

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

VANESSA DE ARAÚJO LIRA

CONTROLE BIOLÓGICO E BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE
***Varronia curassavica* Jacq. (BORAGINACEAE) A *Raoiella indica* Hirst (ACARI:**
TENUIPALPIDAE)

São Luís - MA

2018

VANESSA DE ARAÚJO LIRA

Engenheira Agrônoma

CONTROLE BIOLÓGICO E BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Varronia curassavica* Jacq. (BORAGINACEAE) A *Raoiella indica* Hirst (ACARI: TENUIPALPIDAE)

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Adenir Vieira Teodoro

São Luís - MA

2018

VANESSA DE ARAÚJO LIRA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Agroecologia.

Orientador: Prof^o. Dr^o. Adenir Vieira Teodoro

Aprovada em: 20/02/2018

Comissão Julgadora:

Dr^o. Adenir Vieira Teodoro – Embrapa Tabuleiros Costeiros

Dr^a. Andréia Serra Galvão – Instituto Federal do Maranhão/IFMA

Dr^a. Ester Azevedo do Amaral – Universidade Estadual do Maranhão

São Luís

2018

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida, pela força nos momentos de fraqueza e por todas as graças alcançadas em minha vida.

Ao Prof.º Dr.º Adenir Vieira Teodoro pela orientação e confiança.

À professora Andreia Serra Galvão por ter contribuído para a realização deste trabalho e pelas observações construtivas. Ao Dr. José Guedes pelas valiosas contribuições.

À professora Ester Azevedo pelo carinho, apoio, incentivo e disponibilidade em ajudar.

Ao Luis Viteri Jumbo, que participou desde o início desde trabalho. Obrigada pela ajuda com os experimentos e com as análises estatísticas. Obrigada pelo amigo generoso que você é e pela paciência. Das Colinas!!!

Ao Adriano Soares Rêgo pela prestatividade e boa vontade, muito obrigada.

Aos meus pais Givaldo de Pinho Lira e Maria da Conceição de Araújo Lira, por todo amor e sacrifícios dedicados a mim e à minha formação. Meu amor por vocês é incondicional.

À minha irmã Valéria Lira, obrigada pela amizade, carinho, companheirismo, paciência, pelo apoio e pelos sorrisos incontroláveis. Te Amo.

À toda minha família pelo carinho, incentivo e amor.

Á Gustavo Gurgel Moreira, meu amado noivo, meu melhor amigo e companheiro, por todo amor, carinho, atenção, paciência, ensinamentos e felicidade compartilhada. Te amo.

Aos meus amigos Thiago Oliveira, Tatiane Marques, Ester Barbosa, Larissa Rebeca, Bruna Rafaela, Isadora Vieira e Wenner Vinicius, pela amizade, carinho e apoio.

À Giselle de Freitas pela aventura compartilhada em Aracaju – SE, pela ajuda com os experimentos e pelo apoio. À Caroline Rabelo pelo suporte e disponibilidade em ajudar.

Aos queridos amigos da Embrapa / Aracaju, Clézia, Adriano, Danúbia, Amaury, Alex, Mariana, Shênia, Eliana e Flaviana, foi um prazer imenso ter conhecido e convivido com vocês. Obrigada por tudo. Estarão sempre em meu coração.

A todos os colegas do Mestrado e Doutorado, em especial Assistone Costa, Danilo Sodré, Girlayne Veloso, Wendell Dias, Tainã Pereira, Tácila Marinho, Raudielle Santos,

Givago Alves, Fracisneide Lourenço e Raysa Carvalho por todos os momentos que passamos juntos.

À Rayanne Cristine, pelo profissionalismo, prestatividade e boa vontade em ajudar.

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

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.
Muito obrigada.

Sumário

LISTA DE TABELAS	8
LISTA DE FIGURAS	9
RESUMO	11
ABSTRACT	12
CAPÍTULO 1	13
Introdução Geral	13
1 INTRODUÇÃO GERAL	14
1.1 <i>Raoiella indica</i>	14
1.2 Aspectos socioeconômicos do coqueiro	15
1.3 Controle biológico	16
1.4 Controle com fitoquímicos	17
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2	26
Potencial de <i>Amblyseius largoensis</i> (Muma) (Acari: Phytoseiidae) no controle biológico de <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari: Tenuipalpidae)	26
Resumo	27
Abstract	27
1 Introdução	28
2 Material e Métodos	30
2.1 Obtenção e criação do ácaro predador <i>Amblyseius largoensis</i>	30
2.2 Obtenção de <i>Raoiella indica</i>	31
2.3 Resposta funcional e numérica	31
2.4 Análises estatísticas	32
3 Resultados	34
4 Discussão	35
5 Conclusões	38
6 Agradecimentos	39
Referências	39
CAPÍTULO 3	52
Bioatividade do óleo essencial de <i>Varronia curassavica</i> Jacq. a <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari:Tenuipalpidae) e seletividade ao predador <i>Amblyseius largoensis</i> Muma (Acari: Phytoseiidae)	52

Resumo	53
Abstract.....	54
1 Introdução.....	55
2 Material e Métodos.....	57
2.1 Material vegetal, extração e análise química	57
2.2 Obtenção e criação de <i>A. largoensis</i> e <i>R. indica</i>	59
2.3 Toxicidade do óleo essencial de <i>V. curassavica</i> a <i>R. indica</i>	59
2.4 Repelência do óleo essencial de <i>V. curassavica</i> a <i>R. indica</i>	60
2.5 Efeito do óleo essencial na taxa instantânea de crescimento de <i>R. indica</i>	61
2.6 Efeito ovicida do óleo essencial a <i>R. indica</i>	62
2.7 Seletividade do óleo essencial de <i>V. curassavica</i> a <i>A. largoensis</i>	62
2.8 Efeito do óleo essencial na taxa instantânea de crescimento de <i>A. largoensis</i>	63
2.9 Análises estatísticas	63
3 Resultados	64
4 Discussão.....	65
5 Agradecimentos.....	68
Referências	68
CONCLUSÃO GERAL	81

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Parâmetros estimados da regressão logística da proporção de diferentes estádios de desenvolvimento de *Raoiella indica* consumidos por ninfas e fêmeas do ácaro predador *Amblyseius largoensis*..... 45

Tabela 2. Estimativas médias (\pm EP) e intervalo de confiança para os parâmetros taxa de ataque (a'), tempo de manipulação (Th) e pico de consumo ($\frac{1}{\tau n}$) de ninfas e fêmeas do ácaro predador *Amblyseius largoensis* alimentadas com diferentes estádios do desenvolvimento de *Raoiella indica* durante 24 horas..... 46

Capítulo 3

Tabela 1. Composição química do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica*..... 74

Tabela 2. Concentrações letais (CLs) (mg/mL) do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* a *R. indica* ($\chi^2 = 5,9663$, $P = 0,1133$) estimadas com base em bioensaios de concentração-mortalidade usando análises de Probit..... 75

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1. Número médio (\pm EP) de ovos, protoninfas e fêmeas de <i>Raoiella indica</i> consumidos por ninfas de <i>Amblyseius largoensis</i> em função da densidade de presas.....	47
Figura 2. Número médio (\pm EP) de ovos, protoninfas e fêmeas de <i>Raoiella indica</i> consumidos por fêmeas de <i>Amblyseius largoensis</i> em função da densidade de presas.....	48
Figura 3. Número médio (\pm EP) de ovos, protoninfas e fêmeas de <i>Raoiella indica</i> consumidos por fêmeas (A) e ninfas (B) de <i>Amblyseius largoensis</i> na densidade de 100 presas. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).....	49
Figura 4. Proporção de ovos, protoninfas e fêmeas de <i>Raoiella indica</i> consumidos (média \pm EP) por ninfas de <i>Amblyseius largoensis</i> em função da densidade de presas.....	50
Figura 5. Proporção de ovos, protoninfas e fêmeas de <i>Raoiella indica</i> consumidos (média \pm EP) por fêmeas de <i>Amblyseius largoensis</i> em função da densidade de presas.....	51
Figura 6. Número médio de ovos postos (média \pm EP) por fêmeas de <i>Amblyseius largoensis</i> em função da densidade de ovos, protoninfas e fêmeas de <i>R. indica</i>	52

Capítulo 3

Figura 1. Porcentagem de <i>Raoiella indica</i> em áreas pulverizadas (barras pretas) e não pulverizadas (barras cinzas) com a CL ₂₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de <i>Varronia curassavica</i> a <i>Raoiella indica</i> após 1,3, 6 e 24 horas.....	76
Figura 2. Porcentagem de <i>Raoiella indica</i> em áreas pulverizadas (barras pretas) e não pulverizadas (barras cinzas) com a CL ₅₀ do óleo essencial do acesso VCUR 404	77

de *Varronia curassavica* a *Raoiella indica* após 1,3, 6 e 24 horas.....

Figura 3. Porcentagem de *Raoiella indica* em áreas pulverizadas (barras pretas) e não pulverizadas (barras cinzas) com a CL₇₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* a *Raoiella indica* após 1,3, 6 e 24 horas..... 78

Figura 4. Taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Raoiella indica* exposto as CL₂₅, CL₅₀ e CL₇₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica*..... 79

Figura 5. Taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Amblyseius largoensis* exposto à CL₅₀ (1,90 mg/mL) do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica*..... 80

Figura 6. Efeito do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* na eclosão dos ovos de *Raoiella indica*..... 81

RESUMO

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), é uma das principais pragas da cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no mundo. O ácaro predador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em associação com *R. indica* em vários países, inclusive no Brasil, e pode auxiliar no controle dessa praga em campo. Os fitoquímicos podem ser usados para o manejo de pragas e são, geralmente, compatíveis com organismos benéficos e menos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente. *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) é uma espécie medicinal nativa do Brasil, cujo óleo essencial possui atividade bactericida, larvicida e fungicida. No entanto, não há estudos sobre a bioatividade do óleo essencial de *V. curassavica* a ácaros fitófagos e sua compatibilidade com ácaros predadores. O objetivo deste trabalho foi determinar a resposta funcional de *A. largoensis* sobre diferentes estádios de desenvolvimento do ácaro-vermelho-das-palmeiras e avaliar a bioatividade do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* a *R. indica* e sua seletividade a *A. largoensis*. Ninfas e fêmeas de *A. largoensis* apresentaram resposta funcional do tipo II ao consumirem ovos, protoninfas e fêmeas de *R. indica*, com exceção de ninfas do predador consumindo protoninfas da praga, que apresentaram resposta funcional do tipo III. As maiores taxas de oviposição de *A. largoensis* foram atingidas quando o predador se alimentou de ovos e protoninfas da praga. O óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* foi tóxico a *R. indica* ($CL_{50} = 1,9$ mg/mL e $CL_{99} = 9,1$ mg/mL) e atrativo ao mesmo por até 24 horas nas áreas tratadas com as CL_{50} e CL_{75} . As CL_{25} , CL_{50} e CL_{75} do óleo reduziram a taxa de crescimento de *R. indica*, indicando uma tendência à extinção da praga, enquanto a CL_{99} causou a inviabilidade de 80% dos seus ovos. No entanto, a CL_{50} do óleo essencial, estimada para *R. indica*, causou redução da taxa de crescimento de *A. largoensis* e a CL_{99} causou alta mortalidade (>90 %). Conclui-se que ninfas e fêmeas de *A. largoensis* podem contribuir para a redução de *R. indica*, principalmente em baixas densidades da praga. Adicionalmente, por ser tóxico e atrativo ao ácaro-vermelho-das-palmeiras, o óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* poderia ser usado como uma armadilha para atrair e matar a praga.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*, ácaro-vermelho-das-palmeiras, fitoquímicos, resposta funcional, *Amblyseius largoensis*.

