survival and behavior of *N. baraki*.

KEY WORDS: Phytoseiidae, mite, coconut palm, integrated management, predator



## Introdução

O ácaro-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), é uma das principais pragas desta cultura em regiões tropicais da América, África e parte da Ásia (Moore & Howard 1996, Seguni 2002, Fernando *et al.* 2010). O uso de acaricidas é uma das principais estratégias utilizadas no controle de *A. guerreronis* (Moore & Howard 1996, Ramaraju 2002), por meio de aplicações periódicas nos cachos em desenvolvimento (Hernandez 1977, Julia & Mariau 1979, Moore & Howard 1996, Ramaraju 2002). Contudo, o porte das plantas e a baixa produtividade de alguns agricultores podem inviabilizar a aplicação de acaricidas (Moore & Howard 1996, Ramaraju *et al.* 2002).

*Aceria guerreronis* se desenvolve no perianto, habitat protegido pelas brácteas dos frutos (Moore & Alexander 1987, Nair 2002, Aratchige *et al.* 2007). Este comportamento dificulta a ação direta dos acaricidas sobre a colônia (Mariau & Tchibozo 1973, Hernandez 1977). Conforme sugerido por alguns autores, os acaricidas devem agir de modo residual sobre os adultos que saem do perianto para se dispersar, causando mortalidade (Monteiro *et al.* submetido, Melo *et al.* submetido). Contudo, os predadores de *A. guerreronis* também podem ser afetados pelos acaricidas (Ramaraju *et al.* 2002).

Os principais inimigos naturais de *A. guerreronis* são ácaros predadores da família Phytoseiidae e Ascidae (Lawson-Balagbo *et al.* 2007b, Domingos *et al.* 2010). Estes ácaros têm sido bastante estudados e representam uma estratégia potencial no controle de *A. guerreronis* (Kumar & Singh 2000, Moraes & Zacarias 2002, Lawson-Balagbo *et al.* 2007a, 2007b, 2008, Fernando *et al.* 2010, Domingos *et al.* 2010). O manejo destes predadores pode ajudar na redução do número de aplicações de acaricidas, ou como uma alternativa para aqueles produtores que não conseguem viabilizar a implementação do controle químico (Melo *et al.* 2011). Dentre os predadores, *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) tem grande potencial de uso como inimigo natural

de *A. guerreronis* (Aratchige *et al.* 2007, Domingos *et al.* 2010, Melo *et al.* 2011, Lima *et al.* 2012).

Insetos são expostos a diferentes doses de acaricidas durante suas vidas, devido à degradação dos produtos no campo (Guedes *et al.* 2008). Como forma de reduzir o contato com esses produtos, os predadores utilizam comportamentos que auxiliam na fuga de ambientes pulverizados. Estes comportamentos podem provocar mudanças no caminhar, ocasionar irritabilidade ou até mesmo repelência (Davidson 1953, Robertson & Preisler 1992, Pothikasikorn *et al.* 2007, Cordeiro *et al.* 2010). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de acaricidas utilizados para o controle de *A. guerreronis* na sobrevivência e comportamento de *N. baraki*.

### **Material e Métodos**

**Obtenção e Criação dos Ácaros.** Frutos de *Cocos nucifera* L. foram coletados na Ilha de Itamaracá-PE (07°46'S, 34°52'W) e transportados ao laboratório de Acarologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As plantas de onde os frutos foram retirados não eram pulverizadas com pesticidas por mais de 10 anos. Os frutos foram acondicionados em laboratório ( $27 \pm 1,0$  °C,  $75 \pm 10\%$  U.R. e 12h de fotofase). Aproximadamente 100 fêmeas de *N. baraki* foram retiradas do perianto dos frutos e transferidas para unidades de criação, confeccionadas conforme figura 1A. *Aceria guerreronis* foi fornecido como alimento sobre um pedaço de perianto ( $\sim 1$  cm<sup>2</sup>), contendo aproximadamente 300 indivíduos em todas as fases de desenvolvimento. O alimento foi repostado a cada dois dias, colocando-se cinco pedaços de perianto por unidade de criação. O alimento do predador foi retirado de frutos com até sete dias de armazenamento. As criações foram mantidas em incubadora a  $27 \pm 1,0$  °C,  $75 \pm 10\%$  U.R. e 12h de fotofase.

**Acaricidas.** Seis acaricidas pertencentes a cinco grupos químicos (IRAC 2009) foram utilizados (Tabela 1).

**Sobrevivência de *N. baraki*.** Ovos de *N. baraki* foram retirados das criações e transferidos para outra arena (Fig. 1A). As formas jovens foram alimentadas da mesma forma que na criação. Após oito dias, início do período reprodutivo (Domingos *et al.* 2010), as fêmeas foram utilizadas para instalação do ensaio. Unidades experimentais (células + adesivos) (Fig. 1B) obtidas a partir da Bio- Serv Incorporation (Bioassay Tray 128 células) foram imersas nas concentrações indicadas na Tabela 1, durante cinco segundos. Em seguida, as células e os adesivos foram colocados para secar por 2 h ( $27 \pm 2,0$  °C,  $75 \pm 10\%$  U.R.). Aproximadamente 200 *A. guerreronis* foram transferidos, com auxílio de pincel de uma única cerda, para dentro de cada célula e assim serviram de alimento para o predador. Posteriormente, uma fêmea de *N. baraki* foi introduzida em cada célula, sendo fechada com o adesivo para impedir a fuga dos ácaros. As células foram levadas para incubadora e mantidas a  $27 \pm 1,0$  °C,  $75 \pm 10\%$  U.R. e 12h de fotofase. O alimento foi repostado diariamente. Para cada tratamento (acaricida) foram feitas três repetições (em dias diferentes), sendo cada repetição constituída de 20 células. As avaliações foram realizadas, computando-se o número total de ácaros vivos e mortos. O ácaro foi considerado morto quando não conseguia caminhar o comprimento do corpo, após ser tocado por um pincel. A avaliação foi feita a cada 10 minutos para carbosulfano e clorpirifós até a morte de todos os ácaros e a cada 1 h, durante as 24h iniciais, para os demais produtos. Após as primeiras 24h, a avaliação foi realizada a cada 6h até a morte de todos os ácaros.

### **Comportamento de *N. baraki* após a Exposição a Acaricidas**

#### Bioensaio sem chance de escape

Discos de cloreto de polivinila (PVC) preto de três centímetros de diâmetro e um milímetro de espessura foram totalmente imersos, durante cinco segundos, em um volume de 40 ml de

solução de cada acaricida (Tabela 1) e em água destilada (controle). Posteriormente, foram secos em capela de exaustão, durante 20 minutos. Em seguida, os discos foram perfurados transversalmente por um alfinete fixado no centro de uma placa de Petri (9,0 cm de diâmetro e 1,0 cm de altura). Água destilada foi adicionada até a metade da altura da placa, ficando o disco flutuando sobre esta (Fig. 1C). Uma fêmea foi liberada no disco e a arena foi levada ao sistema de rastreamento, formado por uma câmara de vídeo acoplada a um computador (ViewPoint Life Sciences Montreal, Canadá). A avaliação foi realizada durante 10 minutos. A condição ambiental onde se encontrava o equipamento foi de 25-27°C. Os parâmetros registrados foram: distância percorrida, tempo de caminhada, velocidade média de caminhada e número de paradas do ácaro. Vinte repetições foram realizadas para cada acaricida e, cada ácaro representou uma repetição. A cada três repetições a arena foi substituída por uma nova. Todo o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado.

