



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA  
CURSO DE AGRONOMIA**

**MANOEL CARLOS DA ROCHA BISNETO**

**IMPACTO DE ACARICIDAS SOBRE A RESPOSTA FUNCIONAL E NUMÉRICA  
DO ÁCARO PREDADOR *Amblyseius largoensis* ALIMENTADO COM *Raoiella indica***

**FORTALEZA**

**2022**

MANOEL CARLOS DA ROCHA BISNETO

IMPACTO DE ACARICIDAS SOBRE A RESPOSTA FUNCIONAL E NUMÉRICA DO  
ÁCARO PREDADOR *Amblyseius largoensis* ALIMENTADO COM *Raoiella indica*

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Agronomia da  
Universidade Federal do Ceará, como um dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo  
Coorientadora: Dr<sup>a</sup>. Maria Edvânia Neves Barros

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- R574i Rocha Bisneto, Manoel Carlos da.  
Impacto de acaricidas sobre a resposta funcional e numérica do ácaro predador *Amblyseius largoensis* alimentado com *Raoiella indica* / Manoel Carlos da Rocha Bisneto. – 2022.  
36 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2022.  
Orientação: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo.  
Coorientação: Profa. Dra. Maria Edvânia Neves Barros.
1. *Amblyseius largoensis*. 2. Manejo Integrado de pragas. 3. Inimigos naturais. 4. Efeito subletal. 5. Pesticidas. I. Título.

CDD 630

---

MANOEL CARLOS DA ROCHA BISNETO

IMPACTO DE ACARICIDAS SOBRE A RESPOSTA FUNCIONAL E NUMÉRICA DO  
ÁCARO PREDADOR *Amblyseius largoensis* ALIMENTADO COM *Raoiella indica*

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Agronomia da  
Universidade Federal do Ceará, como um dos  
requisitos para obtenção do título de Engenheiro  
Agrônomo.

Aprovado em: 26/01/2022

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Maria Edvânia Neves Barros (Coorientadora)  
Universidade Federal do Ceará – (UFC)

---

*M. Sc.* Eduardo Pereira de Sousa Neto  
Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia - UFC (PPGAF-UFC)

---

*B. Sc.* Luana Lima Melo  
Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia - UFC (PPGAF-UFC)

Aos meus pais, Flavio e Sandra Monteiro, e a  
toda minha família pelo apoio.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, por toda dedicação e incentivo para que eu pudesse ter concluído o curso.

A toda minha família que de certa forma me apoiou sempre no andamento da faculdade.

Aos meus amigos que fiz no decorrer do curso, Valéria, Nicole, Letícia, Ingrid, Sávio, Nilo, Igor, Glauco, Helen, Carol, Eduardo, Rosenya, Jairo, Wesller, Edvania, Matheus, Bruno, Fernando, Renan, Victa, Bruna, Gabriela, Liah, pela amizade e companheirismo em todos os momentos dentro e fora da universidade que contribuíram imensamente para o êxito nas disciplinas.

Ao professor Dr. José Wagner pela confiança e oportunidade de fazer parte do seu laboratório e por me orientar.

A Dra. Edvania Neves por ser minha coorientadora.

Aos membros e amigos do laboratório de acarologia Dr. Eduardo, Dra. Rosenya, Dra. Edvania, Wesller, Luana, Felipe, Matheus.

A Deus pelo dom da vida, e por proporcionar esse momento em minha trajetória.

“A persistência é o menor caminho para o êxito”

## RESUMO

A supressão da população de uma praga qualquer por um predador depende de dois componentes básicos da interação presa-predador: a resposta funcional e a resposta numérica do predador. Tais respostas podem ser afetadas por diversos fatores, tais como a exposição a acaricidas. No presente estudo os efeitos dos acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato e clorfenapir sobre as respostas funcional e numérica do ácaro predador *Amblyseius largoensis*, um importante inimigo natural do ácaro-praga *Raoiella indica*, foram investigados. *Amblyseius largoensis* exibiu resposta funcional tipo II quando alimentado com ovos de *R. indica*, não sendo o tipo de resposta funcional alterado pela exposição aos acaricidas. Apesar de não alterar o tipo de resposta funcional, a exposição à abamectina resultou em um decréscimo no número médio de presas consumidas por predador. A exposição aos acaricidas elevou o tempo de manipulação de presas por *A. largoensis* em 67%, 25%, 38% e 35% para abamectina, azadiractina, fenpiroximato e clorfenapir respectivamente. A exposição à abamectina reduziu a taxa de ataque de *A. largoensis* em 52%. A resposta numérica de *A. largoensis* foi afetada apenas pela exposição à abamectina, onde apenas 60% das fêmeas realizaram oviposição e independentemente da densidade de presas ofertadas o número médio de ovos/fêmea/dia foi sempre inferior a 0,36. A eficiência de conversão do alimento em biomassa de ovos de *A. largoensis* reduziu com o aumento das densidades de presas, e essa tendência não foi alterada pela exposição aos acaricidas. Apesar de não alterar a tendência de eficiência de conversão do alimento em biomassa de ovos, a exposição à abamectina comprometeu drasticamente a oviposição de *A. largoensis* não sendo observado um acréscimo na produção de ovos com o aumento da densidade de presas.

**Palavras-chave:** *Amblyseius largoensis*. Pesticidas. Efeito subletal. Manejo integrado de pragas. Inimigos naturais.



## ABSTRACT

The suppression of the population of any pest by a predator depends on two basic components of the prey-predator interaction: the functional response and the numerical response of the predator. Such responses can be affected by several factors, such as exposure to acaricides. In the present study, the effects of the acaricides abamectin, azadirachtin, fenpyroximate and chlorfenapyr on the functional and numerical responses of the predatory mite *Amblyseius largoensis*, an important natural enemy of the pest mite *Raoiella indica*, were investigated. *Amblyseius largoensis* exhibited a type II functional response when fed with eggs of *R. indica*, the type of functional response not being altered by exposure to acaricides. Despite not changing the type of functional response, exposure to abamectin resulted in a decrease in the average number of prey consumed per predator. Exposure to acaricides increased prey handling time by *A. largoensis* by 67%, 25%, 38% and 35% for abamectin, azadirachtin, fenpyroximate and chlorfenapyr, respectively. Exposure to abamectin reduced the attack rate of *A. largoensis* by 52%. The numerical response of *A. largoensis* was affected only by exposure to abamectin, where only 60% of the females ovipositioned and regardless of the density of prey offered, the average number of eggs/female/day was always less than 0.36. The efficiency of feed to biomass conversion of *A. largoensis* eggs decreased with increasing prey densities, and this trend was not altered by exposure to acaricides. Despite not changing the trend of efficiency of conversion of food into egg biomass, exposure to abamectin drastically compromised the oviposition of *A. largoensis*, not being observed an increase in egg production with the increase in prey density.

Keywords: *Amblyseius largoensis*. Pesticides. Sublethal effect. Integrated pest management. Natural enemies.

## Lista de tabelas

**Tabela 1.** Equação de Holling e tipo de resposta funcional de *Amblyseius largoensis* alimentado com ovos de *R.indica* em cada tratamento.....21

**Tabela 2.** Parâmetros de análise de regressão para ECI de *Amblyseius largoensis* em diferentes densidades de ovos de *Raoiella indica* e acaricidas.....22

## Lista de figuras

**Figura 1.** Curvas de resposta funcional de *A. largoensis* predando em densidades crescentes de ovos de *R. indica* após exposição a acaricidas (A) e proporções de consumo de ovos pelo predador (B).....23

**Figura 2.** (A) Coeficiente de taxa de ataque  $a'$  (em unidades da proporção de presas capturadas pelo predador por unidade de tempo de busca) e (B) tempo de manuseio  $T_h$  (em unidades mostrando a proporção para o período de exposição de 24 h). Os valores seguidos por asteriscos (\*) são significativamente diferentes do controle com base no intervalo de confiança de 95%.....24

**Figura 3.** Número médio de ovos postos por fêmeas de *A. largoensis* expostas a acaricidas e providas com diferentes densidades de ovos de *R. indica*. Asteriscos indicam diferenças significativas.....25

**Figura 4.** Eficiência de conversão alimentar (E.C.I) para ovos de fêmeas de *A. largoensis* quando expostas a resíduos dos acaricidas abamectina, azadiractina, clorfenapir e fenpiroximato, ou água destilada (como controle).....26

