

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Atheloca bondari* HEINRICH (LEPIDOPTERA:
PYRALIDAE) E SEUS EFEITOS NA SOBREVIVÊNCIA E COMPORTAMENTO

por

HANDEL KRAMER DA CRUZ

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Correa Gondim Junior UFRPE)

RESUMO

A traça-do-coqueiro, *Atheloca bondari*, e o ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* são duas espécies de herbívoros pragas que coocorrem no fruto de coqueiro. Devido as duas espécies compartilharem o mesmo recurso, *A. bondari* fica exposta ao contato de acaricidas utilizados para o controle de *A. guerreronis*. O presente trabalho teve como objetivo avaliar aspectos biológicos e comportamentais das larvas de *A. bondari* quando expostas aos acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato e piridabem em condições de laboratório. Três metodologias (palito, triângulo e fragmento de mesocarpo) foram testadas para a realização dos experimentos de toxicidade, comparando a mortalidade causada por abamectina em sua concentração recomendada no rótulo com o controle. O método do palito proporcionou maior sobrevivência de larvas no controle, mostrando ser mais adequado para os testes de toxicidade. Posteriormente foi avaliada a mortalidade causada por àqueles acaricidas através da concentração recomendada em rótulo, e em seguida, a toxicidade foi avaliada através de curvas de dose/resposta. Também foi avaliado o efeito residual dos acaricidas sobre preferência de frutos e no comportamento de caminamento. Abamectina e piridabem foram os produtos mais tóxicos, sendo estimadas CL_{50} de 1,35 mg/L e 141 mg/L, respectivamente. Os acaricidas testados não afetaram a preferência de frutos. As larvas de *A. bondari* apresentaram menor velocidade de movimento quando expostas a superfícies tratadas com

os acaricidas abamectina, azadiractina e fenpiroximato quando comparada ao controle. E apresentaram menor distância percorrida quando exposta a superfície tratada com fenpiroximato. As larvas de *A. bondari* permaneceram menor tempo sobre superfície tratada com abamectina caracterizando efeito de irritabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Traça-do-coqueiro, letalidade, efeito subletal, *Aceria guerreronis*.

ACARICIDE TOXICITY TO *Atheloca bondari* HEINRICH (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)

AND ITS EFFECTS ON SURVIVAL AND BEHAVIOUR

por

HANDEL KRAMER DA CRUZ

(Sob Orientação do Professor Manoel Guedes Correa Gondim Júnior UFRPE)

ABSTRACT

The coconut tree moth, *Atheloca bondari*, and the coconut mite *Aceria guerreronis* are two species of pest herbivores that co-occur in the coconut fruit. Due to both species share the same resource, *A. bondari* is exposed to the contact of acaricides used for control *A. guerreronis*. This study had as objective evaluate biological and behavioral aspects of *A. bondari* larvae when exposed to acaricide abamectin, azadirachtin, fenpyroximate, and pyridaben in laboratory conditions. Three methodologies (Wooden stick, triangle, and mesocarp fragmente) were tested for toxicity experiments, comparing the mortality caused by abamectin at its label-recommended concentration with the control. The wooden stick method provided higher larvae survival in the control, proving to be more suitable for the toxicity test. Subsequently, the mortality caused by those acaricides was evaluated through label-recommended concentration, after that, the toxicity was evaluated through rate-response curves. The residual effect of acaricides on fruit preference and walking behavior was also evaluated. Abamectin and pyridaben were the most toxic products, being estimated LC₅₀ of 1.35 mg/L and 141 mg/L, respectively. The tested acaricides did not affect the preference of the larvae to fruit (treated or untreated). *A. bondari* larvae showed a lower movement speed when exposed to the treated surface with the acaricides abamectin, azadirachtin, and fenpyroximate when compared to the control, and shoed less distance traveled when exposed to the fenpyroximate-

treated surface. *A. bonrari* larvae remained less time on the abamectin-treated surface characterizing an irritation effect.

KEY WORDS: Coconut tree moth, lethality, sublethal effect, *Aceria guerreronis*.

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Atheloca bondari* HEINRICH (LEPIDOPTERA:
PYRALIDAE) E SEUS EFEITOS NA SOBREVIVÊNCIA E COMPORTAMENTO

por

HANDEL KRAMER DA CRUZ

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 – 2021

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Atheloca bondari* HEINRICH (LEPIDOPTERA:
PYRALIDAE) E SEUS EFEITOS NA SOBREVIVÊNCIA E COMPORTAMENTO

por

HANDEL KRAMER DA CRUZ

Comitê de Orientação:

Manoel Guedes Correa Gondim Junior – UFRPE

Vaneska Barbosa Monteiro – UFRPE

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A *Atheloca bondari* HEINRICH (LEPIDOPTERA:
PYRALIDAE) E SEUS EFEITOS NA SOBREVIVÊNCIA E COMPORTAMENTO

por

HANDEL KRAMER DA CRUZ

Banca Examinadora:

Herbert Álvaro Abreu de Siqueira – UFRPE

José Wagner da Silva Melo – UFC

Handel Kramer da Cruz

Prof. Manoel Guedes Correa Gondim Junior - UFRPE
Orientador

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C957t

Cruz, Handel Kramer da

Toxicidade de acaricidas a *Atheloca bondari* Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae) e seus efeitos na sobrevivência e comportamento / Handel Kramer da Cruz. - 2021.
61 f.

Orientador: Manoel Guedes Correa Gondim .

Coorientadora: Vaneska Barbosa Monteiro.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, Recife, 2021.

1. Traça-do-coqueiro. 2. Letalidade. 3. Efeito subletal. 4. *Aceria guerreronis*. I. , Manoel Guedes Correa Gondim, orient. II. Monteiro, Vaneska Barbosa, coorient. III. Título

CDD 632.7

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Adriana e Cláudio por todo amor, carinho e cuidado. Aos meus avós Ana Amélia e Rodolfo (*in memoriam*). A minha namorada, amiga e companheira de todos os momentos Laura.

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

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

Ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia e todo o corpo docente.

Aos meus orientadores, Dr. Manoel Guedes e Dra. Vaneska Barbosa por todo suporte e ensinamentos no desenvolvimento desse trabalho como no meu desenvolvimento acadêmico.

Ao meu amigo Dr. Antônio Almeida por toda sua ajuda no desenvolvimento desse trabalho, pela contribuição no meu desenvolvimento acadêmico e por suas palavras de incentivo e amizade.

Aos meus pais por todo amor, carinho, educação e respeito, por acreditarem em mim o tempo todo.

À minha namorada por todo companheirismo, pelas palavras de incentivo, por todo carinho e cuidado, por acreditar em mim sempre.

Aos meus colegas de laboratório Érika, Adria, Gigi e Antônio por toda atenção, suporte, conversas e risadas.

À todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta na contribuição desse trabalho.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	viii
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
LITERATURA CITADA.....	11
2 TOXICIDADE DE ACARICIDAS A <i>Atheloca bondari</i> HEINRICH (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE) E SEUS EFEITOS NA SOBREVIVÊNCIA E COMPORTAMENTO	19
RESUMO	20
ABSTRACT	21
INTRODUÇÃO	22
MATERIAL E MÉTODOS	25
RESULTADOS	31
DISCUSSÃO.....	33
AGRADECIMENTOS.....	37
LITERATURA CITADA.....	37
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O coqueiro, *Cocos nucifera* L., é uma planta perene de clima tropical que pertence à família Arecaceae (Harries 1978). Essa palmeira é a única espécie do gênero *Cocos*, distinguindo-se em duas variedades principais, *typica* Nar. (gigante) e *nana* Griff (anão) (Siqueira *et al.* 2002). Embora existam divergências quanto a sua origem (Gunn *et al.* 2011), há um grande indício de que o coqueiro tenha como provável centro de origem o Sudeste da Ásia, nas ilhas do Pacífico de Papua-Nova Guiné (Purseglove 1972, Gunn *et al.* 2011). *Cocos nucifera* é considerada a palmeira mais importante cultivada mundialmente, apresentando alta relevância socioeconômica, agrícola e agroindustrial (Siqueira *et al.* 2002, Aragão *et al.* 2009, Hoe 2018). O coqueiro apresenta uso bastante diversificado, podendo o fruto ser utilizado *in natura* e na forma de outros produtos como: bebidas, fibras, pó do mesocarpo, leite de coco, óleo, carvão e com aplicação na indústria farmacêutica e de cosméticos (Holanda *et al.* 2008, Hoe 2018).

O coqueiro é cultivado comercialmente em cerca de 12 milhões de hectares, em mais de 90 países, sendo o Brasil o quarto maior produtor mundial, com uma produção aproximada de 2,5 milhões de toneladas anuais de copra, atrás apenas da Indonésia, Filipinas e Índia (FAOSTAT 2018). O Nordeste brasileiro é responsável por 74% da produção nacional, sendo os Estados da Bahia, Sergipe, Ceará e Pernambuco os maiores produtores da região (Brainer 2018). Todavia, o Nordeste também representa a região com menor produtividade (Martins & Jesus 2014), uma realidade que afeta o desempenho econômico dos produtores, resultando em menor remuneração (reais/ha) e preço (reais/fruto) que as demais regiões (Brainer 2018). Esse fato é facilmente compreendido quando observado o nível tecnológico das regiões produtoras (Martins & Jesus 2014). Isso se deve a uma

grande área que ainda utiliza um sistema de produção semiextrativista, cultivares menos produtivas, além da não adoção de práticas de manejo e alta incidência de pragas e doenças, resultando em uma produtividade em torno de 30 - 40 frutos/planta/ano (gigante) (Fontes & Wanderley 2006, 2010). No entanto, também são observados plantios mais tecnificados na região nordeste com uso de irrigação e variedades anãs, proporcionando produtividade consideravelmente maior, podendo ultrapassar 200 frutos/planta/ano (Fontes *et al.* 2003).

Dentre os vários fatores que podem reduzir a produtividade do coqueiro, destaca-se a ocorrência de artrópodes pragas, principalmente os que incidem nas inflorescências e frutos. Dentre esses, o ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), é considerado uma das principais pragas desta cultura em diversas regiões do mundo (Moore & Alexander 1987, Moore 2000, Howard *et al.* 2001, Navia *et al.* 2013). Outro herbívoro também é frequentemente observado ocasionando lesões em frutos, a traça-do-coqueiro *Atheloca bondari* Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae), sendo considerada uma praga secundária, mas que também está relacionada a perdas na cultura do coqueiro (Ferreira *et al.* 2002). *Atheloca bondari* utiliza as lesões necróticas ocasionadas por *A. guerreronis* para conseguir acessar a região meristemática do fruto onde ambas as espécies se desenvolvem (Santana *et al.* 2009, Paz-Neto *et al.* 2020).

O fruto do coqueiro apresenta um conjunto de sépalas, chamadas comumente de brácteas, formando uma estrutura denominada de perianto (Howard & Rodrigues 1991). Essa estrutura protege a superfície de desenvolvimento do fruto, denominada de região meristemática, local onde ocorre a colonização e alimentação de *A. guerreronis* e das larvas de *A. bondari* (Bondar 1940, Howard & Rodrigues 1991, Moore & Howard 1996). A alimentação dos ácaros provoca injúrias mecânicas, inicialmente visualizadas como manchas cloróticas de coloração branco-amareladas na epiderme dos frutos com formato triangular (Haq *et al.* 2002). À medida que ocorre o crescimento do fruto, essas manchas tornam-se progressivamente maiores e necróticas, apresentando grandes fissuras

longitudinais na epiderme que podem provocar atrofias e deformações (Mariau & Julia 1970, Nair 2002). Através das fissuras promovidas por *A. guerreronis* as larvas de *A. bondari* conseguem acessar o perianto dos frutos, contudo, quando o fruto não apresenta injúrias as larvas, normalmente, não conseguem o acesso (Paz-Neto et al. 2020).

A diversidade de ácaros associados ao fruto do coqueiro é bastante limitada devido ao pequeno espaço de acesso à região meristemática do fruto (Navia et al. 2005). O perianto age como uma barreira física, possibilitando o acesso a esse micro-habitat apenas para pequenos ácaros (Howard & Rodrigues 1991, Navia et al. 2005, Aratchige et al. 2007, Lima et al. 2012, Silva et al. 2016). O espaço entre a bráctea e a epiderme do fruto pode variar em relação à variedade da planta, assim como em função da presença ou ausência de ácaros na região meristemática do fruto (Aratchige et al. 2007, Lima et al. 2012, Paz-Neto et al. 2020). Os frutos atacados por *A. guerreronis* podem desenvolver diferentes níveis de necrose (Galvão et al. 2008, Guimarães-Souza et al. 2017), que dependendo da intensidade da injúria, podem permitir a invasão da região meristemática por outros herbívoros (Santana et al. 2009, Paz-Neto et al. 2020). Dessa forma, *A. guerreronis* pode agir como um facilitador para outras pragas devido à modificação da epiderme, possibilitando que herbívoros oportunistas consigam alcançar a região meristemática dos frutos atacados por esses ácaros (Paz-Neto et al. 2020).

Diversos são os relatos dos impactos ocasionados por *A. guerreronis* na cultura do coqueiro, afetando o rendimento, peso, número e tamanho de frutos por planta e, conseqüentemente, prejudicando o valor comercial e a produtividade da cultura (Moore et al. 1989, Haq et al. 2002, Rezende et al. 2016). As estimativas de perdas causadas por *A. guerreronis* são observadas em muitas regiões do mundo ao longo dos anos. Na África, foram observadas perdas de rendimento estimadas em 10% em Benin (Mariau & Julia 1970), e entre 16 - 24% na Costa do Marfim (Mariau 1977). Em estudos mais recentes estimaram-se perdas de 65 - 85% em Benin e 43 - 81% na Tanzânia

(Negloh *et al.* 2011). No Estado de Guerrero no México estimam-se perdas da ordem de 30% (Hernandez 1977). No Sri Lanka foi relatado uma proporção de 2 - 100% das palmeiras infestadas (Fernando & Aratchige 2010), o que corrobora com as altas estimativas de frutos infestados 69,8 - 94,5% e perdas de produção de 15,8% no país (Wickramananda *et al.* 2007). Em Santa Lucia, no Caribe, foram observadas perdas de rendimento de até 70% nos frutos mais velhos (Moore 1987). No Brasil, *A. guerreronis* é responsável pela redução de 60% no número médio de frutos e de 28% no volume de albúmen líquido em coqueiro anão irrigado (Rezende *et al.* 2016). Todas essas estimativas relatadas acima levam em consideração apenas a presença de um único herbívoro (*A. guerreronis*) atacando aos frutos. Contudo, a presença de um segundo herbívoro atuando sobre os frutos pode ampliar as perdas ocasionadas na cultura do coqueiro.