#### Bioensaio com chance de escape

Discos de cloreto de polivinila (PVC) preto de três centímetros de diâmetro e um milímetro de espessura foram marcados com alfinete, delimitando-se dois hemisférios (Fig. 1C). Inicialmente, um hemisfério foi imerso, por cinco segundos, em água destilada (NT) e, em seguida, colocado para secar em capela de exaustão, durante 20 minutos. Posteriormente, o outro hemisfério (T) foi imerso em uma solução de 40 ml de acaricida (Tabela 1), seguindo o mesmo procedimento. A confecção das arenas e confinamento dos ácaros foi semelhante ao bioensaio anterior. Um tratamento (teste em branco) foi feito, separadamente, emergindo-se os dois hemisférios em água destilada. Finalmente, a arena foi levada ao sistema de rastreamento para avaliação da proporção do tempo de permanência do indivíduo em cada hemisfério do disco. O acaricida foi considerado repelente, quando o ácaro não entrou em contato com o hemisfério

tratado. Foi considerado que o acaricida causou irritabilidade, quando o ácaro permaneceu menos de 50% do tempo total no hemisfério tratado (Cordeiro *et al.* 2010).

**Análise Estatística.** Os dados de sobrevivência foram utilizados para construção de curvas de sobrevivência usando-se estimadores Kaplan-Meier por meio do PROC Lifetest do SAS Institute (2002). O tempo médio de sobrevivência dos ácaros em cada tratamento foi comparado através do teste de Tukey HSD, utilizando o PROC GLM do SAS Institute (2002). Os parâmetros comportamentais obtidos no bioensaio sem chance de escape foram submetidos a MANOVA, complementados com ANOVA e comparados através do teste de Tukey HSD quando necessário, utilizando o procedimento GLM do SAS Institute (2002). Os parâmetros comportamentais obtidos no bioensaio com chance de escape foram analisados através do teste de Wilcoxon (rank sum), utilizando o PROC UNIVARIATE do SAS (SAS Institute 2002).

## **Resultados**

**Sobrevivência de *N. baraki*.** As curvas de sobrevivência do predador diferiram quando submetido aos diversos tratamentos ( $\chi^2 = 679,28$ ;  $P < 0,0001$ ). A maior sobrevivência foi verificada quando a arena foi tratada com água destilada (Fig. 2). O tempo médio de sobrevivência do predador também diferiu quando submetido aos diferentes acaricidas ( $F_{6,14} = 492,65$ ;  $P < 0,0001$ ). O maior tempo mediano de sobrevivência também foi verificado quando a arena foi tratada com água destilada. Não houve diferença entre fenpiroximato e abamectina e entre clorpirifós e carbosulfano (Fig. 3).

### **Comportamento de *N. baraki* após a exposição a acaricidas**

#### Bioensaio sem chance de escape

Padrões característicos do caminhar de espécimes de *N. baraki* no bioensaio sem chance (Fig. 4) e com chance de escape (Fig. 6) são apresentados (indivíduo cujos valores dos diferentes parâmetros avaliados mais se aproximaram da média de cada tratamento).

Os parâmetros comportamentais avaliados diferiram entre os inseticidas ( $GL_{num/den} = 24/454,73$ ; Wilks' Lambda = 0,37;  $F = 6,33$ ;  $P < 0,001$ ). Houve diferença significativa entre os parâmetros distância total percorrida ( $F_{6,133} = 17,59$ ;  $P < 0,0001$ ), velocidade de caminhar ( $F_{6,133} = 16,62$ ;  $P < 0,0001$ ), tempo de repouso ( $F_{6,133} = 15,97$ ;  $P < 0,0001$ ), e número de paradas ( $F_{6,133} = 16,74$ ;  $P < 0,0001$ ). A maior distância percorrida por *N. baraki* foi observada quando a arena foi tratada com água destilada, não diferindo de clorpirifós, clorfenapir e fenpiroximato. A menor distância total percorrida foi ocasionada por azadiractina ( $F_{6,133} = 17,59$ ;  $P < 0,0001$ ) (Fig. 5A). A maior velocidade de caminhar de *N. baraki* foi observada quando a arena foi tratada com água destilada, seguida de clorpirifós, clorfenapir, fenpiroximato, abamectina, carbosulfano e azadiractina ( $F_{6,133} = 16,62$ ;  $P < 0,0001$ ) (Fig. 5B). O tempo de repouso de *N. baraki* não foi afetado após a exposição aos acaricidas, exceto quando exposto a azadiractina e a carbosulfano ( $F_{6,133} = 15,97$ ;  $P < 0,0001$ ) (Fig. 5C). O maior número de paradas foi observado quando a arena foi tratada com azadiractina, seguido de carbosulfano, abamectina, fenpiroximato, clorfenapir e controle ( $F_{6,133} = 15,35$ ;  $P < 0,0001$ ) (Fig. 5D).

#### Bioensaio com chance de escape

Nenhuma diferença foi observada entre o tempo de permanência de *N. baraki* em cada hemisfério do teste em branco, indicando adequação do procedimento experimental ( $\chi^2 = 0,39$ ;  $P = 0,53$ ). Azadiractina foi o único acaricida que afetou o tempo de permanência no hemisfério tratado, permanecendo menor tempo neste ( $F_{5,114} = 12,84$ ,  $P < 0,0001$ ). O comportamento de repelência foi observado apenas quando as arenas foram imersas em azadiractina e clorpirifós (Fig. 6). Azadiractina provocou maior repelência a *N. baraki* que clorpirifós ( $\chi^2 = 31,59$ ;  $P <$

0,0001). Todos os acaricidas provocaram irritabilidade em *N. baraki*, com exceção de abamectina (Fig. 6). Azadiractina, clorpirifós e clorfenapir provocaram maior irritabilidade, enquanto carbosulfano e fenpiroximato foram menos irritantes ( $\chi^2 = 1,56$ ;  $P = 0,38$ ) (Fig. 7).

