

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Steneotarsonemus concavuscutum* LOFEGO &
GONDIM JR. (ACARI: TARSONEMIDAE) E SUA RESPOSTA COMPORTAMENTAL

por

GIRLEIDE VIEIRA DE FRANÇA

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Correa Gondim Jr.- UFRPE)

RESUMO

Steneotarsonemus concavuscutum Lofego & Gondim Jr. causa clorose, necrose, deformação, resinose e abortamento em frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Contudo, estes danos têm sido usualmente atribuídos a *Aceria guerreronis* Keifer. O controle de ácaros em frutos de coqueiro é feito, normalmente, por meio da pulverização de acaricidas registrados para o controle de *A. guerreronis*. O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade dos acaricidas registrados no Brasil para o controle de *A. guerreronis* sobre *S. concavuscutum*. Adicionalmente, o comportamento de caminhamento deste tarsonemídeo exposto aos acaricidas foi analisado, assim como seus efeitos na colonização de frutos e oviposição. A toxicidade foi estimada através de análise de Probit, baseando-se na mortalidade de adultos em arenas pulverizadas em torre de Potter. O comportamento dos ácaros expostos aos acaricidas foi estudado em arenas tratadas com e sem chance de escolha, através de um sistema de rastreamento (ViewPoint Life Sciences Montreal, Canadá). A CL₅₀ para abamectina e fenpiroximato foi de 1,1 mg/L e 2757mg/L, respectivamente. Azadiractina, espiroclorfenol e hexitiazoxi ocasionaram mortalidade de no máximo 25%. A distância total percorrida e a velocidade caminhamento dos ácaros foram maiores quando *S. concavuscutum* foi exposto a azadiractina e menor quando exposto a abamectina, porém não diferiu dos demais tratamentos. Todos os acaricidas causaram irritabilidade a *S.*

concauscutum. Contudo, repelência foi apenas observada em 5% da população testada para abamectina e azadiractina. A exposição a abamectina reduziu o número de ácaros que atingiu o perianto e se mantiveram vivos, diferindo dos demais tratamentos. Contudo, não houve diferença para o número de ovos encontrados nesta região. Nenhum acaricida apresentou efeito ovicida ou esterilizante sobre fêmeas. Dentre os acaricidas recomendados para controle de *A. guerreronis*, apenas abamectina e fenpiroximato, mostraram ser capazes de controlar *S. concauscutum*.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro, coqueiro, controle, comportamento, toxicologia.

ACARICIDE TOXICITY OF *Steneotarsonemus concavuscutum* LOFEGO E GONDIM JR.
(ACARI: TARSONEMIDAE) AND BEHAVIORAL RESPONSE

por

GIRLEIDE VIEIRA DE FRANÇA

(Under the Direction of Professor Manoel Guedes Correa Gondim Jr.- UFRPE)

ABSTRACT

Steneotarsonemus concavuscutum Lofego & Gondim Jr. cause chlorotic spots, necrosis, distortion, resinosis and abortion in coconut fruit. However, these damages have been usually attributed to *Aceria guerreronis* Keifer. The control of mites in coconut fruit is done, normally, through the spraying of acaricides registered to control of *A. guerreronis*. The aim of this study was to evaluate the toxicity of acaricides registered in Brazil to control of *A. guerreronis* against *S. concavuscutum*. Additionally, the behavior walking of the tarsonemid exposed to acaricides it was analyzed as well as its effects these acaricides on fruits colonization and oviposition. Toxicity was estimated by Probit analysis, based on adult mortality in arenas sprayed under Potter tower. The mites behavior exposed to acaricides was studied in arenas traded with and without chance of choice through a tracking system (ViewPoint Life Sciences Montreal, Canadá). The LC₅₀'s for abamectin and fenpyroximate was 1.1mg/L and 2757 mg/L, respectively. Azadirachtin, spiroadiclofen and hexythiazox caused mortality of up to 25%. The total walked distance and walking velocity of mite greatest when *S. concavuscutum* was exposed to azadirachtin and smallest when exposed to abamectin, not differed from other treatments. All acaricides caused irritability to *S. concavuscutum*. However repellence was only observed in 5% of the population tested for abamectin and azadirachtin. The exposure to abamectin reduced the number of mites

that reached the perianth and remained alive, differing from other treatments. However there was no difference in the number of eggs found in this region. No acaricide showed ovicidal effect or sterilizing on females. Among the acaricides recommended for control of *A. guerreronis*, only abamectin and fenpyroximate were able to control *S. concavuscutum*.

KEY WORDS: Mite, coconut tree, control, behavior, toxicology.

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Steneotarsonemus concavuscutum* LOFEGO &
GONDIM JR. (ACARI: TARSONEMIDAE) E SUA RESPOSTA COMPORTAMENTAL

por

GIRLEIDE VIEIRA DE FRANÇA

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

Julho – 2017

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Steneotarsonemus concavuscutum* LOFEGO &
GONDIM JR. (ACARI: TARSONEMIDAE) E SUA RESPOSTA COMPORTAMENTAL

por

GIRLEIDE VIEIRA DE FRANÇA

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Correa Gondim Jr. – UFRPE

Debora Barbosa de Lima – UFRPE

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Steneotarsonemus concavuscutum* LOFEGO &
GONDIM JR. (ACARI: TARSONEMIDAE) E SUA RESPOSTA COMPORTAMENTAL

por

GIRLEIDE VIEIRA DE FRANÇA

Orientador: _____
Manoel Guedes Corrêa Gondim Jr. – UFRPE

Examinadores: _____
Reginaldo Barros – UFRPE

José Wagner da Silva Melo – UFC

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Nome da Biblioteca, Recife-PE, Brasil

F837t França, Girleide Vieira de
Toxicidade de acaricidas a *Steneotarsonemus concavuscutum* Lofego
& Gondim Jr. (Acari: Tarsonemidae) e sua resposta comportamental /
Girleide Vieira de França. – 2017.
54 f. : il.

Orientador: Manoel Guedes Correa Gondim Jr.

Coorientadora: Debora Barbosa de Lima.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, Recife, BR-PE,
2017.

Inclui referências.

1. Ácaro 2. Coqueiro 3. Controle 4. Comportamento 5. Toxicologia
I. Gondim Jr., Manoel Guedes Correa, orient. II. Lima, Debora Barbosa de,
coorient. III. Título

CDD 632.7

DEDICATÓRIA

Á Deus por sua santa proteção e a Nossa Senhora pela sua santa intercessão; aos meus pais Genival Carneiro de França e Rita Vieira de França; aos meus avós José Cornélio e Maria José Vieira; aos meus irmãos e amigos Girlene da Conceição Vieira de França e Girlan Vieira de França; aos meus sobrinhos João Lucas e João Paulo; ao meu noivo e amigo Rodolpho Cavalcanti Beltrão; aos meus cunhados Érica Vieira e Wirrobson; ao professor Manoel Guedes C. Gondim Jr.; a Dr^a. Débora Barbosa de Lima; a toda equipe do laboratório de Acarologia Agrícola.

AGRADECIMENTOS

À Deus e Nossa Senhora, pela proteção, força e perseverança que me deram e que me fizeram trilhar todas as etapas de minha vida.

À Universidade de Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade e realização do curso.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais Genival Carneiro de França e Rita Vieira de França por terem feito dos meus sonhos os deles, por terem acreditado e batalhado junto a mim por uma educação digna, ensinando que quando queremos somos capazes de alcançar nossos sonhos.

Aos meus avós José Cornélio e Maria José Vieira que sempre acreditaram em mim.

Ao meu irmão Girlan Vieira por acreditar e sempre me dar força para lutar.

À minha irmã e amiga Girlene da Conceição, por ser minha fonte de orgulho e inspiração e por todos os momentos está ao meu lado me incentivando e me dando forças.

Aos meus sobrinhos João Lucas e João Paulo por me darem forças em querer ser fonte de orgulho para eles.

Ao meu noivo e amigo Rodolpho Cavalcanti Beltrão por sempre está ao meu lado me dando forças e acreditando em minha capacidade.

Ao meu sogro Júnior Beltrão e minha sogra Maria das Graças, pelo carinho e apoio.

Aos meus cunhados Érica Vieira e Wirrobson Gonçalves, por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus tios Paulo Cornélio, Sebastião Cornélio, Felipe Cornélio, Conceição Vieira, e Lindalva Vieira, pelo apoio que sempre me deram.

As minhas antigas e eternas professoras Rosilda e Jucelúcia por todo o apoio e credibilidade que me deram no momento de alçar voo na vida acadêmica.

Ao meu orientador Manoel Guedes C. Gondim Júnior, Co-orientadora Débora Barbosa por acompanharem meu desenvolvimento acadêmico, proporcionando a iniciação no meio científico e desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Reginaldo Barros que sempre trouxe palavras de conforto nos momentos de aflições.

A minha amiga Jamile Érica por me fazer persistir em meus objetivos e a todos meus amigos da graduação: Jéssica Oliveira, Clarisse, Itammar Augusto, Fernando José, Igor Livera e Rogério Lira por me dar força para ingressar na vida acadêmica.

As minhas amigas e companheiras de laboratório Vaneska Barbosa, Aleuny Coutinho Reis e Vanessa Farias pelo companheirismo e toda ajuda proporcionada.

Aos ex-colegas de laboratórios Cleiton Domingos, Helen de Oliveira, Carla de Assis, Cecília Sanguinet, Cristina e Wagner Melo, que muito contribuíram para meu processo de aprendizagem e aos atuais colegas de laboratório Vaneska Barbosa, Antônio Almeida e Érica Calvet pela atenção.

A Elisabete Albuquerque, Amanda Túler, Elaine Cristina e Francieli Marcelino pelo carinho e pela descontração em pequenos momentos de conversa de grande importância para mim.

Aos trabalhadores da horta: Henrique, Nivaldo, Batista, Davi e o Irmão, por sempre nos momentos de necessidades deixarem seus afazeres e me auxiliarem nas coletas dos frutos.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	viii
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA.....	8
2 TOXICIDADE DE ACARICIDAS A <i>Steneotarsonemus concavuscutum</i> LOFEGO & GONDIM JR. (ACARI: TARSONEMIDAE) E SUA RESPOSTA COMPORTAMENTAL.....	15
RESUMO	16
ABSTRACT	17
INTRODUÇÃO	18
MATERIAL E MÉTODOS	20
RESULTADO	26
DISCUSSÃO.....	28
AGRADECIMENTO	32
LITERATURA CITADA.....	32
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O Sudeste asiático é o provável centro de origem do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Presley 1992, Lebrun *et al.* 1998, Gunn *et al.* 2011). Há milhares de anos descobriu-se a qualidade nutricional dessa planta, e então passou-se a utilizá-la como fonte alimentar dos povos do sudoeste da Ásia e norte da África (Lorenzi *et al.* 1995). O consumo dos frutos é bastante diversificado, podendo ser desde *in natura* até industrializado, através de vários produtos de interesse econômico (Mirisola Filho 2002). Além disso, derivados dessa cultura é empregada como matéria prima em construções (Lorenzi *et al.* 1995).

O cultivo do coqueiro se encontra bastante difundido em todo o mundo, sendo a Indonésia considerada o maior produtor mundial, seguida das Filipinas, Índia e Brasil (FAOTAST 2014). O Brasil apresenta cerca de 300 mil hectares de área plantada, destacando-se os estados da Bahia, Pará, Ceará, Espírito Santo, Pernambuco, Sergipe e Rio Grande do Norte como os principais produtores (Agrianual 2015). Áreas de produção para comercialização do albumem líquido (água de coco) utilizam, geralmente, variedades anãs por serem mais produtivas, podendo obter-se até 400 frutos/planta/ano, já para a produção do albumem sólido (copra) são utilizadas variedades gigantes e híbridos (anões x gigantes). No Nordeste, as áreas de produção de copra estão distribuídas, principalmente no litoral, e o sistema de exploração empregado é basicamente o semiextrativista, o que pode explicar em parte a baixa produtividade brasileira estimada em cerca de 30/frutos/planta/ano (Fontes *et al.* 2003).