Dentre as medidas que podem ser empregadas para o controle de *A. guerreronis*, a principal é o controle químico (Mariau & Julia 1970, Hernández 1977, Moreira & Nascimento 2002, Sujatha *et al.* 2003, Pushpa & Nandihalli 2010, Melo *et al.* 2012). No entanto, diversas dificuldades práticas na aplicação de acaricidas são observadas na cultura do coqueiro, sobretudo devido ao seu porte normalmente elevado. Esse aspecto limita o uso rotineiro dessa prática, inclusive para pequenos e médios produtores, pois são necessários equipamentos adaptados ou especializados de difícil aquisição para estes produtores (Ferreira 2009). Outra dificuldade observada no controle químico de *A. guerreronis* é a atuação do perianto como barreira física entre o tóxico e o ácaro. A interação ácaro-tóxico ocorre quando o ácaro sai da região do perianto para se dispersar e entra em contato com o resíduo do acaricida presente na superfície do fruto (Silva *et al.* 2017). Devido a essa condição, as pulverizações são frequentes e intercaladas em curtos períodos de tempo. De acordo com Moore & Howard (1996) a utilização intensa do uso de acaricidas pode aumentar de forma acentuada os custos de produção, além de elevar os riscos à saúde humana, devido à alta quantidade de resíduos

depositados sobre os frutos. Apesar disso, ainda que medidas de controle sejam tomadas, as injúrias causadas pelo ácaro são irreversíveis (Oliveira *et al.* 2012).

No Brasil, os ingredientes ativos com registros pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de *A. guerreronis* em coqueiro são: abamectina, azadiractina, espirodiclofeno, espiromesifeno, fenpiroximato, hexitiazoxi e piridabem (Agrofit 2020). Experimentos realizados em campo mostraram que fenpiroximato é eficiente para o controle de *A. guerreronis*, tanto de forma isolada como em mistura com outras moléculas (Alencar *et al.* 2001, Vasconcelos & Teodoro 2014). Moreira & Nascimento (2002) também observaram a eficiência no controle desse ácaro utilizando hexitiazoxi, tanto isoladamente como em associação com enxofre, abamectina e fenpiroximato. Melo *et al.* (2012) também comprovaram elevada eficiência de abamectina para controle de *A. guerreronis*, destacando que as pulverizações desse acaricida podem ser aplicadas em períodos mais longos que os normalmente recomendados, reduzindo dessa forma os custos de produção. No entanto, um estudo de campo utilizando duas populações de *A. guerreronis*, provenientes de Itamaracá-PE, sem nenhum contato com pesticidas, e outra de Petrolina-PE, advinda de campo comercial com pulverizações regulares de abamectina, mostrou uma menor toxicidade deste acaricida para a população de Petrolina. Isto causa preocupação quanto ao uso frequente desse acaricida, podendo ser um indício de uma provável seleção para a resistência (Monteiro *et al.* 2012).

Atheloca bondari é outro artrópode encontrado frequentemente atacando frutos do coqueiro. Esse microlepidóptero tem sua ocorrência conhecida para três países do continente Americano: Trindade e Tobago, Colômbia e Brasil (Paz-Neto *et al.* 2019). No Brasil, essa espécie foi relatada pela primeira vez no Estado da Bahia como sendo *Atheloca subrufella* Hulst (Bondar 1940). No entanto, através de uma revisão dos espécimes da subfamília Phycitinae foi observado a presença de tufos longos na tíbia posterior dos machos no material depositado por G. Bondar, sendo essa uma

característica ausente na espécie *A. subrufella* (Heinrich 1956). Desta forma, Heinrich (1956) reconheceu a necessidade de descrever uma nova espécie de ocorrência no Brasil, designando-a de *A. bondari*. Apesar disso, diversos estudos mais recentes realizados com essa praga aparentaram desconhecer ou desconsiderar tal informação (Bento *et al.* 2006, Sarro *et al.* 2007, Santana *et al.* 2009, 2010, 2011, Nascimento *et al.* 2016). Uma análise recente, utilizando informações taxonômicas e moleculares, de populações de *Atheloca* oriundas do Nordeste brasileiro confirmou que a espécie de ocorrência no Brasil é *A. bondari* e não *A. subrufella* (Paz-Neto *et al.* 2019).

As injúrias ocasionadas por *A. bondari* são observadas nas inflorescências recém-abertas, danificando flores masculinas e femininas, assim como em frutos já formados (Bondar 1940). Nos frutos, as larvas alimentam-se do mesocarpo, abaixo das brácteas, formando galerias que interrompem o fluxo de seiva e ocasiona a queda prematura (Ferreira *et al.* 2002). Os frutos atacados, que não abortam, chegam a maturação apresentando deformações, exsudação de resina e grânulos fecais unidos por fios de seda em torno das brácteas (Bondar 1940, Ferreira *et al.* 2002). As injúrias depreciam o aspecto externo e o valor comercial dos frutos (Ferreira *et al.* 1997). No Brasil, além de *C. nucifera*, outras palmeiras dos gêneros *Attalea* (*Attalea funifera* e *Attalea piassabossu*) e *Syagrus* (*Syagrus coronata* e *Syagrus vagans*) são hospedeiras de *A. bondari* (Bondar 1940).

Atheloca bondari ao se desenvolver apresenta os estágios de ovo, larva, pupa e adulto (Bento *et al.* 2006, Santana *et al.* 2011). Segundo esses autores, o período de incubação dos ovos dura três dias, as larvas apresentam quatro instares com tempo médio de desenvolvimento de 14,3 dias. As pupas apresentam cor castanha, protegida por um simples casulo de seda de cor esbranquiçada (Bondar 1940, Sarro *et al.* 2007). O período pupal é de 11 dias, após os quais ocorre a emergência dos adultos (Bento *et al.* 2006). O adulto é um microlepidóptero com cerca de 1,4 cm de envergadura alar e coloração parda (Heinrich 1956, Ferreira *et al.* 2002). As fêmeas depositam em média 29 ovos por dia, podendo depositar até 216 ovos durante os 15 dias de vida (Bento *et al.* 2006). O

desenvolvimento completo (ovo-adulto) de *A. bondari* dura em torno de 28 dias a uma temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ (Bento *et al.* 2006). Contudo, foi observado que temperaturas extremas influenciam no desenvolvimento de ovo-adulto, variando de $59,8 \pm 1,74$ dias aos 18°C a $19,3 \pm 1,04$ aos 32°C . Contudo, ambas as temperaturas reduzem de forma significativa a viabilidade das formas imaturas a 25% (Santana *et al.* 2010).

A colonização das larvas de *A. bondari* em frutos sem a presença de necrose causada por *A. guerreronis* é baixa, o que demonstra a dependência da larva às modificações da superfície do fruto para obter acesso à região meristemática (Santana *et al.* 2009, Paz-Neto 2020). Já foi constatado que as necroses causadas pelo ácaro aos frutos aumentam a distância entre a bráctea e o exocarpo (Aratchige *et al.* 2007, Lima *et al.* 2012, Paz-Neto 2020), e que em condições sem necrose essa medida varia de 41 a 99 μm (Aratchige *et al.* 2007, Lima *et al.* 2012). Paz-Neto (2020) analisou a distância entre as brácteas e o exocarpo, e comparou com a altura da cápsula cefálica de larvas de *A. bondari*, mostrando que existe um impedimento físico ao acesso das larvas em frutos não necrosados.

Um levantamento de campo, realizado em diferentes épocas, localidades e variedades, avaliou a infestação de frutos por *A. bondari* em função da presença e ausência de necrose de *A. guerreronis*, e constatou-se que 47,2% dos frutos amostrados com necrose do ácaro tinham a presença da larva de *A. bondari* (Santana *et al.* 2009). Outro estudo também mostrou que existe uma correlação positiva de ocorrência entre essas duas espécies em coqueirais do litoral do Estado de Pernambuco (Paz-Neto 2020). O mesmo autor, inclusive, demonstrou em laboratório que o desenvolvimento de *A. bondari* quando associado com *A. guerreronis* também é influenciado positivamente, ocasionando maior viabilidade de formas imaturas e redução no tempo de desenvolvimento ovo-adulto. Paz-Neto (2020) analisou separadamente a infestação de *A. bondari* em frutos abortados e não abortados em diferentes idades, constatando uma proporção de infestação de *A. bondari* de cerca de 40% nos frutos

dos cachos de idades entre 5 e 6 meses, enquanto nos frutos que estavam caídos a proporção de infestação foi superior a 90% para os frutos dos cachos de idades entre 2 e 5 meses.

A recente expansão da cultura do coqueiro tem proporcionado o relato de *A. bondari* em todos os estados produtores de coco, embora os seus impactos possam variar de acordo com a região, condições climáticas e, principalmente, técnicas de manejo adotadas na condução da cultura (Ferreira *et al.* 2002). *Atheloca bondari* ainda é uma praga pouco estudada e as pesquisas sobre essa espécie quase sempre se referem a sua ocorrência natural, aspectos biológicos e associação com inimigos naturais (Bento *et al.* 2006, Sarro *et al.* 2007, Santana *et al.* 2009, 2010, 2011, Cock & Burris 2013, Nascimento *et al.* 2016). Assim, *A. bondari* ainda é considerada uma praga de pouca importância para a cultura do coqueiro (Ferreira *et al.* 2002), e as informações sobre sua relevância econômica podem estar sendo subestimadas. Muito disso se deve também ao fato das injúrias causadas pelas larvas de *A. bondari*, sobretudo em frutos abortados serem normalmente confundidas com aquelas causadas por *A. guerreronis*. Isto pode ser evidenciado através do estudo que sugere que frutos de coqueiro atacados pela larva de *A. bondari* tendem a abortar mais, especialmente aqueles mais novos (Paz-Neto *et al.* 2020). Essas informações são muito importantes para determinar o status de *A. bondari* nos campos de produção e indicar o seu verdadeiro potencial como praga do coqueiro.

A utilização de pesticidas é de suma importância em uma agricultura atual e tem como objetivo fundamental reduzir os danos causados pelas pragas aos plantios (Radcliffe *et al.* 2009). Embora o pesticida tenha o potencial de afetar as pragas diretamente, comprometendo processos fisiológicos dos indivíduos (Casida & Durkin 2013), também são observados efeitos indiretos através de alterações comportamentais como mudanças de habitat e alimentação (Hardin *et al.* 1995, Guedes *et al.* 2016). Durante o processo de pulverização o pesticida atinge não apenas o alvo (praga primária), mas a vegetação, outros artrópodes, solo e água (Müller 2018), e desta forma o ambiente ficará exposto aos resíduos desses produtos em doses subletais até sua degradação completa.

Em sistemas agrícolas, o uso frequente de pesticidas pode ocasionar surtos de pragas secundárias (Ripper 1956, Horton *et al.* 2005, Gross & Rosenheim 2011). Este é um evento complexo e dependente de vários fatores, que podem ocorrer em conjunto ou isoladamente. Dentre os fatores observados estão a eliminação dos inimigos naturais de pragas secundárias (Hill *et al.* 2017), alterações fisiológicas das plantas hospedeiras (White 1984, Chelliah & Heinrichs 1980, Szczepaniec *et al.* 2013, Zeilinger *et al.* 2016), redução de espécies concorrentes (Dutcher 2007, Cordeiro *et al.* 2014) e efeito de hormese em pragas (Dittrich *et al.* 1974, Guedes & Cutler 2014). Dessa forma, as exposições aos pesticidas podem ocasionar mudanças comportamentais, modificando de forma demasiada a abundância de pragas (Jones & Parrella 1984, Gerson & Cohen 1989, Dutcher 2007, Guedes *et al.* 2016).

As interações de um xenobiótico em um sistema biológico podem ter o resultado influenciado por diversos fatores (abióticos e bióticos), mas o fator determinante é a dose utilizada (Simon 2014). O efeito letal de inseticidas é geralmente expresso em dose letal (DL), sendo este valor corresponde a quantidade em miligramas de ingrediente ativo por quilograma da massa corporal do indivíduo testado. A letalidade também pode ser expressa através da concentração letal (CL) que expressa a quantidade de ingrediente ativo por volume de solução suficiente para eliminar os indivíduos no meio (Robertson *et al.* 2017). Com os valores da DL ou CL é possível comparar os efeitos de diferentes compostos tóxicos sobre determinada espécie.

Os inseticidas/acaricidas são agrupados conforme seu modo de ação nos indivíduos expostos, e cada grupo atua em determinado sistema, como: nervoso, muscular, endócrino, digestivo, respiratório e ainda há alguns que apresentam seu sítio de ação desconhecidos ou inespecíficos (Sparks & Nauen 2015). Dentre os inseticidas/acaricidas utilizados para o controle de *A. guerreronis* na cultura do coqueiro (abamectina, azadiractina, espiroclorfenol, espiromesifeno, fenpiroximato, hexitiazoxi e piridabem) existem diversos modos de ação (Agrofit 2020).

Abamectina é um inseticida/acaricida de amplo espectro, formada por uma mistura de avermectinas B1a (>80%) e B1b (<20%) como ingredientes ativos (Strong & Brown 1987). As avermectinas são lactonas macrocíclicas derivadas do microrganismo do solo *Streptomyces avermitilis* Ōmura. A abamectina atua como ativador dos canais de cloro dependentes do glutamato (Wolstenholme & Rogers 2006), portanto a exposição dos indivíduos ao tóxico ocasiona perdas do controle muscular, paralisia e morte (Arena *et al.* 1995, Bloomquist 2003, Wolstenholme 2010).