ABSTRACT

The red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) is a major pest of coconut (*Cocos nucifera* L.) plantations worldwide. The predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) is found in association with *R. indica* in several countries, including Brazil, and can assist in the biological control of this pest in the field. Phytochemicals can be used for pest management and are generally compatible with beneficial organisms and less harmful to humans and the environment. *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae) is a medicinal species native to Brazil, whose essential oil possesses bactericidal, larvicidal and fungicidal activities. However, there are no studies on the bioactivity of *V. curassavica* essential oil against phytophagous mites and their compatibility with predatory mites. The objective of this work was to determine the functional response of *A. largoensis* preying upon different developmental stages of the red palm mite and to evaluate the bioactivity of the essential oil of *V. curassavica* VCUR 404 access to *R. indica* and its selectivity to *A. largoensis*. Nymphs and females of *A. largoensis* presented type II functional response when consuming eggs, protonymphs and females of *R. indica*, except for nymphs of the predator consuming protonymphs of the pest that presented a type III functional response. The highest oviposition rates of *A. largoensis* were reached when the predator fed upon eggs and protonymphs of the pest. The essential oil of *V. curassavica* VCUR 404 access was toxic to *R. indica* ($LC_{50} = 1.9$ mg / mL and $LC_{99} = 9.1$ mg / mL) and attractive for up to 24 hours in the areas treated with its LC_{50} and LC_{75} . The LC_{25} , LC_{50} and LC_{75} of the oil reduced the growth rate of *R. indica*, indicating a tendency to pest extinction while the LC_{99} caused inviability of 80% of its eggs. However, the LC_{50} of the essential oil, estimated for *R. indica*, caused a reduction in the growth rate of *A. largoensis* and the LC_{99} caused a high mortality (> 90%). We conclude that nymphs and females of *A. largoensis* can contribute to the reduction of *R. indica*, mainly in low densities of the pest. Additionally, because it is toxic and attractive to the red palm mite, the essential oil of *V. curassavica* VCUR 404 access could be used as a trap to attract and kill the pest.

Index terms: *Cocos nucifera*, red palm mite, phytochemicals, functional response, *Amblyseius largoensis*.

CAPÍTULO 1

Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 *Raoiella indica*

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae), é uma praga invasora nas Américas, relatada pela primeira vez em 2004 na ilha da Martinica, no Caribe (FLECHTMANN; ETIENNE, 2004). A presença deste ácaro foi relatada na Flórida (PEÑA et al., 2012), Venezuela (VÁSQUEZ et al., 2008), Brasil (NAVIA et al., 2011), México (NAPPO, 2009) e Colômbia (CARRILLO et al., 2011). No Brasil, *R. indica* foi registrado nos estados de Roraima, Amazonas, São Paulo e Paraná, (NAVIA et al., 2011; RODRIGUES; ANTONY, 2011; OLIVEIRA et al., 2016; HATA et al., 2017), bem como na maioria dos estados da região Nordeste e outras regiões do país (EMBRAPA, 2015; GÓMEZ-MOYA et al., 2017). *R. indica* era considerado praga quarentenária presente no país até dezembro de 2017, quando foi retirado da Lista de Pragas Quarentenárias Presentes por meio da revogação da IN 14/2010 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A população do ácaro-vermelho-das-palmeiras aumenta em períodos quentes do ano e diminui durante o período chuvoso, em função do aumento da precipitação e umidade relativa (GONDIM JR. et al., 2012; TAYLOR et al., 2012). Essas características climáticas fazem das principais regiões produtoras de coco no Brasil um ambiente ideal para o seu estabelecimento, reprodução e desenvolvimento (AMARO; MORAIS, 2013; NAVIA et al., 2016).

No Hemisfério Oriental, os hospedeiros de *R. indica* limitavam-se a plantas da família Arecaceae, principalmente o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) (SAYED, 1942; MOUTIA, 1958). No entanto, desde que entrou nas Américas, esse ácaro teve sua gama de hospedeiros expandida. Atualmente, 95 espécies são relatadas como hospedeiras de *R. indica*, dentre as quais estão coqueiro e bananeira (*Musa* sp.) e espécies das famílias Heliconiaceae, Musaceae e Zingiberaceae (ETIENNE; FLECHTMANN, 2006; CARRILLO et al. 2012a; VÁSQUEZ; MORAES, 2012).

O ácaro-vermelho-das-palmeiras é fitófago e se alimenta por meio da inserção de seu aparelho bucal nos estômatos das plantas hospedeiras (OCHOA et al., 2011), podendo interferir diretamente na fotossíntese e respiração das plantas atacadas (BEARD et al., 2012). As folhas atacadas exibem amarelecimento severo, necrose e ressecamento, podendo ocorrer sua morte (HOY; PEÑA; NGUYEN, 2006). Estes danos são observados principalmente nas folhas mais velhas (COCCO; HOY, 2009). Em algumas localidades, tem-se observado que infestações

severas podem reduzir a produção do coqueiro em mais de 50% (PEÑA et al., 2012; NAVIA et al., 2015). Nas ilhas do Caribe, foram registradas perdas de 70% de produtividade do coqueiro (RODA et al., 2008).

1.2 Aspectos socioeconômicos do coqueiro

O coqueiro, *Cocos nucifera* L., é originário do Sudoeste Asiático e largamente difundido nas regiões tropicais (SIQUEIRA et al., 2002). Sua exploração comercial abrange aproximadamente 90 países, onde encontra melhores condições de cultivo como solos arenosos, intensa radiação solar, umidade e precipitação adequadas (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011).

Essa palmeira é considerada uma das espécies perenes de maior relevância do mundo, por gerar emprego e renda em vários países (MIRISOLA FILHO, 2002). Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou industrializados na forma de mais de 100 produtos e subprodutos como fibras, materiais de construção, óleo e carvão (HOLANDA et al., 2008; GUNN et al., 2011).

A maior produção de coco é registrada no continente Asiático, com 84% da produção mundial, seguido pelo continente Americano, Oceania e África (FAO, 2014). O Brasil é o 4º maior produtor mundial com uma produção aproximada de 1,7 milhões de toneladas, em uma área colhida de 241 mil hectares (FAO, 2014; IBGE, 2017). A região Nordeste é responsável por mais de 70% da produção nacional de coco, com uma área colhida de aproximadamente 200 mil hectares, e os principais estados produtores são Bahia, Sergipe e Ceará, que juntos respondem por mais de 50% da produção nacional (IBGE, 2017).

Os avanços na tecnologia e nas técnicas de cultivo vêm possibilitando melhores condições de vida a pequenos produtores em diversas regiões do mundo (ARAGÃO et al., 2010). No Brasil, a comercialização do coco é realizada durante o ano todo, proporcionando ao produtor, um fluxo contínuo de receita ao longo do ciclo produtivo da cultura (HOLANDA et al., 2007).

A evolução brasileira na produção de frutos do coqueiro ocorre pela expansão das áreas de cultivo, mas principalmente pelo incremento tecnológico na condução e manejo dos coqueirais, como adubação, sistemas intensivos de cultivos, variedades melhoradas de coqueiros anão e híbrido, que conjuntamente propiciaram aumento da produtividade e avanço da cultura para novas fronteiras agrícolas (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2011).

1.3 Controle biológico

O controle de pragas por meio de agentes biológicos é uma opção desejável para reduzir aplicações de agrotóxicos e aumentar a proteção ambiental (AHMED; LEATHER, 2011). O controle biológico pode ser definido como a regulação da população de um organismo dentro de certos limites, superior e inferior, por um período de tempo, por qualquer combinação de fatores naturais (MORAES; FLECHTMANN, 2008).

Os ácaros da família Phytoseiidae são considerados os mais importantes predadores de ácaros fitófagos do ponto de vista do controle biológico (MORAES et al., 2004; McMURTRY et al., 2013). Os fitoseídeos apresentam características como rápido desenvolvimento, alta habilidade de forrageamento, persistência em plantas com baixa infestação de presas, capacidade de sobrevivência, pois muitos se alimentam também de pólen, fungos, substâncias açucaradas produzidas por insetos e exsudatos de plantas (MORAES; FLECHTMANN, 2008; FERLA et al., 2011; SAWAR et al., 2011).

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas para identificar a fauna de inimigos naturais associados à *R. indica* (CARRILLO et al., 2012b; HOY, 2012; TAYLOR et al., 2012; DOMINGOS et al., 2012). *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) foi encontrado em associação com *R. indica* em cultivos de coqueiro em Trinidad e Tobago (RODA et al. 2008), Colômbia (CARRILLO et al. 2011), Ilhas Maurício (BOWMAN; HOY 2012), Cuba (RODRÍGUEZ et al. 2010), Índia (TAYLOR et al. 2012) e Brasil (GONDIM JR. et al. 2012), e pode ser um potencial agente de controle biológico de *R. indica* (CARRILLO et al., 2010; CARRILLO; PEÑA 2012; CARRILLO et al., 2012c; DOMINGOS et al., 2012; CARRILLO et al., 2014).

Uma forma de avaliar o potencial dos agentes de controle biológico é através de sua resposta funcional e numérica (HOUCK; STRAUSS, 1985; MORELL et al., 2010; COSTA et al., 2017). A resposta funcional descreve a taxa de predação em função da densidade das presas, enquanto que a resposta numérica descreve mudanças na taxa reprodutiva do predador em resposta a mudanças na densidade das presas (SOLOMON, 1949; HOLLING, 1959; HOLLING, 1961). As curvas de resposta funcional podem representar uma relação linear crescente, caracterizando resposta do tipo I. Na resposta funcional do tipo II, há um aumento no número de presas consumidas em função de sua maior disponibilidade até uma determinada densidade, quando a intensidade de ataque diminui, tendendo a um nível de estabilidade, e

resposta funcional tipo III é aquela na qual a predação resulta em uma forma sigmoide com o aumento da densidade de presas até um máximo (HOLLING, 1959; HOLLING, 1961).

1.4 Controle com fitoquímicos

Os bioinseticidas vegetais são, geralmente, compatíveis com organismos benéficos e não-alvo, causam menos danos que os agrotóxicos por serem biodegradáveis e são menos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente (SARAF; DIXIT, 2002; MARCIC, 2012). Os fitoquímicos com propriedades acaricidas e ou repelentes podem ser usados em programas de manejo integrado de pragas, uma vez que possuem, geralmente, curto efeito residual podendo ser compatíveis com o controle biológico (CHIASSEON et al., 2004). No entanto, alguns fitoquímicos não são compatíveis com inimigos naturais, como por exemplo, os óleos essenciais de cominho, *Carum carvi* L. (Apiaceae), citronela, *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (Poaceae), eucalipto citriodora, *Corymbia citriodora* Hill & Johnson (*Eucalyptus citriodora* Hook) (Myrtaceae), hortelãzinho, *Mentha pulegium* L. (Lamiaceae), hortelã-pimenta, *Mentha piperita* L. (Lamiaceae), sálvia, *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) e hortelã-verde, *Mentha spicata* L. (Lamiaceae), que causaram mortalidade de 100% no ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) (CHOI et al., 2004).

Os óleos essenciais são substâncias produzidas por meio do metabolismo secundário das plantas (OLIVEIRA, 2012), e seus constituintes podem pertencer às mais diversas classes de compostos, como terpenos, compostos terpenoides oxigenados, compostos benzenoides e compostos contendo nitrogênio e/ou enxofre (CASTRO et al., 2004; DONELIAN, 2004). Os óleos essenciais são considerados como repelentes de artrópodes, inibidores de germinação e de crescimento de outras plantas, controladores da atividade microbológica de alguns fungos e bactérias e atrativos de polinizadores (BOLAND et al., 1991; OYEDEJI et al., 1999; SAITO; SCRAMIN, 2000).

Varronia curassavica Jacq. (Boraginaceae), conhecida popularmente como erva-baleeira, é uma espécie medicinal originária do Brasil (GASPARINO; BARROS, 2009), com ampla distribuição no território nacional (BAYEUX et al., 2002). Seu óleo essencial é constituído principalmente por mono e sesquiterpenos e os compostos mais detectados e relatados são α -pineno, (*E*)-cariofileno, biciclogermacreno e aloaromadendreno (IOSET et al.,

2000; CARVALHO JR. et al., 2004; SANTOS et al., 2006; FEIJÓ et al., 2014). Além das propriedades medicinais, o óleo essencial de *V. curassavica* possui atividade bactericida (MECCIA et al., 2009), larvicida (SANTOS et al., 2006) e fungicida (HOYOS et al., 2012; SILVA et al., 2014; NIZIO et al., 2015). No entanto, não existem estudos sobre sua bioatividade a ácaros fitófagos e sua compatibilidade com ácaros predadores.