A irregularidade pluviométrica no litoral do Nordeste, principal região produtora, tem estimulado a expansão da cultura para os perímetros irrigados do semiárido nordestino, onde

variedades anãs são as mais cultivadas, basicamente destinadas à produção para o consumo *in natura* (Miranda *et al.* 1999). A utilização da irrigação bem como a de insumos tem proporcionado altas produtividades (Aragão *et al.* 2002, Fontes & Wanderley 2006), levando a uma produção média estimada de 200 frutos/planta/ano (Fontes & Wanderley 2006).

A produtividade do coqueiro pode ser bastante afetada pela ação de diferentes artrópodes-pragas (Ferreira *et al.* 1998). A intensidade dos danos provocada pelas pragas varia de acordo com as condições edafoclimáticas da região de cultivo, e dos fatores bióticos que atuam sobre eles. Entre esses artrópodes, destacam-se diversos insetos e ácaros que contribuem para redução significativa da produção dessa cultura (Moura *et al.* 2002).

Os ácaros fitófagos são responsáveis por acarretar diversos problemas à agricultura, reduzindo significativamente à produção, inclusive na cultura do coqueiro (Gondim Jr. & Oliveira 2001, Navia *et al.* 2005, Navia *et al.* 2007, Navia *et al.* 2011). Dentre as diversas espécies de ácaros fitófagos relatados para o coqueiro no Brasil, destaca-se *Aceria guerreronis* Keifer (Eriophyidae), *Amrineus cocofolius* Flechtmann (Eriophyidae), *Retracrus johnstoni* Keifer (Phytoptidae), *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), *Steneotarsonemus concavuscutum* Lofego & Gondim Jr. (Tarsonemidae) e *Steneotarsonemus furcatus* De Leon (Tarsonemidae), como as mais importantes e que causam frequentemente danos ao coqueiro (Ferreira *et al.* 2001, Navia *et al.* 2011, Navia *et al.* 2013). As espécies *A. guerreronis*, *S. furcatus* e *S. concavuscutum* destacam-se como as mais frequentes e abundantes no perianto de frutos do coqueiro no litoral dos estados de Alagoas, Paraíba e Pernambuco (Reis *et al.* 2008).

Dentre as espécies que atacam o coqueiro no Brasil, *A. guerreronis* é considerada a praga mais importante (Lawson-Balagbo *et al.* 2008). Este ácaro foi descrito por Keifer em 1965 a partir de frutos infestados, em trânsito do México para os EUA, e relatado no Brasil no mesmo ano no estado do Rio de Janeiro (Robbs & Peracchi 1965). *Aceria guerreronis* é uma das

principais pragas do coqueiro no mundo, reduzindo a produtividade desta cultura nas principais regiões tropicais da América, África e parte da Ásia (Moore & Howard 1996, Fernando *et al.*, 2002, Haq 2002, Rezende *et al.* 2016). Esse açúcar está distribuído por todas as regiões produtoras do Brasil, associado a condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, podendo proporcionar elevados níveis de infestação (Lawson-Balagbo *et al.* 2008).

As colônias de *A. guerreronis* localizam-se na região meristemática dos frutos, protegidas pelas brácteas (Lawson-Balagbo *et al.* 2007). Os danos causados por essa praga são caracterizados por manchas de formato triangular e coloração branco-amarelada na epiderme dos frutos, próximas às brácteas (Moore & Howard 1996). Com o desenvolvimento do fruto esta área torna-se necrosada, e apresenta rachaduras longitudinais, deformações e exsudação de resina (Cardona & Potes 1971, Navia *et al.* 2013). A maioria dos frutos infestados abortam (Mariau 1977, Moore & Howard 1996, Ferreira *et al.* 1998, Nair 2002), sendo a redução do número de frutos por cacho um dos principais problemas ocasionadas por essa praga (Moore *et al.* 1989, Rezende *et al.* 2016), contudo, aqueles que não abortam apresentam redução do albúmen sólido (copra) e líquido (água), além de reduzirem também o peso, o tamanho e conseqüentemente apresentam menor valor comercial ou tornam-se inviáveis comercialmente (Haq *et al.* 2002, Paul & Mathew 2002, Rezende *et al.* 2016). O fruto não é a única parte comprometida pela praga, pois também pode afetar mudas, ocasionando necrose na flecha, e conseqüentemente a morte da gema apical (Aquino *et al.* 1968). Os danos ocasionados por essa praga, em algumas regiões produtoras, podem resultar em perdas superiores a 60% da produção (Julia & Mariau 1979, Moore *et al.* 1989, Moore 2000, Seguni 2000, Rethinam *et al.* 2003, Wickramananda *et al.* 2007, Rezende *et al.* 2016).

Stenotarsonemus furcatus foi descrito de uma gramínea do gênero *Paspalum* (De Leon 1956). A ocorrência dessa praga na cultura do coqueiro foi observada na Costa Rica, El Salvador

e na Venezuela (Smiley *et al.* 1993). No Brasil, foi relatado no estado de Pernambuco (Gondim Jr. & Oliveira 2001), e posteriormente nos estados de Alagoas, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Navia *et al.* 2005). *Steneotarsonemus furcatus* e *A. guerreronis* ocupam o perianto do fruto, e alguns autores relatam uma interação (competição) entre estas espécies (Navia *et al.* 2005), contudo isto ainda não foi devidamente estudado. Aparentemente, *S. furcatus* pode deslocar *A. guerreronis* com o aumento da idade dos frutos (Navia *et al.* 2005). Os danos causados por *S. furcatus* se iniciam com manchas cloróticas na epiderme dos frutos que evoluem para necrose, podendo haver também o abortamento. As lesões apresentam as margens paralelas longitudinalmente (Navia *et al.* 2005).

Steneotarsonemus concavuscutum foi descrito de frutos de coqueiro do Brasil (Lofego & Gondim Jr. 2006), sendo relatado até o momento apenas nesta palmeira, e sua distribuição se dá entre o litoral dos estados da Paraíba e Alagoas (Reis *et al.* 2008). Este ácaro também habita o perianto dos frutos de coqueiro (Lima *et al.* 2017), provocando clorose na epiderme, evoluindo para uma lesão necrótica (Lofego & Gondim Jr. 2006). Sua importância ainda é pouco conhecida no Brasil, apesar de sua predominância em algumas regiões produtoras do nordeste (Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008). Assim como para *S. furcatus*, as margens das lesões causadas por *S. concavuscutum* são paralelas ao longo do fruto, contudo até o momento não se consegue diferenciar os danos causados entre os dois tarsonemídeos. Apesar dos danos provocados por *S. concavuscutum*, *S. furcatus* e *A. guerreronis* em frutos de coqueiro serem parecidos, a distinção destes pode ser feita através da observação do formato das margens das lesões, sendo aquelas provocadas por *S. concavuscutum* e *S. furcatus* paralelas, e as de *A. guerreronis* triangular (Navia *et al.* 2005). Uma vez que os estudos com *S. concavuscutum* são escassos, os danos causados pelos ácaros que se desenvolvem no perianto dos frutos do coqueiro são atribuídos pelos produtores, e por boa parte dos técnicos, a ação exclusiva de *A. guerreronis*. Em algumas

variedades e localidades é comum encontrar, predominantemente, danos causados por *S. concavuscutum*. Devido a falta de conhecimento sobre o complexo de *Steneotarsonemus* em coqueiro, o planejamento de áreas infestadas por *S. concavuscutum*, que predomina em alguns locais no litoral dos estados de Alagoas, Paraíba e Pernambuco, é feito considerando apenas *A. guerreronis*.

O controle de *A. guerreronis* é feito, principalmente, através da aplicação de acaricidas (Moore & Howard 1996, Moreira & Nascimento 2002, Ramaraju *et al.* 2002, Melo *et al.* 2012). No Brasil, apenas abamectina, azadiractina, espiroclorfenol, fenpiroximato e hexitiazoxi são registrados para essa praga na cultura do coqueiro (Agrofit 2017), implicando no fato de que não há produtos registrados para controle de *Steneotarsonemus* nesta palmeira. O controle químico quando realizado em locais com infestação de ácaros do gênero *Steneotarsonemus* é feito considerando *A. guerreronis*, portanto são necessários estudos que avaliem melhor a distribuição geográfica das espécies de Tarsonemidae no perianto de frutos de coqueiro, as perdas causadas isoladamente por elas, assim como a efetividade das ações de controle, sobretudo para *S. concavuscutum* que predomina em algumas localidades do litoral dos estados da Paraíba, Pernambuco e Alagoas.

Abamectina é um inseticida que pertence ao grupo químico das avermectinas (Agrofit 2017), oriundo da fermentação de bactérias do solo (*Streptomyces avermitilis*) e atua como inseticida, acaricida e nematicida. Esse inseticida age sobre os ácaros por meio do contato e ingestão (Agrofit 2017), atuando no sistema nervoso por meio da ativação dos canais de cloro (IRAC 2017).

Azadiractina é um acaricida natural do grupo tetranortriterpenóides, sendo o composto mais ativo encontrado nas sementes e folhas do nim (*Azadirachta indica* A. Juss) (Koul *et al.* 1990, Schmutterer 1990). Os produtos derivados do nim são utilizados sobre muitos artrópodes pragas,

exercendo vários efeitos negativos em sua biologia. Os produtos a base de nim apresentam grande importância devido sua baixa toxicidade para mamíferos (Isman 2006). Azadiractina é bastante empregado no controle de ácaros pragas, inibindo a alimentação e reduzindo a velocidade de desenvolvimento (Agrofit 2017).

Espirodiclofeno é um acaricida/inseticida destinado ao controle de formas imaturas (ovos, larvas e ninfas), além de atuar sobre fêmeas adultas, reduzindo a fecundidade. Esse acaricida é derivado do ácido tetrônico que age inibindo a biossíntese lipídica e bloqueando a carboxilase, que permite a formação do ácido graxo (Wachendorff *et al.* 2002, Bretschneider *et al.* 2007, Marcic´ 2007, Van Pottelberge *et al.*, 2009a). Este acaricida é frequentemente utilizado no controle de ácaros que apresentam resistência a outros acaricidas (Bretschneider *et al.* 2007).

Fenpiroximato é um importante acaricida que atua sobre diversos estágios de desenvolvimento dos ácaros, apresentando maior eficiência no estágio larval (Dekeyser 2005). Esse acaricida pertence à família dos inibidores de complexo da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndria (IRAC 2017), inibindo o complexo I da via respiratória mitocondrial (Hollingworth & Ahammadsahib 1995, Van Pottelberge *et al.* 2009b).

Hexitiazox é um acaricida que atua sobre ovos, formas imaturas, além de apresentar excelente efeito esterilizante sobre fêmeas adultas de diversas espécies de ácaros (Welty *et al.* 1988, Agrofit 2017). Esse acaricida pertence ao grupo químico dos inibidores de crescimento (IRAC 2017), sendo bastante utilizado no controle de ácaros em diversas culturas (Yamamoto *et al.* 1996).