Azadiractina é um inseticida/acaricida pertencente ao grande grupo tetranortriterpenóide (Agrofit 2020). O composto ativo da azadiractina é encontrado em folhas e sementes de nim (*Azadirachta indica* A. Juss) (Nisbet 2000), cujo sítio de ação ainda é desconhecido ou incerto (Sparks & Nauen 2015). Contudo, estudos evidenciam efeitos no desenvolvimento do inseto (mudas anormais, mortalidade na troca de ecdises, alongamento da fase larval) e reprodução (danos nos órgãos reprodutores ovários e testículos e conseqüentemente baixa fertilidade e fecundidade) (Cottee & Evans 1985, Mordue *et al.* 1986, Nisbet 2000).

Fenpiroximato e piridabem são acaricidas/inseticidas que pertencem aos grupos químicos pirazol e piridazinona, respectivamente (Agrofit 2020). Esses acaricidas/inseticidas fazem parte do grupo METI, sigla inglês para os inibidores do transporte de elétrons mitocondrial, e foram desenvolvidos na década de 90. Embora seja registrado para alguns insetos a sua maior toxicidade é observada entre os ácaros (Simon 2014). Eles atuam na inibição da cadeia de transporte de elétrons no complexo NADH-coenzima Q redutase mitocondrial e foi observado causando alterações morfológicas nas células nervosas periféricas das mitocôndrias como inchaço e arranjo irregular (Motoba *et al.* 1992). Este acaricida tem efeito sobre as diversas fases do ácaro, contudo proporciona maior mortalidade as fases imaturas (Dekeyser 2005).

Sabendo que pulverizações de inseticidas/acaricidas são realizadas com frequência para controle de *A. guerreronis*, e que *A. bondari* também se desenvolve e acessa o perianto dos frutos do

coqueiro é necessário averiguar quais os possíveis efeitos dos produtos registrados para o controle do ácaro sobre *A. bondari* e como estes podem contribuir para o manejo da traça.

3. LITERATURA CITADA

- Agrofit (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários).** 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 17/04/2020.
- Alencar, J.A., P.C.G. Alencar, F.N.P. Haji & F.L. Barbosa.** 2001. Efeito do controle cultural e químico sobre o ácaro da necrose do coqueiro, em coco-anão irrigado. Rev. Bras. Frutic. 23: 577-579.
- 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.
- 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.
- Arena, J.P., K.K. Liu, P.S. Paress, E.G. Frazier, D.F. Cully, H. Mrozik & J.M. Schaeffer.** 1995. The mechanism of action of avermectins in *Caenorhabditis elegans*: correlation between activation of glutamate-sensitive chloride current, membrane binding, and biological activity. J. Parasitol. 81: 286-294.
- Bento, J.M.S., D.E. Nava, M.C.M. Chagas & A.H. Costa.** 2006. Biology and mating behavior of the coconut moth *Atheloca subrufella* (Lep.: Phycitidae). Fla. Entomol. 89: 199-203.
- Bloomquist, J.R.** 2003. Chloride channels as tools for developing selective insecticides. Arch. Insect Biochem. Physiol. 54: 145-156.
- Bondar, G.** 1940. Insetos nocivos e molestias do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no Brasil. Salvador, Tipografia Naval, 160p.
- Brainer, M.S.C.P.** 2018. Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional. Caderno Setorial Etene. 61: 1-25.
- Casida J.E. & K.A. Durkin.** 2013. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. Annu. Rev. Entomol. 58: 99-117.

- Chelliah, S. & E.A. Heinrichs. 1980.** Factors affecting insecticide-induced resurgence of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* on rice. *Environ. Entomol.* 9: 773-777.
- Cock, M.J.W. & D.H. Burris. 2013.** Neotropical palm-inflorescence feeding moths (Lepidoptera: Batrachedridae, Blastobasidae, Cosmopterigidae, Gelechiidae, Pyralidae, Tineidae): a review of the literature and new records from Trinidad, West Indies. *J. Res. Lepid.* 46: 1-21.
- Cordeiro, E.M.G., A.S. Corrêa & R.N.C. Guedes. 2014.** Insecticide-mediated shift in ecological dominance between two competing species of grain beetles. *PLoS One.* 9: e100990.
- Cottee, P.K. & K.A. Evans. 1985.** Azadirachtin: its effect on gut motility, growth and moulting in *Locusta*. *Physiol. Entomol.* 10: 431-437.
- Dekeyser, M.A. 2005.** Acaricide mode of action. *Pest Manag. Sci.* 61: 103-110.
- Dittrich, V., P. Streibert & P.A. Bathe. 1974.** An old case reopened: mite stimulation by insecticide residues. *Environ. Entomol.* 3: 534-540.
- Dutcher, J.D. 2007.** A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM, p. 27–43. In A. Ciancio & K.G. Mukerji (eds.), *General concepts in integrated pest and disease management*. The Netherlands, Springer, 359p.
- FAOSTAT. 2018.** Coconut. Available. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> >. Acesso em: 16/06/2019.
- Fernando, L.C.P. & N.S. Aratchige. 2010.** Status of coconut mite *Aceria guerreronis* and biological control research in Sri Lanka, p. 419-423. In M.W. Sabelis & J. Bruin. *Trends in Acarology: proceedings of the 12th international congress*. Dordrecht, Springer, 566p.
- Ferreira, J.M.S. 2009.** Pragas e métodos de controle ajustados à baixa capacidade de investimento 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, 232p.
- Ferreira, J.M.S., M.F. Lima, D.L.Q. Santana, J.I. Moura & L.A. Souza. 1997.** 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*. 2ª ed. Aracaju, Embrapa-CPATC, 292p.
- Ferreira, J.M.S., R.P.C. Araújo & F.B. Sarro. 2002.** Insetos e ácaros, p. 10-40. In J.M.S. Ferreira (ed.). *Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros*, 136p. (Frutas do Brasil, 28).
- Fontes, H.R. & M. Wanderley. 2006.** Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 16p. (Documentos 94).
- Fontes, H. & M. Wanderley. 2010.** Novos cenários para a cultura do coqueiro gigante no Brasil. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 9p.

- Fontes, H.R., F.E. Ribeiro & M.F. Fernandes. 2003.** Coco, produção: aspectos técnicos, Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 106p.
- Galvão, A.S., M.G.C. Gondim Jr. & S.J. Michereff. 2008.** Escala diagramática de Dano de *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) em coqueiro. Neotrop. Entomol. 37: 723-728.
- Gerson, U. & E. Cohen. 1989.** Resurgences of spider mites (Acari: Tetranychidae) induced by synthetic pyrethroids. Exp. Appl. Acarol. 6: 29-46.
- Gross K. & J.A. Rosenheim. 2011.** Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. Ecol. Appl. 21: 2770-2780.
- Guedes, R.N.C. & G.C. Cutler. 2014.** Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. Pest Manag. Sci. 70: 690-697.
- Guedes, R.N.C., G. Smaghe, J.D. Stark & N. Desneux. 2016.** Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. Annu. Rev. Entomol. 61: 43-62.
- Guimarães-Souza, A.S., M.G.C. Gondim Jr, P.S. Argolo & A.R. Oliveira. 2017.** Evaluating damage in the perianth: a new diagrammatic scale to estimate population level of *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) in coconut fruits. Acta Agron. 66: 141-147.
- 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: 21143.
- 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.
- Hardin, M.R., B. Benrey, M. Coli, W.O. Lamp, G.K. Roderick & P. Barbosa. 1995.** Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. Crop Prot. 14: 3-18.
- Harries, H.C. 1978.** The evolution, dissemination and classification of *Cocos nucifera* L. Bot. Rev. 44: 265-319.
- Heinrich, C. 1956.** American moths of the family Phycitinae. Washington, Smithsonian Institution, 581p.
- Hernández, R.F. 1977.** Combate químico del eriofídeo del cocotero *Aceria guerreronis* (K) (Eriophyes) em la costa de Guerrero. Agric. Tec. Mex. 4: 23-38.
- Hill, M.P., S. Macfadyen & M.A. Nash. 2017.** Broad spectrum pesticide application alters natural enemy communities and may facilitate secondary pest outbreaks. PeerJ. 5: e4179.

- Hoe, T.K. 2018.** The current scenario and development of the coconut industry. *Planter* 94: 413-426.
- Holanda, J.S., M.C.S. Alves & M.C.M. Chagas. 2008.** Cultivo do coqueiro no Rio Grande do Norte. Natal, EMPARN, 27p. (sistemas de produção; 1).
- Horton, D., B. Bellinger, G.V. Pettis, P.M. Brannen & W.E. Mitchem. 2005.** Pest management strategic plan for eastern peaches. Clemson, USDA Agricultural Research Service/CSREES, 75p.
- Howard, F.W. & E.A. Rodrigues. 1991.** Tightness of the perianth of coconuts in relation to infestation by coconuts mites. *Fla. Entomol.* 74: 358-361.
- Howard, F.W., D. Moore, R.M. Giblin-Davis & R.G. Abad. 2001.** Insects on Palms. Wallingford, CABI Publishing, 414p.
- Jones, V.P. & M.P. Parrella. 1984.** The sublethal effects of selected insecticides on life table parameters of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Can. Entomol.* 116: 1033-1040.
- 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. & J.F. Julia. 1970.** L'acarose a *Aceria guerreronis* (Keifer), ravageur du cocotier. *Oléagineux* 28: 459-464.
- Mariau, D. 1977.** *Aceria* (Eriophyes) *guerreronis*, an important pest of African and American coconut groves. *Oléagineux* 32: 109-111.
- Martins, C.R. & L.A. Jesus. 2014.** Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama 2014. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 53p. (Documentos 184).
- 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*. 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. Ent. Res. 77: 641-650.
- Moore, D. 2000.** Non-chemical control of *Aceria guerreronis* on coconuts. Biocontrol News and Information. 21: 83-88.
- 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.
- Mordue, A.J., K.A. Evans & M. Charlet. 1986.** Azadirachtin, ecdysteroids and ecdysis in *Locusta migratoria*. Comp. Biochem. Physiol. 85: 297-301.
- 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. Ver. Bras. Frutic. 24: 72-76.
- Motoba, K., T. Suzuki & M. Uchida. 1992.** Effect of a new acaricide, fenpyroximate, on energy metabolism and mitochondrial morphology in adult female *Tetranychus urticae* (two-spotted spider mite). Pestic. Biochem. Physiol. 43: 37-44.
- Müller, C. 2018.** Impacts of sublethal insecticide exposure on insects - Facts and knowledge gaps. Basic Appl. Ecol. 30: 1-10.
- 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.
- Nascimento, E.S., B.G. Ambrogi, D.M. Pinto-Zevallos & L. Sousa-Souto. 2016.** Age-dependent pattern of calling behavior in *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). J. Insect Behav. 29: 190-198.
- 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. de 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.
- 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: 174-361.
- Nisbet, A.J. 2000.** Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. An. Soc. Entomol. Brasil. 29: 615-632.

- Oliveira, J.E.M., J.W.S. Melo, C.A. Domingos & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Controle do acaroda-necrose-do-coqueiro. Petrolina, Embrapa Semiárido, 4p. (Circular Técnica *On Line* 97).
- Paz-Neto, A.A., M.T.S. Freitas, M.G.C. Gondim Jr, J.W.S. Melo, R.B. Querino & V.Q. Balbino. 2019.** Which Species of Coconut Moth Occurs in Brazil: *Atheloca subrufella* vs. *Atheloca bondari* (Lepidoptera: Pyralidae)?. *Neotrop. Entomol.* 48: 1039-1045.
- Paz-Neto, A.A., J.W.S. Melo, D.B. Lima, M.G.C. Gondim Jr & A. Janssen. 2020.** Field distribution patterns of pests are asymmetrically affected by the presence of other herbivores. *Bull. Entomol. Res.* 110: 611-619.
- Paz-Neto, A.A. 2020.** Interação indireta: a herbivoria de ácaros aos frutos de coqueiro interfere na história de vida de *Atheloca bondari* (Lepidoptera: Pyralidae). Tese de Doutorado, UFRPE, Recife, 101p.
- Purseglove, J. 1972.** Tropical crops, monocotyledons. Burnt Will, Longman, 606p.
- Pushpa, V. & B.S. Nandihalli. 2010.** Evaluation of pesticides and biopesticides against the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer under laboratory conditions. *J. Agric. Sci.* 23: 178-179.
- Radcliffe, E.B., W.D. Hutchison & R.E. Cancelado. 2009.** Integrated pest management: concepts, tactics, strategies and case studies. Cambridge, Cambridge University Press, 552p.
- Rezende, D., J.W.S. Melo, J.E.M. Oliveira & M.G.C. Gondim Jr. 2016.** Estimated drop loss due to coconut mite and financial analysis of controlling the pest using the acaricide abamectin. *Exp. Appl. Acarol.* 69: 297-310.
- Ripper, W.E. 1956.** Effect of pesticides on the balance of arthropod populations. *Annu. Rev. Entomol.* 1: 403-438.
- Robertson, J.L., M.M. Jones, E. Olguin & B. Alberts. 2017.** Bioassays with arthropods. Florida, CRC press, 212p.
- Santana, S.W.J., J.B. Torres, M.G.C. Gondim Jr & R. Barros. 2009.** Infestation of coconut fruits by *Aceria guerreronis* enhances the pest status of the coconut moth *Atheloca subrufella*. *Ann. Appl. Biol.* 155: 277-284.
- Santana, S.W.J., R. Barros, J.B. Torres & M.G.C. Gondim Jr. 2010.** Exigências térmicas da praga do coqueiro *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). *Neotrop. Entomol.* 39: 181-186.
- Santana, S.W.J., R. Barros, J.B. Torres & M.G.C. Gondim Jr. 2011.** Técnica de Criação e Aspectos Biológicos de *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitida) em Frutos de Coqueiro. *Neotrop. Entomol.* 40: 14-19.