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Controle Biológico</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2 Ácaros predadores como agentes de controle biológico</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3 Phytoseiidae</b> .....	<b>16</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
<b>3.1 Obtenção e criação do predador <i>Amblyseius largoensis</i></b> .....	<b>18</b>
<b>3.2 Acaricidas testados</b> .....	<b>18</b>
<b>3.3 Efeito dos acaricidas na resposta funcional e numérica de <i>A. largoensis</i></b> .....	<b>19</b>
<b>3.4 Análise estatística</b> .....	<b>19</b>
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>23</b>
<b>5 DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Acaricidas são amplamente utilizados para controle de ácaros-pragas desempenhando um papel importante no planejamento das estratégias de manejo integrado de pragas em muitos cultivos (CROFT 1990). Em cultivos onde acaricidas são empregados, predadores podem ser expostos aos acaricidas por meio do contato direto durante o processo de pulverização, por contato com superfícies contaminadas durante o forrageamento ou ainda através da alimentação com presas contaminadas (JEPSON 1989; AHMAD et al. 2003; HUA et al. 2004; TORRES e RUBERSON 2004). Após esta exposição podem ser observados efeitos letais ou subletais sobre os organismos (DESNEUX et al. 2007; GUEDES et al. 2016; GUEDES et al. 2017). Tais efeitos têm sido usados na avaliação da segurança de acaricidas para ácaros predadores (BOLLER et al. 2005), e incluem desde a mortalidade até impactos na longevidade, fecundidade, taxa de desenvolvimento, razão sexual e comportamento (POLETTI et al. 2007; NADIMI et al. 2009; TEODORO et al. 2009; HAMEDI et al. 2011; LIMA et al. 2013, 2015, 2016). No entanto, ainda não existe uma compreensão completa do impacto dos acaricidas sobre a capacidade dos ácaros predadores em suprimir as populações de pragas.

A supressão da população de uma praga qualquer por um predador depende de dois componentes básicos da interação presa-predador: a resposta funcional e a resposta numérica do predador (Holling 1959; 1965). A resposta funcional é definida como a relação entre o número de presas atacadas por um único predador durante um determinado intervalo de tempo e densidade da presa (Solomon 1949), enquanto que a resposta numérica representa a mudança na densidade do predador em função da mudança na densidade de presas (com o aumento na densidade de presas, os predadores têm mais alimento e descendentes e, portanto, também aumentam em número) (Solomon 1949, Hassel 1978). Holling (1959) propôs três tipos de respostas funcionais: tipo I resulta na morte de presas independente da densidade; tipo II, onde com o aumento da densidade de presas, uma porcentagem decrescente de presas é consumida (resposta densidade-dependente negativa); tipo III, onde, ao longo de uma faixa de densidades crescentes de presas, uma porcentagem crescente de presas é morta que então se estabiliza sob a influência do tempo de manipulação ou saciedade (resposta densidade-dependente positiva).

Dentre os tipos de respostas funcionais, a resposta funcional do tipo II é mais frequentemente relatada em predadores (Holling 1959; Murdoch 1973; Sabelis 1985a). Dentre os diversos fatores que podem afetar a resposta funcional de ácaros predadores, tem-se a

exposição a acaricidas (POLLETI et al. 2007; LIMA et al. 2015; TEODORO et al. 2020; SOUZA NETO et al. 2020). Tal exposição tem comumente alterado parâmetros importantes associados a resposta funcional tais como a taxa de ataque (determina a capacidade de captura de um predador dentro de uma determinada área) e o tempo de manipulação (tempo necessário para um predador identificar, atacar, subjugar e consumir uma presa específica) (POLLETI et al. 2007; LIMA et al. 2015; SOUZA NETO et al. 2020). Entretanto, alteração no tipo de resposta funcional de ácaros predadores mediante a exposição a acaricidas tem sido recentemente demonstrada (TEODORO et al. 2020). Apesar dos diversos estudos, os efeitos dos acaricidas sobre a resposta funcional de muitos ácaros predadores importantes ainda não foram investigados.

Tão importantes quantos estudos da resposta funcional são estudos da resposta numérica do predador (HOLLING 1959), entretanto estudos da resposta numérica são menos frequentes. De acordo com Hassell (1966), a resposta numérica de um predador é composta por dois componentes, resposta reprodutiva e resposta agregativa. A resposta reprodutiva de um predador está relacionada a alteração de sua densidade devido a oviposição e sobrevivência de seus descendentes em diferentes densidades de presas, enquanto que a resposta agregativa representa a alteração na distribuição do predador mediadas pelas alterações nas densidades de presas (Hassel 1966). A exposição a acaricidas pode afetar também a resposta numérica em ácaros estimulando (hormese) (CORDEIRO et al. 2013) ou limitando a produção de ovos (HAMEDÍ et al. 2011; PARK et al. 2011; LIMA et al. 2016; TEODORO et al. 2020; SOUZA NETO et al. 2020). A eficiência na conversão de biomassa de presas em progênie do predador por meio do aumento da oviposição em altas densidades de presas pode determinar o sucesso de um ácaro predador em um programa de controle biológico (FATHIPOUR et al. 2020).

O ácaro predador *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) tem sido apontado como uma espécie promissora para ser utilizada em um programa de controle biológico contra o ácaro *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (CARRILO et al. 2012, DOMINGOS et al. 2013, NAVIA et al. 2014, MENDES et al. 2018, LIMA et al. 2018), uma praga que chegou as Américas em, 2006 (Etiene e Fletchmann 2006). Nas Américas, *R. indica* tem se dispersado rapidamente, alcançando elevadas populações e expandido o número de espécies hospedeiras, incluindo espécies de importância econômica como o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (Cocco and Hoy, 2009; LIMA et al. 2011; CARRILLO et al. 2012a; GONDIM JR et al. 2012; MELO et al. 2018;). Dentre os inimigos naturais encontrados em associação

com *R. indica* o mais abundante e frequente é o ácaro predador *A. largoensis* (CARRILLO et al. 2012b, Vasqués and de Moraes 2012, GONDIM JR. et al. 2012, DOMINGOS et al. 2013). *Amblyseius largoensis* destaca-se ainda por ser capaz de se alimentar, se desenvolver e reproduzir alimentado-se exclusivamente sobre *R. indica* (GALLEGO et al., 2003; Ramos et al., 2010; Bowman 2010, TAYLOR et al. 2011, DOMINGOS et al., 2013), apresenta resposta funcional tipo II (CARRILLO et al. 2012; MENDES et al. 2018), e incremento na resposta reprodutiva em resposta ao aumento na densidade de *R. indica* (CARRILLO et al. 2012). Além disso, liberações de *A. largoensis* resultaram em reduções significativas (variando de 43 a 92% nas razões de 1:30 e 1:10 predador:presa, respectivamente) da população de *R. indica* em plantas de coco (CARRILLO et al. 2014). Até o presente não há informações dos possíveis impactos de acaricidas sobre as respostas funcional e numérica (componentes básicos para supressão da população de uma praga) de *A. largoensis*.

No presente estudo, foram analisados os efeitos de abamectina, azadiractina, fenpiroximato e clorfenapir, acaricidas com diferentes modos de ação e que são comumente utilizados na cultura do coqueiro, sobre as respostas funcional e numérica de *A. largoensis* alimentados com *R. indica*.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Controle Biológico**

O controle biológico é um processo natural que reduz o número de organismos-pragas por meio dos seus inimigos naturais, os quais são também denominados agentes de mortalidade biótica (PARRA et al., 2002). Do ponto de vista aplicado, o controle biológico compreende a utilização dos inimigos naturais para reduzir a população da praga abaixo do nível de dano econômico (DEBACH, 1964).

O controle biológico é uma alternativa promissora em programas de manejo integrado de pragas (MIP), principalmente em um momento que se discute muito a produção integrada rumo a uma agricultura produtiva e ambientalmente equilibrada (PARRA et al., 2002). Há três tipos de controle biológico: (1) Controle biológico natural, (2) Controle biológico clássico e (3) Controle biológico aplicado (BARBOSA et al., 2017).