Os ácaros da família Tarsonemidae são citados como pragas de várias culturas no Brasil (Moraes & Flechtmann 2008), contudo só há registros de acaricidas junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para uso no controle de apenas duas espécies,

sendo elas *Phytonemus pallidus* (Banks), ácaro praga da cultura do morangueiro, e *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), praga de diversas culturas, entre elas o algodoeiro, cafeeiro, cacauzeiro, citros, solanáceas, entre outras. No Brasil, apenas abamectina é registrada para controle de *P. pallidus*, enquanto que para *P. latus*, existe mais de uma dezena de outros produtos registrados, além desta avermectina (Agrofit 2017).

Embora o principal método de controle contra *A. guerreronis* seja a pulverização de acaricidas é sabido que o habitat desse ácaro (perianto), região protegida pelas brácteas, compromete a eficácia desses produtos (Mariau & Tchibozo 1973, Hernandez 1977, Silva *et al.* 2017). Portanto, a ação desses acaricidas é restrita ao contato residual no momento em que os ácaros saem do perianto para se dispersar (Melo *et al.* 2012, Monteiro *et al.* 2012, Silva *et al.* 2017). Assim como ocorre para *A. guerreronis*, acredita-se que as brácteas também conferem proteção para *S. concavuscutum*, sendo a ação dos acaricidas restrita ao contato do durante o processo de dispersão.

Apesar da baixa possibilidade do contato direto de acaricidas com *S. concavuscutum* por ocasião da pulverização, diversos efeitos subletais podem ser ocasionados devido à exposição ao resíduo do acaricida durante o processo de dispersão. Além desses efeitos, outra problemática esta no uso contínuo de acaricidas para o controle de pragas que pode resultar numa seleção para a resistência, na ressurgência de pragas, nos surtos de pragas secundárias e na morte de inimigos naturais (Van de Vrie *et al.* 1972, Van Leeuwen *et al.* 2010). Os efeitos subletais de acaricidas sobre alguns indivíduos que sobrevivem após a exposição direta ao acaricida podem ser definidos como indução não aparente da mortalidade. Esse efeito é proveniente da alteração na fisiologia ou comportamento do organismo que sobrevive ao efeito do acaricida (Deusneux *et al.* 2007). Os efeitos subletais podem resultar na redução da sobrevivência de fêmeas, no aumento do período de pré-oviposição, diminuição do período de oviposição e da fecundidade média, além de influenciar

na mudança dos parâmetros de tabela de vida e de fertilidade (Ibrahim & Yee 2000, Hamedí *et al.* 2010, Lima *et al.* 2013a).

Efeitos comportamentais específicos para evitar e/ou reduzir o contato com resíduos de acaricidas/inseticidas também são conhecidos em casos onde não há mortalidade. Esses comportamentos envolvem a mudança no caminhar, irritabilidade e repelência (Davidson 1953, Robertson & Preisler 1992, Pothikasikorn *et al.* 2007, Cordeiro *et al.* 2010, Lima *et al.* 2013b). Ao ser exposto ao acaricida, o organismo pode apresentar um aumento da capacidade de detecção da substância tóxica responsável por promover o efeito irritante, e por meio dessa percepção evitar a exposição ao tóxico através da fuga. Outra possibilidade seria evitar o contato com a substância tóxica (estímulo independente), resultando no efeito de repelência (Georghiou 1972, Lockwood *et al.* 1984, Cordeiro *et al.* 2010).

Apesar de acaricidas não recomendados pelo MAPA serem utilizados para o controle de *S. concavuscutum*, não existem relatos sobre a ação efetiva desses acaricidas sobre este tarsonemídeo. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar se os cinco acaricidas (abamectina, azadiractina, espiroclorfenol, fenpiroximato e hexitiazoxi) já registrados no Brasil para a cultura do coqueiro no controle de *A. guerreronis*, apresentam efeito tóxico e subletal sobre *S. concavuscutum*.

Literatura Citada

Agriannual (Anuário da Agricultura Brasileira). 2015. São Paulo, FNP. 277-282p.

Agrofit. 2017. Sistema de agrotóxicos Fitossanitários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons

Aquino, M.L.N., C.H.W. Flechtmann & G.P. Arruda. 1968. Contribuição ao estudo do ácaro causador da necrose do olho do coqueiro em Pernambuco e seu controle. Recife, IPA, 17p. (Boletim Técnico 34).

- 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. W.M. Aragão (ed.), *Coco: Pós-colheita*. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 292p.
- Bretschneider, T., R. Fischer & R. Nauen. 2007.** Inhibitors of lipid synthesis (Acetyl-CoA-Carboxylase inhibitors), p. 909-925. In W. Krämer & U. Schirmer (eds.), *Modern crop protection compounds*. Weinheim, Wiley, 1302p.
- Cardona, I.Z. & A.S. Potes. 1971.** La ronã o escorión de los frutos del cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Colômbia. *Acta. Agron.* 21: 133-139.
- 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 fiiwestus*. *Bull. Entomol. Res.* 44: 231-254.
- Dekeyser, M.A. 2005.** Acaricide mode of action. *Pest. Manag. Sci.* 61: 103-110.
- De Leon, D. 1956.** Four new Acarina in the family Tarsonemidae. *Fla. Entomol.* 39: 105-112.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- FAOTAST. 2014.** Coconut. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>, acessado em: 07/03/2016.
- Ferreira, J.M.S., M.F. Lima, D.L. Santana, J.I.L. Moura & L.A. Siqueira. 1998.** Pragas do coqueiro, p.189-267. In J.M.S. Ferreira, D.R.N. Warwick & L.A. Siqueira (eds.), *A cultura do coqueiro no Brasil*. Brasília, Embrapa-SPI, 292p.
- Ferreira, J.M.S., R.P.C. Araújo & F.B. Sarro. 2001.** Mancha anelar do fruto do coqueiro: agente causal e danos. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 20p. (Série Documentos, 27).
- Fernando, L.C.P., I.R. Wickramananda & 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. Wickramananda (eds.), *Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (Aceria guerreronis)*. Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Fontes, H.R., F.E. Ribeiro & M.F. Fernandes. 2003.** *Coco, produção: aspectos técnicos*. 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. (Documentos, 94).

- Georghiou, G.P. 1972.** The evolution of resistance to pesticides. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 3:133-168.
- Gondim Jr., M.G.C. & J.V. Oliveira. 2001.** Ácaros de fruteiras tropicais: importância econômica, identificação e controle, p.317-355. In S.J. Michereff & R. Barros (Org.), *Proteção de plantas na agricultura sustentável*. Recife, UFRPE, Imprensa Universitária, 424p.
- Gunn, B.F., L. Baudouin & K.M. Olsen. 2011.** Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in the old world tropics. *PLoS One* 6: e21143.
- Hamedi, N., Y. Fathipour & M. Saber. 2011.** 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., K. Sumangala & N. Ramani. 2002.** Coconut mite invasion, injury and distribution, p. 41-49. 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.
- Hernandez, R.F. 1977.** Combate químico del eriofídeo del cocotero *Aceria guerreronis* (K) (Eriophyes) em la costa de Guerrero. *Agric. Tec. Méx.* 4: 23-28.
- Hollingworth, R.M. & K.I. Ahammadsahib. 1995.** Inhibitors of respiratory complex I: mechanisms, pesticidal actions and toxicology. *Rev. Pestic. Toxicol.* 3: 277-302.
- IRAC. 2017.** Insecticide Resistance Action Committee. <http://www.ircac-online.org/modes-of-action/>
- 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.
- Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 45-66.
- Julia, J.F. & D. Mariau. 1979.** New research on the coconut mite *Eriophyes gerreronis* (K) in the Ivory Coast. *Oléagineux* 34: 181-189.
- Koul, O., M.B. Isman & C.M. Retkar. 1990.** Properties and uses of neem, *Azadirachta indica*. *Can. J. Bot.* 68: 1-11.
- 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. *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 lumiere des marqueurs RFLP. *Pl. Res. Dev.* 5: 233-245.
- Lima, D.B., V.B. Monteiro, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013a.** Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *BioControl* 58: 595-605.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013b.** Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 381-393.
- Lima, D.B., H.K.V. Oliveira, J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., M. Sabeli, A. Pallini & A. Janssen. 2017.** Predator performance is impaired by the presence of a second prey species. *Bull. Entomol. Res.* 107: 313-321.
- Lofego, A.C. & M.G.C. Gondim Jr. 2006.** A new species of *Steneotarsonemus* (Acari: Tarsonemidae) from Brazil. *Syst. Appl. Acarol.* 11: 195-203.
- Lorenzi, H., H.M. de Souza, J.T. de M. Costa, L.S.C. de Cerqueira & N. Behr. 1995.** *Palmeira no Brasil: nativas e exóticas.* Nova Odessa, Instituto Plantarum, 320p.
- 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.
- Marcic', D. 2007.** Sublethal effects of spirodiclofen on life history and life-table parameters of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Exp. Appl. Acarol.* 42: 121-129.
- Mariau, D. 1977.** *Aceria (Eriophyes) guerreronis*: an important pest of African and American coconut groves. *Oléagineux* 32: 109-111.
- Mariau, D. & H.M. Tchibofo. 1973.** Essais de lutte chimique contre *Aceria guerreronis* (Keifer). *Oléagineux* 28: 133-135.
- Melo, J.W.S., C.A. Domingos, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Removal of bunches or spikelets is not effective for the control of *Aceria guerreronis*. *HortScience* 47: 626-630.
- Miranda, F.R., V.H. de Oliveira & A.A.T. Montenegro. 1999.** Desenvolvimento e precocidade de produção do coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) sob diferentes frequências de irrigação. *Agrotrópica* 11: 71-76.
- Mirisola Filho, L.A. 2002.** *Cultivo de coco Anão.* Viçosa, Aprenda Fácil, 344 p.

- Moraes, G.J. & C.H.W. Flechtmann. 2008.** Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos, 308p.
- Monteiro, V.B., D.B. Lima, M.G.C. Gondim Jr. & H.A.A. Siqueira. 2012.** Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. J. Econ. Entomol. 105: 1419-1425.
- Moore, D. 2000.** Non-chemical control of *Aceria guerreronis* on coconuts. Biocontrol News Inf. 21: 83-87.
- 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 and *Hirsutella* fungus. Trop. Pest. Manag. 35: 83-89.
- 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. Elsevier, Amsterdam, 790p.
- Moreira, J.O.T. & A.R.P. Nascimento. 2002.** Avaliação de 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: 70-76.
- Moura, J.I.L., R.B. Sgrillo & F.C. Miguens. 2002.** Manejo integrado das principais pragas do coqueiro, p.67-90. In L.S. Poltronieri & D.R. Trindade (eds.), Manejo integrado das principais pragas e doenças de cultivos amazônicos. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 304p.
- 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., G.J. Moraes, A.C. Lofego & C.H.W. Flechtmann. 2005.** Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. Neotrop. Entomol. 34: 349-354.
- Navia, D., M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2007.** Eriophyoid mites (Acari: Eriophyoidea) associated with palm trees. Zootaxa 1389: 1-30.
- Navia, D., A.L. Marsaro Jr., F.R. Silva, M.G.C. Gondim Jr. & G.J. Moraes. 2011.** First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. Neotrop. Entomol. 40: 409-411.
- Navia, D., M.G.C. Gondim Jr., N.S. Aratchige & G.J. Moraes. 2013.** A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. Exp. Appl. Acarol. 59: 67-94.