Uma forma de avaliar a toxicidade de substâncias sintéticas ou de origem vegetal a artrópodes é através de medidas letais e subletais como repelência, efeitos na taxa de crescimento e efeito ovicida (DESNEUX et al., 2007). A concentração letal (CL₅₀) é definida como a concentração que mata 50% da população do organismo em estudo (DESNEUX et al., 2007). A concentração letal é avaliada após a exposição de indivíduos ao produto em estudo por curto período de tempo, geralmente de algumas horas a poucos dias (STARK; BANKS, 2003).

Nesse contexto, é importante a avaliação do potencial dos agentes de controle de *R. indica*, assim como da toxicidade de derivados de plantas tanto à praga, quanto aos seus inimigos naturais. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a resposta funcional de *A. largoensis* sobre diferentes estádios de desenvolvimento de *R. indica* e avaliar a bioatividade do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* a essa praga e ao seu predador.

REFERÊNCIAS

- AHMED, S. I.; LEATHER, S. R. Suitability and potential of entomopathogenic microorganisms for forest pest management some points for consideration **International Journal of Pest Management**, v.40, p.287-292. 2011.
- AMARO, G.; MORAIS, E. G. Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p. 342-355. 2013.
- ARAGÃO, W. M.; RIBEIRO, F. E.; MELO, M. F. V. Cultivares de coqueiro para produção de coco seco: coqueiro gigante vs híbridos, 2010. In: MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. de. (Eds) **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. Disponível em:<http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf> Acesso em: 09 fev. 2018.
- BAYEUX, M. C.; FERNANDES, A. T.; FOGGIO, M. A.; CARVALHO, J. E. Evaluation of the antiedematogenic activity of artemetin isolated from *Cordia curassavica* D.C. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 35, p. 1229-1232. 2002.
- BEARD, J. J.; OCHOA, R.; BUCHAN, G. R.; WELBOURN, W. C.; POOLEY, C.; DOWLING, A.P.G. External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoidae): *Raoiella* a case study. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 227-255. 2012.
- BOLAND, D. J.; BROPHY, J. J.; HOUSE, A. P. N. **Eucalyptus leaf oils: use, chemistry, distillation and marketing**. Melbourne: INKATA/ACIAR/CSIRO, 247p. 1991.
- BOWMAN, H. M.; HOY, M. A. Molecular discrimination of phytoseiids associated with the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) from Mauritius and South Florida. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 395-407. 2012.
- CARRILLO, D.; PEÑA, J. E. Prey-stage preferences and functional numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 361-372. 2012.
- CARRILLO, D.; PEÑA, J. E.; HOY, M. A.; FRANK, J. H. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. **Experimental and Applied Acarology**, v. 52, p. 119-129. 2010.
- CARRILLO, D.; NAVIA, D.; FERRAGUT, F.; PEÑA, J. E. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. **Florida Entomologist**, v. 94, p. 370-371. 2011.
- CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN, R. E.; PEÑA, J. E. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 271-289. 2012a.
- CARRILLO, D.; FRANK, J. H.; RODRIGUES, J. C. V.; PEÑA, J. E. A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 347-360. 2012b.

- CARRILLO, D.; COSS, M. E.; HOY, M. A.; PEÑA, J. E. 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**, v. 60, p. 39-45. 2012c.
- CARRILLO, D.; HOY, M. A.; PEÑA, J. E. Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by predator exclusion and predator release techniques. **Florida Entomologist**, v. 97, p. 256-261. 2014.
- CASTRO, H. G.; OLIVEIRA, L. O.; BARBOSA, L. C. A.; FERREIRA, F. A.; DA SILVA, D. J. H.; MOSQUIM, P. R.; NASCIMENTO, E. A. Teor e composição do óleo essencial de cinco acessos de mentrasto. **Química Nova**, v. 27, p. 55-57. 2004.
- CARVALHO JR, P. M.; RODRIGUES, R. F. O.; SAWAYA, A. C. H. F.; MARQUES, M. O. M.; SHIMIZU, M. T. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* DC. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 95, p. 297-301. 2004.
- CHOI, W-I.; LEE, S-G.; PARK, H-M.; AHN, Y-J. Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, p. 553-558. 2004.
- COCCO, A.; HOY, M. A. Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. **Florida Entomologist**, v. 92, p. 276-291. 2009.
- COSTA, J. F.; MATOS, C. H. C.; OLIVEIRA, C. R. F.; SILVA, T. G. F.; LIMA NETO, I. F. A. Functional and numerical responses of *Stethorus tridens* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae) on physic nut (*Jatropha curcas*). **Biological Control**, v. 111, p. 1-5. 2017.
- CHIASSON, H.; BOSTANIAN, N. J.; VINCENT, C. Acaricidal properties of a *Chenopodium* based botanical. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, p. 1373-1377. 2004.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106. 2007.
- DOMINGOS, C. A.; OLIVEIRA, L. O.; MORAIS, E. G. F.; NAVIA, D.; MORAES, G. J.; GONDIM JR, M. G. C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p. 83-93. 2012.
- DONELIAN, A. **Extração de óleo essencial de patchouli *Pogostemon cablin* (blanco) Benth utilizando dióxido de carbono supercrítico**. 2004. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Fique atento ao ácaro-vermelho-das-palmeiras**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/8356528/fique-atento-ao-acaro-vermelho-das-palmeiras>> Acesso em: 09 fev. 2018.

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

FAO 2014. **World production**. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 09 fev. 2018.

FERLA, N. J.; MARCHETTI, M.; JOHANN, L.; HAETINGER, C. Functional response of *Phytoseiulus macropilis* under different *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) population density in laboratory. **Zoologia**, v. 28, p. 17-22. 2011.

FEIJÓ, E. V. R. S.; OLIVEIRA, R. A.; COSTA, L. C. B. Light affects *Varronia curassavica* essential oil yield by increasing trichomes frequency. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 24, p. 516-523. 2014.

FLECHTMANN, C. H. W.; ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 9, p. 109-110. 2004.

GASPARINO, E. C.; BARROS, M. A. V. C. Palinotaxonomia das espécies de Cordiaceae (Boraginales) ocorrentes no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, p. 33-55. 2009.

GÓMEZ-MOYA, C. A.; LIMA, T. P. S.; MORAIS, E. G. F.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES, G. J. Hosts of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) Native to the Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, P. 86-94. 2017

GONDIM JR, M. G.; CASTRO, T. M. N.; MASSARO JR, A. L.; NAVIA, D.; MELO, J. W. S.; DEMITE, P. R.; MORAES, G. J. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p. 527-535. 2012.

GUNN, B. F.; BAUDOUIN, L.; OLSEN, K. M. Independent origins of cultivated coconut (*Cocos nucifera* L.) in The Old World Tropics. **PLoS ONE**, v. 6, p. 1-8. 2011.

HATA, F. T.; SILVA, J. E. P.; VENTURA, M. U.; PASINI, ROGGIA, S. First Report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpe) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 356-359. 2017.

HOLANDA, J. S.; FERREIRA, N. M.; SILVA, R. A.; CHAGAS, M. C. M.; SOBRAL, L. F.; GHEY, H. R. **Tecnologia para a produção intensiva de coco Anão verde**. Boletim de Pesquisa 34. EMPARN, 40p. 2007.

HOLANDA, J. S.; ALVES, M. C. S.; CHAGAS, M. C. M. **Cultivo do coqueiro no Rio Grande do Norte**. (Sistemas de produção; 1). Natal: EMPARN, 27 p. 2008.

HOLLING, C. S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist**, v. 91, p. 385-398. 1959.

HOLLING, C. S. Principles of insect predation. **Annual Review of Entomology**, v. 6, p. 163-182. 1961.

- HOUCK, M. A.; STRAUSS, R. E. The comparative study of functional responses. Experimental design and statistical interpretation. **Canadian Entomologist**, v. 117, p.67-629. 1985.
- HOY, M. A.; PEÑA, J. E.; NGUYEN, R. U. Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). University of Florida. EENY-397. 2006.
- HOY, M. A. Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 381-393. 2012.
- HOYOS, J. M. A.; ALVES, E.; ROZWALKA, L. C.; SOUZA, E. A.; ZEVIANI, W. M.; Antifungal activity and ultrastructural alterations in *Pseudocercospora griseola* treated with essential oils. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, p. 270-284. 2012.
- IOSET, J. R.; MARSTON, A.; GUPTA, M. P.; HOSTETTMANN, K. Antifungal and larvicidal cordiaquinones from the roots of *Cordia curassavica*. **Phytochemistry**, v. 53, p. 613-617. 2000.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - novembro 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/nordeste>> Acesso em 10 fev. 2018.
- MARCIC, D. Acaricides in modern management of plant-feeding mites. **Journal of Pest Science**, v. 85, p. 395-408. 2012.
- MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. **Evolução da produção der coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010 – Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011, 28 p.** Disponível em: http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2011/doc_164.pdf> Acesso em: 10 fev. 2018.
- McMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic & Applied Acarology**, v. 18, p. 297-320. 2013.
- MECCIA, G.; ROJAS, L. B.; VELASCO, J.; DÍAZ, T.; USUBILLAGA, A.; ARZOLA, J. C.; RAMOS, S. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* from the Venezuelan Andes. **Natural Product Communications**, v. 4, p. 1119-1122. 2009.
- MIRISOLA FILHO, L. A. **Cultivo de coco Anão**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 344 p. 2002.
- MORAES, G. J.; McMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CAMPOS, C. B. A revised catalog of the mite Family Phytoseiidae. **Zootaxa**, v. 434, p. 1-494. 2004.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 308 p. 2008.
- MORELL, H. R.; MIRANDA, I.; RAMOS, M.; BADI, M. H. Functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) on *Polyphagotarsonemus*

latus (Banks) (Acari: Tarsonemidae) in Cuba. **International Journal of Acarology**, v. 36, p. 371-376. 2010.

MOUTIA, L. A. Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. **Bulletin of Entomological Research**, v. 49, p. 59-75. 1958.

NAPPO (North American Plant Protection Organization). Phytosanitary Alert System. **Detection of the red palm mite (*Raoiella indica*) in Cancun and Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico**. 2009. Disponível em: <http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=406>. Acesso em: 10 fev. 2018.

NAVIA, D.; MARSARO JR, A. L.; DA SILVA, F. R.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES, G. J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 40, p. 409-411. 2011.

NAVIA, D.; MORAIS, E. G. F.; MENDOÇA R. S.; GONDIM JR, M. G. C. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, p. 418-452. In: VILELA, E.F.; ZUCCHI R.A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba, ESALQ/USP, 908 p. 2015.

NAVIA, D.; HAMADA, E.; GONDIM JR, M. G. C.; BENITO, N. P. Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p.586-598. 2016.

NIZIO D. A. C.; BRITO, F. A.; SAMPAIO, T. S.; MELO, J. O.; SILVA, F. L. S.; GAGLIARDI, P. R.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANJOS, C. S.; ALVES, P. B.; JUNIOR, A. W.; BLANK, A. F. Chemical diversity of native populations of *Varronia curassavica* Jacq. and antifungal activity against *Lasiodiplodia theobromae*. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 437-448. 2015.

OCHOA, R.; BEARD, J. J.; BAUCHAN, G. R.; KANE, E. C.; DOWLING, A. P. G.; ERBE, E. F. Herbivore exploit chikin armor of host. **American Entomology**, v. 57, p.26-30. 2011.

OLIVEIRA, C. E. L. **Caracterização do óleo essencial de *Lippia gracilis* e de seus principais constituintes por termogravimetria**. 2012. 115f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas- SP, 2012.

OLIVEIRA, D. C.; PRADO, E. P.; MORAES, G. J., MORAIS, E. G. F.; CHAGAS, E. A.; GONDIM JR, M. G. C.; NAVIA, D. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, p. 123-125. 2016.

OYEDEJI, A. O.; EKUNDAYO, O.; OLAWORE, O. N.; ADENIYI, B. A.; KOENIG, W. A. Antimicrobial activity of the essential oils of five *Eucalyptus* species growing in Nigeria. **Fitoterapia**, v. 70, p. 526-528. 1999.

PEÑA, J. E.; BRUIN, J.; SABELIS, M. W. Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 211-213. 2012.