Controle biológico natural consiste no “balanço da natureza”, ou seja, ocorre a regulação de forma natural entre pragas e inimigos naturais em ambientes não perturbados (BUENO et al., 2015). Também se define como preservação e/ou incremento das populações

de inimigos naturais já existem nos agroecossistemas (PICANÇO, 2010). O controle biológico clássico se embasa na importação e na colonização de agentes de controle biológico para o controle de pragas exóticas que entram no país, onde esses inimigos naturais são, preferencialmente provenientes da região de origem da praga (DA SILVA, 2015). O controle biológico aplicado consiste na aplicação de inimigos naturais produzidos em biofábricas de forma massal para serem liberados no agroecossistema de interesse, visando o rápido controle da população da praga-alvo (GALLO et al., 1988). Os inimigos naturais empregados nos programas de controle biológico de pragas, são provenientes de diversas classes de organismos vivos e incluem predadores, parasitoides e patógenos (DA SILVA, 2015). Os predadores são indivíduos de vida livre e usualmente maiores do que as presas, requerendo assim um grande número de presas para completar o seu ciclo de vida (BUENO, 2015). Nesse grupo destacam-se os ácaros predadores e os insetos da ordem Neuroptera e Coleóptera (GALLO et al., 1988). Os parasitoides são organismos que se desenvolvem no interior (endoparasitas) ou sobre (ectoparasitas) outro organismo, Hymenoptera e Díptera (KALYANASUNDARAM et al., 2016). Os entomopatógenos são fungos, bactérias e vírus capazes de causar uma reação infecciosa na praga-alvo (PICANÇO, 2010).

A utilização do controle biológico vem ganhando cada vez mais espaço devido à crescente exigência por parte dos consumidores em adquirir produtos saudáveis e livres de agrotóxicos, além disso, a preocupação com a preservação do meio ambiente, que está aumentando tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento, também tem contribuído para o crescimento dessa técnica de controle (BATISTA FILHO, 2006). A tendência é de que aumente a utilização do controle biológico visando atender às demandas com o uso de práticas agrícolas menos agressivas ao ambiente (SCOPEL & ROZA-GOMES, 2012). No Brasil podemos citar diversos casos que obtiveram sucesso de controle biológico, por exemplo, na cultura da cana-de-açúcar com a utilização da *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae) para controlar a broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae) (NAVA, 2009), e na cultura da macieira uso do ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) para o controle do ácaro-vermelho *Panonychus ulmi* (Koch) (BUENO, 2015).

## **2.2 Ácaros predadores como agentes de controle biológico**

Na natureza ocorrem diversos tipos de predadores pertencentes a várias famílias de insetos e ácaros (FATHIPOUR & MALEKNIA, 2016). Os ácaros predadores são importantes inimigos naturais, os quais apresentam capacidade para serem utilizados como alternativa de

controle em vários agroecossistemas (SATO, 2006).

A atuação de ácaros predadores como agentes de controle biológico já é explorada há muito tempo (MORAES, 2002). Tanto que, o ácaro foi o primeiro artrópode predador a ser transferido intercontinental para o controle de uma praga (MORAES, 2002). O ácaro mencionado trata-se do *Tyroglyphus phylloxerae* Riley, chamado posteriormente de *Rhizoglyphus echinopus* (Fumouze & Robin) (Acari: Acaridae), enviado dos Estados Unidos para Europa em 1973 para o controlar *Daktulosphaira vitifoliae* (Fitch) (Phylloxeridae: Hemíptero), séria praga da videira (DEBACH & ROSEN, 1991). No entanto, apenas na segunda metade no século XX foram iniciadas tentativas consistentes e bem documentadas de se utilizarem ácaros como inimigos naturais de pragas (MORAES & FLECHTMANN, 2008).

A importância dos ácaros predadores vem sendo estudada há décadas e hoje, várias espécies estão disponíveis comercialmente em todo o mundo para utilização no controle biológico de pragas (GERSON et al., 2003; CARRILLO et al., 2015). Estes vêm sendo utilizados como agentes de controle biológico de forma consolidada na agricultura brasileira e no mundo (BARBOSA et al., 2017).

Na agricultura os ácaros predadores são cada vez mais utilizados no biocontrole de ácaros, trips e nematoides (FATHIPOUR & MALEKNIA, 2016). As principais famílias de ácaros que contém espécies predadoras são Anystidae, Ascidae, Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Laelapidae, Macrochelidae, Phytoseiidae, Rhodacaridae e Stigmaeidae (MORAES, 2002; FATHIPOUR & MALEKNIA, 2016). Estes podem ocorrer associados tanto à parte subterrânea de plantas quanto na parte aérea, podem se alimentar de ácaros fitófagos, pequenos insetos, pólen e/ou exsudatos de plantas (BARBOSA et al., 2017). Nos programas bem-sucedidos de controle biológico utilizando ácaros predadores podemos citar com destaque no Brasil o controle do ácaro rajado, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) por ácaros da família Phytoseiidae.

### **2.3 Phytoseiidae**

Ácaros da família Phytoseiidae, ou fitoseídeos, são os principais inimigos naturais de ácaros fitófagos na maioria das espécies de plantas (MCMURTRY & CROFT, 1997). Este grupo tem sido largamente estudado com 2.798 espécies descritas, das quais, cerca de 230 já foram relatadas no Brasil (DEMITE et al., 2018). Algumas espécies são amplamente estudadas e utilizadas para o controle biológico de ácaros-praga (MORAES, 2004). É a família mais usada para este fim, com cerca de 16 espécies regularmente comercializadas ao redor do mundo (BARBOSA et al., 2017).



Os fitoseídeos destacam-se entre as famílias de ácaros predadores por serem os mais abundantes e diversos em plantas cultivadas e silvestres (MORAES, 2002). Ácaros fitoseídeos são importantes predadores de artrópodes fitófagos em cultivares e plantas não cultivadas (FATHIPOUR & MALEKNIA, 2016). Eles têm sido usados principalmente para controlar os ácaros-praga, mas alguns podem controlar tripses em estufas e campos (FATHIPOUR & MALEKNIA, 2016).

Os ácaros Phytoseiidae durante seu ciclo de vida passam pelos estágios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto (SATO, 2006). O período de desenvolvimento é curto, completando-se em cerca de uma semana em condições ambientais adequadas. O período de oviposição geralmente varia entre 20 e 30 dias, sendo que as fêmeas ovipositam, geralmente, um ou dois ovos por dia (MORAES & FLECHTMANN, 2008).

Taxonomicamente os fitoseídeos são caracterizados por apresentarem: estigma associado ao peritrema entre as coxas II e IV; quelíceras em forma de pinça; tarso do palpo com apotele dividido na região interno proximal; um único escudo dorsal, nos estágios de deutoninfa e adultos, com no máximo de 24 pares de setas; e espermateca visível (CHANT, 1965). Os fitoseídeos possuem movimentos rápidos, são fototrópicos negativos, buscam ativamente suas presas e normalmente apresentam coloração palha, e de acordo com alimentação podem apresentar coloração marrom ou avermelhada (MORAES, 2002).

A alimentação dos fitoseídeos é composta por uma variedade de alimentos e estes se desenvolvem nos mais diferentes hábitos alimentares (FATHIPOUR & MALEKNIA, 2016). De acordo com seu hábito alimentar os fitoseídeos podem ser classificados em quatro tipos: Tipo I – Predadores especialistas (subtipo Ia – especializados na alimentação sobre ácaros do gênero *Tetranychus* (Tetranychidae); subtipo b – especializados na alimentação sobre gêneros de Tetranychidae que produzem teias complexas (Cw-u); subtipo c – especializados na alimentação sobre a superfamília (Tydeoidea); Tipo II – predadores especializados em Tetranychidae (vários gêneros); Tipo III – predadores generalistas, alimentam-se de uma diversidade de presas tais como ácaros tarsonemídeos, ácaros tenuipalpídeos, cochonilhas, tripses e mosca-branca, (subtipo a – habitam folhas com tricomas; subtipo b – habitam folhas glabras; subtipo c – habitam espaços confinados em plantas dicotiledôneas; subtipo d - habitam espaços confinados em plantas monocotiledôneas; e - habitam o solo); Tipo IV – generalistas que preferem pólen como fonte alimentar (MCMUTRY et al., 2013).