- Paul, A. & T.B. Mathew. 2002.** Loss of husk, quality of fiber and COI_r due to infestation of coconut eriophyid mite (*Aceria guerreronis* Keifer). *J. Plant. Crop.* 30: 58-60.
- Presley, G.J. 1992.** Replanting the tree of life: toward an international agenda for coconut palm research. Wallingford, CAB International, 156p.
- Pothikasikorn, J., H. Overgaard, C. Ketavan, S. Visetson, M.J. Bangs & T. Chareonviriyaphap. 2007.** Behavioral responses of malaria vectors, *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.
- Reis, A.C., M.G.C. Gondim Jr., G.J. de Moraes, R. Hana, 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.
- Rethinam, P., H.P. Singh, H. Vijayakumar & R. Gopalakrishnan. 2003.** Eriophyid mite in coconut. India, Coconut Development Board, 146p.
- Rezende, D.D.M., J.W.S. Melo, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2016.** Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. *Exp. Appl. Acarol.* 69: 297-310.
- Robbs, C.F. & A.L. Peracchi. 1965.** Sobre a ocorrência de um ácaro prejudicial ao coqueiro (*Cocos nucifera* L.), p. 65-70. In. IX Reunião Fitossanitária. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 130p.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide bioassays with arthropods. Boca Raton, C.R.C. Press, 127p.
- Schmutterer, H. 1990.** Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 271-297.
- Seguni, Z. 2000.** 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.
- Silva, V.F., G.V. França, J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2017.** Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. *J. Pest. Sci.* 90: 207-215.

- Smiley, R.L., C.H.W. Flechtmann & R. Ochoa. 1993.** A new species of *Steneotarsonemus* (Acari: Tarsonemidae) and an illustrated key to grass-infesting species in the western hemisphere. *Int. J. Acarol.* 19: 87-93.
- Wachendorff, U., R. Nauen, H. J. Schnorbach, N. Rauch & A. Elbert. 2002.** The biological profile of spiroadiclofen (Envidor): a new selective tetrone acid acaricide. *Pflanzenschutz-Nachr. Bayer* 55: 149-176.
- Welty, C., W.H. Reissig, T.J. Dennehy & R.W. Weires. 1988.** Susceptibility to hexythiazox of eggs and larvae of European red mite (Acari: Tetranychidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 81: 586-592.
- Wickramananda, I.R., T.S.G. Peiris, M.T. Fernando, L.C.P. Fernando & S. Edgington. 2007.** Impact of the coconut mite (*Aceria guerreronis* Keifer) on the coconut industry in Sri Lanka. *Cord* 23: 1-16.
- 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., J. Khajehali, T. van Leeuwen & L. Tirry. 2009a.** Effects of spiroadiclofen on reproduction in a susceptible and resistant strain of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 47: 301-309.
- Van Pottelberge, S., T. Van Leeuwen, R. Nauen & L. Tirry. 2009b.** Resistance mechanisms to mitochondrial electron transport inhibitors in a field-collected strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Bull. Entomol. Res.* 99: 23-31.
- Yamamoto A., H. Yoneda, R. Hatano, & M. Asada. 1996.** Realized heritability estimates of hexythiazox resistance in the citrus red mite *Panonychus citri* (McGregor). *J. Pest. Sci.* 21: 43-47.

CAPÍTULO 2

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Steneotarsonemus concavuscutum* LOFEGO E GONDIM JR. (ACARI: TARSONEMIDAE) E SUA RESPOSTA COMPORTAMENTAL¹

GIRLEIDE V. DE FRANÇA¹

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

¹França, G.V., V.B. Monteiro, D.B de Lima & M.G.C. Gondim Jr. Toxicidade de acaricidas a *Steneotarsonemus Concavuscutum* Lofego e Gondim Jr.(Acari: Tarsonemidae) e sua resposta comportamental. A ser submetido.

RESUMO - *Steneotarsonemus concavuscutum* Lofego & Gondim Jr. causa clorose, necrose, deformação, resinose e abortamento de frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.), danos normalmente associados a *Aceria guerreronis* Keifer. Este trabalho tem como objetivo avaliar a toxicidade de acaricidas registrados para o controle de *A. guerreronis* sobre *S. concavuscutum*, além de analisar o comportamento de caminhamento do tarsonemídeo ao ser exposto aos produtos. A toxicidade foi estimada através de análise de Probit, baseando-se na mortalidade de adultos em arenas e durante o processo de colonização dos frutos, além da ação ovicida. O comportamento dos ácaros expostos aos acaricidas foi estudado em arenas tratadas com e sem chance de escolha, através de um sistema de rastreamento (ViewPoint Life Sciences, Canadá). A estimativa da CL₅₀ para abamectina e fenpiroximato foi de 1,1 mg/L e 2757 mg/L, respectivamente. Azadiractina, espiroclorfenol e hexitiazoxi ocasionaram mortalidade de no máximo 25%. Apenas a exposição a abamectina reduziu o número de ácaros que atingiram o perianto e se mantiveram vivos, contudo não houve diferença para o número de ovos encontrados neste local. Nenhum acaricida apresentou efeito ovicida ou esterilizante sobre fêmeas. A distância total percorrida e a velocidade caminhamento dos ácaros foram maiores quando *S. concavuscutum* foi exposto a azadiractina e menor quando exposto a abamectina. Todos os acaricidas causaram irritabilidade a *S. concavuscutum*, contudo repelência foi apenas verificada em 5% da população testada para abamectina e azadiractina. Apenas abamectina, dentre os produtos recomendados para controle de *A. guerreronis*, se mostrou capaz de controlar *S. concavuscutum*.

PALAVRAS-CHAVE: Ácaro, coqueiro, controle, comportamento, toxicologia

ACARICIDE TOXICITY OF *Steneotarsonemus concavuscutum* LOFEGO E GONDIM JR.

(ACARI: TARSONEMIDAE) AND BEHAVIORAL RESPONSE

ABSTRACT – *Steneotarsonemus concavuscutum* Lofego & Gondim Jr. cause chlorotic spots, necrosis, distortion, resinosis and abortion of coconut fruit, damages usually associated to *Aceria guerreronis* Keifer. The aim of this study was to assess the toxicity of acaricides registered to control of *A. guerreronis* against *S. concavuscutum*, besides analyze the behavior walking of the tarsonemid when exposed to products. Toxicity was estimated by Probit analysis, based on adult mortality in arenas and during the process of colonization of fruits, besides the ovicidal action. The behavior of mites exposed to acaricides in arenas treated with and without a chance of choice was studied, through a video tracking system (ViewPoint Life Sciences Montreal, Canadá). The LC₅₀' values for abamectin and fenpyroximate was 1.1mg/L and 2757 mg/L, respectively. Azadirachtin, spiroadiclofen and hexythiazox caused mortality of up to 25%. Only the exposure to abamectin reduced the number of mites that recessed the perianth and remained alive, however there was no difference in the number of eggs found. No acaricide showed ovicidal and sterilizing effect on females. The total distance walked and the walking velocity of mite was greater when *S. concavuscutum* was exposed to azadirachtin and smaller when exposed to abamectin. All acaricides caused irritability to *S. concavuscutum*, however repellence was only found in 5% of the population challenged with abamectin and azadirachtin. Only abamectin among the products recommended for the control of *A. guerreronis*, were able of control *S. concavuscutum*.

KEY WORDS: Mite, coconut tree, control, behavior, toxicology

Introdução

Diversas espécies de ácaros fitófagos habitam o perianto dos frutos do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Moore & Howard 1996, Navia *et al.* 2005, Lofego & Gondim Jr. 2006, Lima *et al.* 2017). Uma dessas espécies é *Steneotarsonemus concavuscutum* Lofego & Gondim Jr. (Acari: Tarsonemidae) que foi descrito no Brasil a partir de frutos de coqueiro (Lofego & Gondim Jr. 2006). Atualmente apenas esta palmeira tem sido relatada como espécie hospedeira e sua distribuição limita-se a alguns dos principais estados produtores de coco no Brasil (Lofego & Gondim Jr. 2006, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008, Lima *et al.* 2017). *Steneotarsonemus concavuscutum* através de sua alimentação promove danos na epiderme dos frutos, causando manchas cloróticas, que posteriormente evoluem para uma necrose. Além disso, causa deformação, resinose e abortamento dos frutos (Lofego & Gondim Jr. 2006). A importância de *S. concavuscutum* ainda é pouco conhecida no Brasil, contudo este tarsonemídeo pode ser predominante em algumas regiões (Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008).

Aceria guerreronis Keifer (Acari: Eriophyidae) também habita o perianto de frutos de coqueiro. Este ácaro causa danos semelhantes aos provocados por *S. concavuscutum* (Lofego & Gondim Jr. 2006, Navia *et al.* 2013), sendo este eriofídeo considerado uma das principais pragas desta palmeira na América, África e parte da Ásia (Moore & Howard 1996, Fernando *et al.* 2002, Haq *et al.* 2002). Devido à semelhança dos danos causados por estes ácaros, os produtores normalmente atribuem a clorose, necrose, deformação, resinose e abortamento de frutos de coqueiro apenas a *A. guerreronis*. A distinção dos danos provocados pelos dois ácaros pode ser feita através das lesões deixadas nos frutos. A lesão causada por *A. guerreronis* possui formato triangular, enquanto a ocasionada por *S. concavuscutum* apresenta margens longitudinalmente paralelas (Navia *et al.* 2013).

O controle de ácaros em frutos de coqueiro é realizado principalmente por meio de aplicações de acaricidas (Moore & Howard 1996, Ramaraju *et al.* 2002, Melo *et al.* 2012). No Brasil cinco produtos são registrados para o controle apenas de *A. guerreronis* em coqueiro: abamectina, azadiractina, espiroclorfenol, fenpiroximato e hexitiazoxi (Agrofit 2017). No entanto, a eficiência do controle químico é comprometida devido a proteção conferida pelas brácteas florais que recobrem o perianto, evitando o contato direto dos acaricidas com os ácaros (Mariau & Tchiboza 1973, Hernandez 1977, Silva *et al.* 2017). Portanto, a ação desses acaricidas é restrita ao efeito residual no momento em que os ácaros saem do perianto para se dispersar e caminhar sobre o fruto (Melo *et al.* 2012, Monteiro *et al.* 2012, Silva *et al.* 2017). Desta forma são necessárias aplicações periódicas ao longo do ano (Melo *et al.* 2012) para o sucesso dessa estratégia.

A eficiência dos acaricidas registrados para o controle de *A. guerreronis* sobre *S. concavuscutum* não é conhecida e pode não ser a mesma, além disso, os possíveis efeitos subletais são também desconhecidos. Efeitos subletais podem envolver: aumento do período de pré-oviposição, diminuição do período de oviposição e da fecundidade média, além de mudanças no comportamento de acasalamento que influenciam a biologia do ácaro (Ibrahim & Yee 2000, Hamedi *et al.* 2010, Lima *et al.* 2013a, Lima *et al.* 2015). Estes efeitos são conhecidos como indução não aparente da mortalidade, onde alguns indivíduos sobrevivem após a exposição direta ao acaricida, contudo apresentam alterações na fisiologia ou comportamento (Deusneux *et al.* 2007).

Artrópodes ao detectarem o pesticida sobre a planta podem evitar e/ou reduzir o contato direto com este devido a irritabilidade e/ou repelência do produto (Davidson 1953, Robertson & Preisler 1992, Pothikasikorn *et al.* 2007, Cordeiro *et al.* 2010, Lima *et al.* 2013b). Ao ser exposto ao pesticida o organismo pode detectar a substância tóxica, e após entrar em contato com este

foge para uma área sem o produto, configurando a irritabilidade. Outra possibilidade seria evitar o contato com o pesticida sem se expor, caracterizando o comportamento de repelência (Georghiou 1972, Lockwood *et al.* 1984, Cordeiro *et al.* 2010).