### Discussão

Todos os acaricidas testados ocasionaram redução no tempo médio e total de sobrevivência, contudo clorfenapir e azadiractina foram aqueles que apresentaram valores mais próximos ao controle. Isso pode ter ocorrido devido à ação lenta desses produtos. Clorfenapir atua como desacoplador da fosforilação oxidativa, e para apresentar efeito letal no organismo precisa ser ativado antes via remoção oxidativa do grupo *N*-etoximetil. Desta forma, o produto torna-se capaz de inibir a produção de ATP, levando o organismo a morte (Hunt & Tracy 1998). Azadiractina é um regulador de crescimento, logo este produto demanda maior tempo para atuar nos organismos. Fenpiroximato e abamectina ocasionaram efeito intermediário na sobrevivência de *N. baraki* em relação aos demais produtos. Alguns autores relataram que a mortalidade de *Galendromus helveolus* Chant (Acari: Phytoseiidae) e *Phytoseiulus plumifer* (Canestrini & Fanzago) (Acari: Phytoseiidae) aumenta consideravelmente após 72 h da aplicação de abamectina (Chen *et al.* 2003, Hamed *et al.* 2010). Contudo, estes autores trabalharam com espécies e concentrações diferentes as utilizadas neste trabalho, o que pode justificar a mortalidade mais rápida causada pelo produto a *N. baraki*. Embora fenpiroximato seja um produto considerado seletivo para *N. baraki* (Capítulo 2), este ocasionou redução no tempo de sobrevivência do predador. Este produto já foi relatado diminuindo a longevidade de fêmeas de *P. plumifer* (Hamed *et al.* 2010). Já os produtos clorpirifós e carbosulfano ocasionaram maior redução na sobrevivência de *N. baraki*. Isso pode ter ocorrido devido às concentrações utilizadas nesse experimento serem maiores que a  $CL_{50}$  do predador.

Fenpiroximato e clorfenapir não ocasionaram mudanças nos parâmetros comportamentais avaliados. Isso pode estar relacionado aos maiores valores das  $CL_{50}$  desses produtos para o predador quando comparado com a praga (Capítulo 2). Abamectina afetou tanto a distância total percorrida, quanto a velocidade de caminhar. Pode-se considerar a diminuição da mobilidade de *N. baraki* após a exposição à abamectina um comportamento natural, pois esse produto apresenta atividade neurotóxica que está associada à diminuição de mobilidade (Yu 2008). Embora clorpirifós seja um produto considerado não seletivo (Capítulo 2), este parece não afetar os parâmetros comportamentais avaliados. Isso sugere que para clorpirifós pode não existir relação entre os efeitos comportamentais e a sua toxicidade. Alguns autores relataram isso para deltametrina, permetrina, abamectina e fipronil (Kongmee *et al.* 2004, Wang *et al.* 2004, Jallow & Hoy 2005). O fato de carbosulfano alterar os parâmetros comportamentais confirma a baixa tolerância do ácaro a este produto, já que foi necessária a utilização da  $CL_{50}$  da praga nos bioensaios, devido a  $CL_{99}$  paralisar o predador antes do final do experimento. Segundo os resultados do capítulo 2 a  $CL_{99}$  de *A. guerreronis* para carbosulfano afeta a taxa instantânea de crescimento de *N. baraki*, podendo causar a morte de 100% da população. Todos os parâmetros comportamentais avaliados no predador foram afetados por azadiractina, podendo este resultado ter ocorrido devido à tentativa de fuga de *N. baraki* a exposição desse produto, conseqüentemente o predador se locomoveu menos e parou mais vezes. De acordo com Zhai & Robinson (1992) a diminuição na locomoção resulta na diminuição da quantidade de inseticida acumulada no tarso.

Clorpirifós e azadiractina provocaram repelência em *N. baraki*. Efeito repelente de organofosforados e de produtos naturais (azadiractina) já foi relatado para insetos e ácaros (Hibbard & Bjostad 1989, Mansour *et al.* 1997, Levot & Sales 1998, Cordeiro *et al.* 2010). Uma provável hipótese para esse comportamento é a alta percepção desses produtos pelo predador. Segundo Haynes (1988) e Soderlund & Bloomquist (1989) existe relação entre o comportamento



de repelência e a percepção sensorial do artrópode antes do contato com a área tratada. Logo, é provável que *N. baraki* apresente mecanismos que lhe permitam evitar isto.

O comportamento de irritabilidade reduz a frequente exposição aos acaricidas, mas também pode provocar dispersão dos inimigos naturais. No presente trabalho, todos os produtos apresentaram irritabilidade, com exceção de abamectina. Isto sugere que *N. baraki* não é capaz de detectar áreas tratadas com abamectina. O comportamento de irritabilidade dos inseticidas está associado à resposta neurotóxica do organismo à exposição (Haynes 1988, Soderlund & Bloomquist 1989).

A aplicação de acaricidas para controle de *A. guerreronis* é frequente em cultivos de coqueiro no Nordeste do Brasil. A interação dos acaricidas com o erifídeo e predadores pode influenciar a colonização dos frutos por estes ácaros. O habitat de *A. guerreronis* é o perianto (Moore & Alexander 1987, Nair 2002). Portanto, ao se dispersar *A. guerreronis* deve buscar, obrigatoriamente, o perianto de novos frutos para se estabelecer, pois fora deste habitat ele está sujeito a dessecação, pois não produzem cera ou apresentam características morfológicas para proteção a baixas umidades fora do perianto (Lindquist & Oldfield 1996). Contudo, os ácaros fitoseídeos são adaptados a se desenvolver em folhas e alimentarem-se de substratos alternativos, como outros tipos de presas e pólen (McMurtry & Croft 1997). Ambos sofrem pouca influência dos acaricidas no perianto (Mariau & Tchibozo 1973, Hernandez 1977), contudo ao saírem para se dispersar serão afetados pelos resíduos destes produtos. Nesta situação é provável que o predador procure alguma área de refúgio dentro da planta (folíolos) que não tenha sido alvo da aplicação, ou até mesmo se desloque para o solo. Após a diminuição dos resíduos nos cachos estes podem ser recolonizados pelos predadores. Portanto, ecologicamente os acaricidas podem provocar um processo de dispersão aos predadores.

Uma das limitações de *N. baraki* no controle de *A. guerreronis* se deve ao fato de que não existe uma sincronia na colonização destes ácaros no perianto (Lima *et al.* 2012). A praga coloniza os frutos, geralmente, no primeiro mês após a fertilização. A população de *A. guerreonis* aumenta no perianto nos três meses seguintes. A partir de então a população declina por diversos fatores, como a competição intra e interespecífica, redução da qualidade do alimento e fuga devido à ação de predadores. No cacho cinco é que se verifica o pico populacional do predador, enquanto a população de *A. guerreronis* cai drasticamente (Galvão *et al.* 2011, Lima *et al.* 2012). Ao se aplicar acaricidas nos cachos, a repelência e/ou irritabilidade pode reduzir ou evitar a saída destes ácaros do perianto. Desta forma, os predadores continuariam aumentando a população à custa das presas, reduzindo assim o número de *A. guerreronis* que posteriormente se dispersariam. Isto pode afetar a dinâmica da infestação de cachos novos por *A. guerreronis*, favorecendo o controle pelo predador.