O controle biológico utilizando fitoseídeos como agentes de controle é favorecido por estes possuírem como características baixo requerimento alimentar, rápido desenvolvimento,

alta habilidade de forrageamento, persistência em plantas com baixa infestação de presas e pela capacidade de sobrevivência em substratos alternativos (MORAES, 2002). Pesquisas são conduzidas mundialmente sobre a eficiência do uso de ácaros Phytoseiidae para controle de pragas (CAVALCANTE, 2014). Como exemplos de programas de controle biológico implementado com sucesso temos: o controle do ácaro-verde-da-mandioca (*Mononychellus tanajoa* (Bondar) na África através da introdução dos fitoseídeos *Amblydromalus manihoti* (Moraes), *Neoseiulus idaeus* (Denmark & Muma) e *Typhlodromalus aripo* (De Leon) coletados no Brasil (YANINEK & HANNA, 2003); o controle do ácaro-vermelho (*Panonychus ulmi*) por *Neoseiulus fallacis* (Garman) e *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) nos Estados Unidos por *Amblyseius andersoni* (Chant) e *Typhlodromus pyri* (Scheuten) na Europa (MORAES, 1991; MCMURTY, 1991); e no Brasil, o controle de *Tetranychus urticae* com *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (GERSON et al., 2003).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Obtenção e criação do predador *Amblyseius largoensis*

Folículos de coqueiro infestados por *R. indica* foram coletados no campus da Universidade Federal do Ceará (UFC) em Fortaleza, Ceará, Brasil. Cada folículo foi inspecionado em microscópio estereoscópico, coletando-se ácaros predadores adultos da espécie *A. largoensis* (~200 espécimes) para o estabelecimento de unidades de criação. As unidades de criação foram confeccionadas a partir de placas de PVC flexível (10 x 10 cm), as quais foram colocadas sobre um disco de espuma de polietileno (15 cm de diâmetro e 1 cm de espessura) no interior de bandejas plásticas (16 cm de diâmetro e 2,5 cm de profundidade). A margem do disco de PVC foi circundada com algodão hidrófilo umedecido em água destilada para evitar a fuga dos ácaros. Os predadores foram alimentados com pólen de mamona (*Ricinus communis* L.) e com ovos de *R. indica*. Os ovos de *R. indica* foram retirados (com o auxílio de um pincel de cerdas macias) de folículos de coqueiro coletados em campo. O alimento foi repostado diariamente. As unidades de criação foram mantidas a  $27.5 \pm 1.0$  °C,  $70 \pm 10\%$  UR e fotoperíodo de 12:12 LD.

#### 3.2 Acaricidas testados

Os seguintes acaricidas foram utilizados: abamectina (Abamex, 18 g a.i. l-1, concentrado emulsionável, Nufarm, Maracanaú, Ceará, Brasil); azadiractina (Azamax, 12 g a.i. l-1, concentrado emulsionável, UPL do Brasil Indústria e Comércio de Insumos

Agropecuários S.A., Ituverava, São Paulo, Brasil); fenpiroximato (Ortus 50 SC, 50 g a.i. l-1, concentrado em suspensão, Nichino do Brasil Agroquímicos Ltda., Barueri, São Paulo, Brasil) e clorfenapir (Pirate, 240 g a.i. l-1, suspensão concentrada, Basf S.A., Av. das Nações Unidas, São Paulo, Brasil).

No Brasil não há nenhum acaricida registrado para o controle de *R. indica* (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020). Dessa forma, para o presente estudo foram selecionados produtos comumente utilizados na cultura do coqueiro e registrados para uma outra espécie de ácaro-praga, o *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyoidea) (Lima et al. 2013a; Lima et al. 2013b; Lima et al. 2015a; Lima et al. 2015b; Lima et al. 2016).

### **3.3 Efeito dos acaricidas na resposta funcional e numérica de *A. largoensis***

Os experimentos foram conduzidos nas mesmas condições ambientais utilizadas para criação dos ácaros. Os acaricidas foram diluídos em 1 L de água destilada nas seguintes concentrações recomendadas pelo fabricante: 0.75 mL/1 L água (abamectin); 2,5 mL/1 L água (azadiractina); 2,0 mL/1 L água (fenpiroximato); 0,5 mL/1 L água (clorfenapir). Placas de PVC (3 x 3 cm) foram imersos por 5 segundos em água destilada (testemunha) ou em soluções dos acaricidas. Após a imersão, as placas foram postas para secar durante 30 min ( $27,5 \pm 0,5$  oC,  $70 \pm 10\%$  UR e fotoperíodo de 12:12 LD). Em seguida foram confeccionadas arenas de placas de Petri (1,5 cm de altura, Ø 9 cm) contendo espuma de polietileno (1 cm de espessura e Ø 9 cm), papel de filtro (Ø 9 cm) e placa de PVC anteriormente imersa em água ou solução de acaricida. Em cada unidade experimental, a borda da placa de PVC foi coberta com algodão hidrofílico umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros.

Posteriormente, fêmeas grávidas de *A. largoensis* foram retiradas da unidade de criação e mantidas em privação alimentar durante 4 horas em uma unidade de criação igual ao modelo usado na criação dos ácaros. Após o período de privação alimentar, as fêmeas foram transferidas para as unidades experimentais, colocando-se sempre 1 fêmea por unidade experimental e estas foram submetidas a tratamentos com densidades de 30, 60, 90, 120 e 150 ovos de *R. indica*. Vinte repetições foram utilizadas para cada tratamento, exceto para as duas últimas densidades, com 10 repetições, respectivamente.

As avaliações foram feitas a cada 24 h, durante 4 dias, com reposição de ovos ao final do dia, computando-se o consumo e a oviposição para verificação da resposta funcional e numérica.

### **3.4 Análise estatística**

A resposta funcional foi analisada em duas etapas distintas. Na primeira etapa o tipo de resposta funcional foi determinado através de análises de regressão da proporção de presas consumidas em relação à densidade inicial utilizando-se a equação de Holling. O sinal e significância do parâmetro linear da equação foi usado para distinguir dentre os tipos de resposta funcional. Se o coeficiente linear é não significativo indica uma resposta funcional do tipo I; se negativo e significativo indica resposta do tipo II e se positivo e significativo indica resposta do tipo III (Juliano, 1993). Na segunda etapa, os parâmetros de tempo de manipulação de presas ( $T_h$ ) e taxa de ataque ( $a'$ ) foram determinados. Uma vez que os experimentos foram conduzidos com reposição de presas, a equação de disco de Holling ( $N_e = aNT / (1 + aNT_h)$ ) foi usada para estimação dos parâmetros  $T_h$  e  $a'$ . Na equação,  $N$  indica o número inicial de presas e  $a$ ,  $h$  e  $T$  representam a taxa de ataque, tempo de manipulação de presas e tempo total de avaliação, respectivamente. Diferenças nesses parâmetros dentre os tratamentos foram verificadas através do intervalo de confiança (IC 95%). A resposta numérica (variação na taxa de oviposição dos predadores em função da densidade de presas) foi estimada por regressões polinomiais. A eficiência de conversão de alimento ingerido (ECI) em biomassa de ovos foi calculada através da equação:  $ECI = (N_o \times 100) / N_c$ , onde  $N_o$  é o número médio de ovos por fêmea em cada densidade e  $N_c$  é o número médio de presas consumidas por cada fêmea em cada densidade (Omkar & Pervez 2004). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial. Todas as análises foram realizadas no software SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA).

**Tabela 1.** Equação de Holling e tipo de resposta funcional de *Amblyseius largoensis* alimentado com ovos de *R. indica* em cada tratamento.

Tratamentos	Equação de disco de Holling	$\chi^2$	DF	P	Coeficiente de regressão logística			
					I <sup>1</sup> (P)	L <sup>2</sup> (P)	Q <sup>3</sup> (P)	Tipo <sup>4</sup>
Controle	$y = \frac{\exp [(0,000008x^2) - (0,036x) + 2,86]}{1 + \exp [(0,000008x^2) - (0,036x) + 2,86]}$	161.46	87	<.001	2.86 (<.001)	-0.036 (<.001)	0.00008 (<.001)	II
Abamectina	$y = \frac{\exp [(0,000006x^2) - (0,011x) + 0,18]}{1 + \exp [(0,000006x^2) - (0,011x) + 0,18]}$	14.67	87	0.02	0.18 (0.22)	-0.011 (0.001)	0.000006 (0.07)	II
Azadiractina	$y = \frac{\exp [(0,0001x^2) - (0,039x) + 2,76]}{1 + \exp [(0,0001x^2) - (0,039x) + 2,76]}$	231.83	87	<.001	2.76 (<.001)	-0.039 (<.001)	0.00010 (<.001)	II
Fenpiroximato	$y = \frac{\exp [(0,00014x^2) - (0,049x) + 3,22]}{1 + \exp [(0,00014x^2) - (0,049x) + 3,22]}$	176.64	87	<.001	3.22 (<.001)	-0.049 (<.001)	0.00014 (<.001)	II
Clorfenapir	$y = \frac{\exp [(0,00017x^2) - (0,056x) + 3,64]}{1 + \exp [(0,00017x^2) - (0,056x) + 3,64]}$	211.03	87	<.001	3.64 (<.001)	-0.056 (<.001)	0.00017 (<.001)	II