- Sarro, F.B., J.M.S. Ferreira, W.B. Crocomo & A.M. Laninas. 2007.** Aspectos da biologia da traça das flores e frutos novos do coqueiro, *Atheloca subrufella* (Hulst, 1887) (Lepidoptera: Phycitidae). Bol. San. Veg. Plagas. 33: 351-355.
- Silva, F.R., G.J. Moraes, I. Lesna, Y. Sato, C. Vasquez, R. Hanna & A. Janssen 2016.** Size of predatory mites and refuge entrance determine success of biological control of the coconut mite. Bio Control. 61: 681-689.
- 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.
- Simon, J.Y. 2014.** The toxicology and biochemistry of insecticides. Florida, CRC press, 380p.
- Siqueira, L.A., W.M. Aragão & E.A. Tupinambá. 2002.** A Introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agronômica. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 24p.
- Sparks, T.C. & R. Nauen. 2015.** IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. Pestic. Biochem. Physiol. 121: 122-128.
- Strong, L. & T.A. Brown. 1987.** Avermectins in insect control and biology: a review. Bull. Entomol. Res. 77: 357-389.
- Sujatha, A., D.A. Kumar & B. Srinivasulu. 2003.** Efficacy of certain pesticides against coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* (K.) through root feeding. J. Appl. Zool. Res. 14: 51-53.
- Szczepaniec, A., M.J. Raupp, R.D. Parker, D. Kerns & M.D. Eubanks. 2013.** Neonicotinoid insecticides alter induced defenses and increase susceptibility to spider mites in distantly related crop plants. PLoS ONE 8: 62620.
- Vasconcelos, J.F. & A.V. Teodoro. 2014.** Controle do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), p. 287-290. In IV seminário de iniciação científica e pós-graduação da embrapa tabuleiros costeiros. Aracaju. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 367p.
- White, T.C.R. 1984.** The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. Oecologia 63: 90-105.
- 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.
- Wolstenholme, A.J. 2010.** Recent progress in understanding the interaction between avermectins and ligand-gated ion channels: putting the pests to sleep. Invert. Neurosci. 10: 5-10.
- Wolstenholme, A.J. & A.T. Rogers. 2006.** Glutamate-gated chloride channels and the mode of action of the avermectin/milbemycin anthelmintics. Parasitology. 131: 85-95.

Zeilinger, A.R., D.M. Olson & D.A. Andow. 2016. Competitive release and outbreaks of non-target pests associated with transgenic Bt cotton. *Ecol. Appl.* 26: 1047-1054.

CAPÍTULO 2

TOXICIDADE DE ACARICIDAS A LARVAS DE *Atheloca bondari* HEINRICH (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)

HANDEL K. DA CRUZ², ANTÔNIO A. PAZ-NETO, VANESKA B. MONTEIRO² E MANOEL G. C.
GONDIM JR²

²Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal de Rural de Pernambuco,
Rua Dom Manoel de Medeiros, Recife, PE, 52171-900, Brasil.

¹Cruz, H.K., A.A. Paz-Neto, V.B. Monteiro & M.G.C. Gondim Jr. Toxicidade de acaricidas a *Atheloca bondari* Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae) e seus efeitos na sobrevivência e comportamento. A ser submetido.

RESUMO - A traça-do-coqueiro, *Atheloca bondari*, e o ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* são duas espécies de herbívoros pragas que coocorrem no fruto de coqueiro. Devido as duas espécies compartilharem o mesmo recurso, *A. bondari* fica exposta ao contato de acaricidas utilizados para o controle de *A. guerreronis*. O presente trabalho teve como objetivo avaliar aspectos biológicos e comportamentais das larvas de *A. bondari* quando expostas aos acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato e piridabem em condições de laboratório. Três metodologias (palito, triângulo e fragmento de mesocarpo) foram testadas para a realização dos experimentos de toxicidade, comparando a mortalidade causada por abamectina em sua concentração recomendada no rótulo com o controle. O método do palito proporcionou maior sobrevivência de larvas no controle, mostrando ser mais adequado para os testes de toxicidade. Posteriormente foi avaliada a mortalidade causada por àqueles acaricidas através da concentração recomendada em rótulo, e em seguida, a toxicidade foi avaliada através de curvas de dose/resposta. Também foi avaliado o efeito residual dos acaricidas sobre preferência de frutos e no comportamento de caminamento. Abamectina e piridabem foram os produtos mais tóxicos, sendo estimadas CL_{50} de 1,35 mg/L e 141 mg/L, respectivamente. Os acaricidas testados não afetaram a preferência de frutos. As larvas de *A. bondari* apresentaram menor velocidade de movimento quando expostas a superfícies tratadas com os acaricidas abamectina, azadiractina e fenpiroximato quando comparada ao controle. E apresentaram menor distância percorrida quando exposta a superfície tratada com fenpiroximato. As larvas de *A. bondari* permaneceram menor tempo sobre superfície tratada com abamectina caracterizando efeito de irritabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Traça-do-coqueiro, letalidade, efeito subletal, *Aceria guerreronis*.

ACARICIDE TOXICITY TO *Atheloca bondari* HEINRICH (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)

AND ITS EFFECTS ON SURVIVAL AND BEHAVIOUR

ABSTRACT – The coconut tree moth, *Atheloca bondari*, and the coconut mite *Aceria guerreronis* are two species of pest herbivores that co-occur in the coconut fruit. Due to both species share the same resource, *A. bondari* is exposed to the contact of acaricides used for control *A. guerreronis*. This study had as objective evaluate biological and behavioral aspects of *A. bondari* larvae when exposed to acaricide abamectin, azadirachtin, fenpyroximate, and pyridaben in laboratory conditions. Three methodologies (Wooden stick, triangle, and mesocarp fragmente) were tested for toxicity experiments, comparing the mortality caused by abamectin at its label-recommended concentration with the control. The wooden stick method provided higher larvae survival in the control, proving to be more suitable for the toxicity test. Subsequently, the mortality caused by those acaricides was evaluated through label-recommended concentration, after that, the toxicity was evaluated through rate-response curves. The residual effect of acaricides on fruit preference and walking behavior was also evaluated. Abamectin and pyridaben were the most toxic products, being estimated LC₅₀ of 1.35 mg/L and 141 mg/L, respectively. The tested acaricides did not affect the preference of the larvae to fruit (treated or untreated). *A. bondari* larvae showed a lower movement speed when exposed to the treated surface with the acaricides abamectin, azadirachtin, and fenpyroximate when compared to the control, and shoed less distance traveled when exposed to the fenpyroximate-treated surface. *A. bonrari* larvae remained less time on the abamectin-treated surface characterizing an irritation effect.

KEY WORDS: Coconut tree moth, lethality, sublethal effect, *Aceria guerreronis*.

Introdução

A traça-do-coqueiro, *Atheloca bondari* Heinrich (Lepidoptera: Pyralidae), é considerada uma praga secundária da cultura do coqueiro (Ferreira *et al.* 2002). Estudos recentes têm contribuído com informações importantes sobre vários de seus aspectos bioecológicos e econômicos (Bento *et al.* 2006, Sarro *et al.* 2007, Santana *et al.* 2009, 2010, 2011, Nascimento *et al.* 2016, Paz-Neto *et al.* 2019, 2020, Paz-Neto 2020). É possível que o impacto econômico de *A. bondari* sobre a produção de coco esteja sendo subestimado (Santana *et al.* 2009, Paz-Neto *et al.* 2020).

As larvas de *A. bondari* causam perfurações tanto nas flores masculinas e femininas, quanto no mesocarpo dos frutos do coqueiro (Bondar 1940). No entanto, as larvas completam o ciclo apenas ao se alimentarem do tecido meristemático dos frutos (região abaixo das brácteas florais), formando galerias que interrompem o fluxo de seiva, e podem ocasionar o abortamento (Ferreira *et al.* 2002). Os frutos que não abortam chegam à maturação apresentando deformações, exsudação de resina e grânulos fecais unidos por fios de seda em torno das brácteas (Ferreira *et al.* 1997, Ferreira 2009). Estas alterações depreciam o valor comercial dos frutos e contribuem para a redução da produção e produtividade da cultura.

Da mesma forma que as larvas de *A. bondari*, o ácaro-da-necrose-do-coqueiro, *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), também habita a região meristemática dos frutos do coqueiro. Este ácaro é considerado uma das principais pragas do coqueiro no mundo, sendo responsável por ocasionar perdas elevadas na América, África e Ásia (Mariau & Julia 1970, Hernandez 1977, Mariau 1977, Moore & Alexander 1987, Moore *et al.* 1989, Haq *et al.* 2002, Fernando & Aratchige 2010, Wickramananda *et al.* 2007, Negloh *et al.* 2011, Rezende 2016). As injúrias provocadas por *A. guerreronis* são observadas inicialmente como manchas cloróticas, que posteriormente se tornam necróticas (Haq *et al.* 2002). A área necrosada dos frutos apresenta fissuras longitudinais, associadas a resinose e deformações que favorecem o abortamento (Haq *et al.* 2002).

Estudos de campo mostraram que a ocorrência de *A. guerreronis* e *A. bondari* está positivamente correlacionada, sendo a necrose provocada pelo ácaro uma alteração morfológica na superfície do fruto que possibilita o acesso das larvas à região meristemática (Santana *et al.* 2009, Paz-Neto 2020). Além disso, Paz-Neto *et al.* (2020) mostraram que os frutos atacados por *A. bondari* tendem a abortar, uma vez que 90% daqueles que se encontravam caídos apresentavam a presença das larvas. Além disso, um número mínimo de frutos abortados apresentava apenas lesões necróticas de *A. guerreronis* sem a presença das larvas. Como as lesões causadas por *A. guerreronis* são facilmente identificadas e comumente reconhecidas pelos produtores, é comum considerar que o abortamento do fruto de coqueiro é causado exclusivamente pelo ataque desse ácaro. Todavia, o resultado de Paz-Neto *et al.* (2020) sugere que a interação entre *A. guerreronis* e *A. bondari* pode ter um papel importante no abortamento, dando uma percepção diferente sobre a relevância da traça para a cultura do coqueiro.

Dentre as medidas que podem ser empregadas para o controle de *A. guerreronis*, a mais utilizada é o controle químico (Mariau & Julia 1970, Hernández 1977, Moreira & Nascimento 2002, Sujatha *et al.* 2003, Pushpa & Nandihalli 2010, Melo *et al.* 2012, Rezende *et al.* 2016). No entanto, o uso dessa prática de manejo possui características que comprometem a sua eficiência, como o elevado porte das palmeiras (Ferreira 2009), e a presença das brácteas florais que atuam como barreira física, protegendo os ácaros do contato direto com os acaricidas (Hernandez 1977, Silva *et al.* 2017). Dessa forma, o controle desse ácaro ocorre na ocasião em que ele deixa a área protegida pelas brácteas do fruto para se dispersar (Silva *et al.* 2017). Portanto, o controle eficiente é obtido através de pulverizações frequentes, intercaladas em períodos curtos de aproximadamente um mês (Melo *et al.* 2012). No entanto, é importante destacar ainda que mesmo que as medidas de controle sejam tomadas, as injúrias causadas pelo ácaro são irreversíveis (Oliveira *et al.* 2012).

Os pesticidas agem diretamente sobre os organismos, afetando a sobrevivência, e indiretamente, provocando alterações biológicas, fisiológicas ou comportamentais (Casida & Durkin 2013, Guedes *et al.* 2016). Como cada espécie apresenta características inatas distintas, as respostas de diferentes espécies após exposição aos pesticidas resultam em efeitos de mortalidade ou comportamento distintos (Simon 2014). Todavia, nos estudos toxicológicos, frequentemente, é observada a interação direta de uma substância tóxica em um sistema biológico, focando no efeito letal desses produtos sobre os organismos alvo (Guedes *et al.* 2016). As pesquisas dos efeitos indiretos de pesticidas sobre organismos não alvo, comumente está relacionado com insetos polinizadores ou predadores (Desneux *et al.* 2007, Guedes *et al.* 2009, Douglas *et al.* 2015). Estudos que avaliem os efeitos indiretos sobre pragas secundárias são escassos, com exceção aqueles que envolvem culturas transgênicas (Gross & Rosenheim 2011, Catarino *et al.* 2015). De acordo com a legislação brasileira não existe nenhum pesticida registrado para o controle de *A. bondari*, mas há diversos acaricidas indicados para *A. guerreronis* (Agrofit 2020). Tendo em vista que *A. guerreronis* e *A. bondari* ocupam o mesmo nicho e estão associadas positivamente, é muito provável que os pesticidas utilizados para o controle do ácaro afetem direta ou indiretamente a sobrevivência e o comportamento da traça.

Nesse trabalho, estudou-se como os acaricidas recomendados para controle de *A. guerreronis* podem afetar a sobrevivência e o comportamento de *A. bondari*. Como não há uma metodologia específica para avaliação dos testes toxicológicos para *A. bondari*, inicialmente, adaptou-se algumas metodologias, verificando a adequabilidade e confiabilidade delas. Em seguida, avaliou-se o efeito da concentração indicada nos rótulos dos acaricidas recomendados para controle de *A. guerreronis* sobre a sobrevivência das larvas de *A. bondari*. Testes toxicológicos de concentração/mortalidade sobre as larvas também foram realizados. Por fim, avaliou-se a preferência das larvas de *A. bondari*

por frutos pulverizados com as concentrações de rótulo e a testemunha (água destilada), e o efeito da exposição a esse resíduo sobre o comportamento das larvas.

Material e Métodos

Obtenção e coleta dos frutos. Frutos de coqueiro da variedade anão-verde, sem infestação de *A. guerreronis* e *A. bondari*, foram coletados no campus Sede da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) (8°01'S, 34°94'W). Todos os frutos coletados tinham aproximadamente entre três e quatro meses de idade, conforme filotaxia do coqueiro (Sobral 1998). Após a coleta, os frutos foram levados para o Laboratório de Acarologia da UFRPE, higienizados com solução de água e hipoclorito de sódio (5%), armazenados em temperatura ambiente para serem utilizados em até 24 horas.

Obtenção e criação de *A. bondari*. Frutos que mostravam sinais da presença de larvas de *A. bondari* foram coletados em Igarassu/PE (7°49' S, 34°50' W) e transportados para o laboratório. Os frutos foram abertos com auxílio de uma tesoura de poda e um extrator de grampos para coleta das larvas. A criação de *A. bondari* foi implementada através da metodologia proposta por Santana *et al.* (2011). Com auxílio de um bisturi foram realizadas três cavidades de formato triangular na epiderme de frutos livres de infestação (0,5 cm de lado e profundidade) logo abaixo das brácteas. Uma larva neonata de *A. bondari* foi introduzida em cada cavidade, totalizando três por fruto. Cada fruto infestado foi colocado verticalmente sobre uma base de isopor e transferido para o interior de um recipiente plástico (12 cm diâmetro x 17 cm de altura) com um orifício lateral coberto com tecido do tipo “Voil” para permitir a ventilação. O interior do recipiente foi forrado com papel toalha para servir como substrato para pupação. Devido a rápida deterioração do fruto, as larvas foram transferidas para outro fruto após 5 dias. Ao final do desenvolvimento, as larvas saíam do fruto, teciam um casulo e empupavam em meio ao papel toalha. Em seguida, as pupas eram coletadas e

incubadas individualmente em frascos de acrílico até a emergência dos adultos. A cada 24 horas, os adultos eram coletados, sexados e casais foram confinados nos mesmos recipientes de plástico utilizados para armazenamento dos frutos. Os adultos foram alimentados com uma solução de mel a 10% colocada em uma tampa de 3 cm (diâmetro) por 1 cm (altura). As fêmeas ovipositavam nas ranhuras laterais dessas tampas, que eram datadas diariamente e transferidas para outro recipiente. Após a eclosão, as larvas eram transferidas para novos frutos e o processo todo era repetido.