Mudanças no comportamento de *N. baraki* podem diminuir a eficiência da predação em campo. Todos os produtos ocasionaram efeito negativo na sobrevivência e/ou no comportamento do predador. Dentre os acaricidas testados, clorfenapir foi o que menos afetou *N. baraki*. Logo, esse acaricida deve ser priorizado no manejo de *A. guerreronis*. Estudos adicionais devem ser realizados para avaliar o impacto desses produtos sobre outros parâmetros de *N. baraki* como predação, forrageamento e biologia.

### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado ao primeiro autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a CAPES pelo suporte financeiro da pesquisa.

## Literatura Citada

- Aratchige, N.S., M.W. Sabelis & I. Lesna. 2007.** Plant structural changes due to herbivory: do changes in *Aceria*-infested coconut fruits allow predatory mites to move under the perianth? *Exp. Appl. Acarol.* 43: 97-107.
- Chen, T., J.V. French, T. Liu & J.V. Graça. 2003.** Residual toxicities of pesticides to the predaceous mite *Galendromus helveolus* (Acari: Phytoseiidae) on Texas citrus. *Subtrop. Pl. Sci.* 55: 40-45.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa, M. Venzon & R.N.C. Guedes. 2010.** Insecticide survival and behavioral avoidance in the lacewings *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa cubana*. *Chemosphera* 81: 1352-1357.
- Davidson, G. 1953.** Experiments on the effect of residual insecticides in houses against *Anopheles gainbiae* and *Anopheles finestus*. *Bull. Entomol. Res.* 44: 231-254.
- Domingos, C.A., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna, L.M. Lawson-Balagbo & P. Schausberger. 2010.** Diet-dependent life history, feeding preference and thermal requirements of the predatory mite *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 50: 201-215.
- Fernando L.C.P., K.P. Waidyarathne, K.F.G. Perera & P.H.P.R. Silva. 2010.** Evidence for suppressing coconut mite, *Aceria guerreronis* by inundative release of the predatory mite, *Neoseiulus baraki*. *Biol. Control* 53: 108-111.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr., G.J. de Moraes & J.W.S. Melo. 2011.** Distribution of *Aceria guerreronis* and *Neoseiulus baraki* among and within coconut bunches in northeast Brazil. *Exp. Appl. Acarol.* 54: 373-38.
- Guedes, R.N.C., J.F. Campbell, F.H. Arthur, G.P. Optit, K.Y. Zhu & J.E. Throne. 2008.** Acute lethal and behavioral sublethal responses of two stored-product psocids to surface insecticides. *Pest Manag. Sci.* 64: 1314-1322.
- Hamedi, N., Y. Fathipour & M. Saber. 2010.** Sublethal effects of fenpyroximate on life table parameters of the predatory mite *Phytoseius plumifer*. *BioControl* 55: 271-278.
- Hamedi N., Y. Fathipour & M. Saber. 2010.** Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). *Exp. Appl. Acarol.* 53: 29-40.
- Haynes, K. 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 149-168.
- Hernandez, R.F. 1977.** Combate químico del eriofiídeo del cocotero *Aceria* (Eriophyes) *guerreronis* (K) em la costa de Guerrero. *Agric. Téc. Méx.* 4: 23-28.

- Hibbard, B.E. & L.B. Bjostad. 1989.** Corn semiochemicals and their effects on insecticide efficacy and insecticide repellency toward western corn rootworm larvae (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Econ. Entomol.* 82: 773-781.
- Hunt, D.A & M.F. Tracy. 1998.** Pyrrole insecticide: a new class of agriculturally important insecticides functioning as uncouplers of oxidative phosphorylation, p. 138-151. In I. Ishaaya & D. Degheele (eds.), *Insecticides with novel modes of action*. Berlin, Springer-Verlag, 283p.
- IRAC. 2009.** Method N°4. Insecticide Resistance Action Committee.
- Jallow, M.F.A. & C.W. Hoy. 2005.** Phenotypic variation in adult behavioral response and offspring fitness in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in response to permethrin. *J. Econ. Entomol.* 98: 2195-2202.
- Julia, J.F. & D. Mariau. 1979.** New research on the coconut mite *Eriophyes guerreronis* (K) in the Ivory Coast. *Oléagineux* 34: 181-189.
- Kongmee, M., A. Prabaripai, P. Akratanakul, M.J Bangs & T. Chareonviriyaphap. 2004.** Behavioral responses of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) exposed to deltamethrin and possible implications for disease control. *J. Med. Entomol.* 41: 1055-1063.
- Kumar, P.S & S.P. Singh. 2000.** *Hirsutella thompsonii*. The best biological control option for the management of the coconut mite in India. *Indian Coconut J.* 31: 11-15.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007a.** Refuge use by the coconut mite *Aceria guerreronis*: Fine scale distribution and association with other mites under the perianth. *Biol. Control* 43: 102-110.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr, G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2007b.** Life history of the predatory mites *Neoseiulus paspalivorus* and *Proctolaelaps bickleyi*, candidates for biological control of *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 43: 49-51.
- Lawson-Balagbo, L.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. Moraes, R. Hanna & P. Schausberger. 2008.** Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. *Bull. Entomol. Res.* 98: 83-96.
- Levot, G.W. & N Sales. 1998.** Protection from restrike provided by flystrike dressings. *Aust. J. Exp. Agric.* 38: 551-554.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2012.** Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis* Keifer. *Exp. Appl. Acarol.* 56: 233-246.
- Lindquist, E.E. & C.N. Oldfield. 1996.** Evolution and Phylogeny. Evolution of eriophyoid mites in relation to their host plant, p. 277-297. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, 790p.

- Mansour, F.A., K.P.S. Ascher & F. Abo-Moch. 1997.** Effects of Neemgard on Phytophagous and Predacious Mites and on Spiders. *Phytoparasitica* 25: 333-336.
- Mariau, D. & H.M. Tchiboza. 1973.** Essais de lutte chimique contre *Aceria guerreronis* Keifer. *Oleagineux* 28: 133-135.
- McMurtry, J.A. & B.A. Croft. 1997.** Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 42: 291-321.
- Melo, J.W.S., D.B. Lima, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondin Jr. 2011.** Olfactory response of predatory mites to vegetative and reproductive parts of coconut palm infested by *Aceria guerreronis*. *Exp. Appl. Acarol.* 55: 191-202.
- Moore, D. & F.W. Howard. 1996.** Coconuts, p. 561-570. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis & J. Bruin (eds.), *Eriophyoid mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier. 790p.
- Moore, D. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Bull. Entomol. Res.* 77: 641-650.
- Moraes, G.J. & M.S. Zacarias. 2002.** Use of predatory mites for control of eriophyid mites, p. 78-88. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Nair, C.P.R. 2002.** Status of eriophyid mite *Aceria guerreronis* Keifer in India, p. 9-12. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda. (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka. Coconut Research Institute, 117p.
- Pothikasikorn, J., H. Overgaard, C. Ketavan, S. Visetson, M.J. Bangs & T. Chareonviriyaphap. 2007.** Behavioral responses of malariavectors, *Anopheles minimus* complex, to three classes of agrochemicals in Thailand. *J. Med. Entomol.* 44: 1032-1039.
- Ramaraju, K., K. Natarajan, P.C.S. Babu, S. Palnisamy & R.J. Rabindra. 2002.** Studies on coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tamil Nadu, India, p.13-31. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** *Pesticide bioassays with arthropods*. Boca Raton, CRC Press, 127p.