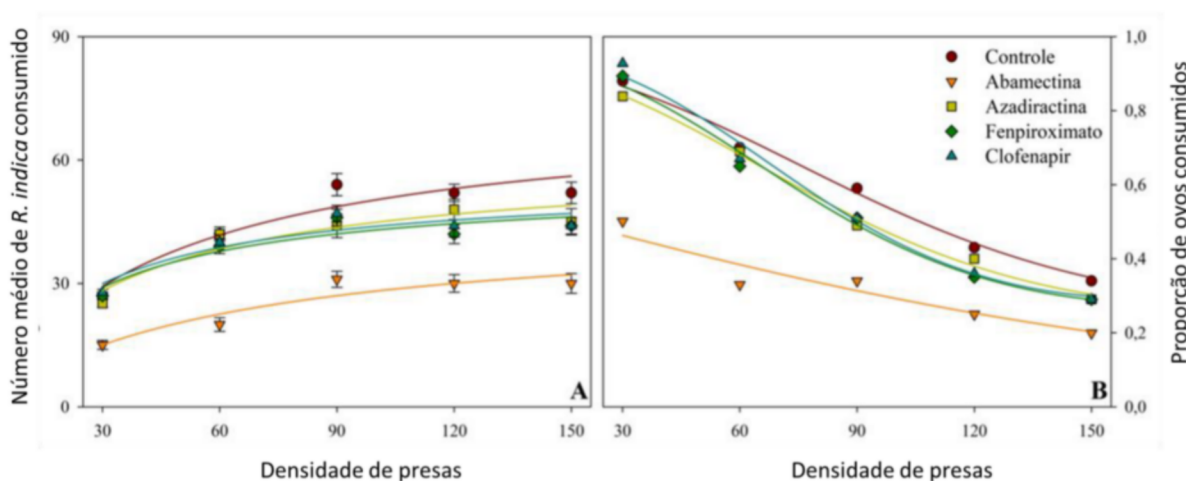
<sup>1</sup> Intercepto; <sup>2</sup> Linear; <sup>3</sup> Quadrático; <sup>4</sup> Tipo de resposta funcional.

**Tabela 2.** Parâmetros de análise de regressão para ECI de *Amblyseius largoensis* em diferentes densidades de ovos de *Raoiella indica* e acaricidas.

Tratamentos	Modelo	n	Coeficiente				F	P	
			(a)	(b)	(c)	(d)			
Controle			18,5	-0,213	0,00080	-243,9	0,44	349,59	<0,001
Abamectina			-1,73	0,035	-0,00017	76,0	0,21	7,89	<0,001
Azadiractina	$y = a + bx + cx^2 + \frac{d}{x}$	90	22,2	-0,259	0,00097	-331,5	0,35	15,82	<0,001
Fenpiroximato			-5,2	0,123	-0,00051	181,8	0,18	4,95	0,003
Clorfenapir			-9,3	0,164	-0,00064	297,8	0,40	19,49	<0,001

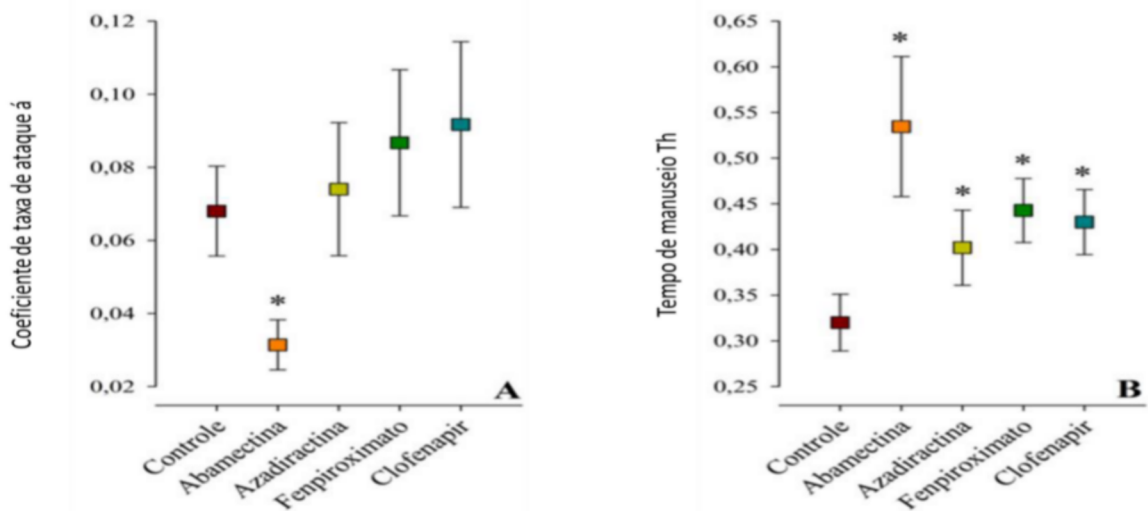
## 4 RESULTADOS

A exposição aos acaricidas não alterou o tipo de resposta funcional de *A. largoensis* alimentado com ovos de *R. indica*, exibindo resposta funcional tipo II (coeficiente linear negativo e significativo na equação de Holling, Tabela 1). Independente da exposição aos resíduos dos acaricidas, tendências semelhantes foram observadas tanto para o número de presas consumidas quanto para a proporção de presas consumidas (Figuras 1A e 1B). O número de presas consumidas aumentou com o aumento das densidades de presas estabilizando nas maiores densidades (90 a 150 presas), enquanto que a proporção de presas consumidas decresceu com o aumento das densidades de presas. Apesar das tendências semelhantes, o consumo de presas pelo predador quando exposto aos resíduos de abamectina mesmo nas maiores densidades de presas (densidades em que se observa o maior consumo) foi inferiores aqueles observados nas menores densidades (densidades em que se observa o menor consumo) para os demais tratamentos (Figura 1A). Quando exposto aos resíduos de abamectina a proporção de presas consumidas pelo predador foi sempre inferior a 0.5 (Figura 1B).



**Figura 1.** Curvas de resposta funcional de *A. largoensis* predando em densidades crescentes de ovos de *R. indica* após exposição a acaricidas (A) e proporções de consumo de ovos pelo predador (B).

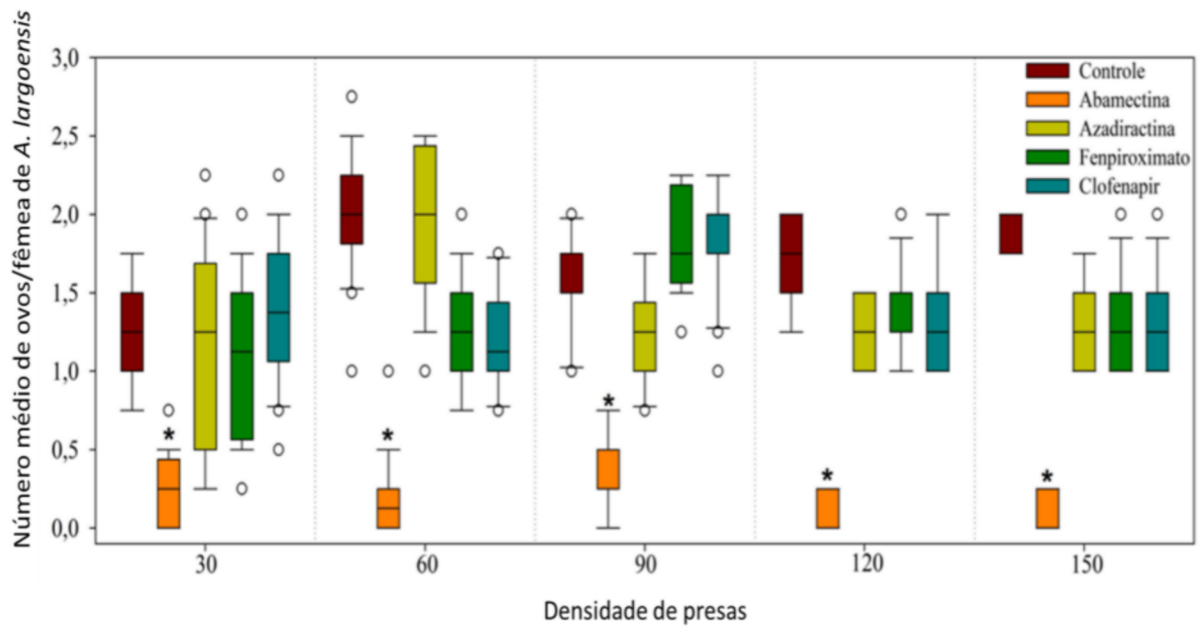
Abamectina foi o único acaricida capaz de alterar a taxa de ataque de *A. largoensis*, reduzindo-a em aproximadamente 52% em relação a predadores não expostos aos resíduos dos acaricidas (controle) (Fig. 2A). A exposição aos resíduos dos acaricidas alterou o tempo de manipulação de presas ( $T_h$ ) de *A. largoensis*, aumentando-o em aproximadamente 67%, 25%, 38% e 35% para os acaricidas abamectina, azadiractina, fenpiroximato e clorfenapir respectivamente (Fig. 2B).