Acaricidas Testados. Foram utilizados quatro acaricidas registrados no Brasil junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para o controle de *A. guerreronis* na cultura do coqueiro (Ver Tabela 1).

Estabelecimento do método experimental para avaliação da toxicidade dos acaricidas sobre larvas de *A. bondari*. Três métodos distintos foram testados com o objetivo de verificar o mais adequado para avaliar a toxicidade dos acaricidas.

Método do palito (Paz-Neto *et al.* 2020): Um palito de madeira (3 cm de comprimento e 2 mm de espessura) foi introduzido entre o exocarpo e uma das brácteas florais inferiores, totalizando três palitos por fruto (Fig. 1A-B). Isto proporcionou uma abertura de acesso à região meristemática do fruto para as larvas neonatas. Em seguida, um fio de cola entomológica (BioStop Cola – Biocontrole Métodos de Controle de Pragas Ltda) foi aplicado, circundando o centro do fruto, para evitar a fuga das larvas. Cada fruto representou uma repetição.

Método do triângulo (Santana *et al.* 2009): Este método foi semelhante ao realizado na criação de *A. bondari* descrito acima (Fig. 1C-D). Adicionalmente, cola entomológica foi aplicada no fruto, como descrito no método anterior. Cada fruto representou uma repetição.

Método do fragmento de mesocarpo (Sarro *et al.* 2007): Fragmentos de mesocarpo com 2 cm³ foram dissecados de frutos com auxílio de um bisturi. Dois fragmentos foram colocados no interior

de um coletor universal, contendo papel de filtro no fundo (Fig. 1E-F). Cada coletor contendo dois fragmentos representou uma repetição.

Bioensaio. Larvas neonatas (<12 h idade) de *A. bondari* foram transferidas para uma placa de Petri (9 cm de diâmetro) e pulverizadas com 2,0 mL da concentração recomendada de campo de abamectina para controle de *A. guerreronis* (ver tabela 1) ou água destilada (Controle), utilizando uma torre de Potter sob pressão de 10 psi/bar. Para os métodos do palito e triângulo, 3 dessas larvas foram transferidas para cada repetição (fruto) com auxílio de um pincel N. 000. Foram realizadas vinte repetições, totalizando 60 larvas por tratamento. No caso do método do fragmento de mesocarpo foram transferidas 2 larvas por fragmento, totalizando 4 larvas por coletor universal. Neste método foram utilizadas vinte repetições, totalizando 80 larvas por tratamento. Igualmente para cada método foi realizado o mesmo número de repetições, pulverizando as larvas com água destilada (controle). Os frutos ou coletor universal foram colocados em recipientes plásticos, conforme descrito na criação. A avaliação foi realizada após 48 h com a contagem do número de larvas vivas e mortas, sendo considerada morta a larva que não era capaz de se movimentar após um leve toque com o pincel. Os resultados dos métodos experimentais foram analisados através da comparação entre o tratamento pulverizado com acaricida e o controle (água destilada) para cada método individualmente. Também foi realizada a comparação do resultado dos tratamentos controle dos diferentes métodos. Todas as análises foram realizadas através do modelo linear generalizado (GLM), utilizando o software R (R Development Core Team 2017).

Toxicidade de acaricidas sobre larvas de *A. bondari*. A realização do teste de toxicidade seguiu os procedimentos descritos no método do palito, pois ele proporcionou maior sobrevivência no controle, e devido a avaliação dele ser mais fácil e rápida em relação ao triângulo.

Bioensaio. Foram utilizados quatro acaricidas para avaliar a toxicidade sobre larvas de *A. bondari*, sendo testada a concentração recomendada pelo fabricante para controle de *A. guerreronis* (ver

tabela 1). No controle foi aplicada apenas água destilada. Os procedimentos de aplicação dos acaricidas, infestação das larvas e avaliação foram os mesmos descritos no experimento anterior para método do palito. Para determinar o efeito dos acaricidas, os dados foram analisados através do modelo linear generalizado (GLM) com distribuição binomial de erros. Os contrastes dentre os tratamentos foram avaliados pela agregação de nível de fator não significativo (Crawley 2013). As análises foram realizadas através do software R (R Development Core Team 2017).

Curvas de concentração/mortalidade de acaricidas sobre larvas de *A. bondari*. Para realização das curvas de concentração/mortalidade também foi seguida a metodologia descrita no método do palito. Testes preliminares foram realizados com 4 a 5 concentrações de cada acaricida a partir de diluições sequencias em fator de 10 em água destilada, sendo realizadas 4 repetições por concentração e o teste repetido duas vezes. A partir do teste preliminar foram estabelecidas 6 concentrações para cada acaricida, preparados a partir de diluições sequenciais no fator de 2 vezes menor que a anterior. Os testes foram realizados em dois dias distintos e as curvas analisadas pelo teste de igualdade e paralelismo (Robertson & Preisler 1992). Após esse procedimento, os dados das duas repetições foram agrupados e submetidos à análise de Probit (Finney 1971), utilizando o programa POLO-Plus 2.0 (LeOra Software 2005) para estimar os valores da CL_{50} e CL_{95} de cada acaricida.

Efeito residual de acaricidas na preferência de frutos por larvas de *A. bondari*. Foram confeccionadas bases de gesso com um prego fixado no centro, a partir de copos plásticos como descrito por Silva *et al.* (2017). Frutos com idades entre três a quatro meses e sem a presença de pragas foram coletados e sua extremidade distal inserida no prego. Na outra extremidade do fruto, a espiguetta foi cortada e padronizada com 10 cm de comprimento. Antes da pulverização dos acaricidas, as espiguetas dos frutos foram envolvidas com *parafilm* para evitar o contato desse com esta estrutura. A pulverização foi realizada em torre de Potter sob pressão de 10 psi/bar, tendo cada

face do fruto recebido 3,0 mL da concentração de campo (totalizando 9,0 mL/fruto), recomendada para controle de *A. guerreronis* (tratado) (ver tabela 1), ou água destilada (não tratado). Em seguida, os frutos foram colocados para secar em bandejas plásticas em temperatura ambiente por 30 minutos. Após secagem, o *parafilm* foi removido da espiguetas e deu-se início a montagem da unidade experimental. Três palitos de madeira foram introduzidos entre o exocarpo e as brácteas florais dos frutos (como descrito no teste do palito). As espiguetas dos frutos (um tratado e um não tratado) foram alinhadas e unidas com um arame de 1 mm (espessura) x 1 cm (comprimento) fixado internamente na extremidade de cada espiguetas, sendo 0,5 cm do comprimento inserido internamente em cada espiguetas. Desta forma, a distância entre dois frutos ficou padronizada em 20 cm (10 cm de cada espiguetas). A união de dois frutos representa a unidade experimental (repetição) desse bioensaio (Paz-Neto 2020). Foram utilizadas vinte repetições por tratamento (acaricidas x controle). Em cada repetição foram liberadas 4 larvas neonatas (<12 h idade) de *A. bondari*. As larvas foram liberadas, com auxílio de um pincel N. 000, sobre a junção das espiguetas. Os tratamentos foram avaliados 24 horas após a liberação das larvas, removendo-se o perianto com auxílio de uma tesoura de poda e um extrator de grampo, e então foi realizada a observação das larvas neonatas, contabilizando aquelas que estavam vivas ou mortas na região meristemática dos frutos (tratados e não tratados). Os dados do número de frutos infestados por larvas de *A. bondari* foi analisado através de teste Binomial ($P = 0,5$) (Siegel & Castellan 1988), através do programa estatístico R (R Development Core Team 2017).

Efeito dos acaricidas sobre o comportamento da larva de *A. bondari*.

Bioensaio sem chance de escolha. Discos de papel de filtro de 9 cm de diâmetro foram pulverizados com 4,0 mL dos mesmos acaricidas, com as concentrações utilizadas no experimento anterior, utilizando uma torre de Potter a pressão de 10 psi/bar. O mesmo processo foi utilizado para o controle, utilizando apenas água destilada. Posteriormente, os discos foram deixados por 30

minutos em bandejas plásticas para secagem em temperatura ambiente. Em seguida, os discos foram colocados no interior de placas de Petri de mesmo diâmetro e circundados com vaselina para evitar a fuga das larvas. Uma larva neonata de *A. bondari* (<12 h idade) foi liberada no centro da placa e 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 e a cada cinco repetições registradas a arena era substituída por uma nova. Os parâmetros comportamentais da larva de *A. bondari* avaliados foram: distância percorrida, tempo de caminhada, velocidade média de caminhada e número de paradas. Vinte repetições foram realizadas para cada tratamento, sendo cada larva uma repetição. Todo o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) com os acaricidas como variável independente e os parâmetros avaliados como variável dependente. Os dados foram submetidos também à análise de variância univariada (ANOVA), com as médias comparadas pelo teste de Tukey HSD ($P < 0,05$) para determinar diferenças significativas entre os tratamentos. Todas as análises foram realizadas através do programa estatístico SAS (SAS Institute Inc 2008).

Bioensaio com chance de escolha.

Teste em branco: Discos de papel de filtro de 9 cm de diâmetro foram pulverizados com 4,0 mL de água destilada. Posteriormente, os discos foram deixados por 30 minutos em bandejas plásticas para secar em temperatura ambiente, e posteriormente cortados ao meio. Na confecção da arena, uniu-se dentro da placa de Petri as duas metades do disco. Finalmente aplicou-se vaselina contornando o disco para evitar a fuga das larvas e cada arena representou uma repetição. A liberação das larvas e avaliação foi semelhante ao experimento anterior, utilizando-se 20 repetições. Os dados do tempo de permanência foram submetidos ao teste de Wilcoxon, usando o procedimento

NPARIWAY. Todas as análises foram realizadas através do programa estatístico SAS (SAS Institute Inc 2008).

Bioensaio: Os mesmos acaricidas e concentrações utilizadas no experimento intitulado “Efeito residual de acaricidas na preferência de frutos por larvas de *A. bondari*” foram utilizados neste experimento. A metodologia foi semelhante ao teste em branco, contudo na confecção da arena utilizou-se em uma mesma placa de Petri a metade de um disco tratado (acaricida) e outra metade não tratada (água destilada). O acaricida foi considerado repelente, quando a larva não entrou em contato com a área tratada, e considerado irritante quando a larva permaneceu menos de 50% do tempo total na área tratada (Cordeiro *et al.* 2010). Os dados foram analisados conforme o teste em branco.

Resultados

Estabelecimento do método experimental para avaliação da toxicidade dos acaricidas sobre larvas de *A. bondari*. Para todos os métodos testados abamectina ocasionou 100% de mortalidade das larvas neonatas de *A. bondari*, diferindo significativamente do controle em todos os métodos testados (Fig. 2; GLM: $P < 0,001$). As menores mortalidades de larvas no controle foram observadas nos métodos do palito e triângulo, não havendo diferença estatística entre eles (Fig. 2; GLM: $\chi^2 = 0,4$; g.l. = 1; $P = 0,544$), contudo diferiram do método do fragmento do mesocarpo (Fig. 2; GLM: $\chi^2 = 40,6$; g.l. = 2; $P < 0,001$).

Toxicidade de acaricidas sobre larvas de *A. bondari*. O efeito dos acaricidas sobre as larvas de *A. bondari* diferiu significativamente (Fig. 3; GLM: $\chi^2 = 241,9$; g.l. = 4; $P < 0,001$). Dentre os 4 acaricidas testados apenas azadiractina não ocasionou mortalidade nas larvas de *A. bondari*. O efeito letal dos demais acaricidas variou conforme produto testado, sendo abamectina o mais tóxico (100%

de mortalidade) e fenpiroximato o menos tóxico (7% de mortalidade). Efeito letal intermediário foi observado para o acaricida piridabem (43% de mortalidade).

Curvas de concentração/mortalidade de acaricidas sobre larvas de *A. bondari*. Apenas os dados de mortalidade dos acaricidas abamectina e piridabem ajustaram-se ao modelo de Probit ($P > 0,05$). Abamectina apresentou maior toxicidade as larvas de *A. bondari*, sendo estimada uma CL_{50} de 1,35 mg/L e CL_{95} de 3,64 mg/L. Para o acaricida piridabem foi estimada uma CL_{50} de 141,90 mg/L e CL_{95} de 839,30 mg/L (Tabela 2). As curvas de concentração/mortalidade de azadiractina e fenpiroximato não foram obtidas, pois não se ajustaram ao modelo de Probit. Ao testar uma concentração 70 vezes maior que a concentração recomendada em rótulo para controle de *A. guerreronis*, azadiractina (1.680 mg/L) causou mortalidade de apenas 3,7%, enquanto fenpiroximato causou 84,6% de mortalidade quando testada uma concentração 20 vezes maior que a concentração recomendada (2.000 mg/L).

Efeito residual de acaricidas sobre a preferência de frutos por larvas de *A. bondari*. As larvas de *A. bondari* não apresentaram preferência pelo fruto não tratado (água destilada) em relação ao tratado (acaricida). Os contrastes entre o controle e todos os acaricidas não obtiveram efeitos significativos sobre a preferência de frutos: abamectina (Binomial test: $P = 0,54$), azadiractina (Binomial test: $P = 1$), fenpiroximato (Binomial test: $P > 0,71$) e piridabem (Binomial test: $P = 1$) (Fig. 4).

Efeito dos acaricidas sobre o comportamento das larvas de *A. bondari*.