- SAS Institute. 2002.** SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Seguni, Z. 2002.** Incidence, distribution and economic importance of the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer in Tanzanian coconut based cropping systems p. 54-57. In L.C.P. Fernando, G.J. Moraes & I.R. Wickramananda. (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Soderlund, D.M. & J.R. Bloomquist. 1989.** Neurotoxic action of pyrethroid insecticides. Annu. Rev. Entomol. 34: 77-96.
- Wang, C., M.E. Scharf & G.W. Bennett. 2004.** Behavioral and physiological resistance of the German cockroach to gel baits (Blattodea: Blattellidae). J. Econ. Entomol. 97: 2067-2072.
- Yu, S.J. 2008.** The mode of action of insecticides, p. 115-142. In S.J. Yu (ed.), The toxicology and biochemistry of insecticides. Boca Raton, CRC Press, 276p.
- Zhai, J. & W.H. Robinson. 1992.** Measuring Cypermethrin resistance in the German cockroach (Orthoptera: Blattellidae). J. Econ. Entomol. 85: 348-351.

Tabela 1. Acaricidas, formulação comercial, concentração do Ingrediente Ativo, classificação dos produtos junto ao Insecticide Resistance Action Committee (IRAC), concentração utilizada nos bioensaios e fabricante dos produtos.

Acaricida	Formulação	Concentração do I.A. (g/L)	Classe (IRAC)	Concentrações utilizadas (mg/L)	Fabricante
Abamectina	Kraft 36 CE	36 <sup>1</sup>	Ativadores de canais de cloro (grupo 6) <sup>2</sup>	62,42 <sup>3</sup>	Bayer CropScience Ltda
Azadiractina	Azamax	12	Agonistas de ecdisteróides (grupo 18B)	0,75	Parry Limited
Carbosulfano	Marshal 200 SC	200	Inibidores da acetilcolinesterase (grupo 1A)	28,62	Corporation & Pyosa SA
Clorfenapir	Pirate®	240	Desacopladores da fosforilação oxidativa via interrupção do gradiente de próton H (grupo 13)	109,13	Basf SA
Clorpirifós	Klorpan 480 CE	480	Inibidores da acetilcolinesterase (grupo 1B)	2330,82	Point International
Fenpiroximato	Ortus 50SC	50	Inibidores da cadeia de transporte de elétrons Sítio I (grupo 21)	304,84	Arysta Lifescience

<sup>1</sup>Concentração do Ingrediente Ativo

<sup>2</sup>Modo de ação segundo IRAC

<sup>3</sup>CL<sub>99</sub> de abamectina, clorfenapir, clorpirifós e fenpiroximato para *A. guerreronis* segundo Lima *et al.* (2012); CL<sub>50</sub> de carbosulfano para *A. guerreronis* segundo Lima *et al.* (2012) e dose de campo de azadiractina \*A CL<sub>50</sub> de carbosulfano foi escolhida devido a CL<sub>99</sub> provocar paralisia no predador antes do tempo de avaliação e a dose de campo de azadiractina foi escolhida porque não existia CL<sub>99</sub> para *A. guerreronis*.

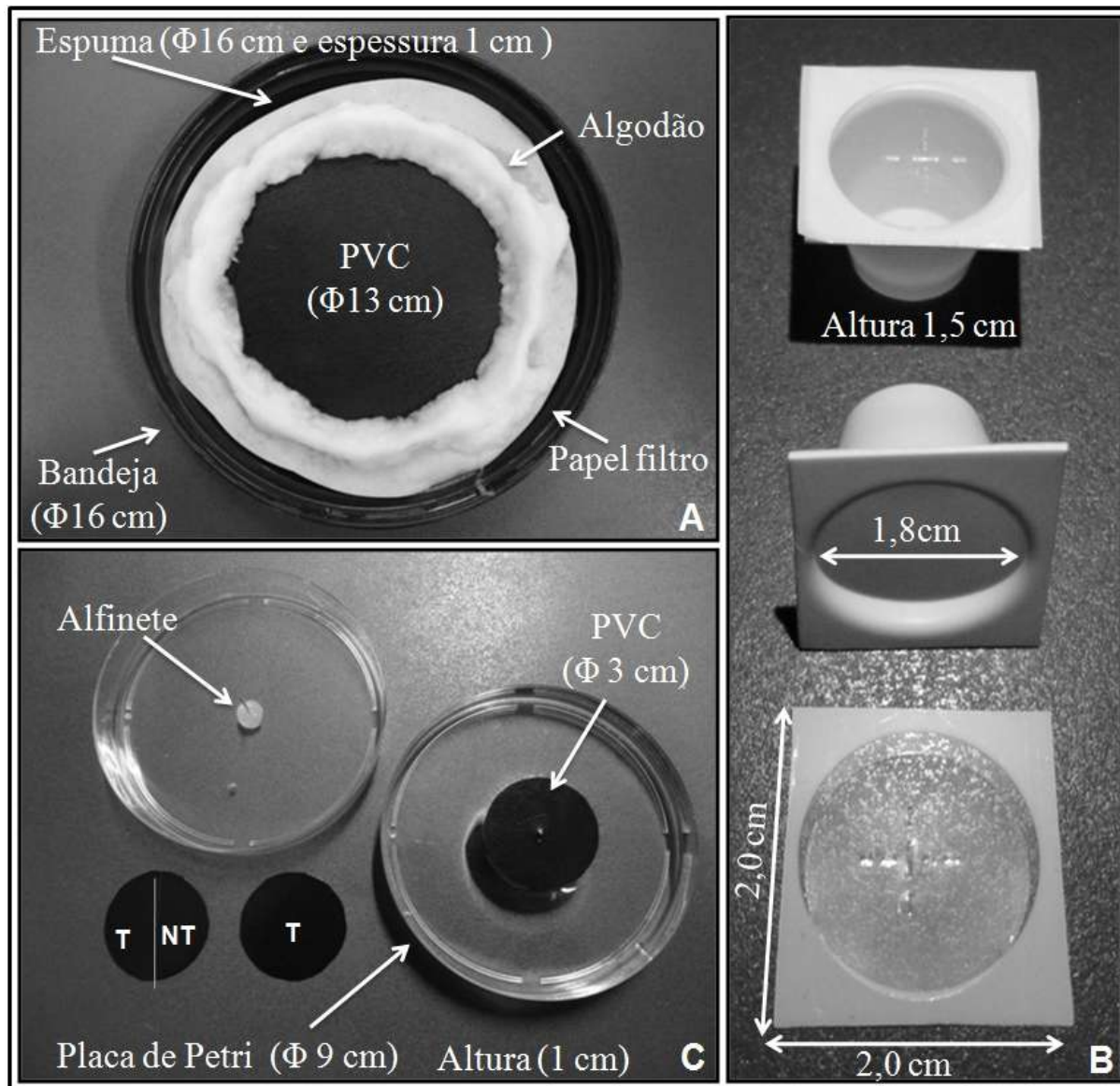


Figura 1. Arenas: criação para *Neoseiulus baraki* (A), unidades experimentais utilizadas nos bioensaios de sobrevivência de *Neoseiulus baraki* (B) e arenas de discos de PVC utilizadas nos bioensaios comportamentais. Hemisfério tratado (T) e não tratado com acaricida (NT) (C).