RODA, A.; DOWLING, A. P. G.; WELBOURN, C.; PEÑA, J. E.; RODRIGUES, J. C. V.; HOY, M. A.; OCHOA, R.; DUNCAN, R. A.; CHI, W. DE. Red palm mite situation in the

Caribbean and Florida. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, v. 44, p. 80-87. 2008.

RODRIGUES, J. C. V.; ANTONY, L.M.K. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. **Florida Entomologist**, v.94, p.1073-1074, 2011.

RODRÍGUEZ, H.; MONTOYA, A.; FLORES-GALANO, G. Conducta alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. **Revista de Protección Vegetal**, v. 25, p. 26-30. 2010.

SAITO, M. L.; SCRAMIN, S. **Plantas aromáticas e seu uso na agricultura**. Jaguariúna: EMPRABA, Empraba Meio Ambiente. Documentos, 48 p. 2000.

SANTOS, R. P.; NUNES, E. P.; NASCIMENTO, R. F.; SANTIAGO, G. M. P.; MENEZES, G. H. A.; SILVEIRA, E. R.; PESSOA, O. D. L. Chemical composition and larvicidal activity of the essential oils of *Cordia leucomalloides* and *Cordia curassavica* from the northeast of Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 17, p. 1027-1030. 2006.

SARAF, D. K.; DIXIT, V. K. *Spilanthes acmella* Murr.: study on its extract spilanthol as larvicidal compound. **Asian Journal Experimental and Science**, v. 16, p.9-19. 2002.

SAWAR, M.; XUENONG, X.; ENDONG W.; KONGMING, W. The potential of four mite species (Acari: Phytoseiidae) as predators of sucking pests on protected cucumber (*Cucumis sativus* L.) crop. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 73-78. 2011.

SAYED, M. Contribution to the knowledge of Acarina in Egypt: 1. The genus *Raoiella* Hirst (Pseudotetranychidae: Tetranychidae). **Bulletin of the Entomological Society of Egypt**, v. 26, p. 81-91. 1942.

SILVA, A. C.; SOUZA, P. E.; RESENDE, M. L. V.; SILVA JR, M. B.; RIBEIRO JR, P. M.; ZEVIANI, W. M. Local and systemic control of powdery mildew in eucalyptus using essential oils and decoctions from traditional Brazilian medicinal plants. **Forest Pathology**, v. 44, p. 145-153. 2014.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. **A introdução do coqueiro no Brasil: importância histórica e agronômica**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 24 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 47). Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/download/Documentos47.doc>> Acesso em: 10 fev. 2018.

SOLOMON, M. E. The natural control of animal populations. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 18, p. 1-35. 1949.

STARK, J. D.; J. E. BANKS. Population-level effects of pesticides and other toxicants to arthropods. **The Annual Review of Entomology**, v. 48, p. 505-519. 2003.

TAYLOR, B.; RAHMAN, P. M.; MURPHY, S. T.; SUDHEENDRAKUMAR, V. V. Within season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two host palm species in south-west India. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, p. 331-345. 2012.

VÁSQUEZ, C.; QUIRÓS, M.; APONTE, O.; SANDOVAL, D. M. F. Primer reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Sur América. **Neotropical Entomology**, v. 37, p. 739-740. 2008.

VÁSQUEZ, C.; MORAES, G. J. Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela. **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p. 73-82. 2012.

CAPÍTULO 2

Potencial de *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) no controle biológico de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*Pesquisa Agropecuária Brasileira*”

Resumo – O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga invasora que pode causar grandes impactos econômicos a plantas ornamentais, bananeira (*Musa* sp.) e coqueiro (*Cocos nucifera* L.). O ácaro predador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em associação com *R. indica* em diversos países e pode auxiliar no controle biológico dessa praga em campo. A predação de ninfas e fêmeas de *A. largoensis* foi estimada baseada em sua resposta funcional e numérica a ovos, protoninfas e fêmeas de *R. indica*. Ninfas e fêmeas de *A. largoensis* apresentaram resposta funcional do tipo II a *R. indica*, com exceção de ninfas do predador ao consumirem protoninfas da praga, que apresentaram resposta funcional do tipo III. Ninfas e fêmeas do predador apresentaram maior taxa de ataque e menor tempo de manipulação ao se alimentarem de ovos de *R. indica*. As maiores taxas de oviposição de *A. largoensis* foram observadas quando o predador se alimentou de ovos e protoninfas da praga. Ninfas e fêmeas de *A. largoensis* podem ser eficazes na supressão de populações de *R. indica*, principalmente em densidades mais baixas da praga. Portanto, em programas de manejo integrado de pragas o predador deve ser liberado no início da infestação.

Palavras-chave: ácaro-vermelho-das-palmeiras, controle biológico, resposta numérica, protoninfas, fitoseídeo

Potential of *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) in the biological control of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)

Abstract – The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), is an invasive pest that can cause great economic impacts to ornamental plants, banana (*Musa* sp.) and coconut (*Cocos nucifera* L.). The predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) is found in association with *R. indica* in several countries and may aid in the biological control of this

pest under field conditions. Predation of nymphs and females of *A. largoensis* was estimated based on their functional and numerical responses towards eggs, protonymphs and females of *R. indica*. Nymphs and females of *A. largoensis* presented type II functional response to *R. indica*, except for nymphs of the predator when consumed protonymphs of the pest that presented type III functional response. Nymphs and females of the predator showed a higher attack rate and shorter handling time when feeding on eggs of *R. indica*. The highest oviposition rates of *A. largoensis* were observed when the predator fed on eggs and protonymphs of the pest. Nymphs and females of *A. largoensis* may be effective in suppressing *R. indica* populations, mainly at lower densities of the prey. Therefore, in integrated pest management programs the predator should be released at the beginning of the infestation.

Index terms: red palm mite, biological control, numerical response, protonymphs, phytoseiid

1 Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga invasora com alta capacidade reprodutiva, rápida disseminação e adaptação a novos hospedeiros (Navia et al., 2015). *R. indica* foi descrito na Índia (Hirst, 1924) e permaneceu restrito ao Velho Mundo até ser detectado no Caribe por Flechtmann e Etienne (2004). A presença deste ácaro foi relatada na Flórida (Peña et al., 2012), Venezuela (Vásquez et al., 2008), Brasil (Navia et al., 2011), México (Nappo, 2009) e Colômbia (Carrillo et al., 2011). No Brasil, *R. indica* se espalhou por todas as regiões produtoras de coqueiro em menos de 10 anos de sua introdução no país (Navia et al., 2011; Rodrigues e Antony, 2011; Oliveira et al., 2016; Hata et al., 2017).

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é o principal hospedeiro do ácaro-vermelho-das-palmeiras nas Américas, e as perdas causadas por altas infestações dessa praga foram de

aproximadamente 70% em Trinidad e Tobago (Peña, 2013). A cultura do coqueiro possui grande importância socioeconômica no Brasil, o quarto maior produtor mundial (FAO, 2014), com uma área de aproximadamente 250 mil hectares (IBGE, 2017). Além do coqueiro, *R. indica* também pode infestar outras espécies da família Arecaceae, assim como das famílias Heliconiaceae, Musaceae e Zingiberaceae (Vásquez e Moraes, 2012; Carrillo et al., 2012a).

Vários métodos para o controle de *R. indica* vêm sendo estudados a fim de reduzir os danos causados por essa praga. Entre esses métodos estão o controle químico (Ramos et al., 2011; Rodrigues e Peña, 2012; Assis et al., 2012), embora não haja agrotóxicos registrados no país para seu controle (AGROFIT, 2018), a resistência de plantas (Rodrigues e Irish, 2012) e o controle biológico (Rodríguez et al., 2010; Carrillo et al., 2012b; Domingos et al., 2012; Carrillo et al., 2014).

Diversas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de identificar a fauna de inimigos naturais associados à *R. indica* (Carrillo et al., 2012c; Hoy, 2012; Taylor et al., 2012; Domingos et al., 2012). Os ácaros predadores da família Phytoseiidae são inimigos naturais de ácaros fitófagos (Moraes et al., 2004; McMurtry et al., 2013) e são comumente encontrados em associação com o ácaro-vermelho-das-palmeiras (Taylor et al., 2012; Moraes et al., 2012). *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) é um predador generalista do tipo III, que além de se alimentar de ácaros fitófagos e outros artrópodes, também se alimenta de pólen e substâncias açucaradas (McMurtry e Croft, 1997). Esse predador foi registrado em associação com *R. indica* em cultivos de coqueiro em vários países, inclusive no Brasil (Roda et al., 2008; Carrillo et al., 2011; Bowman e Hoy, 2012; Rodríguez et al., 2010; Taylor et al., 2012; Gondim Jr. et al., 2012). Nos últimos anos, alguns estudos têm sido conduzidos com o objetivo de avaliar o potencial de *A. largoensis* como agente no controle biológico de *R. indica* (Carrillo et al., 2010; Carrillo e Peña, 2012; Carrillo et al., 2012b; Domingos et al., 2012; Carrillo et al., 2014; Morais et al., 2016).

Uma forma de avaliar o potencial dos agentes de controle biológico a artrópodes fitófagos é através de sua resposta funcional e numérica (Holling, 1959; Holling, 1961; Costa et al., 2017). A resposta funcional descreve a taxa de predação em função da densidade de presas, enquanto que a resposta numérica descreve mudanças na taxa reprodutiva do predador em função de mudanças na densidade das presas (Solomon, 1949; Holling, 1959; Hamedí et al., 2011; Farazmand et al., 2012).

A resposta funcional de um predador não é fixa, e pode variar dependendo de muitos fatores, incluindo o estágio de desenvolvimento de sua presa (Santos, 1975; Reis et al., 2000; Carrillo e Peña, 2012). A atividade predatória dos ácaros fitoseídeos é afetada tanto pela sua fase ativa de desenvolvimento, como pelo estágio de desenvolvimento de sua presa (Reis et al., 2000). Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar o tipo de resposta funcional de ninfas e fêmeas de *A. largoensis* sobre diferentes estádios de desenvolvimento de *R. indica*, bem como a resposta numérica de fêmeas desse ácaro predador.

2 Material e Métodos

2.1 Obtenção e criação do ácaro predador *Amblyseius largoensis*

A colônia de *A. largoensis* foi iniciada com indivíduos coletados de folíolos de coqueiro na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE (10°56'46"S; 37°03'12"O). Os ácaros foram criados massalmente no Laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros em arenas confeccionadas com pedaços de pvc (23 cm de comprimento x 4 cm de largura) sobre uma espuma de poliuretano (24 cm de comprimento x 5 cm por largura x 3,0 cm de espessura), circundado por uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada, e posteriormente colocadas em uma bandeja plástica saturada com água destilada. Fios de algodão recobertos com uma lamínula (18 mm x 18 mm) foram colocados sobre as arenas para

servir de abrigo e local de oviposição. Os ácaros foram alimentados com pólen de mamona (*Ricinus communis* L.), todas as fases de *R. indica* e mel a 10%, repostos a cada dois dias.

2.2 Obtenção de *Raoiella indica*

Para obtenção de ovos (1 a 3 dias) de *R. indica*, fêmeas em período de oviposição foram coletadas de folíolos de coqueiro não pulverizados oriundos da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE, e transferidas para folíolos de coqueiro fixados em espuma de poliuretano umedecida com água destilada e inseridos em tubos plásticos (52 cm de comprimento x 5,5 cm de diâmetro), mantidos em potes de vidro com água destilada até a altura da espuma, para manter a turgescência do folíolo e garantir a alimentação dos ácaros. Para obtenção das protoninfas e fêmeas, folíolos contendo respectivamente protocrisálidas e teliocrisálidas de *R. indica* foram coletados de coqueiros da Embrapa Tabuleiros Costeiros e mantidos nas mesmas arenas descritas acima, até a emergência das protoninfas e fêmeas.

2.3 Resposta funcional e numérica

O experimento foi conduzido em condições padronizadas de temperatura ($27,0 \pm 1,0$ °C), umidade relativa ($70 \pm 10\%$) e fotoperíodo (12 horas). As arenas foram confeccionadas com discos de pvc (6cm de diâmetro) sobre uma espuma de poliuretano (6 cm de diâmetro por 0,33 cm de profundidade) saturada com água destilada dentro de um recipiente plástico (6,2 cm de diâmetro x 5 cm de profundidade). Uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada foi adicionada ao redor do disco de pvc para evitar a fuga do ácaro predador.