**Figura 2.** (A) Coeficiente de taxa de ataque  $a'$  (em unidades da proporção de presas capturadas pelo predador por unidade de tempo de busca) e (B) tempo de manuseio  $T_h$  (em unidades mostrando a proporção para o período de exposição de 24 h). Os valores seguidos por asteriscos (\*) são significativamente diferentes do controle com base no intervalo de confiança de 95%.

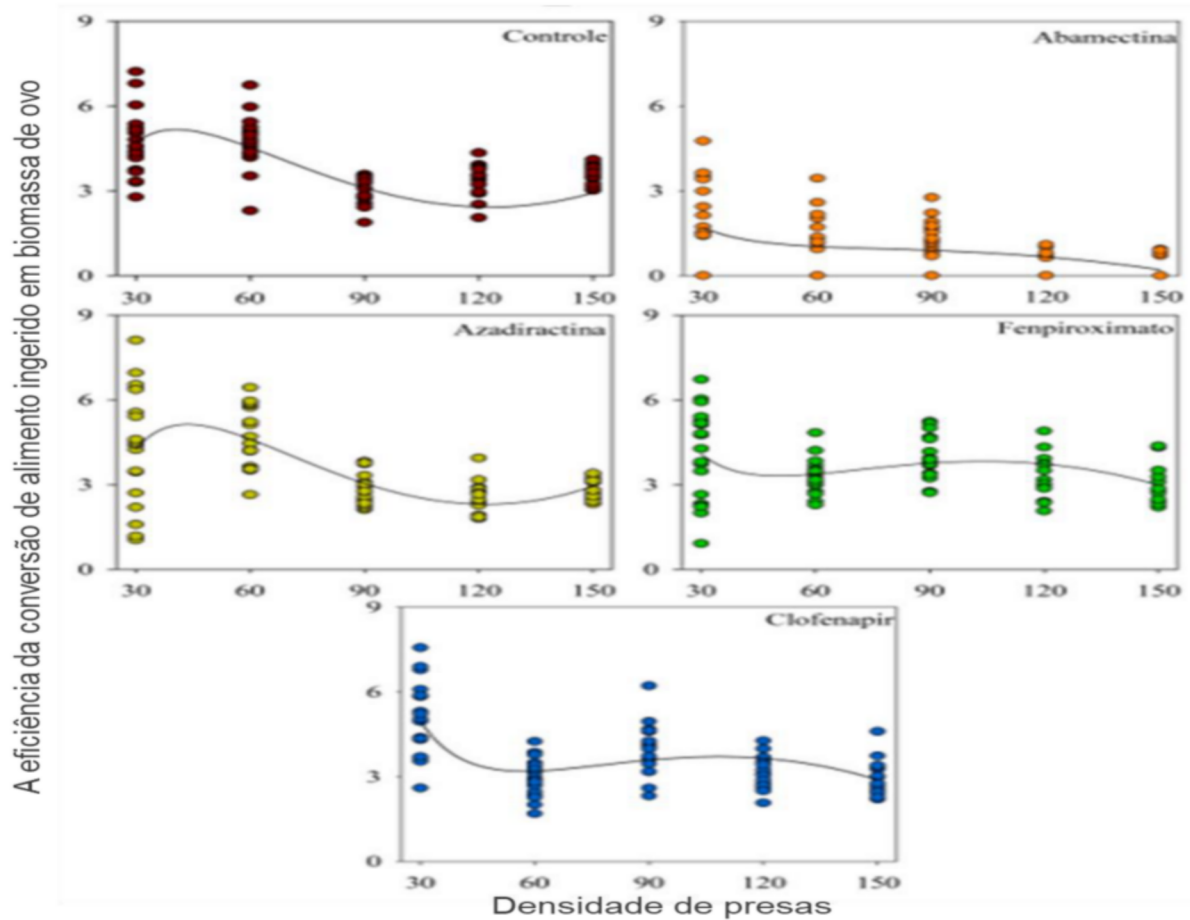
Mesmo as menores densidades de presas ofertadas foram suficientes para estimular a oviposição de *A. largoensis* (Fig. 3). No entanto, o número médio de ovos/fêmea/dia foi afetado pela exposição aos acaricidas ( $\chi^2 > 40,2$ ;  $gl=4$ ;  $P < 0,0001$ ). Todas as fêmeas de *A. largoensis* não expostas a resíduos dos acaricidas ou expostas aos resíduos dos acaricidas azadiractina, fenpiroximato e clofenapir realizaram oviposição e apresentaram tendências semelhantes. Para esses tratamentos foi observada uma tendência de aumento seguido de estabilização no número médio de ovos/fêmea/dia de *A. largoensis* com o aumento das densidades de presas. O número médio de ovos/fêmea/dia variou de 1,1 a 2,0. Apenas 60% das fêmeas de *A. largoensis* expostas a resíduos de abamectina realizaram oviposição, onde independentemente da densidade de presas ofertadas o número médio de ovos/fêmea/dia foi sempre inferior a 0,36.





**Figura 3.** Número médio de ovos postos por fêmeas de *A. largoensis* expostas a acaricidas e providas com diferentes densidades de ovos de *R. indica*. Asteriscos indicam diferenças significativas.

Tendências semelhantes na eficiência de conversão de alimento ingerido em biomassa de ovos (ECI) foram observadas em todos os tratamentos. Os dados se ajustaram um mesmo modelo de regressão:  $y=a+bx+cx^2$  (Fig. 4). A ECI diminuiu com o aumento das densidades de presas. Apesar das tendências semelhantes, a máxima ECI de *A. largoensis* quando exposto aos resíduos de abamectina (1,7 observada na menor densidade de presas) foi inferior a mínima ECI dos demais tratamentos (aprox. 2,9 nas maiores densidades de presas) (Figura 4).



**Figura 4.** Eficiência de conversão alimentar (E.C.I) para ovos de fêmeas de *A. largoensis* quando expostas a resíduos dos acaricidas abamectina, azadiractina, clorfenapir, fenpiroximato e água destilada (como controle).

## 5 DISCUSSÃO

O ácaro predador *A. largoensis* exibiu resposta funcional tipo II quando alimentado com ovos de *R. indica*. Esse tipo de resposta funcional foi previamente reportado para *A. largoensis* quando alimentado sobre a mesma presa aqui testada (ovos de *R. indica*) (CARRILLO et al. 2012; MENDES et al. 2018) e também sobre uma outra presa, ovos de *Aleurodicus cocois* (Curtis) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodidae) (de ALFAIA et al. 2018). A resposta funcional tipo II é caracterizada pela não estabilização da proporção/percentual do consumo de presas, decrescendo com o aumento da densidade de presas ofertadas (Holling 1959). Predadores que exibem resposta funcional tipo II podem ser utilizados em programa de controle biológico inundativo visando uma redução rápida da população da praga, mas não um controle permanente ao longo do tempo, tal como no controle biológico clássico (VAN LENTEREN 2012). O efeito do controle desejado pode ser obtido ajustando-se a quantidade de predadores a ser liberado, que deve ser suficiente para

reduzir a população da praga a níveis populacionais que não causem prejuízos econômicos (VAN LENTEREN et al. 2016).

A exposição aos resíduos dos acaricidas (abamectina, fenpiroximato, azadiractina e clorfenapir) não alterou o tipo de resposta funcional de *A. largoensis*. Resultados semelhantes têm sido obtidos para outras espécies de ácaros fitoseídeos tais como *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (POLETTI et al. 2007), *Neoseiulus baraki* (Athias-Henriot) (Lima et al. 2015), *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (MONJARÁS-BARRERA et al. 2019) e *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma (Phytoseiidae) (SOUSA NETO et al. 2020). Apesar de não alterar o tipo de resposta funcional, a exposição aos resíduos do acaricida abamectina resultou em um decréscimo no número médio de presas consumidas por predador. Tal redução pode ser explicada com uma consequência da alteração tanto da taxa de ataque (redução de aprox. 52%) quanto do tempo de manipulação de presas (elevação em aprox. 67%) do predador. Estas alterações sugerem não só uma redução no potencial de captura de presas pelo predador, mas também um maior gasto de tempo por presa manipulada, retardando o início da busca por uma nova presa. Alterações na taxa de ataque e no tempo de manipulação de presas têm sido constatadas em ácaros após a exposição a produtos neurotóxicos, como abamectina (LIMA et al. 2015; SOUSA NETO et al. 2020). A abamectina atua nos canais de cloro nas sinapses nervosas, podendo afetar negativamente a locomoção, alimentação e orientação por estímulos sensoriais (WOLSTENHOLME 2012).