Estudos que envolvem a ação de acaricidas sobre *S. concavuscutum* ainda não foram desenvolvidos, contudo são necessários, pois não se sabe se as aplicações feitas para controle de ácaros em frutos do coqueiro com os produtos registrados para o controle de *A. guerreronis* são efetivos também para o tarsonemídeo. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar se os cinco acaricidas (abamectina, azadiractina, espirodiclofeno, fenpiroximato e hexitiazoxi) já registrados no Brasil para a cultura do coqueiro e destinados ao controle de *A. guerreronis* apresentam efeito tóxico e subletal sobre *S. concavuscutum*.

Material e Métodos

Obtenção dos Ácaros. Frutos de *C. nucifera* infestados com *S. concavuscutum* foram coletados na ilha de Itamaracá - PE (7° 44' S, 34° 49'O) e mantidos no laboratório de Acarologia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), sob condições ambientais por até cinco dias para realização dos experimentos.

Acaricidas Testados. Cinco acaricidas registrados no Brasil, junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle de *A. guerreronis* em coqueiro foram utilizados, sendo eles: abamectina (Vertimec 18CE, Syngenta), azadiractina (Azamax, UPL do Brasil), espirodiclofeno (Envidor, Bayer CropScience Ltda), fenpiroximato (Ortus 50 SC, Arysta Lifescience do Brasil Indústria Química e Agropecuária) e hexitiazoxi (Talento, Du Pont do Brasil S.A.).

Bioensaios de Toxicidade

Toxicidade residual de acaricidas sobre adultos

Unidade Experimental. A unidade experimental foi constituída por uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, sobre a qual foi depositado um disco de espuma de polietileno e um de papel de filtro, ambos como o mesmo diâmetro da placa, os quais foram umedecidos com água destilada. Sobre o papel filtro foram depositados discos de perianto de frutos de coqueiro não infestados com 2 cm de diâmetro e 1 cm de espessura, confeccionados com um vazador de rolha. Esses frutos foram oriundos de plantas da variedade anão verde de aproximadamente 10 anos de idade do campus da UFRPE (8°1'6 S, 34°56'41 "O). Cada disco de perianto foi coberto com um disco vazado de 2,0 cm de diâmetro (externo) e 1,0 cm de diâmetro (interno), confeccionado com ágar-água na concentração de 4g/280 mL.

Teste Preliminar. Sete concentrações de cada acaricida foram obtidas a partir de diluições sequenciais em fator 10 em água destilada, sendo estabelecidas três repetições por concentração e o bioensaio foi repetido três vezes. As unidades experimentais foram submetidas à pulverização em torre de Potter a pressão de 10psi/bar, sendo pulverizado com 2,0 ml das concentrações por unidade experimental. O tratamento controle constituiu em pulverizações com 2 ml de água destilada. Após a secagem das unidades experimentais 15 fêmeas adultas de *S. concavuscutum* foram transferidas para cada unidade experimental. A placa de Petri foi fechada com sua tampa que continha uma abertura circular de 4 cm de diâmetro coberta por uma tela, para evitar a condensação de água. Em seguida, as unidades foram transferidas para o interior de um dessecador de vidro com 9L de capacidade, que promovia uma umidade relativa do ar interna de 98 %, quando hermeticamente fechado, registrada através de um Hobo Data Loggers® colocado no seu interior. O dessecador foi então levado a uma incubadora a 27 °C e 24 h de escotofase. A avaliação foi feita após 24 h através da quantificação dos ácaros vivos e mortos de cada repetição. Os ácaros foram considerados mortos quando não conseguiram se locomover após serem tocados por um pincel de pelo macio.

Bioensaio. A partir do teste preliminar, foram estabelecidas 7 concentrações para cada acaricida, preparadas a partir de diluições sequenciais em fator de 2 a 3 vezes maior que a anterior. A concentração menor e maior do bioensaio correspondeu aquelas que promoveram mortalidade dos ácaros de 0 e 100%, respectivamente, no teste preliminar. No tratamento controle foi pulverizada água destilada. A confecção das unidades experimentais, pulverização, confinamento dos ácaros, repetições e as avaliações foram realizadas de maneira semelhante ao descrito no teste preliminar. O bioensaio foi repetido três vezes em dias diferentes, totalizando 135 ácaros por concentrações de cada tratamento. Os dados de mortalidade foram submetidos à análise de Probit (Finney 1971), após a correção da mortalidade em relação ao controle (Abbott 1925). O programa POLO-Plus 2.0 (LeOra Software 2005) foi utilizado para a obtenção das curvas de concentração-resposta. Os valores das CL_{50} e CL_{95} foram estimados com base na junção das repetições após análise pelo teste de igualdade e paralelismo de curvas (Robertson & Preisler 1992).

Toxicidade residual sobre adultos durante o processo de colonização de frutos

Unidade Experimental. Frutos não infestados por ácaros, com idades entre três a quatro meses (folha 13 a 14), de acordo com a filotaxia do coqueiro (Sobral 1998), foram fixados em bases de gesso moldadas em copos plásticos descartáveis de 200 mL, que foram preenchidos com 150 mL de gesso diluído em água. Um prego de 6 cm de comprimento foi fixado na parte superior da base, com o gesso ainda fresco. Após a secagem do gesso, o copo plástico foi removido. Cada fruto foi fixado na base de gesso, sendo introduzido aproximadamente 2 cm da parte distal do fruto no prego. Na região de contato do fruto com o prego foi formada uma barreira com cola entomológica, conforme a metodologia empregada por Silva *et al.* (2017).

Bioensaio. Os bioensaios foram realizados conforme metodologia descrita por Silva *et al.* (2017), sendo utilizados dez frutos para cada tratamento (pseudo-repetições) e o experimento foi repetido duas vezes em dias diferentes. Os frutos foram pulverizados em torre de Potter, com os mesmos

produtos utilizados no primeiro experimento, sendo cada face do fruto pulverizada com 2 mL da dose de campo recomendada para controle de *A. guerreronis* em coqueiro (abamectina 13,5mg i. a./L, azadiractina 30mg i.a./L, espiroclorfenol 72mg i.a./L, fenpiroximato 100mg i.a./L, hexitiazoxi 15mg i.a./L), totalizando 6 mL da solução por fruto. Os frutos foram colocados para secar em temperatura ambiente por aproximadamente 30 minutos. Após a secagem foi fixado um disco de 1 cm de diâmetro através de alfinetes entomológicos (Nº 000) em cada face do fruto, totalizando três discos por fruto. Estes discos foram confeccionados com perianto de fruto de coqueiro, contendo aproximadamente 25 fêmeas adultas de *S. concavuscutum*. As unidades experimentais foram colocadas em incubadoras a temperatura de $27^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $85\% \pm 5\%$ de umidade relativa do ar e 24 h de escotofase. Após cinco dias foi realizada a avaliação, contabilizando os ácaros vivos, mortos e os ovos presentes na superfície dos frutos (parte sem proteção da bráctea) e no perianto (região protegida pela bráctea). A porcentagem de ácaros vivos e mortos na superfície do fruto e no perianto e foram submetidos a análise multivariada (MANOVA), sendo os acaricidas e região do fruto variáveis independentes (PROC GLM) (SAS Institute 2008). Em seguida, os dados foram submetidos a two-way ANOVA (PROC GLM), e quando necessário foi realizado o teste de Fisher ou Tukey (HSD) (SAS Institute 2008). O número de ovos foi submetido a ANOVA (PROC GLM) e comparados através do teste exato de Fisher.

Teste Ovicida.

Unidade Experimental. A unidade experimental foi constituída por uma placa de Petri de 9 cm de diâmetro, no interior da qual foi depositado um disco de espuma de polietileno de mesmo diâmetro e 1 cm de espessura, umedecido em água destilada. Em cada placa foram colocados três discos de cloreto de polivinila (PVC preto) de 1 mm de espessura e 2 cm de diâmetro delimitados

por discos de ágar/água, conforme descrito no primeiro experimento “Toxicidade residual sobre adultos em confinamento”.

Bioensaio. Dez ovos de *S. concavuscutum* (sem idade conhecida) coletados de frutos obtidos no campo foram depositados sobre o disco de PVC. Neste bioensaio foram utilizados os mesmos produtos e concentrações aplicadas no experimento “Toxicidade residual sobre adultos durante o processo de colonização de frutos”. A aplicação dos produtos nas unidades experimentais e sua colocação nos dessecadores e incubadoras foram realizadas de maneira semelhante ao realizado no experimento “Toxicidade residual sobre adultos em confinamento”. As avaliações foram realizadas nos intervalos de 24, 48, 72 e 96 horas, quantificando-se o número de larvas eclodidas, as quais eram retiradas a cada avaliação. A porcentagem de larvas eclodidas foi submetida a teste não-paramétrico (Proc NPAR1WAY; Kruskal-Wallis) (SAS Institute 2008).

Testes comportamentais

Unidade Experimental. Um quadrado de cloreto de polivinila (PVC) preto (1 cm² X 1 mm de espessura) foi totalmente imerso, durante cinco segundos, em um volume de 100 mL de solução das doses de campo apenas dos acaricidas cuja ação é adulticida (abamectina, azadiractina e fenpiroximato) ou em água destilada (controle). Posteriormente, foram mantidos em condições ambientais para secar durante 30 minutos. Em seguida, foi fixado perpendicularmente no centro do quadrado, um suporte de madeira de 0,3 cm de diâmetro e 0,5 cm de comprimento, com o auxílio de cola de silicone. A outra extremidade do suporte de madeira foi fixada 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, atingindo as bordas do quadrado de cloreto de polivinila, para evitar a fuga dos ácaros, adaptado de Lima *et al.* (2015).

Bioensaio sem Chance de Escolha. Uma fêmea adulta de *S. concavuscutum* sem idade conhecida foi liberada no PVC e a arena foi levada ao sistema de rastreamento, formado por uma

câmera 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 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 cinco repetições a arena foi substituída por uma nova. Todo o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os parâmetros obtidos foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) com os acaricidas como variável independente. Os dados foram submetidos à análise de variância univariada (ANOVA), e quando o resultado foi significativo, as médias foram comparadas através do teste de Tukey (HSD). Todas as análises foram realizadas através do programa estatístico SAS (SAS Institute Inc 2008).

Bioensaio com Chance de Escolha. Arenas semelhantes às utilizadas anteriormente (sem chance de escolha) foram confeccionadas, contudo o quadrado de PVC foi dividido em duas partes iguais (0,5 cm²), delimitando-se as duas partes com auxílio de régua e escalpelo. Inicialmente, uma metade foi imersa por cinco segundos, em água destilada (área não tratada) e, em seguida, deixada para secar no laboratório durante 30 minutos. Posteriormente, a outra metade (área tratada) foi imersa em uma solução de 100 mL de acaricida, conforme experimento sem chance de escolha. A liberação dos ácaros foi semelhante ao bioensaio anterior. Um tratamento (teste em branco) foi feito, separadamente, emergindo ambas as partes em água destilada. A arena foi levada para o sistema de rastreamento para avaliar o tempo de permanência do ácaro em cada área da arena. O acaricida foi considerado repelente, quando o ácaro não entrou em contato com a área tratada por este. Considerou-se que o acaricida promoveu irritabilidade quando o ácaro permaneceu menos de 50% do tempo total na área tratada com o produto (Cordeiro *et al.* 2010). Os dados de repelência e irritabilidade foram submetidos ao teste de Wilcoxon (rank sum), sendo

o acaricida a variável independente. Todas as análises foram realizadas através do programa estatístico SAS (SAS Institute Inc 2008).