Bioensaios de resposta funcional foram conduzidos separadamente para ninfas e fêmeas de *A. largoensis* para cada estágio de *R. indica*. Em cada bioensaio, uma ninfa (5 dias de idade) ou fêmea adulta (8 – 10 dias de idade) do ácaro predador *A. largoensis* foi transferida para arena contendo densidades crescentes (5, 10, 20, 30, 40, 60, 80 e 100) de ovos, protoninfas ou fêmeas

da praga. Foram realizadas 10 repetições (arenas) para cada densidade de cada fase de *R. indica*. O número de ovos, protoninfas e fêmeas de *R. indica* consumidas por ninfas do ácaro predador foi registrado após 24 horas, sem reposição de presas durante o experimento. Para fêmeas do predador, além da avaliação da resposta funcional com 24 horas, foi avaliada sua resposta numérica durante 48 horas com reposição de presas ao final do primeiro dia. Dados de oviposição do primeiro dia foram excluídos para minimizar o efeito de dietas anteriores.

2.4 Análises estatísticas

O tipo de curva de resposta funcional foi determinado por meio de regressão logística da proporção de presas consumidas em função das densidades de presas oferecidas, utilizando o procedimento CATMOD no software estatístico SAS (SAS Institute 2008) para determinar as significâncias dos coeficientes das regressões e o sinal do coeficiente linear. Inicialmente foi testado o modelo cúbico devido a sua capacidade de capturar todas as possíveis variações de resposta funcional. Os dados foram ajustados a função polinomial para determinação da resposta funcional (Juliano, 2001):

$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)} \quad (1)$$

Onde N_e é o número de presas consumidas, N_0 é a densidade de presas inicial e P_1 , P_2 e P_3 são os coeficientes de interceptação linear, quadrático e cúbico, respectivamente, relacionados à inclinação da curva. O sinal P_1 e P_2 são usados para determinar o tipo de resposta funcional. O coeficiente linear, quando não significativo ($P > 0$) indica resposta funcional do tipo I. Quando o coeficiente linear é negativo e significativo ($P_1 < 0,001$), o predador exibe uma resposta funcional do tipo II. Quando o coeficiente linear é positivo ($P_1 > 0$) e o coeficiente quadrático é negativo ($P_2 < 0$), o predador exibe uma resposta funcional do tipo III (Juliano 2001).

Como os experimentos foram conduzidos sem reposição de presas no decorrer do experimento para resposta funcional, usamos a equação do predador aleatório (Juliano, 2001; Rogers, 1972) como uma descrição da resposta funcional do tipo II e III:

$$N_e = N_0 \{1 - \exp[\alpha(T_h N_e - T)]\} \quad (2)$$

$$N_e = N_0 \{1 - \exp[(d + bN_0)(T_h N_e - T)/(1 + cN_0)]\} \quad (3)$$

Em que N_e é número de presas consumidas, N_0 é a densidade inicial de presas, T é o tempo de exposição (24 horas), α é a taxa de ataque, T_h é o tempo de manipulação e os coeficientes de α , b , c e d são constantes relacionadas à taxa de ataque. O pico de consumo foi calculado a partir da recíproca $-Th(\frac{1}{Th})$ e comparado com base no intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Os parâmetros taxa de ataque (α), e o tempo de manipulação da presa (T_h), foram estimados por regressão não linear empregando o método dos quadrados mínimos com o procedimento PROC NLIN do SAS (SAS Institute 2008), de acordo com a metodologia descrita por Juliano (2001), e comparados pelo intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

A taxa de oviposição de *A. largoensis* em função da densidade de *R. indica* foi analisada através de análise de regressão do número de ovos em função da densidade de presas oferecidas, utilizando o Proc REG do programa SAS (SAS Institute 2008).

Os dados de consumo na maior densidade (100) para ninfas e fêmeas do predador *A. largoensis* alimentados com ovos, protoninfas e fêmeas de *R. indica* foram submetidos a ANOVA seguida de teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 Resultados

Os resultados das análises da regressão logística para ninfas de *A. largoensis* alimentadas com ovos e fêmeas de *R. indica*, sugeriram resposta funcional tipo II, indicada pelo coeficiente linear negativo e significativo ($P < 0,0001$). No entanto, quando as presas oferecidas foram protoninfas da praga, o coeficiente linear foi positivo e significativo ($P < 0,0193$), indicando resposta funcional do tipo III. Para fêmeas de *A. largoensis*, o coeficiente linear foi negativo e significativo ($P < 0,0001$) para todas as fases de *R. indica*, caracterizando resposta funcional do tipo II (Tabela 1).

O número de presas consumidas variou com a densidade tanto para ninfas (Figura 1), quanto para fêmeas (Figura 2) do predador *A. largoensis*. O consumo médio de ninfas do predador foi maior na densidade 100 para os três estádios de *R. indica*, com médias de ($25,6 \pm 2,09$) para ovos, ($20,2 \pm 2,39$) para protoninfas e ($10,1 \pm 0,37$) para fêmeas. Para fêmeas de *A. largoensis*, o consumo médio variou de acordo com o estágio da presa. O número máximo de presas consumidas ocorreu na densidade 80 para ovos ($36,7 \pm 3,05$) e fêmeas ($15,6 \pm 0,95$), e na densidade 60 para protoninfas ($23,9 \pm 2,13$). Na maior densidade de presas oferecidas (100), o consumo por ninfas do predador foi estatisticamente semelhante para ovos e protoninfas de *R. indica* enquanto para fêmeas o consumo foi significativamente menor ($F_{2,25} = 14,59$; $P < 0,0001$). Para fêmeas de *A. largoensis*, o consumo foi maior na fase de ovos em comparação com protoninfas e fêmeas da praga ($F_{2,27} = 33,71$; $P < 0,0001$) (Figura 3).

A proporção de ovos, protoninfas e adultos de *R. indica* consumida por ninfas (Figura 4) e fêmeas (Figura 5) de *A. largoensis* diminuiu com o aumento da densidade das presas. No entanto, quando ninfas do predador se alimentaram de protoninfas da praga, a proporção de presas consumidas aumentou com o aumento da densidade, com a maior proporção de consumo na densidade 30. A proporção de ovos consumidos foi igual a 1 na densidade 5 para ninfas do predador e nas densidades 5 e 10 para fêmeas de *A. largoensis*, demonstrando aumento inicial

na proporção de presas mortas/consumidas seguido por um decréscimo com o aumento da densidade.

Não houve diferença significativa na taxa de ataque (α) de ninfas e fêmeas do predador a ovos, protoninfas e fêmeas de *R. indica*, com exceção de menores taxas de ataque de ninfas alimentadas com protoninfas da praga. Os menores tempos de manipulação (T_h) e maiores picos de consumo ($1/T_h$) foram observados quando ninfas do predador se alimentaram de ovos e protoninfas de *R. indica*. Fêmeas de *A. largoensis* apresentaram o menor tempo de manipulação e o maior pico de consumo ao serem alimentadas com ovos, em comparação com protoninfas e fêmeas da praga. Os maiores tempos de manipulação e menores picos de consumo foram observados quando ninfas e fêmeas de *A. largoensis* consumiram fêmeas de *R. indica* (Tabela 2).

A oviposição de fêmeas de *A. largoensis* aumentou linearmente com a densidade de todos os estádios de desenvolvimento de *R. indica*. Quando alimentadas com ovos de *R. indica* ($P = 0,011$; $r^2 = 0,682$; $Y = 0,793 + 0,014x$), a taxa de oviposição máxima foi de $2,10 \pm 0,31$ ovos/ fêmea/ dia na densidade 80. Para protoninfas como presas ($P = 0,008$; $r^2 = 0,713$; $Y = 0,459 + 0,001x$), o pico de oviposição ocorreu na densidade 30 ($2,00 \pm 0,33$ ovos/ fêmea/ dia). Ao se alimentarem de fêmeas de *R. indica* ($P = 0,023$; $r^2 = 0,602$; $Y = 0,869 + 0,103x$), a taxa de oviposição máxima de *A. largoensis* foi de $1,70 \pm 0,22$ ovos/ fêmea/ dia na densidade 100 (Figura 6).

4 Discussão

A resposta funcional do tipo II, apresentada por ninfas e fêmeas de *A. largoensis*, consiste no consumo crescente das presas oferecidas, porém sua taxa de procura não é constante, e a proporção de presas consumidas diminui com o aumento da densidade de presas, tendendo a se estabilizar (Holling, 1959). A resposta funcional do tipo III, apresentada por

ninfas do predador alimentadas com protoninfas da presa, é a única em que a mortalidade de presas pode aumentar com a densidade. No entanto, a capacidade de regular a população de presas se dá na faixa em que a proporção de mortes aumenta com a densidade. Isto acontece porque se a densidade de presas ultrapassa a capacidade de matar/consumir do predador, a proporção de mortes declina (Ricklefs, 2010).

Ninfas e fêmeas de *Euseius concordis* também apresentaram respostas funcionais diferentes ao se alimentarem de ovos, imaturos e fêmeas do ácaro-verde-da-mandioca *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae). Todas as respostas funcionais foram do tipo III, exceto para ninfas do predador predando imaturos da presa, que apresentou resposta funcional do tipo II (Costa et al., 2014). A resposta funcional de um predador pode variar dependendo de muitos fatores, incluindo sua fase ativa de desenvolvimento e o estágio de desenvolvimento de sua presa (Santos, 1975; Reis et al., 2000; Carrillo e Peña, 2012).

Ninfas e fêmeas de *A. largoensis* consumiram mais ovos que outros estádios de desenvolvimento de *R. indica*. O maior consumo de ovos pode ser explicado devido às diferenças no peso corporal de cada fase da presa, pois, como o peso corporal da presa difere entre os estádios de vida, o número máximo que o predador pode consumir de cada estágio também varia (Carrillo e Peña, 2012). Os ovos possuem menor biomassa que imaturos e adultos da praga, fazendo com que os predadores precisem consumir mais ovos para obter a mesma quantidade de nutrientes. Além disso, por serem imóveis, os ovos são mais fáceis de manipular que os estádios móveis (Ganjisaffar e Perring, 2015). O estágio de ovo de *R. indica* dura aproximadamente 9 dias e é mais longo que qualquer estágio imaturo da praga (Nageshachandra e Chanabasavana, 1984), o que significa que os ovos ficam disponíveis para os predadores por um período de tempo mais longo do que outras fases de desenvolvimento do ácaro. Portanto, um alto consumo de ovos é desejável porque o predador consegue regular a população da praga

antes que ela se desenvolva e cause danos à planta hospedeira (Carillo e Peña, 2012; Ganjisaffar e Perring, 2015).

Na densidade 100, ninfas consumiram mais ovos e protoninfas de *R. indica* e fêmeas consumiram mais ovos da praga. Em altas densidades, o aumento do número de presas consumidas é devido ao componente de “estimulação por interferência”, que pode interferir de forma direta ou indireta sobre o predador (Sandness e McMurtry, 1970). Presas grandes por exemplo, podem inibir o predador de forma mais agressiva quando em alta densidade (Sandness e McMurtry, 1970), o que explica o menor consumo de fêmeas de *R. indica* por ninfas e fêmeas de *A. largoensis*.

A diminuição na proporção de consumo de ovos, protoninfas e adultos de *R. indica* por ninfas e fêmeas de *A. largoensis* com o aumento da densidade das presas, foi devido, provavelmente, à saciedade e a limitação dos predadores em não conseguir aumentar sua taxa de predação devido ao tempo gasto para procura e manipulação da presa (Mori e Chant, 1966; Sandness e McMurtry, 1970). No entanto, quando ninfas do predador se alimentaram de protoninfas da praga, a proporção de presas consumidas aumentou até um certo limite com o aumento da densidade, característica de uma resposta funcional de tipo III.