Bioensaio sem chance de escolha. Os parâmetros avaliados diferiram dentre os tratamentos (GLnum/den = 29/302,76; Wilks' Lambda = 0,456; $F = 4,04$; $P = 0,001$). Contudo, as diferenças observadas foram apenas para a velocidade de caminhamento (Fig. 5A; ANOVA: $F_{4,95} = 8,68$; $P = 0,001$) e a distância total caminhada (Fig. 5B; ANOVA: $F_{4,95} = 3,38$; $P = 0,0124$), não havendo diferença no tempo de descanso (Fig. 5C; ANOVA: $F_{4,95} = 1,87$; $P = 0,1215$) e número de paradas

(Fig. 5D; ANOVA: $F_{4,95} = 2,11$; $P = 0,0852$). Maiores velocidades de caminamento de larvas de *A. bondari* foram observadas quando estas foram liberadas em superfícies tratadas com água destilada e menores velocidades quando em superfícies tratadas com abamectina. Valores intermediários foram observados para fenpiroximato, azadiractina e piridabem, no entanto, este último não diferiu do tratamento controle (Fig. 5A). As larvas de *A. bondari* percorreram uma maior distância quando liberadas sobre o tratamento controle (água destilada), diferindo apenas de fenpiroximato (Fig. 5B).

Bioensaio com chance de escolha.

Teste em branco: Não foi observada diferença estatística no tempo de permanência de *A. bondari* em relação aos dois lados da arena tratados com água destilada, indicando adequabilidade da arena ($\chi^2 = 3,15$; GL = 1; $P = 0,60$).

Bioensaio: O tempo de permanência das larvas de *A. bondari* foi menor na parte da arena tratada com abamectina em relação a parte tratada com água (Fig. 6; Wilcoxon: $\chi^2 = 7,91$; GL = 1; $P = 0,005$), contudo não houve diferença no tempo de permanência para os demais tratamentos: azadiractina (Fig. 6; Wilcoxon: $\chi^2 = 0,39$; GL = 1; $P = 0,53$), fenpiroximato (Fig. 6; Wilcoxon: $\chi^2 = 0,10$; GL = 1; $P = 0,075$) e piridabem (Fig. 6; Wilcoxon: $\chi^2 = 0,87$; GL = 1; $P = 0,34$). Não foi constatado o comportamento de repelência: abamectina ($\chi^2 = 2,05$; GL = 1; $P = 0,15$), azadiractina ($\chi^2 = 0$; GL = 1; $P = 1$), fenpiroximato ($\chi^2 = 1$; GL = 1; $P = 0,32$) e piridabem ($\chi^2 = 0$; GL = 1; $P = 1$).

Discussão

Os resultados do presente estudo mostraram que: (1) O método do palito é o mais adequado para avaliar a toxicidade de pesticidas sobre *A. bondari*; (2) abamectina foi o único acaricida a ocasionar 100% de mortalidade sobre larvas de *A. bondari*, utilizando a concentração de rótulo

recomendada para controle de *A. guerreronis*; (3) abamectina foi o composto mais tóxico para larvas de *A. bondari* seguido de piridabem; (4) O efeito residual dos acaricidas presentes na superfície dos frutos não interferiu na preferência das larvas de *A. bondari* por frutos (tratados ou não tratados); (5) o resíduo de abamectina, azadiractina e fenpiroximato afetaram o comportamento de caminhar de larvas de *A. bondari*; (6) abamectina mostrou efeito de irritabilidade sobre larvas de *A. bondari*; (7) nenhum produto causou repelência às larvas de *A. bondari*.

O método utilizando fragmento do mesocarpo do fruto de coqueiro não é adequado para avaliar a mortalidade das larvas causada pelos acaricidas. Esse método mostrou uma elevada mortalidade de larvas no tratamento controle (38%). Esse resultado revela a falta de precisão do método, pois a mortalidade no tratamento com acaricida pode estar relacionado com imprecisão do método e não com o efeito do produto. Por outro lado, os métodos do palito e do triângulo mostraram baixa mortalidade de larvas no tratamento sem acaricida, indicando que a mortalidade encontrada no tratamento com acaricida está de fato relacionada com o efeito letal de abamectina. Entre esses dois últimos, o método utilizando o palito é o mais indicado para avaliar os efeitos dos pesticidas, pois a avaliação do número de larvas mortas e vivas nesse método é mais fácil e rápido.

Usualmente nenhuma medida é realizada para o controle de *A. bondari*, mas frequentemente esta praga está sujeita aos efeitos das pulverizações de acaricidas recomendados para o controle *A. guerreronis* no campo, pois ambas as espécies ocupam o mesmo local no fruto (perianto) e por apresentarem coocorrência positiva (Paz-Neto *et al.* 2020). Entre os acaricidas registrados para o controle de *A. guerreronis*, a concentração recomendada para uso no campo de abamectina e piridabem promoveram as mortalidades mais elevadas (100 e 42,6%, respectivamente) (Fig. 3). A CL_{50} de abamectina sobre larvas de *A. bondari* estimada neste estudo foi de 1,35 mg/L (Tabela 2), enquanto a CL_{50} estimada para duas populações de *A. guerreronis* foram de 12,5 mg/L (Itamaracá-PE) e 44,39 mg/L (Petrolina-PE) (Monteiro *et al.* 2012). Apesar da toxicidade de abamectina ser

maior para *A. bondari* do que para *A. guerreronis*, a dose recomendada para o ácaro não impediu a colonização dos frutos pelas larvas (Fig. 4). Durante o procedimento de aplicação dos acaricidas no campo, a maior parte da população imatura ativa de *A. bondari* (larvas) está dentro dos frutos, protegida do contato direto com os acaricidas. É provável que a exposição da traça aos resíduos dos acaricidas ocorra durante os processos de colonização de novos frutos, assim como é observado para *A. guerreronis* (Melo *et al.* 2012, Silva *et al.* 2017). Aparentemente, as larvas neonatas conseguem localizar as aberturas promovidas pelo ácaro, simulada no laboratório pelo palito, com rapidez e provavelmente, por estas razões, não observamos neste trabalho alterações na preferência devido ao efeito residual dos produtos. É possível também que o resíduo do acaricida no exterior do fruto estimule o comportamento das larvas em encontrar um espaço de acesso à região meristemática. Portanto, dentre os acaricidas utilizados neste estudo para o controle de *A. guerreronis* em suas concentrações de rótulo, provavelmente apenas abamectina promoverá mortalidade de uma pequena proporção de larvas de *A. bondari* em condições de campo. Contudo, deve-se levar em conta que a colonização dos frutos por *A. bondari* geralmente só ocorre em frutos com lesões causadas pelo ácaro. Portanto, se a utilização dos acaricidas efetivamente reduzir as infestações de *A. guerreronis*, e conseqüentemente os danos provocados pelo ácaro, a população da traça tenderá a ser reduzida, pois ela terá dificuldades de encontrar frutos que ela consiga colonizar. Todavia, testes de campo com aplicações preventivas e o efeito subletal sobre o desenvolvimento de larvas de *A. bondari* são necessários para constatar esta hipótese.

Apesar da colonização de *A. bondari* não ter sido afetada pelo efeito residual dos acaricidas, os resultados observados com *A. guerreronis*, em condições de laboratório, demonstram que o efeito residual de alguns produtos (abamectina e fenpiroximato) foi eficiente em evitar que ácaros colonizassem o perianto de frutos (Silva *et al.* 2017) e também em condições de campo (Melo *et al.* 2012). É provável que a diferença de tamanho entre *A. bondari* e *A. guerreronis*, a velocidade e

tempo de deslocamento gasto por eles para atingirem o perianto dos frutos, além de sua morfologia externa, tenham implicações no processo de contaminação. Melo *et al.* (2014) estimaram que fêmeas adultas de *A. guerreronis* percorrem 13,5 cm em 10 minutos. Evidentemente, a larva neonata de *A. bondari* percorre esta mesma distância em muito menos tempo (120 cm em 10 min., Fig. 5). Aspectos morfológicos também podem ser bastante contrastantes entre estes organismos, pois apesar das larvas de Lepidoptera aparentemente se arrastarem sobre o substrato, na verdade elas caminham sobre os três pares de pernas verdadeiras e 5 pares de falsas pernas (Stehr 1987), enquanto os Eriophyoidea possuem apenas dois pares de pernas anteriormente e corpo bastante alongado, arrastando o ventre do idiossoa sobre o substrato ao se locomover (Lindquist 1996).

Neste trabalho, alterações no caminhar de *A. bondari* também foram observadas após a exposição residual a acaricidas. Embora abamectina não tenha afetado a preferência de frutos, o efeito residual desse produto na superfície contaminada interferiu na velocidade de caminhar das larvas. Portanto, é provável que essa redução de caminhar também ocorra em situação de campo sobre os frutos contaminados com resíduos dos acaricidas. A redução na velocidade de caminhar é fator determinante quanto a exposição, prolongando o tempo de permanência da larva na área contaminada e a mantendo exposta a possíveis predadores por maior tempo até acessar o perianto. A alteração no comportamento após exposição a pesticidas ocorre devido ao modo de ação do produto ou como resultado da resposta inata do organismo ao pesticida (Gould 1984, Haynes 1988). A resposta locomotora está correlacionada a ação neurotóxica deste produto que está associada a ocorrência de movimentos incontrolados e imobilidade muscular (Kim *et al.* 2006, Simon 2014).

A irritabilidade também conhecida como evasão comportamental é um dos comportamentos mais simples a ser modificado sobre a presença de um tóxico, e tem por característica a capacidade de fuga do indivíduo presente em área contaminada, sem sofrer consequências letais (Nansen *et al.*

2016, Zalucki & Furlong 2017). Neste estudo, apenas abamectina provocou irritabilidade (Fig. 6), tendo reduzido o tempo de permanência da larva na área tratada. É possível que tal situação seja repetida em campo com a fuga das larvas da superfície contaminada (frutos pulverizados), em direção a novos frutos dentro do cacho ou até mesmo acessar a região do perianto caso o fruto contenha lesões de *A. guerreronis*. Essa região é segura e sem a presença de resíduos dos acaricidas devido a proteção das brácteas florais.

Estudos direcionados para *A. bondari* ainda são poucos e se resumem a aspectos taxonômicos, biológicos e ecológicos (Bento *et al.* 2006, Sarro *et al.* 2007, Santana *et al.*, 2009, 2010, 2011, Nascimento *et al.* 2016, Paz-Neto *et al.* 2019, Paz-Neto 2020). Neste estudo buscou elucidar a ação tóxica dos acaricidas utilizados no controle de *A. guerreronis* sobre as larvas de *A. bondari*. Foi constatado que o efeito tóxico de abamectina sobre as larvas de *A. bondari* é bastante tóxico, porém o mesmo resultado não foi observado para o efeito residual sobre os frutos pulverizados. Portanto, é provável que a exposição das larvas de *A. bondari* à abamectina no campo ocorra principalmente na forma residual, durante o processo de colonização, tendo, desta forma, pouco efeito sobre a mortalidade da população como um todo. São necessários estudos complementares para se constatar em campo os mesmos resultados verificados em laboratório, além de uma eventual redução populacional da traça com a redução da população do ácaro.

Agradecimentos

À Fundação e Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) IBPG-1529-5.01/18 pela concessão da bolsa de mestrado.

Literatura Citada

- Agrofit (Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários).** 2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 17/04/2020.
- Bento, J.M.S., D.E. Nava, M.C.M. Chagas & A.H. Costa.** 2006. Biology and mating behavior of the coconut moth *Atheloca subrufella* (Lep.: Phycitidae). Fla. Entomol. 89: 199-203.
- Bondar, G.** 1940. Insetos nocivos e molestias do coqueiro (*Cocos nucifera*) no Brasil. Salvador, Tipografia Naval, 160p.
- Casida J.E. & K.A. Durkin.** 2013. Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. Annu. Rev. Entomol. 58: 99-117.
- Catarino, R., G. Ceddia, F.J. Areal & J. Park.** 2015. The impact of secondary pests on *Bacillus thuringiensis* (Bt) crops. Plant biotechnol. J. 13: 601-612.
- 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.
- Crawley M.J.** 2013. The R Book. Chichester, John Wiley & Sons, 1076p.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech.** 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52: 81-106.
- Douglas AE.** 2015. Multiorganismal insects: diversity and function of resident microorganisms. Annu. Rev. Entomol. 60:17-34
- Fernando, L.C.P. & N.S. Aratchige.** 2010. Status of coconut mite *Aceria guerreronis* and biological control research in Sri Lanka, p. 419-423. In M.W. Sabelis & J. Bruin. Trends in Acarology: proceedings of the 12th international congress. Dordrecht, Springer, 566p.
- Ferreira, J.M.S., M.F. Lima, D.L.Q. Santana, J.I. Moura & L.A. Souza.** 1997. 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. 2ª ed. Aracaju, Embrapa-CPATC, 292p.
- Ferreira, J.M.S.** 2009. Pragas e métodos de controle ajustados à baixa capacidade de investimento 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, 232p
- Ferreira, J.M.S., R.P.C. Araújo & F.B. Sarro.** 2002. Insetos e ácaros, p. 10-40. In J.M.S. Ferreira (eds). Coco, Fitossanidade. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros (Frutas do Brasil, 28), 136p.
- Finney, D.J.** 1971. Probit analysis, third ed. London, Cambridge University Press, 315p.