Resultados

Bioensaios de Toxicidade

Toxicidade Residual de Acaricidas sobre Adultos. Apenas os acaricidas abamectina e fenpiroximato ajustaram-se ao modelo de Probit ($P > 0,05$). Abamectina apresentou maior toxicidade a *S. concavuscutum* por apresentar menores concentrações letais (CL_{50} de 1,1 mg/L e CL_{95} de 3,2 mg/L) comparado com fenpiroximato (CL_{50} de 2757 mg/L e CL_{95} de 370961 mg/L) (Tabela 1). Não foi possível a obtenção de curvas de concentração-resposta para azadiractina e espiroclorfenol, pois quando testados sem diluição ocasionaram mortalidade apenas de 21% e 20% respectivamente, enquanto hexitiazoxi na maior dose testada (10.000.000 mg/L) causou mortalidade de apenas 25%. Concentrações mais elevadas de hexitiazoxi não foram testadas, pois promoveram a aderência do corpo do ácaro ao tecido vegetal, imobilizando-o.

Toxicidade Residual sobre Adultos Durante o Processo de Colonização de Frutos. As brácteas, os acaricidas e a interação entre estes, contribuíram para a diferença no número de ácaros vivos e mortos encontrados na superfície exposta do fruto (sem a proteção das brácteas) e na região sob as brácteas (perianto) (Tabela 2).

A porcentagem média de ácaros vivos variou entre 0,41% a 86%, havendo diferença estatística dentre os tratamentos na porcentagem de ácaros vivos, quando se comparou a superfície exposta do fruto e a região sob as brácteas ($F_{10, 202} = 48,90$; $P = 0,0001$), exceto quando o fruto foi tratado com abamectina ($F_{1, 38} = 2,93$; $P = 0,0953$). Nos frutos tratados com espiroclorfenol não foi possível representar a comparação da porcentagem de ácaros vivos nas duas partes do fruto por não terem sido encontrados ácaros vivos na superfície exposta deste (Fig.

1A). Na região protegida sob as brácteas, apenas abamectina diferiu dos demais tratamentos ($F_{5, 114} = 27,90$; $P < 0,0001$) (Fig. 1A). Na superfície exposta do fruto houve diferença entre os tratamentos e o controle ($F_{4, 95} = 5,64$, $P = 0,0004$), exceto quando a superfície foi tratada com fenpiroximato (Fig. 1A).

A porcentagem média de ácaros mortos variou de 1,2% a 83,5%, não havendo diferença em cada tratamento na porcentagem de ácaros mortos, quando se comparou a superfície sem a proteção das brácteas e a região sob estas, exceto para abamectina que apresentou a maior porcentagem de mortalidade na superfície do fruto ($F_{11, 228} = 49,69$; $P < 0,0001$) (Fig. 1B). Na região sob as brácteas houve diferença na porcentagem de ácaros mortos apenas entre os frutos tratados com azadiractina e o controle, não havendo diferença entre estes e os demais tratamentos ($F_{5,114} = 2,42$ e $P = 0,0399$) (Fig.1B). Na superfície exposta do fruto, a porcentagem de mortalidade de ácaros foi maior para abamectina, diferindo dos demais tratamentos ($F_{5, 114} = 69,77$; $P < 0,0001$) (Fig. 1B).

A média do número de ovos de *S. concavuscutum* encontrados na região do perianto variou de 6,2 a 39, não havendo diferença entre os tratamentos (acaricidas e controle) ($F_{3,76} = 1,66$; $P = 0,18$). No tratamento com abamectina apenas um ovo foi encontrado na região do perianto, sendo esse tratamento retirado da análise. Na superfície do fruto foi apenas encontrado um ovo quando este foi pulverizado com água destilada (tratamento controle), sendo a média para este tratamento 0,05. Logo, nenhuma análise foi realizada para oviposição na superfície do fruto (Fig. 1C).

Teste Ovicida. Não houve diferença na porcentagem de larvas eclodidas entre os tratamentos nos diferentes tempos avaliados ($GL = 5$, $\chi^2 \leq 7,38$ e $P \geq 0,19$). A porcentagem de larvas eclodidas variou de 23-33% em 24h, 63-75% em 48h, 85-93% em 72h e 85-94% em 96h (Fig. 2).

Testes comportamentais

Bioensaio sem Chance de Escolha. Os parâmetros avaliados diferiram entre os tratamentos (GLnum/den = 12/193,43; Wilks' Lambda = 0,70; F = 2.36; P = 0,0074). Contudo, as diferenças observadas foram apenas para a distância total caminhada ($F_{3, 76} = 5,34$; P = 0,0022) e a velocidade de caminhada ($F_{3, 76} = 5,03$; P = 0.0031), não havendo diferença no tempo de repouso (Média = 4,28 seg; $F_{3,76} = 1,41$; P = 0,2466) e número de paradas (Média = 30,29; $F_{3,76} = 1,42$; P = 0,2429) (Fig. 3). Houve diferença estatística apenas entre azadiractina e abamectina nos parâmetros distância total percorrida e velocidade de caminhada, sendo maiores quando *S. concavuscutum* foi exposto a azadiractina e menor quando exposto a abamectina. Os demais tratamentos apresentaram valores intermediários não diferindo entre si e nem dos anteriormente citados (azadiractina e abamectina).

Bioensaio com Chance de Escolha. Não foi observada diferença no tempo de permanência de *S. concavuscutum* em cada lado do teste em branco, indicando adequabilidade do bioensaio ($\chi^2 = 1$; GL= 1; P = 0,75). Todos os acaricidas causaram irritabilidade em *S. concavuscutum* (abamectina: $\chi^2 = 9,75$; GL= 1; P = 0,0018; azadiractina: $\chi^2 = 19,11$; GL = 1; P <0,0001; fenpiroximato: $\chi^2 = 8$; GL= 1; P =0,0045), não havendo diferença dentre os tratamentos ($\chi^2 = 0,61$; GL = 2; P = 0,73) (Fig. 4). O comportamento de repelência foi observado em apenas 5% dos indivíduos expostos a azadiractina e a abamectina (Fig. 5).

Discussão

Os resultados deste estudo mostraram que: (1) Abamectina foi eficiente no controle de fêmeas adultas de *S. concavuscutum*; (2) apenas abamectina reduziu a colonização do perianto por *S. concavuscutum*; (3) nenhum dos produtos testados apresentou efeito ovicida ou esterilizante sobre fêmeas adultas; (4) Azadiractina e abamectina afetaram o comportamento de caminhada

de *S. concavuscutu*; (5) todos acaricidas mostraram efeito irritante sobre *S. concavuscutum* e (6) efeitos repelentes foi observado apenas para os acaricidas azadiractina e abamectina.

O controle de *S. concavuscutum* é comumente realizado com a aplicação de acaricidas nas doses de campo recomendadas para *A. guerreronis*. No entanto, dos acaricidas registrados para o controle de *A. guerreronis* apenas abamectina e fenpiroximato promoveram alta mortalidade de fêmeas adultas de *S. concavuscutum*. Contudo, as CL's estimadas para esses produtos são diferentes das obtidas para *A. guerreronis*. A estimativa da CL₉₅ para fenpiroximato foi bastante elevada neste trabalho (370961 mg/L), sendo mais de 100.000 vezes maior que a obtida para *A. guerreronis* (3,5 mg/L) (Monteiro *et al.* 2012). Isto inviabilizaria a utilização deste produto comercialmente para o controle de *S. concavuscutum*. Já para abamectina, a estimativa da CL₉₅ para *S. concavuscutum* neste trabalho (3,29 mg/L) foi cerca de 22 vezes menor que o obtido para *A. guerreronis* (74 mg/L) por Monteiro *et al.* (2012). Portanto, é possível que a dose de campo aplicada para controle de *A. guerreronis* com abamectina seja eficiente também para o controle de *S. concavuscutum*.

A viabilidade elevada dos ovos após a exposição aos acaricidas já era esperado para os produtos abamectina, azadiractina e fenpiroximato, pois estes não apresentam registros como ovicidas (Agrofit 2017). Diferentemente de hexitiazoxi e espiroclorfenol que são acaricidas que apresentam registros para várias espécies de ácaros, causando mortalidade a formas imaturas (ovos, larvas e ninfas) e esterilidade em fêmeas adultas, porém isto não foi verificado neste trabalho. O mesmo resultado foi observado por Silva *et al.* (2017) para *A. guerreronis*, que obtiveram porcentagem de ovos inviáveis inferior a 5% para hexitiazoxi e 40% para espiroclorfenol. Contudo, esses acaricidas ovicidas são relatados na literatura como eficientes sobre alguns tetraniquídeos [*Panonychus citri* (McGregor), *Eutetranychus banksi* (McGregor) e *Tetranychus urticae* (Koch)] (Childers 1988, Marc'ic' 2007).

É sabido que as brácteas florais de frutos de coco atuam como barreira física, impedindo o contato direto do acaricida com os ácaros (Monteiro *et al.* 2012, Silva *et al.* 2017). Logo, para um acaricida ser eficaz no controle dessas pragas, este deve matar o ácaro antes que ele colonize novos frutos de coqueiro, ou que o torne estéril no caso dele acessar o perianto. Para *A. guerreronis* já foi sugerido que a chegada de apenas uma fêmea no perianto pode gerar uma população capaz de promover o abortamento do fruto ou sua inviabilidade comercial (Moore & Howard 1996). Provavelmente, o mesmo deve ocorrer para *S. concavuscutum*, embora este mesmo desempenho não tenha sido provado ainda para este tarsonemídeo. Neste trabalho, abamectina mostrou-se eficiente no controle de *S. concavuscutum* sob condições de confinamento e também no processo de colonização, após entrar em contato com o resíduo da dose de campo recomendada para *A. guerreronis*. Isto pode ser constatado pela elevada mortalidade de adultos dentro e fora do perianto, além da total ausência de postura neste local. Portanto, a dose de campo recomendada para *A. guerreronis* pode auxiliar no controle *S. concavuscutum*. A ação residual desse acaricida na colonização de *A. guerreronis* também foi relatada (Silva *et al.* 2017). Fenpiroximato também proporcionou elevada mortalidade a *S. concavuscutum*, mas em doses muitas vezes maiores que aquelas recomendadas para o controle de *A. guerreronis*. Contudo, ficou demonstrado que as fêmeas do tarsonemídeo que não morreram pela ação de fenpiroximato e atingiram o perianto dos frutos ovipositaram da mesma forma que no tratamento controle, demonstrando a ineficiência do produto em impedir o processo de colonização de *S. concavuscutum* para a concentração testada.

A prática de controle em campo relaciona o fator frequência de pulverização com a degradação dos acaricidas. Segundo Melo *et al.* (2012) sugere-se pulverizar frutos de coqueiro a cada 14 dias e no presente trabalho o efeito residual foi analisado após 5 dias. Portanto, estudos

que avaliem o efeito residual desses acaricidas em intervalos maiores, ao longo do tempo, são necessários, inclusive no campo.

Alterações no comportamento de *S. concavuscutum* foram constatadas após a exposição a acaricidas. Após a exposição a abamectina *S. concavuscutum* demonstrou caminhar menores distancias com menores velocidades. A redução da velocidade e distância percorrida constatada para abamectina provavelmente decorre da ação neurotóxica, uma vez que este acaricida age nos receptores do GABA levando a paralisação do organismo (Yu 2008). A exposição a abamectina influenciou negativamente na distancia e velocidade caminhada pelo ácaro predador *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Lima *et al.* 2013b).