Os maiores tempos de manipulação e menores picos de consumo foram observados quando ninfas e fêmeas de *A. largoensis* consumiram fêmeas de *R. indica*. O consumo reduzido de fêmeas de *R. indica* pode estar relacionado ao maior tamanho e mobilidade das fêmeas, em comparação com os outros estádios da presa (Costa et al., 2017). Além disso, as fêmeas possuem a cutícula mais esclerotizada, o que dificulta ao predador penetrá-la, resultando em maior tempo de manipulação (Ganjisaffar e Perring, 2015). A taxa de ataque e o tempo de manipulação são parâmetros utilizados para determinar a magnitude da resposta funcional (Pervez e Omkar, 2005). O tempo de manipulação inclui o tempo necessário para o predador

identificar, capturar, atacar e consumir presas de acordo com Holling (1959), e um tempo de manipulação alto pode sugerir que o predador passa mais tempo com uma presa, levando mais tempo em encontrar e consumir outra presa (Lima, 2015).

A menor taxa de oviposição foi observada quando fêmeas do predador consumiram fêmeas de *R. indica*. O pico de oviposição das fêmeas de *A. largoensis* foi semelhante quando consumiram ovos e protoninfas da presa, no entanto, o predador precisou consumir menos protoninfas, aproximadamente a metade do que foi consumido em ovos, para atingir a mesma oviposição. Uma explicação para esse resultado pode ser a menor biomassa do estágio de ovo, o que fez com que a fêmea do predador necessitasse consumir um número maior de ovos para atingir a quantidade de energia suficiente para ser usada na reprodução (Costa et al., 2014; Ganjisaffar e Perring, 2015; Costa et al., 2017).

O potencial de controle biológico de *A. largoensis* depende do seu estágio de desenvolvimento (ninfas e fêmeas adultas) e do estágio de desenvolvimento da presa (ovo, protoninfa e fêmea adulta). Ninfas e fêmeas do predador alcançaram as maiores proporções de consumo nas menores densidades, demonstrando que *A. largoensis* pode ser mais eficaz na regulação das populações de presas em baixas densidades, sugerindo que o predador deve ser liberado no início da infestação da praga.

5 Conclusões

1. Ninfas e fêmeas de *A. largoensis* podem contribuir para o controle de *R. indica*, principalmente em baixas densidades.
2. As maiores taxas de oviposição de *A. largoensis* foram atingidas quando o predador se alimentou de ovos e protoninfas de *R. indica*.

6 Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo para primeira autora.

Referências

AGROFIT- **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins / DFIA / SDA. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 13 fev. 2018

ASSIS, C.P.O.; MORAIS, E.G.F.; GONDIM JR, M.G.C. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.60, p.357-365, 2012.

BOWMAN, H.M.; HOY, M.A. Molecular discrimination of phytoseiids associated with the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) from Mauritius and South Florida. **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.395-407, 2012.

CARRILLO, D.; PEÑA, J.E.; HOY, M.A.; FRANK, J.H. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. **Experimental and Applied Acarology**, v.52, p.119-129, 2010.

CARRILLO, D.; NAVIA, D.; FERRAGUT, F.; PEÑA, J.E. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. **Florida Entomologist**, v.94, p.370-371, 2011.

CARRILLO, D.; PEÑA, J.E. Prey-stage preferences and functional numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.361-372, 2012.

CARRILLO, D.; AMALIN, D.; HOSEIN, F.; RODA, A.; DUNCAN, R.E.; PEÑA, J.E. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.271-289, 2012a.

CARRILLO, D.; COSS, M.E.; HOY, M.A.; PEÑA, J.E. 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**, v.60, p.39-45, 2012b.

CARRILLO, D.; FRANK, J.H.; RODRIGUES, J.C.V.; PEÑA, J.E. A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.347-360, 2012c.

CARRILLO, D.; HOY, M.A.; PEÑA, J.E. Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by predator exclusion and predator release techniques. **Florida Entomologist**, v.97, p.256-261, 2014.

COSTA, E.C.; TEODORO, A.V.; RÊGO, A.S.; PEDRO NETO, M.; SARMENTO, R.A. Functional response of *Euseius concordis* to densities of different developmental stages of the cassava green mite. **Experimental and Applied Acarology**, v. 64, p.277-286, 2014.

COSTA, J.F.; MATOS, C.H.C.; OLIVEIRA, C.R.F.; SILVA, T.G.F.; LIMA NETO, I.F.A. Functional and numerical responses of *Stethorus tridens* Gordon (Coleoptera: Coccinellidae) preying on *Tetranychus bastosi* Tuttle, Baker & Sales (Acari: Tetranychidae) on physic nut (*Jatropha curcas*). **Biological Control**, v.111, p.1-5, 2017.

DOMINGOS, C.A.; OLIVEIRA, L.O.; MORAIS, E.G.F.; NAVIA, D.; MORAES, G.J.; GONDIM JR, M.G.C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.60, p.83-93, 2012.

FAO 2014. **World production**. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 13 fev. 2018.

FARAZMAND, A.; FATHIPOUR, Y.; KAMALI, K.; Functional response and mutual interference of *Neoseiulus californicus* and *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **International Journal of Acarology**, v. 38, p. 369-376, 2012.

FLECHTMANN, C.H.W.; ETIENNE, J. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Systematic and Applied Acarology**, v.9, p.109-110, 2004.

GANJISAFFAR, F.; PERRING, T.M. Prey stage preference and functional response of the predatory mite *Galendromus flumenis* to *Oligonychus pratensis*. **Biological Control**, v.82, p.40-45, 2015.

GONDIM JR, M.G.; CASTRO, T.M.N.; MASSARO JR, A.L.; NAVIA, D.; MELO, J.W.S.; DEMITE, P.R.; MORAES, G.J. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v. 10, p.527-535, 2012.

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

HATA, F.T.; SILVA, J.E.P.; VENTURA, M.U.; PASINI, ROGGIA, S. First Report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpe) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v.46, p.356-359, 2017.

HIRST, S. On some new species of red spiders. **Annals and Magazine of Natural History**, v.9, p.522-527, 1924.

HOLLING, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist**, v.91, p.385-398, 1959.

HOLLING, C. S. Principles of insect predation. **Annual Review of Entomology**, v.6, p.163-182, 1961.

HOY, M.A. Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.381-393, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - novembro 2017**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/nordeste>> Acesso em 13 fev. 2018.

JULIANO, S.A. Nonlinear Curve Fitting: Predation and functional response curves. In.: SCHEINER, S.M.; GUREVITCH, J. (Eds.). **Design and Analysis of Ecological Experiments**. New York: Chapman & Hall, 2001. 178-196p.

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

McMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, v.42, p.291-321, 1997.

McMURTRY, J.A.; MORAES, G.J.; SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic & Applied Acarology**, v.18, p. 297-320, 2013.

MORAES, G.J.; McMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalog of the mite Family Phytoseiidae. **Zootaxa**, v.434, p1-494, 2004.

MORAES, G.J.; CASTRO, T.M.M.G.; KREITER, S.; QUILICI, S.; GONDIM JR, M.G.; DE SÁ, L.A.N. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). **Acarology**, v.52, p.129-134, 2012.

MORAIS, E.G.F.; OLIVEIRA, J.P.; GONDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.M. *Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, p.671-675, 2016.

MORI, H.; CHANT, D.A.; The influence of prey density, relative humidity, and starvation on the predaceous behaviour of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). **Canadian Journal of Zoology**, v.44, p. 483-491, 1966.

NAGESHACHANDRA, B.K.; CHANNABASAVANNA. 1984. Development and ecology of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut. In: GRIFFITHS, D.A.; BOWMAN, C.E. (Eds.). **Acarology VI**. Chicester, UK: Ellis Horwood Publishers, 1984. 785-790p.

NAPPO (North American Plant Protection Organization). Phytosanitary Alert System. **Detection of the red palm mite (*Raoiella indica*) in Cancun and Isla Mujeres, Quintana Roo, Mexico**. 2009. Disponível em: <http://www.pestalert.org/oprDetail.cfm?oprID=406>. Acesso em: 13 fev. 2018.

NAVIA, D.; MARSARO JR, A.L.; DA SILVA, F.R.; GONDIM JR, M.G.C.; DE MORAES, G.J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, v.40, p.409-411, 2011.

NAVIA, D.; MORAIS, E.G.F.; MENDOÇA R.S.; GONDIM JR, M.G.C. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, p. 418-452. In: VILELA, E.F.; ZUCCHI R.A. (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros**. Piracicaba, ESALQ/USP, 2015. 908p.

OLIVEIRA, D.C.; PRADO, E.P.; MORAES, G.J., MORAIS, E.G.F.; CHAGAS, E.A.; GONDIM JR, M.G.C.; NAVIA, D. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. **Florida Entomologist**, v.99, p.123-125, 2016.

PEÑA, J.E.; BRUIN, J.; SABELIS, M.W. Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.211-213, 2012.

PEÑA, J.E. Potential invasive pests of agricultural crops. Wallingford, **CAB International**, 2013. 464p.

PERVEZ, A., OMKAR. Functional responses of coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. **Journal of Insect Science**. v.5, p.1-6, 2005.

RAMOS, M.; GONZÁLEZ, A.I.; GONZÁLEZ, M. Management strategy of *Raoiella indica* Hirst in Cuba, based on biology, host plants, seasonal occurrence and use of acaricide. **Zoosymposia**, v.6, p.152-159, 2011.

REIS, P.R.; TEODORO, A.V.; PEDRO NETO, M. Predatory activity of phytoseiid mites on the developmental stages of coffee ringspot mite (Acari: Phytoseiidae: Tenuipalpidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, p.547-55, 2000.

RICKLEFS, R.A. **A economia da natureza**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2010. 503p.

RODA, A.; DOWLING, A.P.G.; WELBOURN, C.; PEÑA, J.E.; RODRIGUES, J.C.V.; HOY, M.A.; OCHOA, R.; DUNCAN, R.A.; CHI, W.DE. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, v. 44, p. 80-87, 2008.

RODRIGUES, J.C.V.; ANTONY, L.M.K. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. **Florida Entomologist**, v.94, p.1073-1074, 2011.

RODRIGUES, J.C.V.; PEÑA, J.E. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.317-329, 2012.

RODRIGUES, J.C.V.; IRISH, B.M. Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.309-316, 2012.

RODRÍGUEZ, H.; MONTOYA, A.; FLORES-GALANO, G. Conducta alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. **Revista de Protección Vegetal**, v.25, p.26-30, 2010.

ROGERS, D. Random search and insect population models. **Journal of Animal Ecology**, v.41, p.353-360, 1972.

SAS INSTITUTE. SAS/STAT User's guide, version 9.2. Cary, North Carolina. 2008.

SANDNESS, J.N.; McMURTRY, J.A. Functional response of three species of Phytoseiidae (Acarina) to prey density. **The Canadian Entomologist**, v.102, p. 692-704, 1970.

SANTOS, M.A. Functional and numerical responses of the predatory mite, *Amblyseius fallacis*, to prey density. **Environmental Entomology**, v.4, p.989-992, 1975.

SOLOMON, M.E. The natural control of animal populations. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v.18, p.1-35, 1949.

TAYLOR, B.; RAHMAN, P.M.; MURPHY, S.T.; SUDHEENDRAKUMAR, V.V. Within season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two host palm species in south-west India. **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.331-345, 2012.

VÁSQUEZ, C.; QUIRÓS, M.; APONTE, O.; SANDOVAL, D.M.F. Primer reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Sur América. **Neotropical Entomology**, v.37, p.739-740, 2008.

VÁSQUEZ, C.; MORAES, G.J. Geographic distribution and host plants of *Raoiella indica* and associated mite species in northern Venezuela. **Experimental and Applied Acarology**, v.60, p.73-82, 2012.

Tabela 1. Parâmetros estimados da regressão logística da proporção de diferentes estádios de desenvolvimento de *Raoiella indica* consumidos por ninfas e fêmeas do ácaro predador *Amblyseius largoensis*.