- Gould, F. 1984.** Role of behavior in the evolution of insect adaptation to insecticides and resistant host plants. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 30: 34-40.
- Guedes, R.N.C., G. Smagghe, J.D. Stark & N. Desneux. 2016.** Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annu. Rev. Entomol.* 61: 43-62.
- Guedes, R. N. C., L.C. Magalhaes & L.V. Cosme. 2009.** Stimulatory sublethal response of a generalist predator to permethrin: hormesis, hormoligosis, or homeostatic regulation? *J. Econ. Entomol.* 102: 170-176.
- Gross K. & J.A. Rosenheim. 2011.** Quantifying secondary pest outbreaks in cotton and their monetary cost with causal-inference statistics. *Ecol. Appl.* 21: 2770-2780.
- 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.
- Haynes, K. 1988.** Sublethal effects of neurotoxic insecticides on insect behavior. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 149-168.
- Hernández, R.F. 1977.** Combate químico del eriofídeo del cocotero *Aceria guerreronis* (K) (Eriophyes) em la costa de Guerrero. *Agric. Tec. Mex.* 4: 23-38.
- Kim, D.S., D.J. Brooks & H. Riedl. 2006.** Lethal and sublethal effects of abamectin, spinosad, methoxyfenozide and acetamiprid on the predaceous plant bug *Deraeocoris brevis* in the laboratory. *BioControl.* 51: 465-484.
- LeOra-Software. 2005.** POLO-Plus, POLO for Windows computer program, version 2.0 LeOra-Software, Petaluma, CA.
- Lindquist, E.E. 1996.** External anatomy and notation of structures, p.3-31. In E.E. Lindquist, M.W. Sabelis, J. Bruinn (eds.). *World Crop Pests Eriophyoid Mites: their biology, natural enemies and control.* Amsterdam, Elsevier. 790p.
- Mariau, D. & J.F. Julia. 1970.** L'cariose a *Aceria guerreronis* (Keifer), ravageur du cocotier. *Oléagineux* 28: 459-464.
- Mariau, D. 1977.** *Aceria* (Eriophyes) *guerreronis*, an important pest of African and American coconut groves. *Oléagineux* 32: 109-111.
- 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.

- Melo, J.W.S., D.B. Lima, M.W. Sabelis, A. Pallini & M.G.C. Gondim Jr. 2014.** Limits to ambulatory displacement of coconut mites in absence and presence of food-related cues. *Exp. Appl. Acarol.* 62: 449-461.
- 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. & L. Alexander. 1987.** Aspects of migration and colonization of the coconut palm by the coconut mite, *Eriophyes guerreronis* (Keifer) (Acari: Eriophyidae). *Bull. Ent. Res.* 77: 641-650.
- 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.
- 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. *Ver. Bras. Frutic.* 24: 72-76.
- Nansen, C., O. Baissac, M. Nansen, K. Powis & G. Baker. 2016.** Behavioral Avoidance – Will Physiological Insecticide Resistance Level of Insect Strains Affect Their Oviposition and Movement Responses? *PLoS One.* 11: 0149994.
- Nascimento, E.S., B.G. Ambrogi, D.M. Pinto-Zevallos & L. Sousa-Souto. 2016.** Age-dependent pattern of calling behavior in *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). *J. Insect Behav.* 29: 190-198.
- 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: 174-361.
- Oliveira, J.E.M., J.W.S. Melo, C.A. Domingos & M.G.C. Gondim Jr. 2012.** Controle do acaro-da-necrose-do-coqueiro. Petrolina, Embrapa Semiarido, 4p. (Circular Técnica *On Line* 97).
- Paz-Neto, A.A., M.T.S. Freitas, M.G.C. Gondim Jr, J.W.S. Melo, R.B. Querino & V.Q. Balbino. 2019.** Which Species of Coconut Moth Occurs in Brazil: *Atheloca subrufella* vs. *Atheloca bondari* (Lepidoptera: Pyralidae)?. *Neotrop. Entomol.* 48: 1039-1045.
- Paz-Neto, A.A., J.W.S. Melo, D.B. Lima, M.G.C. Gondim Jr & A. Janssen. 2020.** Field distribution patterns of pests are asymmetrically affected by the presence of other herbivores. *Bull. Entomol. Res.* 110: 611-619.
- Paz-Neto, A.A. 2020.** Interação indireta: a herbivoria de ácaros aos frutos de coqueiro interfere na história de vida de *Atheloca bondari* (Lepidoptera: Pyralidae). Tese de Doutorado, UFRPE, Recife, 101p.

- Pushpa, V. & B.S. Nandihalli. 2010.** Evaluation of pesticides and biopesticides against the coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* Keifer under laboratory conditions. *J. Agric. Sci.* 23: 178–179.
- R Development Core Team. 2017.** R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rezende, D., J.W.S. Melo, J.E.M. Oliveira & M.G.C Gondim Jr. 2016.** Estimated drop 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.
- Santana, S.W.J., J.B. Torres, M.G.C. Gondim Jr & R. Barros. 2009.** Infestation of coconut fruits by *Aceria guerreronis* enhances the pest status of the coconut moth *Atheloca subrufella*. *Annu. Appl. Biol.* 155: 277-284.
- Santana, S.W.J., R. Barros, J.B. Torres & M.G.C. Gondim Jr. 2010.** Exigências térmicas da praga do coqueiro *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitidae). *Neotrop. Entomol.* 39: 181-186.
- Santana, S.W.J., R. Barros, J.B. Torres & M.G.C. Gondim Jr. 2011.** Técnica de Criação e Aspectos Biológicos de *Atheloca subrufella* (Hulst) (Lepidoptera: Phycitida) em Frutos de Coqueiro. *Neotrop. Entomol.* 40: 14-19.
- Sarro, F.B., J.M.S. Ferreira, W.B. Crocomo & A.M. Laninas. 2007.** Aspectos da biologia da traça das flores e frutos novos do coqueiro, *Atheloca subrufella* (Hulst, 1887) (Lepidoptera: Phycitidae). *Bol. San. Veg. Plagas.* 33: 351-355.
- SAS Institute. 2008.** SAS/STAT User's Guide. Cary, NC, USA: SAS Institute.
- Siegel, S. & N.J. Castellan Jr. 1988.** Nonparametric statistics for the behavioral sciences. 2.ed. New York, McGraw-Hill, 399p.
- 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.
- Simon, J.Y. 2014.** The toxicology and biochemistry of insecticides. Flórida, CRC press, 380p.
- Stehr, F.W. 1987.** Order Lepidoptera, p. 288-596. In F.W. Stehr (ed.), *Immature Insects*. Buduque, Iowa, Kendall/Hunt, 754p.
- 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, 292p.

- Sujatha, A., D.A. Kumar & B. Srinivasulu. 2003.** Efficacy of certain pesticides against coconut eriophyid mite, *Aceria guerreronis* (K.) through root feeding. J. Appl. Zool. Res. 14:51-53.
- 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.
- Zalucki, M.P. & M.J. Furlong. 2017.** Behavior as a mechanism of insecticide resistance: evaluation of the evidence. Curr. Opin. Insect Sci. 21: 19-25.

Tabela 1. Acaricidas e concentrações recomendadas pelos fabricantes para controle de *Aceria guerreronis* na cultura do coqueiro (Agrofit 2020).

Ingrediente ativo	Grupo Químico	Concentração mg i.a./L	Titular de Registro
Abamectina	Avermectina	13,5	Syngenta Proteção de cultivos LTDA.
Azadiractina	Tetranortriterpenóide	24	UPL do Brasil S.A.
Fenpiroximato	Pirazol	100	Arysta Lifescience do Brasil
Piridabem	Piridazinona	112,5	IHARASBRAS S.A

Tabela 2. Concentrações letais de acaricidas à *Atheloca bondari*.

Acaricidas	N ¹	Inclinação ± EP ²	CL ₅₀ (mg/L) (IC a 95%) ³	CL ₉₅ (mg/L) (IC a 95%)	RT ₅₀ (IC a 95%) ⁴	GL ⁵	χ ² ⁶	p
Abamectina	349	3,83 ± 0,37	1,35 (1,10 – 1,68)	3,64 (2,70 – 6,07)	-	4	5,31	0,26
Piridabem	285	2,13 ± 0,22	141,90 (95,83 -201,81)	839,30 (499,33 – 2217,67)	104,78 (82,61 – 132.90)	4	6,20	0,18

¹Número total de larvas tratadas;

²Inclinação da reta e o erro padrão;

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

⁴Razão de toxicidade;

⁵Graus de liberdade;

⁶Qui-quadrado

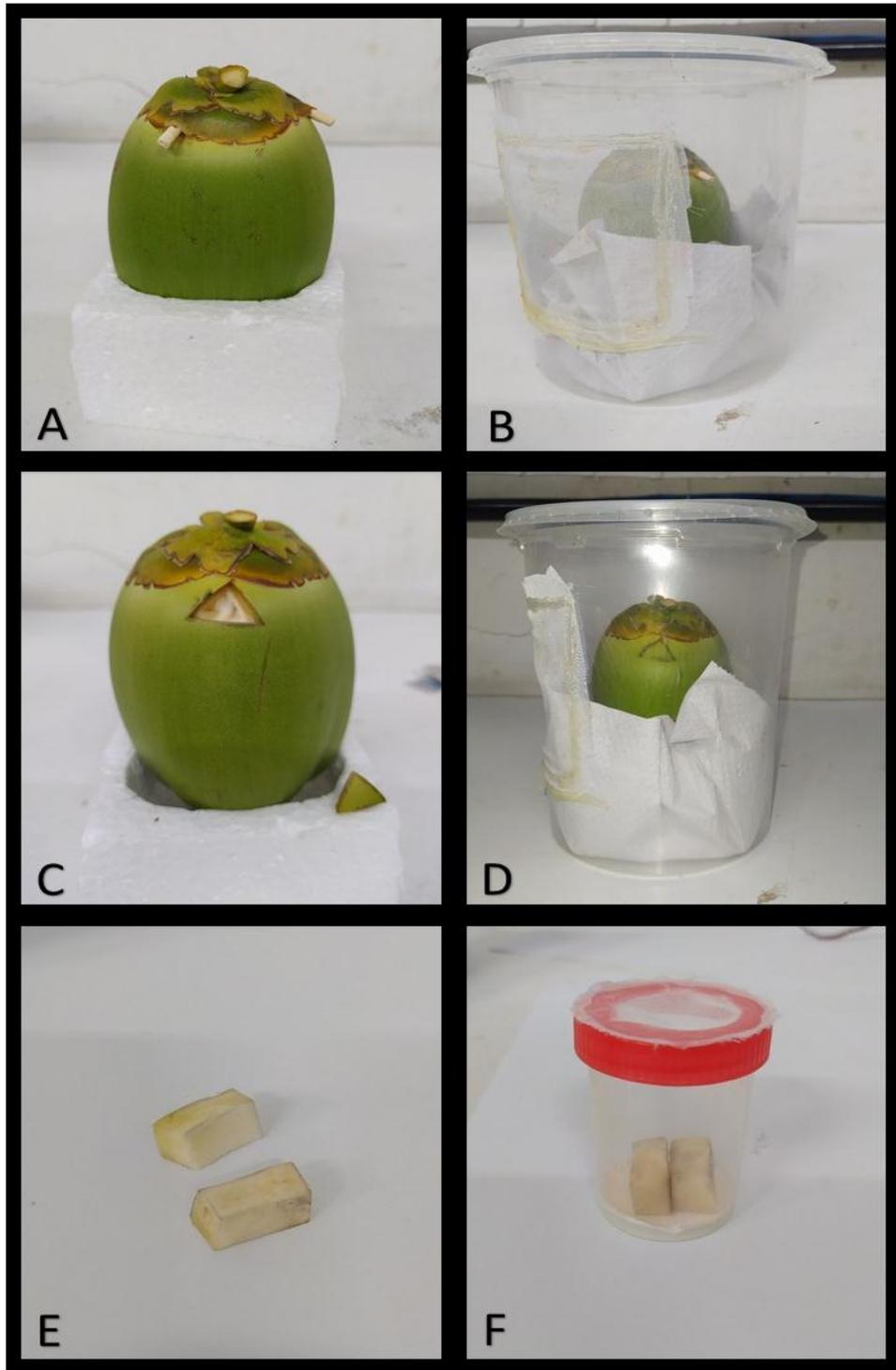


Figura 1. Diferentes métodos experimentais utilizados nos testes de toxicidade para larvas de *Atheloca bondari*. Método do palito (A-B), Método do triângulo (C-D), Método do fragmento do mesocarpo (E-F).

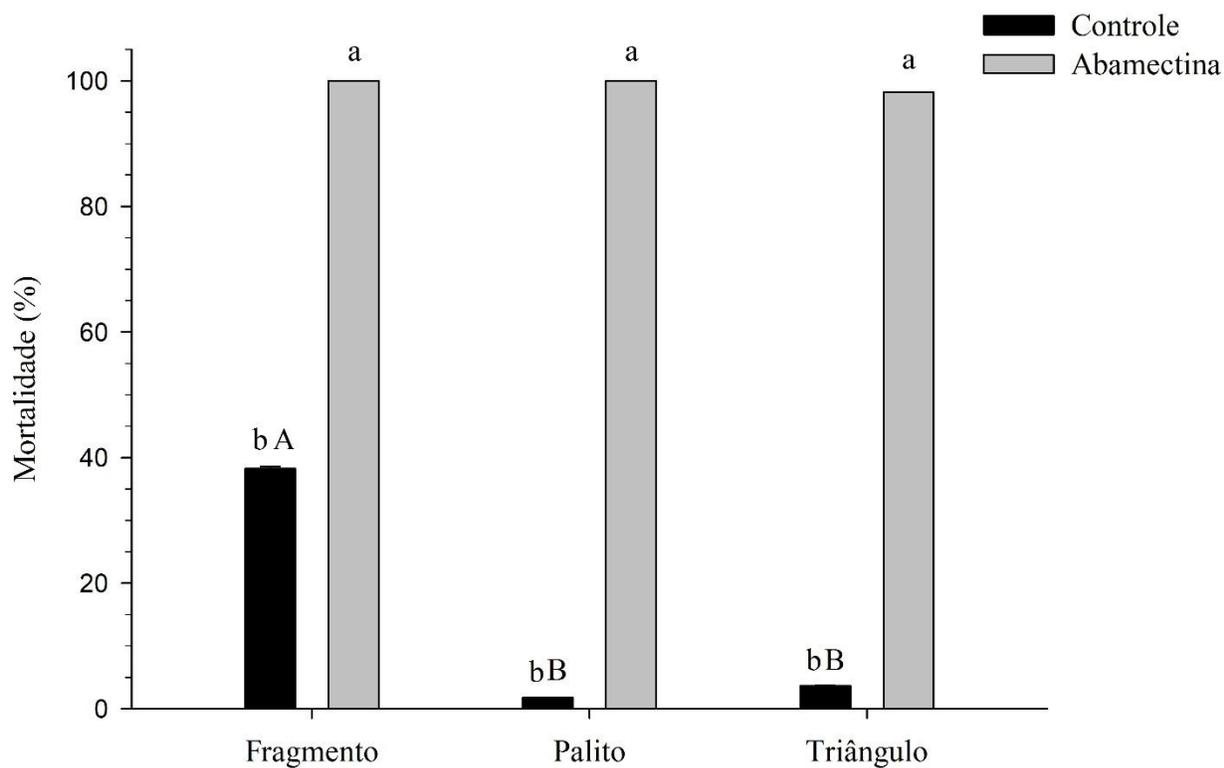


Figura 2. Porcentagem de mortalidade de larvas de *Atheloca bondari* em função de diferentes métodos experimentais. As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos (abamectina e controle), dentro de cada método. As letras maiúsculas indicam diferenças significativas entre os controles dos diferentes métodos (contrastes após GLM: $P < 0,05$).