Todos os acaricidas testados apresentaram irritabilidade a *S. concavuscutum* fato que está relacionado com a resposta neurotóxica do organismo a exposição do produto (Haynes 1988, Soderlund & Bloomquist 1989), efeito semelhante foi observado quando *N. baraki* foi exposto a azadiractina, carbosulfan, clofenapir, clorpirifós e fenpiroximato, enquanto apenas azadiractina repeliu *N. baraki* (Lima *et al.* 2013b). Isto sugere que *S. concavuscutum* é capaz de detectar áreas tratadas com os diferentes acaricidas, e através dessa percepção evitar sair do perianto do fruto pulverizado.

Estudos voltados a *S. concavuscutum* são poucos (Lima *et al.* 2017), e basicamente relatam a ocorrência desta espécie em coqueiro (Lofego & Gondim Jr. 2006, Lawson-Balagbo *et al.* 2008, Reis *et al.* 2008). Portanto, são feitos diagnósticos incorretos de necroses em frutos de coqueiro no Brasil devido a pouca informação sobre este tarsonemídeo, induzindo a utilização de acaricidas em doses inadequadas para controle de *S. concavuscutum*. Assim esse estudo não avaliou apenas a ação tóxica dos acaricidas utilizados no controle de *A. guerreronis* sobre *S. concavuscutum*, mas também demonstrou que a maioria dos acaricidas registrados para controle do eriofídeo em coqueiro é ineficiente para controle desse tarsonemídeo. Contudo, ressalta-se que abamectina

possui potencial para ser utilizado no controle de *S. concavuscutum*, porém recomendando estudos envolvendo outros acaricidas.

Agradecimento

À Fundação e Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de mestrado.

Literatura Citada

- Abbott, W.S. 1925.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Agrofit. 2017.** Sistema de agrotóxicos Fitossanitários do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Childer, C.C. 1988.** Citrus rust mite efficacy test in Florida. Insectic. Acaric. Tests. 13: 77-78.
- 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*. Chemosphere 81: 1352-1357.
- Davidson, G. 1953.** Experiments on the effect of residual insecticides in houses against *Anopheles gambiae* and *Anopheles finestus*. Bull. Entomol. Res. 44: 231-254.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007.** The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52: 81-106.
- Fernando, L.C.P., I.R. Wickramananda & 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. Wickramananda (eds.), Proceedings of the International Workshop on Coconut Mite (*Aceria guerreronis*). Sri Lanka, Coconut Research Institute, 117p.
- Finney, D.J. 1971.** Probit Analysis, third ed. London, Cambridge University Press, 315 p.
- Georghiou, G.P. 1972.** The evolution of resistance to pesticides. Annu. Rev. Ecol. Syst. 3: 133-168.
- Hamedi, N., Y. Fathipour & M. Saber. 2011.** 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., K. Sumangala & N. Ramani. 2002.** Coconut mite invasion, injury and distribution, p. 41-49. 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.
- 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 guerreronis* (K) (Eriophyes) em la costa de Guerrero. *Agric. Tec. Méx.* 4: 23-28.
- 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.
- 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. LeOra-Software, Petaluma, CA.
- Lima, D.B., V.B. Monteiro, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013a.** Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *BiolControl* 58: 595-605.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2013b.** Survival and behavioural response to acaricides of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *Exp. Appl. Acarol.* 60: 381-393.
- Lima, D.B., J.W.S. Melo, N.M.P. Guedes, L.M. Gontijo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2015.** Bioinsecticide-predator interactions: azadirachtin behavioral and reproductive impairment of the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *PLoS One* 10: e0118343.
- Lima, D.B., H.K.V. Oliveira, J.W.S. Melo, M.G.C. Gondim Jr., M. Sabeli, A. Pallini & A. Janssen. 2017.** Predator performance is impaired by the presence of a second prey species. *Bull. Entomol. Res.* 107: 313-321.
- 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.
- Lofego, A.C. & M.G.C. Gondim Jr. 2006 .** A new species of *Steneotarsonemus* (Acari: Tarsonemidae) from Brazil. *Syst. Appl. Acarol.* 11: 195-203.
- Marcic', D. 2007.** Sublethal effects of spiroticlofen on life history and life-table parameters of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Exp. Appl. Acarol.* 42: 121-129.

- Mariau, D. & H.M. Tchibozo. 1973.** Essais de lutte chimique contre *Aceria guerreronis* (Keifer). Oleagineux 28: 133-135.
- Melo, J.W.S., C.A. Domingos, A. Pallini, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Removal of bunches or spikelets is not effective for the control of *Aceria guerreronis*. HortScience 47: 626-630.
- Monteiro, V.B., D.B. Lima, M.G.C. Gondim Jr. & H.A.A. Siqueira. 2012.** Residual bioassay to assess the toxicity of acaricides against *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) under laboratory conditions. J. Econ. Entomol. 105: 1419-1425.
- 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. Elsevier, Amsterdam, 790p.
- Navia, D., G.J. Moraes, A.C. Lofego & C.H.W Flechtmann. 2005.** Acarofauna associada a frutos de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) de algumas localidades das Américas. Neotrop. Entomol. 34: 349-354.
- Navia, D., M.G.C. Gondim Jr., N.S. Aratchige & G.J. Moraes. 2013.** A review of the status of the coconut mite, *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), a major tropical mite pest. Exp. Appl. Acarol. 59: 67-94.
- Pothikasikorn, J., H. Overgaard, C. Ketavan, S. Visetson, M.J. Bangs & T. Chareonviriyaphap. 2007.** Behavioral responses of malaria vectors, *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.
- Reis, A.C., M.G.C. Gondim Jr., G.J. de Moraes, R. Hana, 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.
- Rezende, D.D.M., J.W.S. Melo, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2016.** Estimated crop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. Exp. Appl. Acarol. 69: 297-310.
- Robertson, J.L. & H.K. Preisler. 1992.** Pesticide bioassays with arthropods. Boca Raton, C.R.C. Press. 127p.
- SAS Institute. 2008.** SAS/STAT User's Guide. Cary, NC, USA: SAS Institute.

- Silva, V.F., G.V. França, J.W.S. Melo, R.N.C. Guedes & M.G.C. Gondim Jr. 2017.** Targeting hidden pests: acaricides against the coconut mite *Aceria guerreronis*. *J. Pest. Sci.* 90: 207-215.
- Sobral, L.F. 1998.** Nutrição e adubação do coqueiro, p. 129-157. In J.M.S. Ferreira, D.R.N. Warwick & L.A. Siqueira (eds.), *A cultura do coqueiro no Brasil*. Aracaju, Embrapa-CPATC, 292 p.
- Soderlund, D.M. & J.R. Bloomquist. 1989.** Neurotoxic action of pyrethoid insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 77-96.
- 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, 276 p.

Tabela 1. Concentrações letais de acaricidas a *Steneotarsonemus concavuscutum*

Acaricidas	N ¹	Inclinação ± EP ²	CL ₅₀ (mg/L) (IC a 95%) ³	CL ₉₅ (mg/L) (IC a 95%)	GL	χ ²
Abamectina	329	3,49 ± 0,55	1,11 (0,92 - 1,29)	3,29 (2,56 - 5,13)	4	2,05
Fenpiroximato	428	0,77 ± 0,13	2757 (1078 - 5649)	370961 (68459 - 72076166)	4	4,99

¹Número total de ácaros utilizados para obtenção de curvas de concentração resposta;

²Inclinação da reta ± erro padrão;

³Concentração letal e intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Tabela 2. Efeito da posição do fruto e do acaricida no número de adultos mortos e vivos de *Steneotarsonemus concavuscutum* em frutos do coqueiro tratados.

Fontes de Variação	GL ²	QM ³	F	P
Ácaros vivos				
Posição ¹	1	16669,56379	53,53	<0,0001
Acaricidas	5	1823,54909	5,86	<0,0001
Posição x acaricidas	4	1587,20905	5,10	0,0006
Residual	209			
Ácaros mortos				
Posição	1	13056,19861	62,99	<0,0001
Acaricidas	5	10591,29472	51,10	<0,0001
Posição x acaricidas	5	9457,21259	45,63	<0,0001
Residual	228			

¹ Posição refere-se ao ácaro vivo ou morto encontrado sob as brácteas ou na superfície dos frutos;

² Grau de liberdade;

³ Quadrado médio.

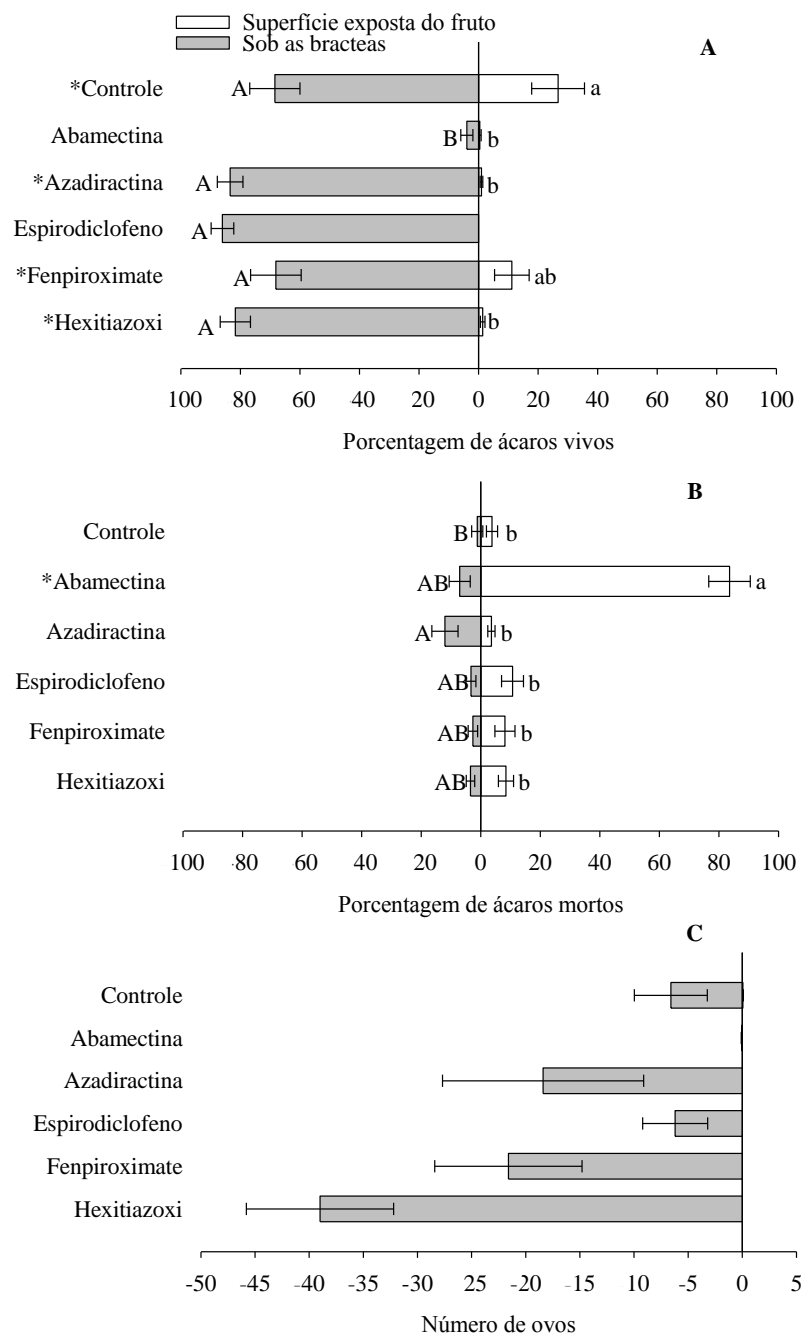


Figura 1. Porcentagem de ácaros vivos (A), mortos (B) e número de ovos (C) (Média ± EP) na superfície exposta dos frutos (barra cinza) ou sob as brácteas (barra branca) de frutos tratados com acaricidas. Letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos na superfície exposta dos frutos e minúsculas sob as brácteas. Asterisco indica diferença entre a superfície exposta dos frutos e sob as brácteas para cada acaricida.