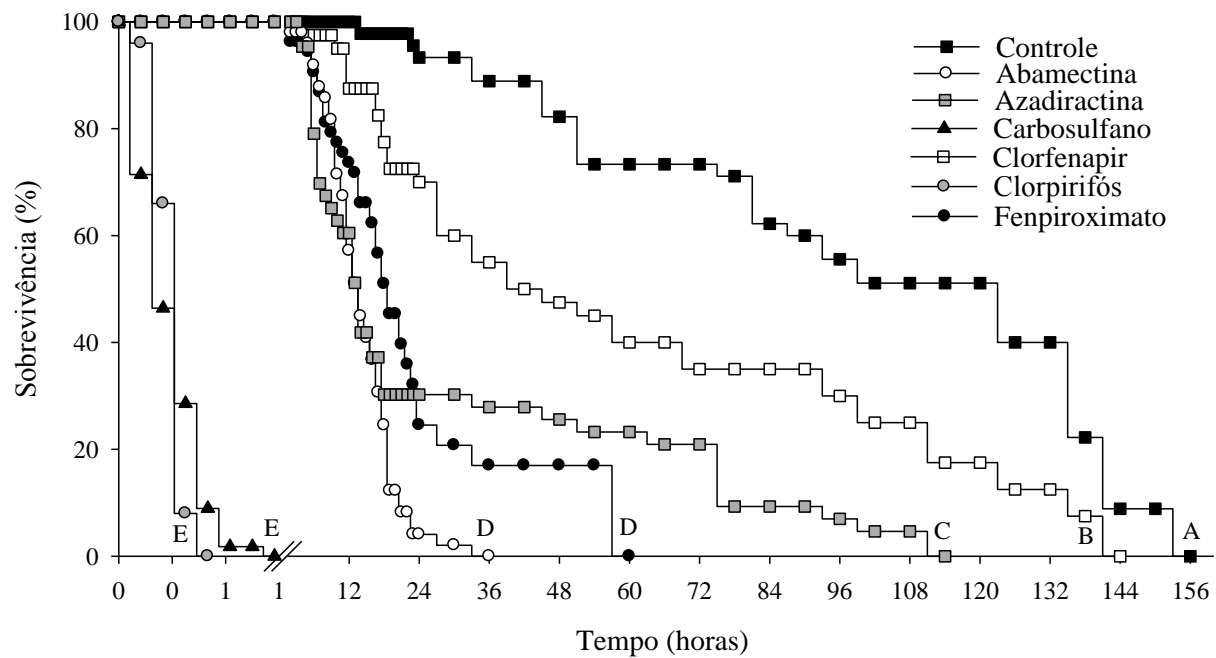


Figura 2. Curvas de sobrevivência de *Neoseiulus baraki* quando exposto a *Cl99* determinada para *Aceria guerreronis* para clorfenapir, fenpiroximato, abamectina, clorpirifós,  $CL_{50}$  de carbosulfano e a dose de campo de azadiractina. Legendas com a mesma letra não diferem entre si através do teste de Log-Rank ( $P > 0,05$ ) com determinações de curvas pelo método de Kaplan-Meier.

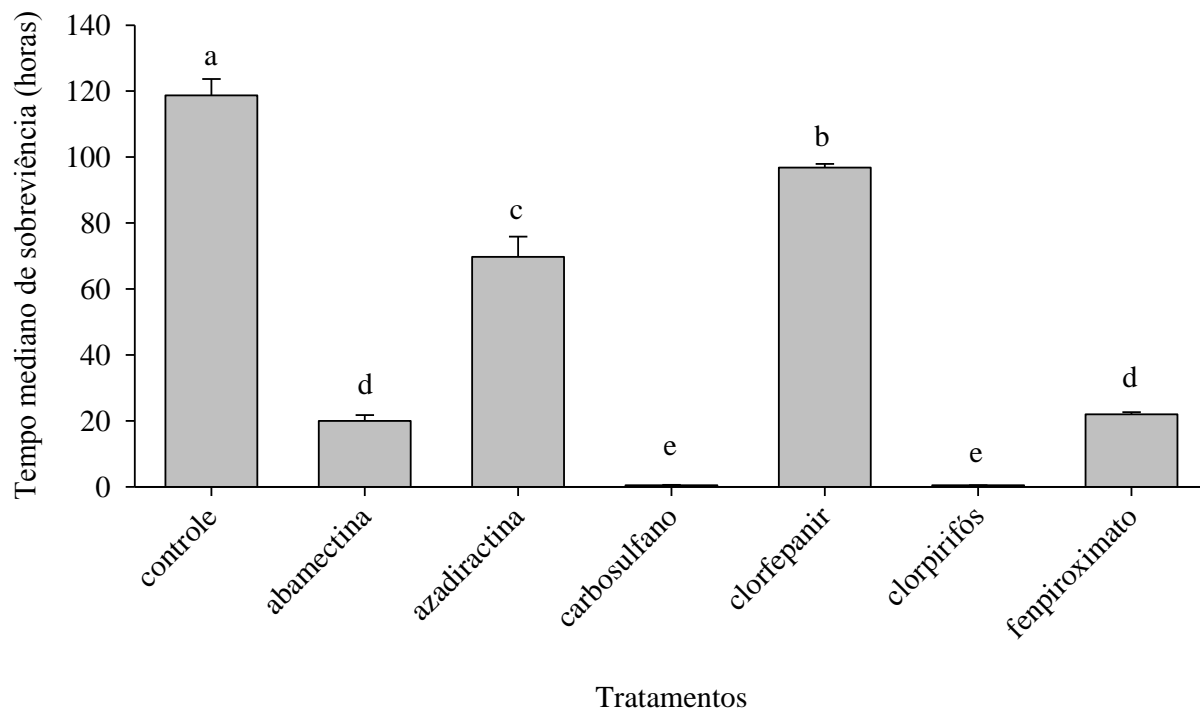


Figura 3. Tempo mediano de sobrevivência de *Neoseiulus baraki* quando exposto a Cl<sub>99</sub> de *A. guerreronis* para clorfenapir, fenpiroximato, abamectina, clorpirifós, CL<sub>50</sub> de carbosulfano e a dose de campo de azadiractina. Barras com a mesma letra não diferem significativamente entre produtos de acordo com teste de Tukey HSD ( $P > 0,05$ ).