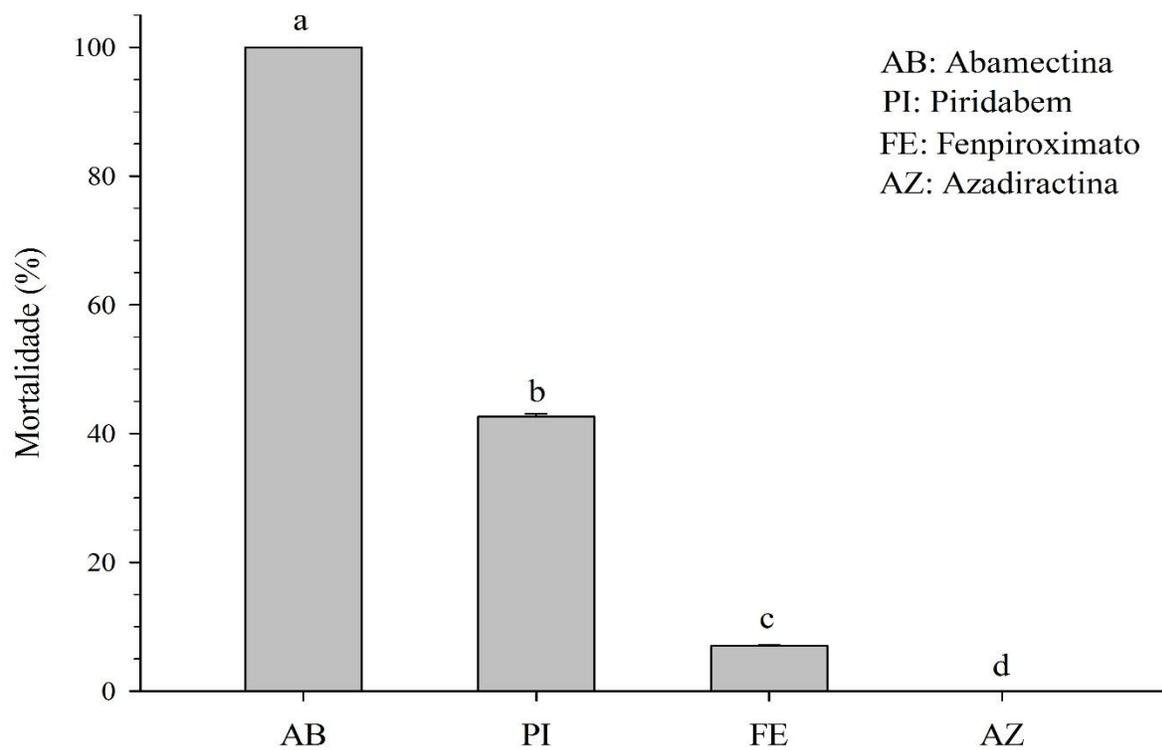


Figura 3. Porcentagem de mortalidade de acaricidas sobre larvas de *Atheloca bondari*. As letras minúsculas indicam diferenças significativas entre os tratamentos (contrastes após GLM: $P < 0,05$).

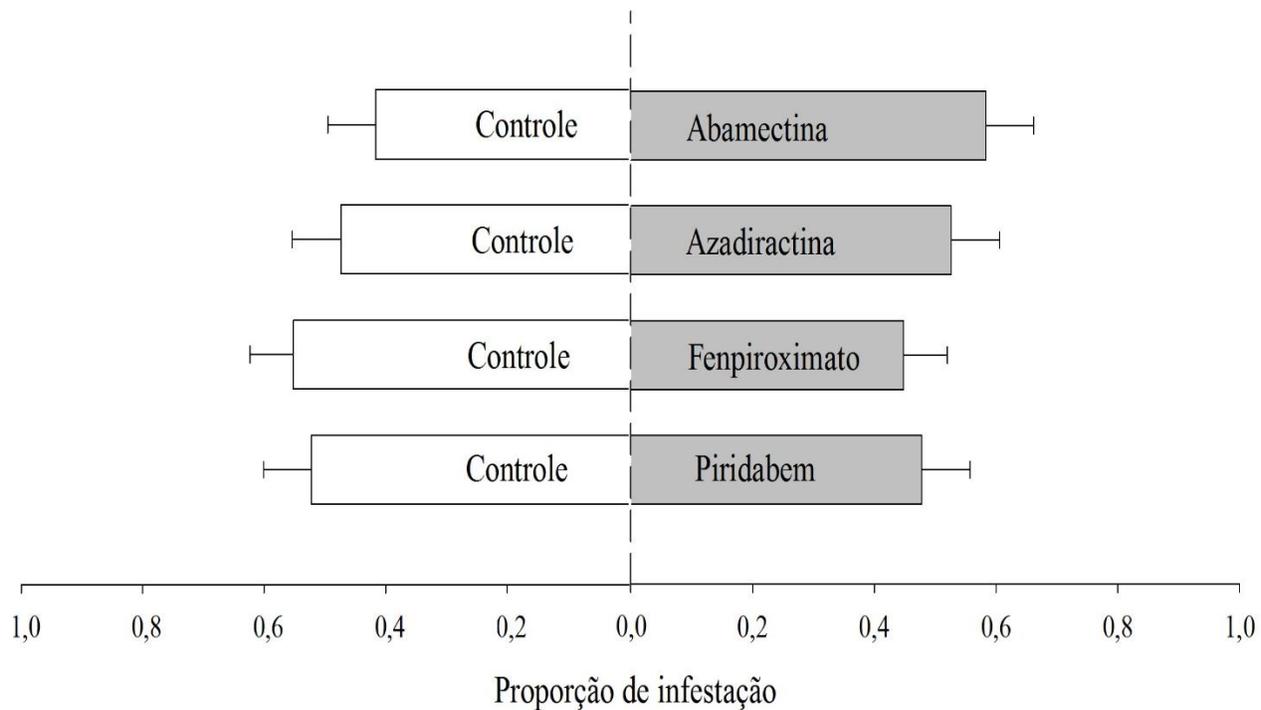


Figura 4. Proporção de frutos colonizados por larvas de *Atheloca bondari*. As barras da direita indicam os frutos pulverizados com os acaricidas, enquanto as barras da esquerda representam os frutos pulverizados com água destilada (contrastes após teste Binomial: $P = 0,5$).

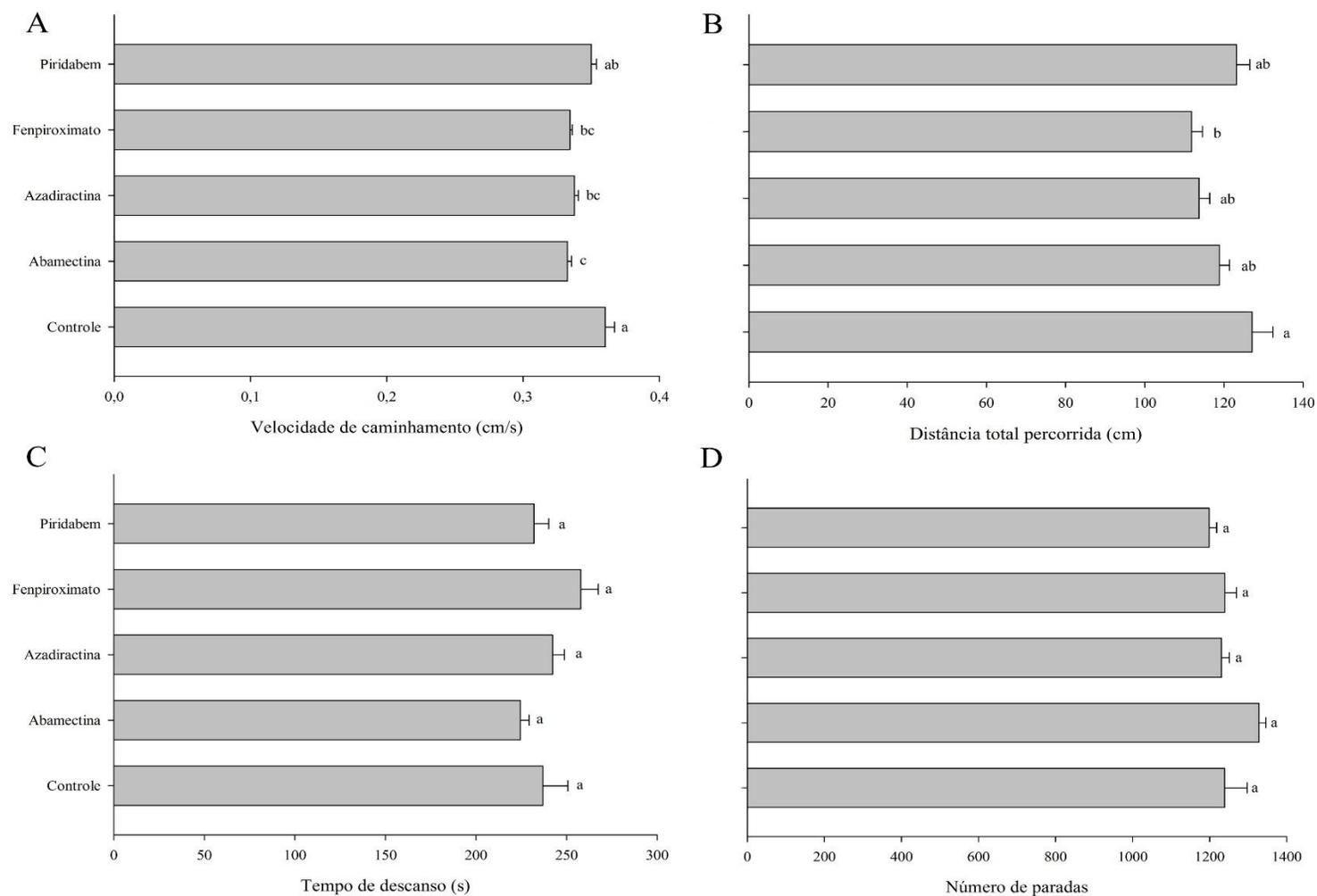


Figura 5. Velocidade de caminhada (A), Distância total percorrida (B), Tempo de descanso (C) e Número de paradas (D) de larvas de *Atheloca bondari* em bioensaio sem chance de escolha. As barras com letras minúsculas distintas representam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

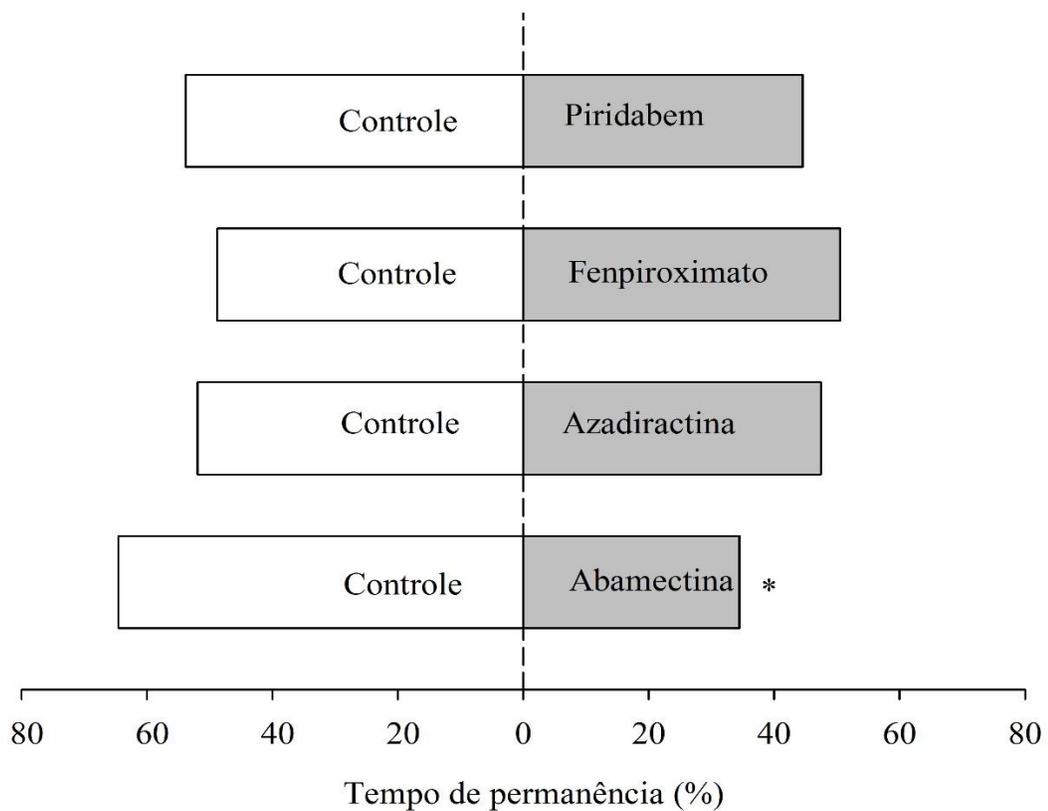


Figura 6. Porcentagem do tempo de permanência de larvas de *Atheloca bondari* em arena com chance de escolha (controle ou acaricida) durante 10 minutos. As barras com asteriscos indicam diferença significativa (irritabilidade) entre as áreas (controle e acaricida) de cada tratamento, pelo teste de Wilcoxon ($P < 0,05$).

CAPÍTULO 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho trouxe respostas toxicológicas básicas sobre os efeitos do uso de acaricidas utilizados no controle de *A. guerreronis* sobre *A. bondari*. O uso de abamectina para controle de *A. guerreronis* pode estar indiretamente controlando *A. bondari*, devido a sua alta toxicidade e o efeito residual do acaricida afetar o comportamento das larvas, contudo são necessários trabalhos de campo para confirmação.