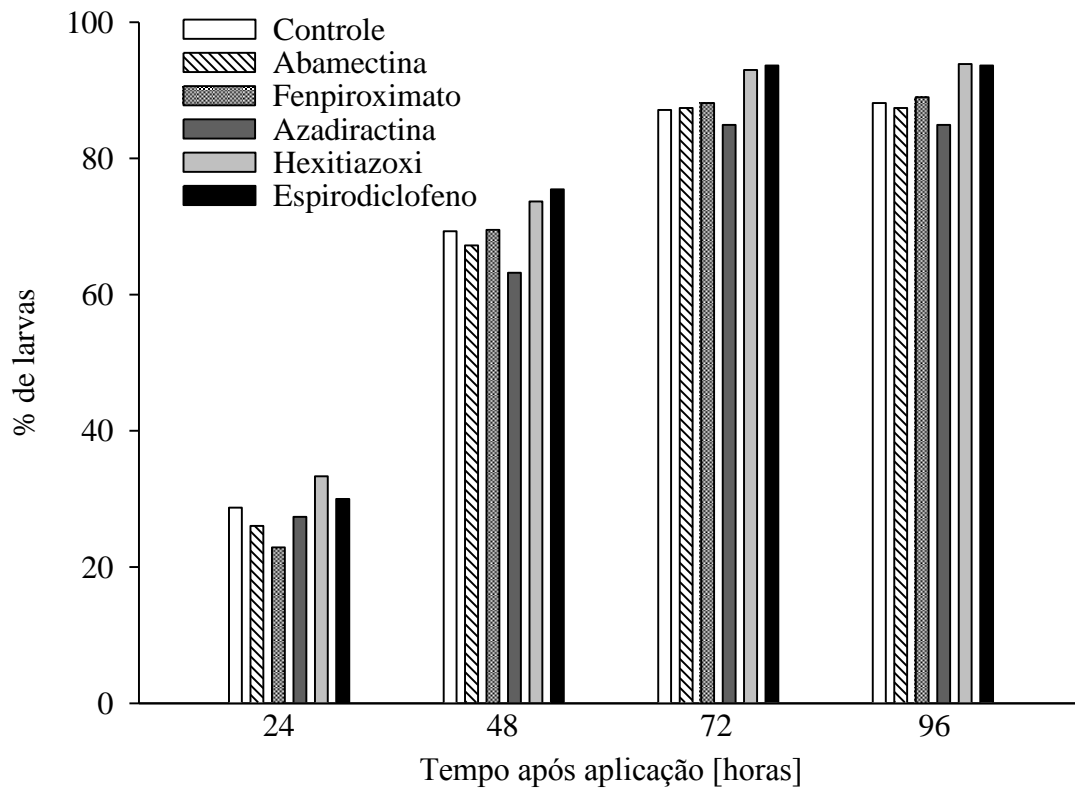


Figura 2. Porcentagem de larvas eclodidas após 24, 48, 72, e 96 horas de exposição dos ovos aos acaricidas.

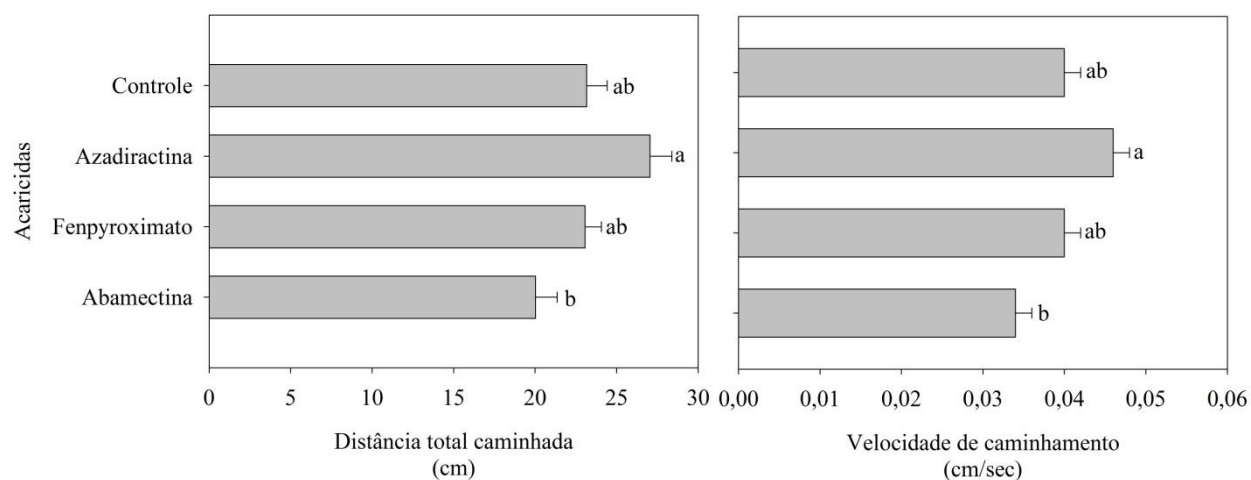


Figura 3. Distância total percorrida e velocidade caminhada de *Steneotarsonemus concavuscutum* em bioensaio sem chance de escape. As barras com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey HSD ($P > 0,05$).

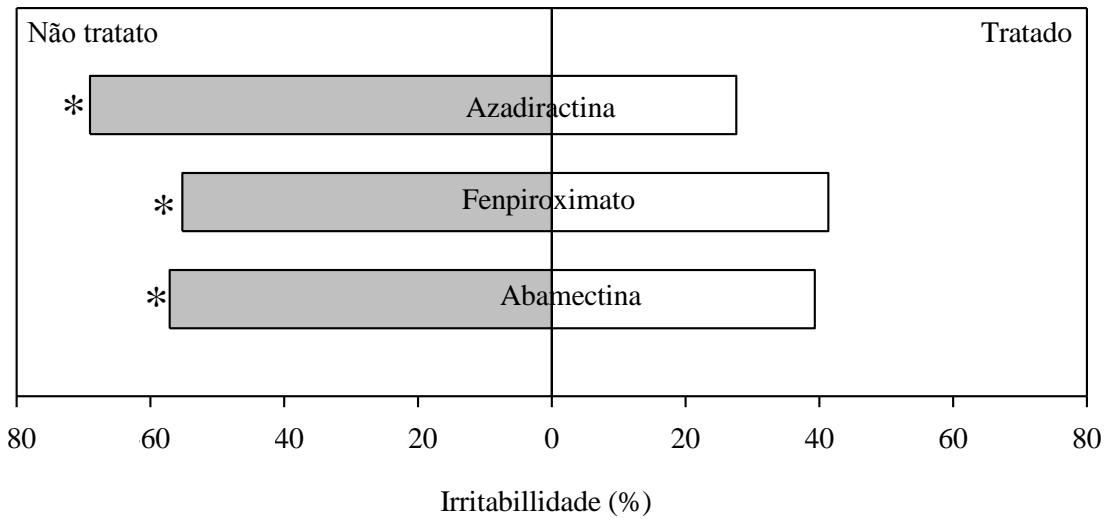


Figura 4. Comportamento de irritabilidade de *Steotarsonemus concavuscutum* quando exposto aos acaricidas durante 10 minutos em bioensaio com chance de escape. As barras com asteriscos indicam diferença significativa entre cada área (tratada e não tratada) pelo teste de classificação de Wilcoxon ($P < 0.05$).

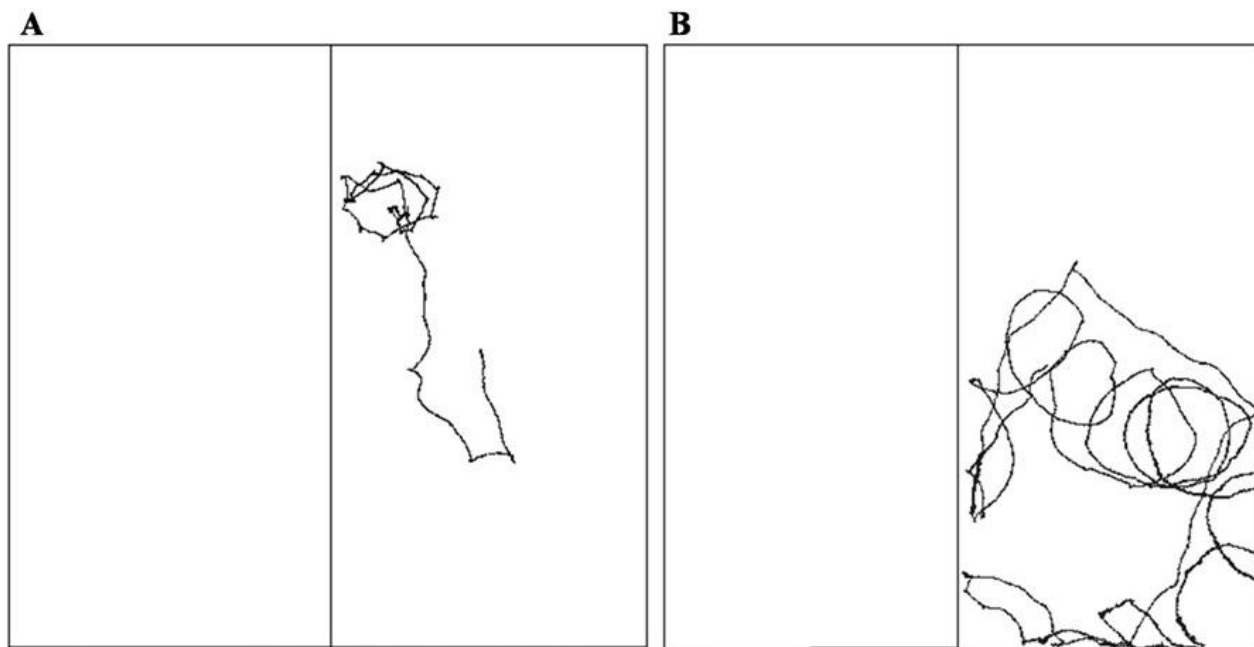


Figura 5. Caminhamento de *Steotarsonemus concavuscutum*, durante 10 minutos, nas arenas de PVC (1 cm²) com chance de escolha, tratadas com água (direita) e com azadiractina (A) ou abamectina (B) (esquerda), demonstrando repelência dos produtos.

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados neste estudo podemos indicar que abamectina pode ser utilizada no controle de *Steneotarsonemus concavuscutum*. Nenhum dos produtos testados é eficiente sobre ovos ou na redução da oviposição de fêmeas adultas. Alterações comportamentais foram constatadas nesse trabalho, como a irritabilidade de todos os produtos a *S. concavuscutum*, o que indica que estes ácaros ao saírem do perianto de frutos pulverizados tendem a se dispersar da planta. Estes resultados indicam que provavelmente parte da população migrante dos frutos deverá se dispersar, contudo os ácaros que não o fizerem morrerão antes mesmo de atingir o perianto de frutos tratados com abamectina.

Esse trabalho trouxe respostas iniciais à utilização do controle químico sobre *S. concavuscutum* e mesmo com doses distintas, baseou-se apenas na utilização de produtos que já são comumente empregados por produtores na cultura do coqueiro para controle de *A. guerreronis*. Contudo, outros estudos toxicológicos com outros acaricidas devem ser promovidos, pois se demonstrou que dentre os produtos testados apenas abamectina é eficiente para controle de *S. concavuscutum*.