A abamectina afetou também a resposta numérica de *A. largoensis*, onde apenas 60% das fêmeas expostas aos resíduos deste acaricida foram capazes de ovipositar e o número médio de ovos por fêmea foi inferior a 0,36 independentemente da quantidade de presas disponíveis. A produção de ovos por ácaros predadores exige muito de sua alimentação, não apenas pelo número de ovos produzidos, mas também pela quantidade de energia investida por ovo (SABELIS 1985c). Assim, o baixo consumo de presas por fêmeas de *A. largoensis* expostas aos resíduos de abamectina explica o comprometimento de sua oviposição. O comprometimento da fecundidade de fêmeas após a exposição a resíduos de abamectina têm sido constatado para outras espécies de fitoseídeos, tais como *Phytoseius plumifer* (CANESTRINI & FANZAGO) (HAMEDI et al. 2011) e *N. idaeus* (SOUSA NETO et al. 2020). Fêmeas de *A. largoensis* expostas aos resíduos de abamectina exibiram uma estrutura muito semelhante a um ovo na porção final do seu opistossoma (Figura 5), fato também observado em *N. idaeus* (SOUSA NETO et al. 2020). (SOUSA NETO et al. 2020) levantou duas hipóteses para explicar esta observação: (i) fêmeas expostas à abamectina retêm seus

ovos evitando a oviposição; e (ii) fêmeas expostas à abamectina têm sua mobilidade comprometida impedindo-as de expelir todos os ovos produzidos. Sem dúvidas este é um fato que merece maior atenção e estudos adicionais.

Apenas parte da energia derivada da biomassa da presa é convertida em ovos a outra parte é utilizada na manutenção das atividades vitais do organismo (custos metabólicos, respiração, etc) (BAUMGARTNER et al. 1987). No presente estudo foi demonstrado que a eficiência de conversão do alimento em biomassa de ovos (ECI) de *A. largoensis* reduz com o aumento das densidades de presas. Tais resultados sugerem que em baixas densidades de presas fêmeas de *A. largoensis* alocam a maior parte da energia obtida via alimentação para a produção de ovos, enquanto que em altas densidades de presas apesar do maior número de ovos o investimento de energia por ovos é menor. A exposição de fêmeas de *A. largoensis* aos resíduos dos acaricidas azadiractina, fenpiroximato e clorfenapir não afetou a eficiência de conversão do alimento em biomassa de ovos, sugerindo que o gasto energético para detoxificação é muito baixo ou inexistente. A exposição de fêmeas de *A. largoensis* à resíduos de abamectina não alterou a tendência de eficiência de conversão do alimento em biomassa de ovos porém comprometeu drasticamente a oviposição das fêmeas não sendo observado um acréscimo na produção de ovos com o aumento da densidade de presas. O comprometimento da oviposição de fêmeas de *A. largoensis* pode ser explicada pelas hipóteses levantadas por SOUSA NETO et al. (2020) e mencionadas anteriormente, mas também podem ser reflexo de um trade-off fisiológico entre fecundidade e longevidade (GUEDES et al. 2016, 2017). Ácaros podem usar recursos destinados à oviposição para prolongar sua longevidade (GOTOH et al. 2006). Diversos estudos mostraram que a fecundidade de algumas espécies de fitoseídeos diminuiu após a exposição a diferentes acaricidas, incluindo abamectina (HAMEDÍ et al. 2011, Sousa Neto et al. 2020).

## **6 CONCLUSÃO**

Estudos de respostas funcional e numérica auxiliam na compreensão da capacidade de um predador de reduzir as densidades de pragas. Uma vez que a resposta funcional (tipo de resposta e consumo médio de presas) e numérica (número médio de ovos/fêmea) de *A. largoensis* não foram afetadas pelos resíduos dos acaricidas azadiractina, fenpiroximato e clorfenapir, é possível propor que quando utilizados juntos (predadores e acaricidas) serão capazes de reduzir a população de pragas consideravelmente, e talvez o suficientemente. Os resíduos de abamectina reduziram consideravelmente tanto a predação quando a oviposição de *A. largoensis* sugerindo incompatibilidade entre eles. Embora os resultados do presente

estudo sugiram acaricidas que podem ser priorizados ou evitados visando à conservação do ácaro predador *A. largoensis* e sua consequente ação como agente de controle biológico, estudos adicionais são necessários para uma melhor compreensão dos possíveis impactos de tais produtos sobre a ação do predador. É sabido que alguns acaricidas podem provocar irritabilidade ou repelência aos predadores (LIMA et al. 2013), ou ainda podem apresentar efeitos sobre a próxima geração (HAMEDÍ et al. 2010; LIMA et al. 2016), esses são apenas alguns potenciais efeitos não conhecidos para o predador e acaricidas testados.

## REFERÊNCIAS

AHMAD M., Ossiewatsch H.R., Basedow T. (2003). Effects of neem treated aphids as food/hosts on their predators and parasitoids. *Journal of Applied Entomology* 127:458–464.

BAUMGARTNER J., Bieri M., Delucchi V. (1987). Growth and development of immature life stages of *Propylea 14-punctata* L. and *Coccinella 7-punctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) simulated by the metabolic pool model. *Entomophaga* 32, 415–423.

BOLLER E.F., Vogt H., Ternes P., Malavolta C. (2005). Working Document on Selectivity of Pesticides. [http://www.iobc-wprs.org/ip\\_ipm/IOBC\\_IP\\_Tool\\_Box.html#2](http://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/IOBC_IP_Tool_Box.html#2).

BOWMAN H.M. (2010). Molecular discrimination of phytoseiids associated with the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) from Mauritius and South Florida [MSc Thesis]. [Gainesville (FL)]: University of Florida, p. 136.

CARRILLO D., Amalin D., Hosein F., Roda A., Duncan R.E., Peña J.E. (2012a). Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Experimental and Applied Acarology*, 57(3-4), 271-289.

CARRILLO D., De Coss M.E., Hoy M.A., Peña J.E. (2012b). Variability in response of four populations of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and *Tetranychus gloveri* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Biological Control*, 60(1), 39-45.

CARRILLO D., Hoy M.A., Peña J.E. (2014). Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by predator exclusion and predator release techniques. *Florida Entomologist*. 97, 256–262.

Cocco A., Hoy M.A. (2009). Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. *Florida Entomologist*. 92:276–291.

CORDEIRO E.M.G., de Moura I.L.T., Fadini M.A.M., Guedes R.N.C. (2013). Beyond

selectivity: Are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the Southern red mite *Oligonychus ilicis*? *Chemosphere*. 93: 1111–1116. pmid:23830118.

CROFT B.A. (1990) *Arthropod biological control agents and pesticides*. Wiley, New York  
Alfaia J.P., Melo L.L., Monteiro N.V., Lima D.B., and Melo J.W.S. (2018). Functional response of the predaceous mites *Amblyseius largoensis* and *Euseius concordis* when feeding on eggs of the cashew tree giant whitefly *Aleurodicus cocois*. *Systematic and Applied Acarology*. 23: 1559–1566.

DESNEUX N., Decourtye A., Delpuech J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*. 52:81–106

DOMINGOS C.A., Oliveira L.O., Morais E.G.D., Navia D., Moraes G.J.D., Gondim, M.G. (2013). Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Experimental and Applied Acarology*. 60(1), 83-93.

ETIENNE J., Fletchmann C.H.W. (2006). First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari:Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. *International Journal of Acarology*. 32(3):331-332.

FATHIPOUR Y., BAHADOR M., ABDOOLNABI B., MAHMOUD S., GADI V.P. (2020). Reddy, Functional and numerical responses, mutual interference, and resource switching of *Amblyseius swirskii* on two-spotted spider mite, *Biological Control*, Volume 146, 104266, ISSN 1049-9644, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104266>.

GALLEGO C.E., ATERRADO E.D., BATOMALAQUE C.G. (2003). Biology of the false spider mite, *Rarosiella cocosae* Rimando, infesting coconut palms in Camiguin, northern Mindanao (Philippines). *Philippine Entomologist*. 17,187-202.