Estádio											
de <i>R. indica</i>	Parâmetros	Ninfa de <i>A. largoensis</i>				Fêmea de <i>A. largoensis</i>					
		Estimativa	SD	x^2	p	Tipo RF	Estimativa	SD	x^2	P	Tipo RF
Ovo	Intercepto	6.1318	0.6619	85.82	<.0001		8.8956	0.8824	101.63	<.0001	
	Linear	-0.2320	0.0367	39.92	<.0001	II	-0.3783	0.0464	66.49	<.0001	II
	Quadrático	0.00245	0.000619	15.71	<.0001		0.00533	0.000748	50.69	<.0001	
	Cúbico	-8.53E-6	3.215E-6	7.04	0.0080		-0.00003	3.759E-6	45.07	<.0001	
Intercepto	-0.9326	0.1899	24.13	<.0001	1.6547		0.1565	111.75	<.0001		
Protoninfa	Linear	0.0302	0.0129	5.48	0.0193	III	-0.0417	0.00439	90.38	<.0001	II
	Quadrático	-0.00077	0.000252	9.23	0.0024		0.00089	0.000400	5.02	0.0251	
	Cúbico	4.218E-6	1.452E-6	8.43	0.0037		1.327E-6	3.798E-7	12.20	0.0005	
	Intercepto	1.2996	0.2748	22.37	<.0001		2.6155	0.3138	69.47	<.0001	
Fêmea	Linear	-0.1207	0.0200	36.37	<.0001	II	-0.1619	0.0209	60.20	<.0001	II
	Quadrático	0.00145	0.000407	12.63	0.0004		0.00225	0.000401	31.45	<.0001	
	Cúbico	-5.88E-6	2.407E-6	5.96	0.0146		-0.00001	2.295E-6	22.50	<.0001	
	Intercepto	1.2996	0.2748	22.37	<.0001		2.6155	0.3138	69.47	<.0001	

Tabela 2. Estimativas médias (\pm EP) e intervalo de confiança para os parâmetros taxa de ataque (a'), tempo de manipulação (Th) e pico de consumo ($\frac{1}{Th}$) de ninfas e fêmeas do ácaro predador *Amblyseius largoensis* alimentadas com ovos, protoninfas e fêmeas de *Raoiella indica* durante 24 horas.

Estádio de <i>A. largoensis</i>	Estádio de <i>R. indica</i>	$a' \pm$ EP (95%CI)	$Th \pm$ EP (95%CI)	$(\frac{1}{Th}) \pm$ EP (95%CI)
Ninfa	Ovos	0,0089 \pm 0,0013a	1,0585 \pm 0,0496 b	0,94 a
		(0,0062-0,0115)	(0,9597-1,1573)	(0,86-1,05)
	Protoninfas	0,0014 \pm 0,0002 b	1,2190 \pm 0,0678 b	0,82 a
		(0,0008-0,0019)	(1,0841-1,3540)	(0,74-0,92)
	Fêmeas	0,0068 \pm 0,0017a	2,9337 \pm 0,1240 a	0,34 b
		(0,0033-0,0102)	(2,6869-3,1805)	(0,31-0,37)
Fêmea	Ovos	0,0095 \pm 0,0028a	0,7400 \pm 0,0314 c	1,35 a
		(0,0028-0,0152)	(0,6774-0,8026)	(1,25-1,49)
	Protoninfas	0,0076 \pm 0,0021a	1,0499 \pm 0,0423 b	0,96 b
		(0,0033-0,0119)	(0,9657-1,1341)	(0,88-1,04)
	Fêmeas	0,0090 \pm 0,0022a	1,9055 \pm 0,0750 a	0,52 c
		(0,0046-0,0134)	(1,7563-2,0547)	(0,50-0,58)

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo intervalo de confiança a 5% de probabilidade

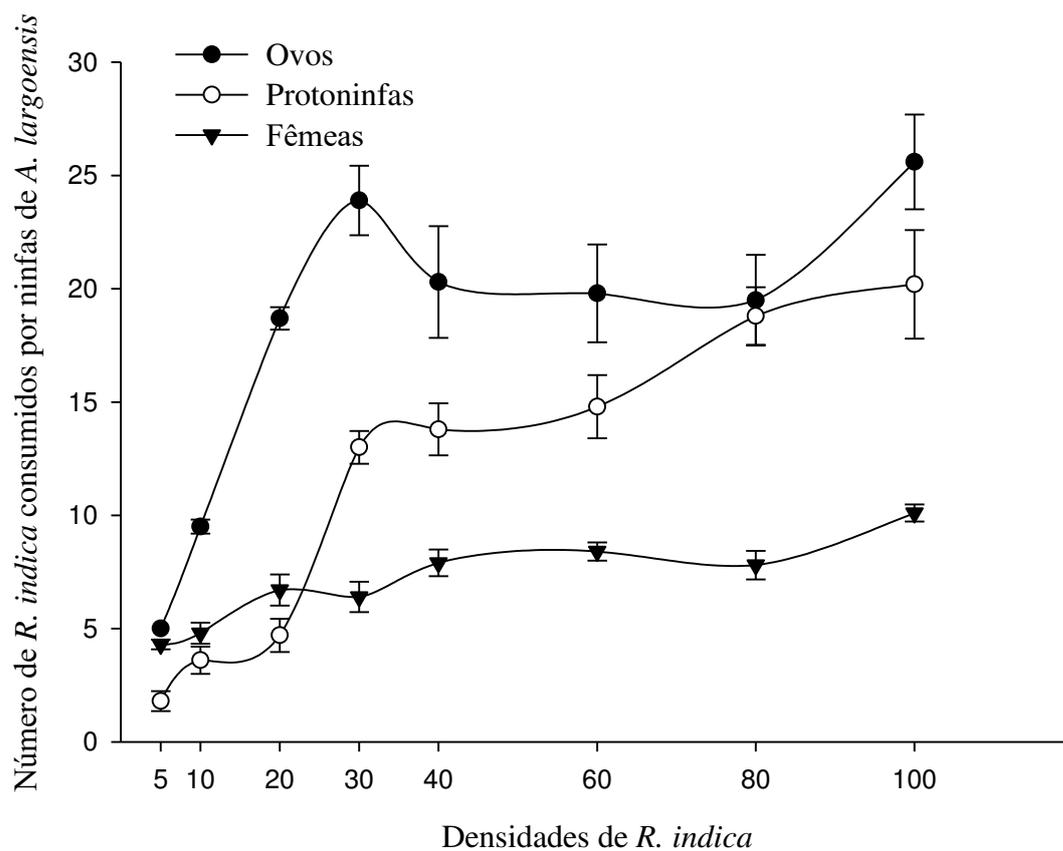


Figura 1. Número médio (\pm EP) de ovos, protoninfas e fêmeas de *Raoiella indica* consumidos por ninfas de *Amblyseius largoensis* em função da densidade de presas.

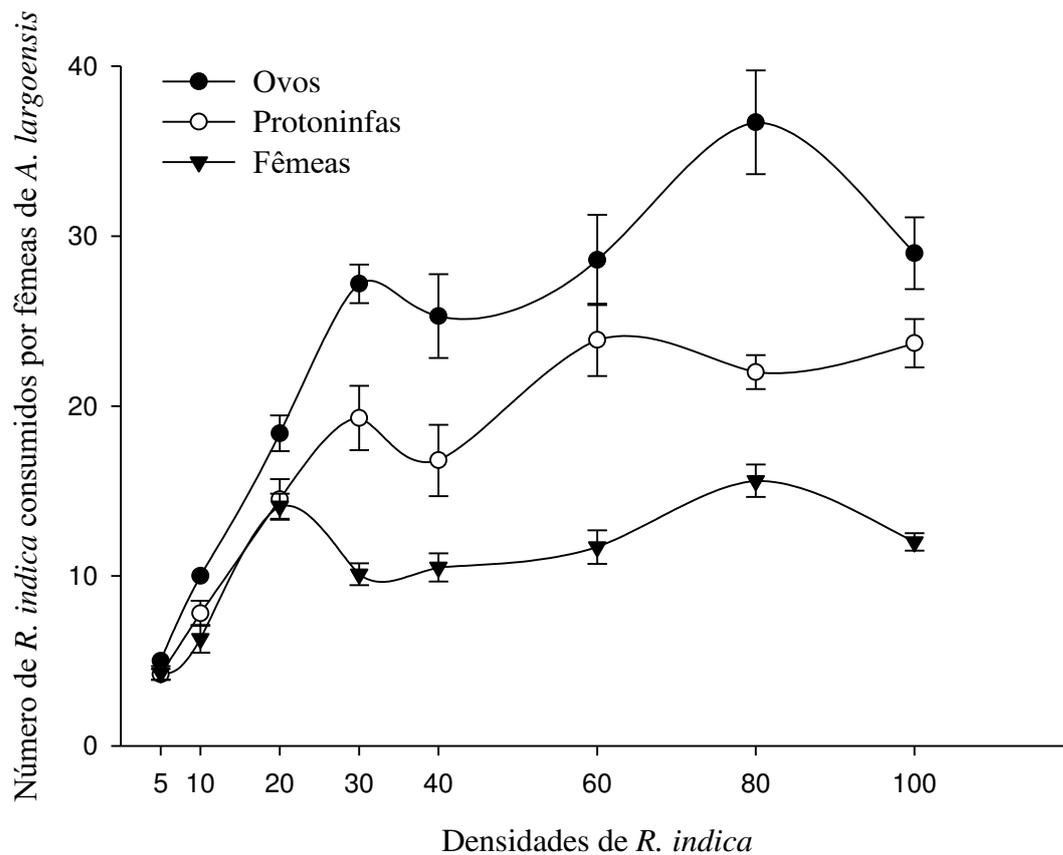


Figura 2. Número médio (\pm EP) de ovos, protoninfas e fêmeas de *Raoiella indica* consumidos por fêmeas de *Amblyseius largoensis* em função da densidade de presas.

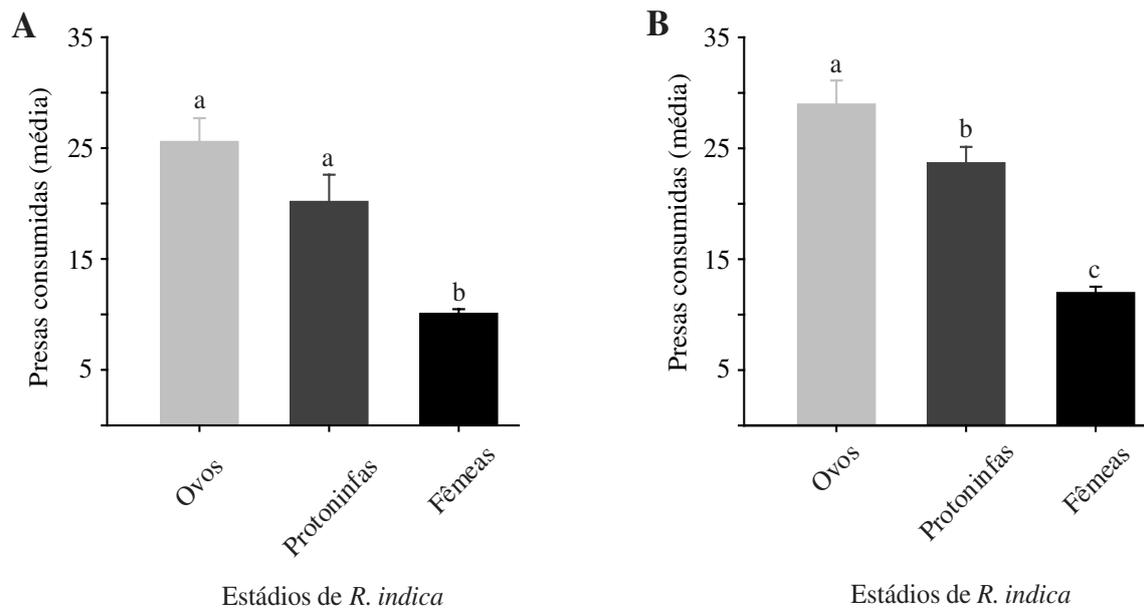


Figura 3. Número médio (\pm EP) de ovos, protoninfas e fêmeas de *Raoiella indica* consumidos por ninfas (A) e fêmeas (B) de *Amblyseius largoensis* na densidade de 100 presas. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