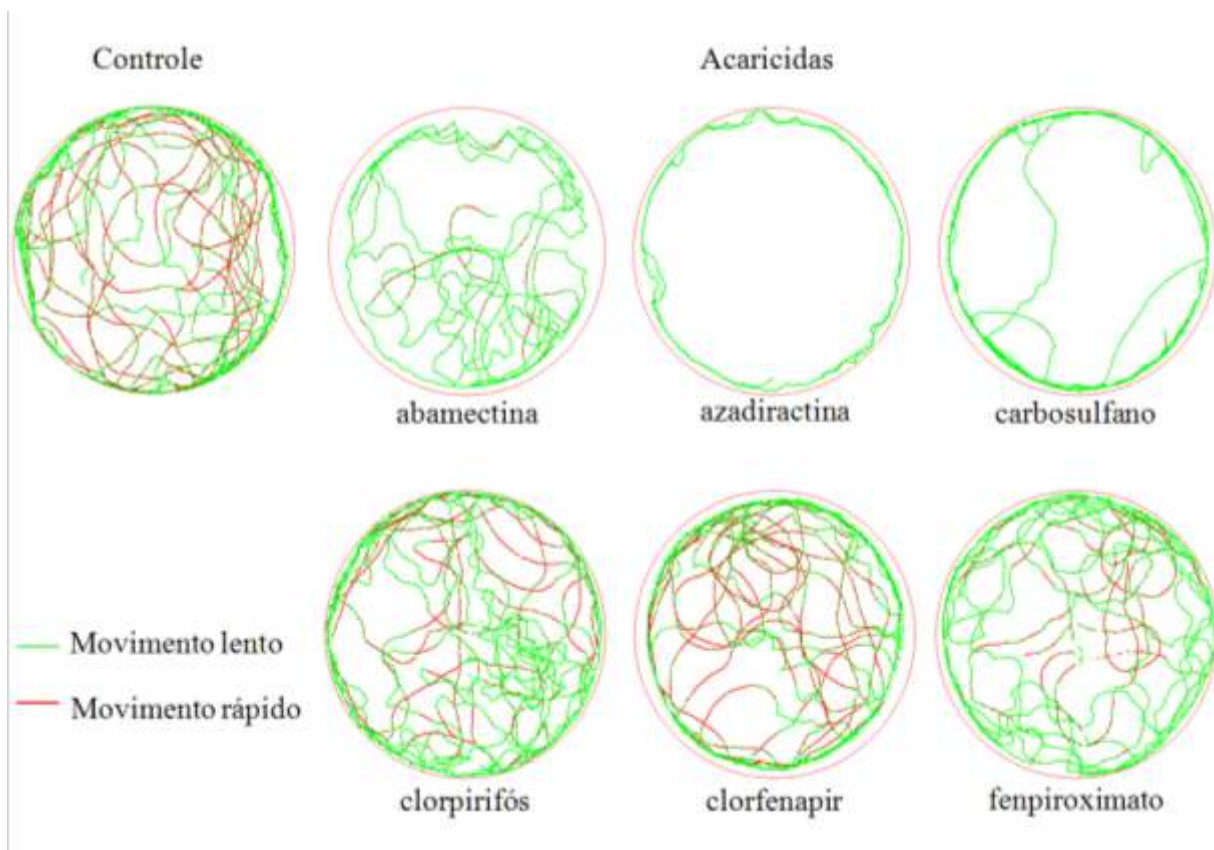


Figura. 4. Representação da movimentação de *Neoseiulus baraki* no bioensaio sem chance de escape.

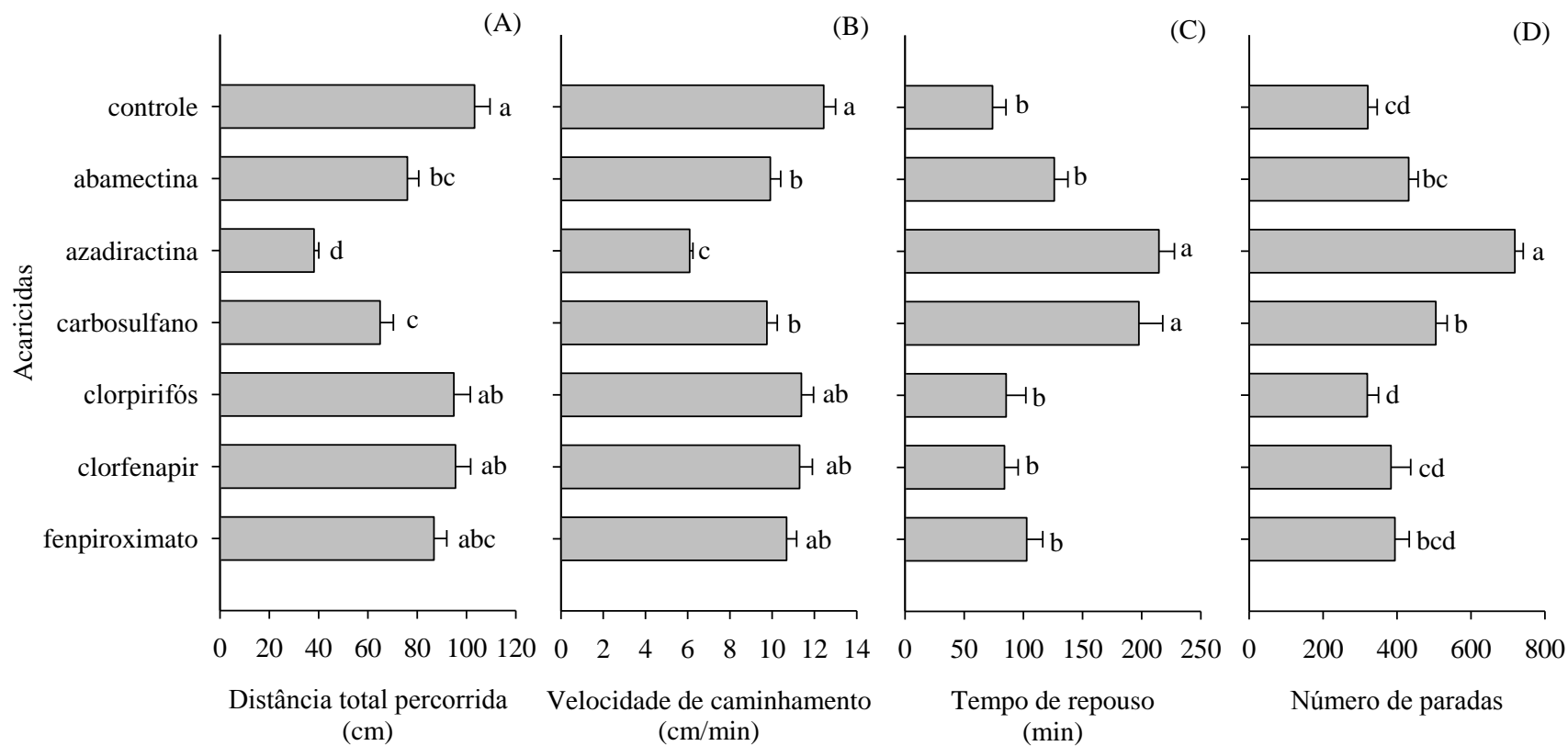


Figura. 5. Distância total percorrida (A), velocidade de caminhada (B), Tempo de repouso, e Número de paradas (D) de *N. baraki* em bioensaios sem chance de escape. Barras com a mesma letra não são significativamente diferentes de acordo com teste de Tukey HSD ( $P > 0,05$ ).