GONDIM JR. M.G.C., CASTRO T.M.M.G., MARSARO JR. A.L., NAVIA D., MELO J.W.S., DEMITE P.R., MORAES G.J. (2012). Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation?

Systematics and Biodiversity. 10, 527–535.

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

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

GUEDES R.N.C., Spencer S.W., James E.T. (2017). Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress, *Current Opinion in Insect Science*, Volume 21, Pages 47-53, ISSN 2214-5745, <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.04.010>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214574516301055>).

HAMEDI N., FATHIPOUR Y., SABER M. (2010). Sublethal effects of fenpyroximate on life table parameters of the predatory mite *Phytoseius plumifer*. *Biocontrol*. 55:271–278.

HAMEDI N., FATHIPOUR Y., SABER M. (2011). Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*. 53:29–40.

HASSELL M.P. (1978). *The dynamics of arthropod predator-prey systems*. Princeton, NJ, Princeton University Press, 248 pp.

HASSELL M.P. (1966). Evaluation of parasite or predator responses. *Journal of Animal Ecology*. 35, 65-75.

HOLLING C.S. (1959). Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Canadian Entomologist*. 91: 385–398. doi: 10.4039/Ent91385-7 11.

HOLLING C.S. (1965). The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 1965;



97: 5–60. doi: 10.4039/entm9745fv.

HUA R.M., Cao H.Q., Xu G.W., Tang F, Li X.D. (2004). The integrative toxicity effects of beta-cypermethrin on *Propylea japonica* larvae and *Aphis gossypii* adults. *Acta Phytophysiol Sin.*31:96–100

JEPSON P.C. (1989). The temporal and spatial dynamics pesticide side effects on non-target invertebrates. In: Jepson PC (ed) *Pesticides and non-target invertebrates*. Intercept, Wimborne, pp 95–128

JULIANO S.A. (1993). Nonlinear Curve Fitting: predation and functional response curves. In: Scheiner, S.M., Gurevitch, J. (eds.) *Design And Analysis of Ecological Experiments*. Chapman and Hall, New York, NY, pp. 159–182.

LIMA D.B., MELO J.W.S., GONDIM JR. M.G.C., GUEDES R.N., OLIVEIRA J.E. (2016). Population-level effects of abamectin, azadirachtin and fenpyroximate on the predatory mite *Neoseiulus baraki*. *Experimental and Applied Acarology*. 70, 165–177. <https://doi.org/10.1007/s10493-016-0074-x>

LIMA D.B., MELO J.W.S., GONDIM JR. M.G.C., GUEDES R.N., OLIVEIRA J.E., PALLINI A. (2015a). Acaricide-impaired functional predation response of the phytoseiid mite *Neoseiulus baraki* to the coconut mite *Aceria guerreronis*. *Ecotoxicology*. 24: 1124–1130.

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

LIMA M.R, RODRIGUEZ H., GONZALEZ A.I., GONZALEZ M. (2011). Management strategy of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Cuba. *Zoosymposia*. 6:152–159

LIMA, D.B., MELO, J.W.S., GONDIM JR, M.G.C., DE MORAES, G. J. (2012). Limitations of *Neoseiulus baraki* and *Proctolaelaps bickleyi* as control agents of *Aceria guerreronis*.

Experimental and Applied Acarology. 56, 233-246.

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

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

LIMA D. B., REZENDE-PUKER D., MENDONÇA R. S., TIXIER M. S., GONDIM JR. M.G.C., MELO J.W.S., OLIVEIRA D.C., DENISE N. (2018). Molecular and morphological characterization of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae): surprising similarity between an Asian and American populations. *Experimental and Applied Acarology*. 76, 287-310.

MELO J.W., NAVIA D., MENDES J.A., FILGUEIRAS R.M., TEODORO A.V., FERREIRA J.M., PAZ NETO A.A. (2018). The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *International journal of acarology*, 44(4-5), 146-149.

MENDES J.A., LIMA D.B., NETO E.P.D., GONDIM JR, M.G.C., MELO, J.W.S. (2018). Functional response of *Amblyseius largoensis* to *Raoiella indica* eggs is mediated by previous feeding experience. *Systematic & Applied Acarology*. 23, 1907–1915. <https://doi.org/10.11158/saa.23.10.3>

Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2020). Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons).

MONJARÁS-BARRERA J.I., CHACÓN-HERNÁNDEZ J.C., CERNA-CHÁVEZ E., OCHOA-FUENTES Y.M., AGUIRRE-URIBE L.A., LANDEROS-FLORES J. (2019). Sublethal effect of Abamectin in the functional response of the predator *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) on *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Phytoseiidae,

Tetranychidae). *Brazilian Journal of Biology*. 79: 273–277.

MURDOCH W.W. (1973). The functional response of predators. *Journal of Applied Ecology*. 10, 335–342.

NADIMI A., KAMALI K., ARABI M., ABDOLI F. (2009). Selectivity of three miticides to spider mite predator, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *Agri Sci China* 8:326–331

NAVIA D., DOMINGOS C.A., MENDONÇA R.S., FERRAGUT F., RODRIGUES M.A.N., DE MORAIS E.G.F., TIXIER M.S., GONDIM JR. M.G.C. (2014). Reproductive compatibility and genetic and morphometric variability among populations of the predatory mite, *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae), from Indian Ocean Islands and the Americas. *Biological Control*. 72, 17-29.

PARK J.J., KIM M., LEE J.H., SHIN K.I., LEE S.E., KIM J.G. AND CHO K. (2011). Sublethal effects of fenpyroximate and pyridaben on two predatory mite species, *Neoseiulus womersleyi* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari, Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*. 54: 243–259.

POLETTI M., MAIA A.H.N., OMOTO C. (2007). Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Biolog. Control*. 40, 30–36. <https://doi.org/doi:10.1016/j.biocontrol.2006.09.001>

RAMOS, M., GONZALES A. I., GONZALES M. (2010). Management strategy of *Raoiella indica* Hirst in Cuba, based on biology, host plants, seasonal occurrence and use of acaricide. In XIII international congress of acarology, Recife, Brazil, Abstract book (pp. 218-219).

SABELIS M.W. (1985a). Predator-prey interaction: predation on spider mites. In: Helle, W. & Sabelis M.W. (Eds.) *Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam, Elsevier, pp. 103–129.

SABELIS M.W. (1985c). Life History: Reproduction. In: Helle, W. & Sabelis, M.W. (Eds.)

Spider mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, pp. 73–82.

SOLOMON M.E. (1949). The natural control of animal populations. *The Journal of Animal Ecology*, 18(1), 1–35. <https://doi.org/10.2307/1578>

Sousa Neto E.P., Mendes J.A., Filgueiras R.M.C., Lima D.B., Guedes R.N.C., Melo J.W. S. (2020). Effects of Acaricides on the Functional and Numerical Responses of the Phytoseid Predator *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) to Spider Mite Eggs. *Journal of Economic Entomology*. 113 (4), 1804–1809

TAYLOR B., RAHMAN M., MURPHY S.T., SUDHEENDRAKUMAR V.V. (2011). Explorando a variedade de hospedeiros do ácaro-vermelho-das-palmeiras (*Raoiella indica*) em Kerala, Índia. *Zoosymposia*. 6, 86–92.

TEODORO A.V., FADINI M.A.M., LEMOS W.P., GUEDES R.N.C. (2009). Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatinoxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. *Experimental and Applied Acarology*. 36:61–70

TEODORO A.V., OLIVEIRA N.N.F.C., GALVÃO A.S., SENA FILHO J.G, PINTO-ZEVALLOS D.M. (2020). Interference of plant fixed oils on predation and reproduction of *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae), *Biological Control*, Volume 143, 104204, ISSN 1049-9644, <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104204>.

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

VAN LENTEREN J.C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: Plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *Biocontrol*. 57:71–84. doi: 10.1007/s10526-011-9395-1.

LENEREN V., JOOP C., HEMERIK L., LINS J.C. AND BUENO V.H.P. (2016).

"Functional Responses of Three Neotropical Mirid Predators to Eggs of *Tuta absoluta* on Tomato" *Insects* 7, no. 3: 34. <https://doi.org/10.3390/insects7030034>.

VÁSQUEZ C., DE MORAES G.J. (2012). Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela. *Experimental & Applied Acarology*. 60, 73–82. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9623-0>.

WOLSTENHOLME A.J. (2012). Glutamate-gated chloride channels. *Journal of Biological Chemistry*. 287: 40232–40238.