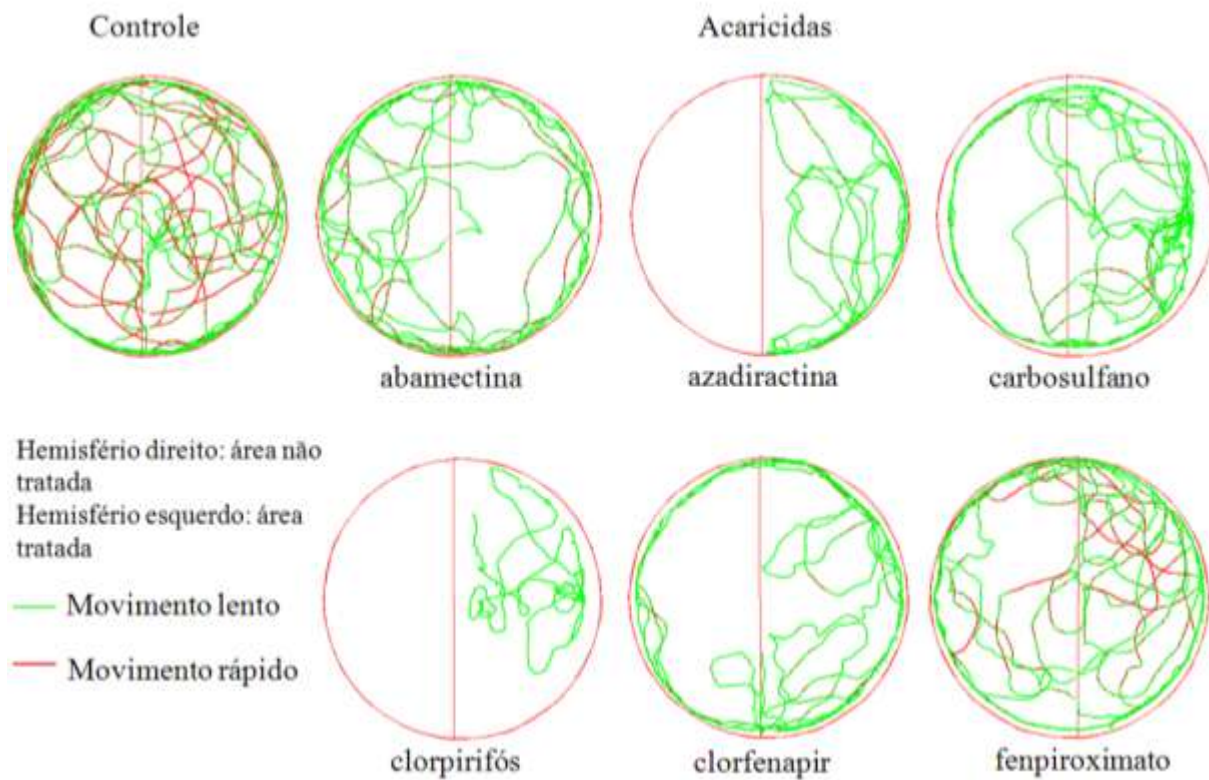


Figura. 6. Representação da movimentação de *Neoseiulus baraki* no bioensaio com chance de escape.

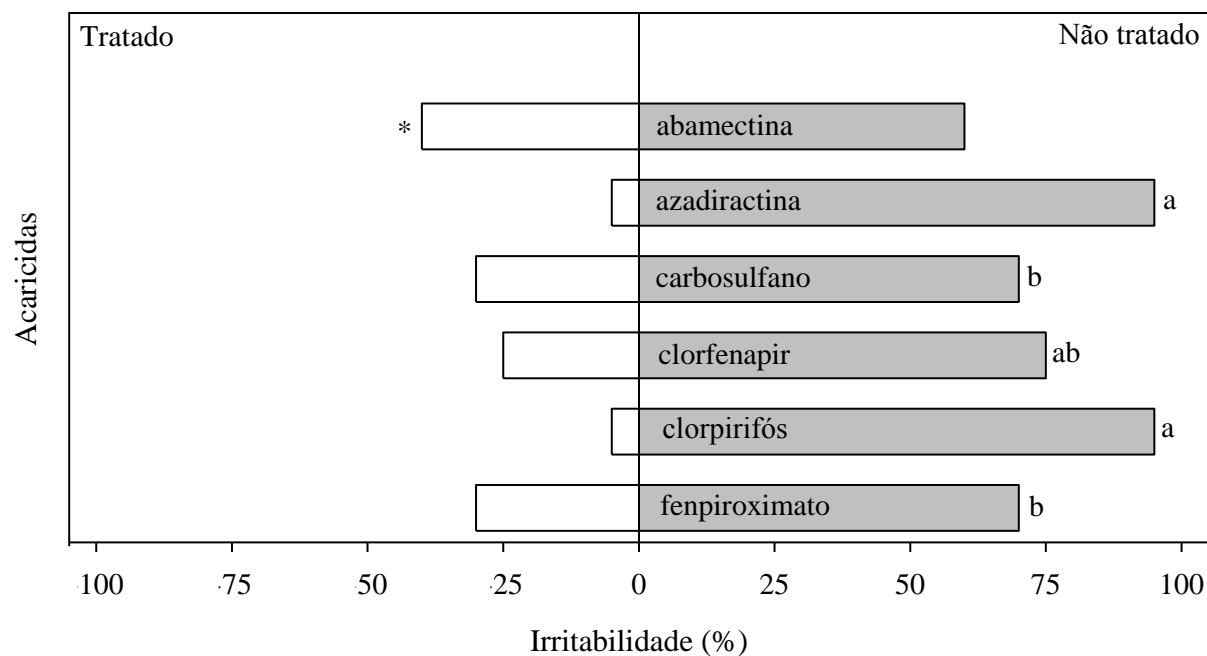


Figura. 7. Irritabilidade de acaricidas a *Neoseiulus baraki* quando exposto por um período de 10 minutos em bioensaios com chance de escape. As barras com asteriscos indicam que não houve diferença significativa entre as áreas tratadas e não tratadas pelo teste de Wilcoxon rank ( $P = 0,21$ ). Barras seguidas de mesma letra não são significativamente diferentes pelo teste de Wilcoxon rank ( $P > 0,05$ ).