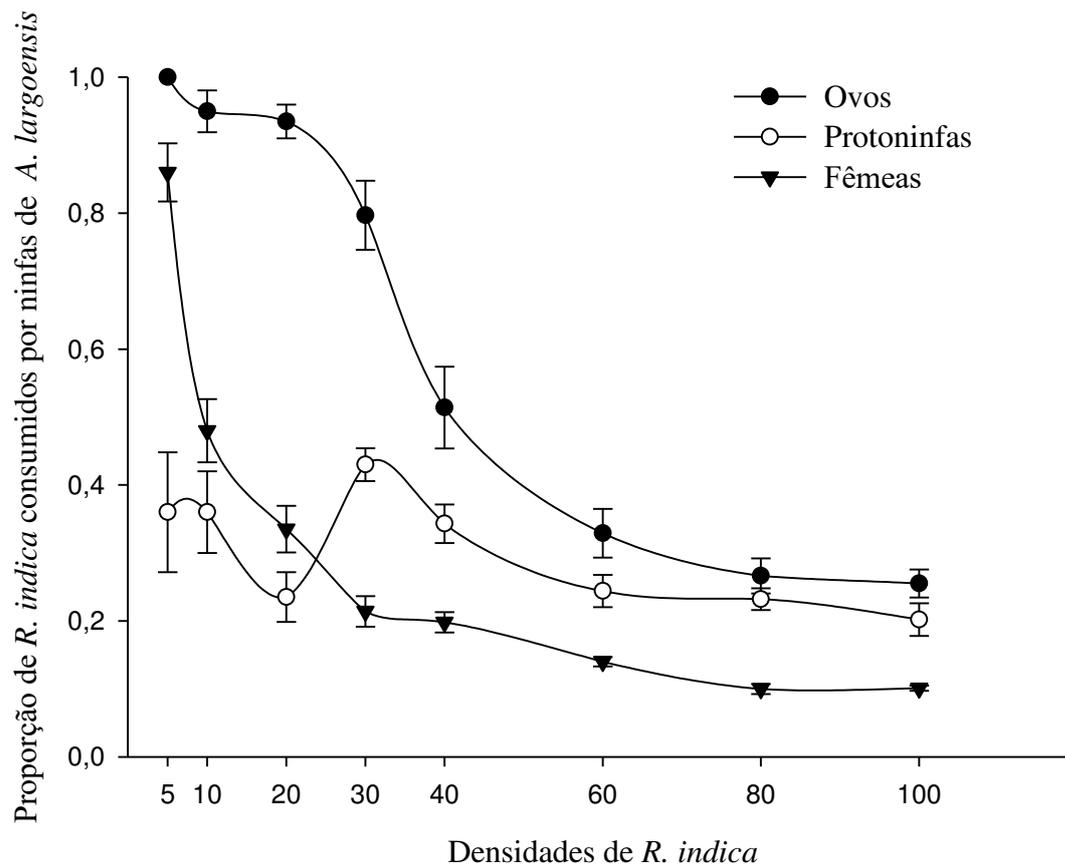


Figura 4. Proporção de ovos, protoninfas e fêmeas de *Raoiella indica* consumidos (média \pm EP) por ninfas de *Amblyseius largoensis* em função da densidade de presas.

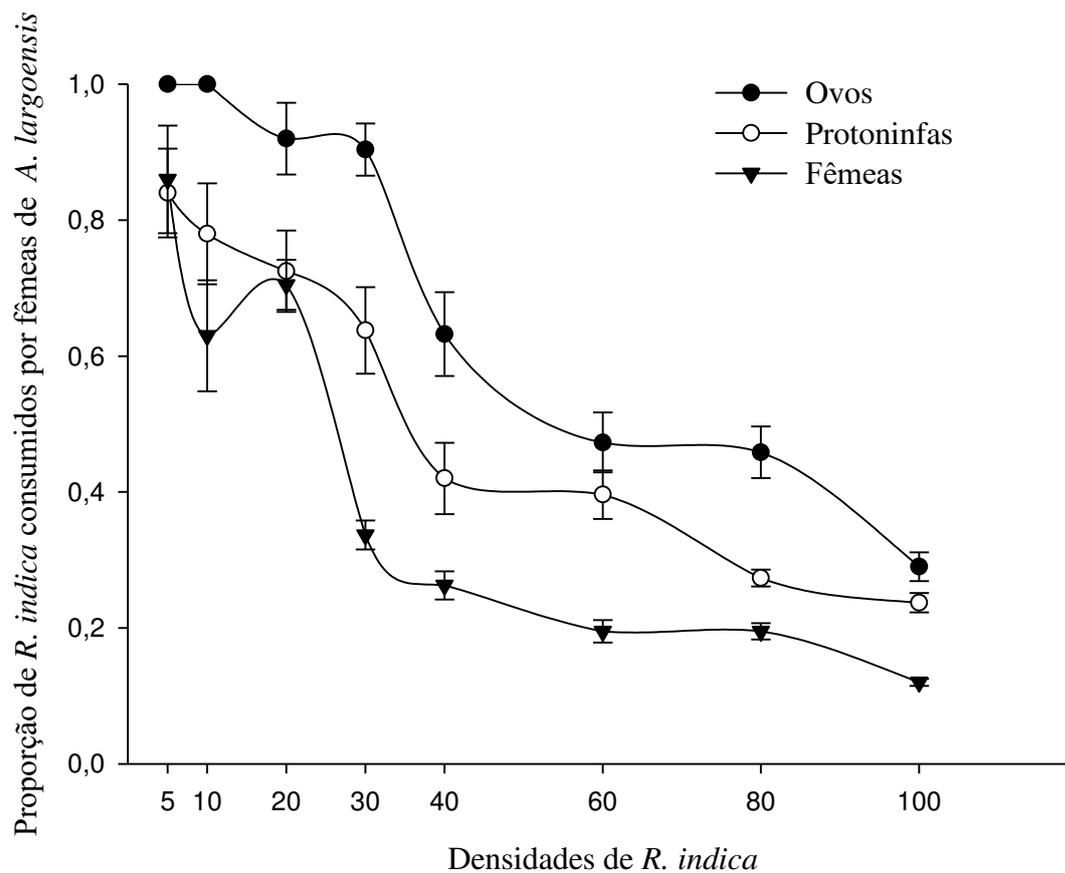


Figura 5. Proporção de ovos, protoninfas e fêmeas de *Raoiella indica* consumidos (média \pm EP) por fêmeas de *Amblyseius largoensis* em função da densidade de presas.

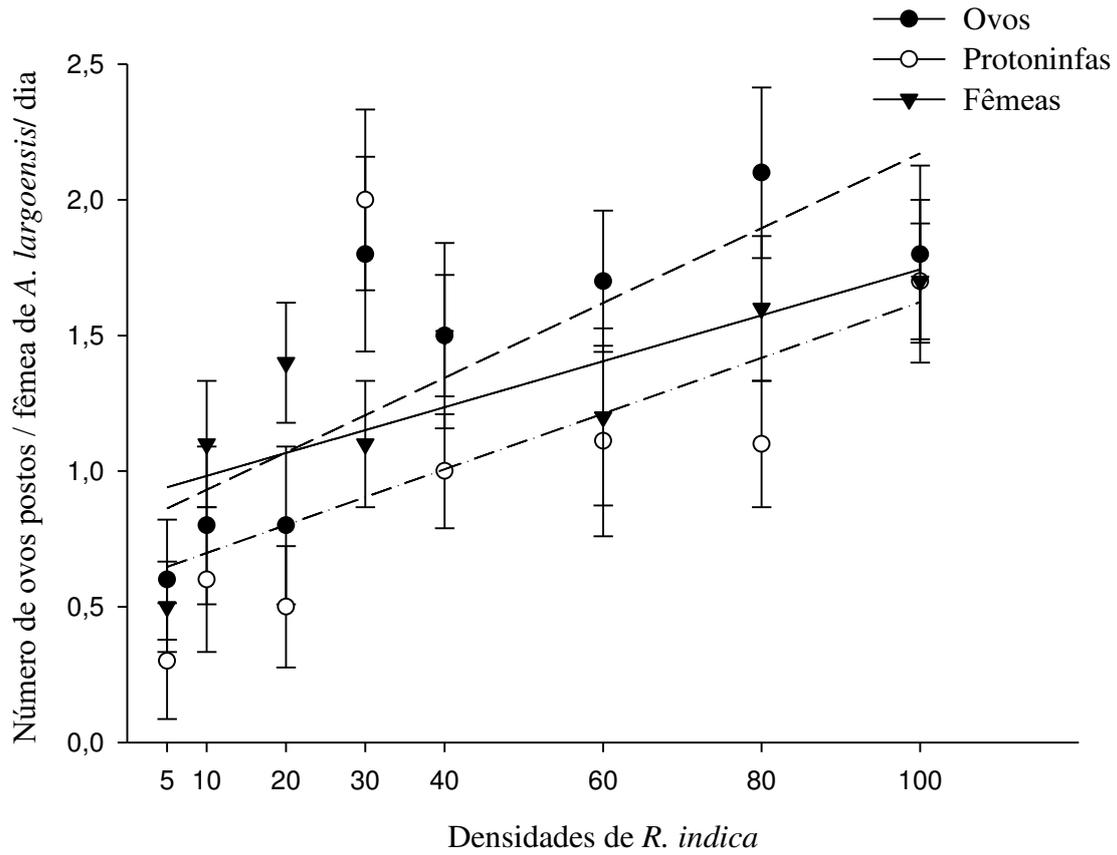


Figura 6. Número médio de ovos postos (média \pm EP) por fêmeas de *Amblyseius largoensis* em função da densidade de ovos, protoninfas e fêmeas de *R. indica*.

CAPÍTULO 3

Bioatividade do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq. a *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) e seletividade ao predador *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae)

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*Neotropical Entomology*”

Resumo – O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), é uma das principais pragas da cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no mundo. O controle químico dessa praga pode resultar em intoxicação a pessoas e animais, prejuízos ambientais e aumento nos custos de produção. O ácaro predador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em associação com *R. indica* em diversos países no mundo e pode auxiliar no seu controle. Portanto, é desejável que os fitoquímicos utilizados no controle de *R. indica* sejam seletivos aos seus inimigos naturais, a exemplo de *A. largoensis*. No presente estudo, avaliou-se a bioatividade do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* Jacq. a *R. indica* e sua seletividade a *A. largoensis*. O óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* foi tóxico a *R. indica* ($CL_{50} = 1,9$ mg/mL e $CL_{99} = 9,1$ mg/mL). *R. indica* foi atraído por até 24 horas para áreas tratadas com as CL_{50} e CL_{75} do óleo. As CL_{25} , CL_{50} e CL_{75} do óleo essencial causaram redução na taxa de crescimento de *R. indica*, indicando que o óleo pode levar a praga à extinção, enquanto a CL_{99} causou a inviabilidade de 80% dos seus ovos. No entanto, a CL_{50} do óleo essencial, estimada para *R. indica*, causou redução da taxa de crescimento de *A. largoensis* e a CL_{99} causou mortalidade superior a 90%. Portanto, o óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* por ser tóxico e atrativo a *R. indica*, poderia ser usado como uma armadilha para atrair e matar a praga.

Palavras-chaves: ácaro-vermelho-das-palmeiras, erva-baleeira, fitoquímicos, toxicidade, *Cocos nucifera*

**Bioactivity of *Varronia curassavica* Jacq. essential oil to *Raoiella indica* Hirst
(Acari: Tenuipalpidae) and selectivity to the predator *Amblyseius largoensis* Muma
(Acari: Phytoseiidae)**

Abstract – The red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) is a major pest of coconut (*Cocos nucifera* L.) plantations worldwide. Chemical control of this pest can result in intoxication of people and animals, environmental damage and increased production costs. The predator mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) is found in association with *R. indica* in several countries around the world and may aid in its control. Therefore, it is desirable that the phytochemicals used in the control of *R. indica* are selective to their natural enemies, such as *A. largoensis*. In this study, the bioactivity of the essential oil of the access VCUR 404 of *Varronia curassavica* Jacq. for *R. indica* and its selectivity for *A. largoensis* was evaluated. The essential oil of *V. curassavica* VCUR 404 access was toxic to *R. indica* ($LC_{50} = 1.9$ mg / mL and $LC_{99} = 9.1$ mg / mL). *R. indica* was attracted for up to 24 hours to areas treated with the LC_{50} and LC_{75} of the oil. The LC_{25} , LC_{50} and LC_{75} of the essential oil caused a reduction in the growth rate of *R. indica*, indicating that the oil can lead to the pest to extinction, while the LC_{99} caused inviability of 80% of its eggs. However, the LC_{50} of the essential oil, estimated for *R. indica*, caused a reduction in the growth rate of *A. largoensis* and the LC_{99} caused mortality higher than 90%. Therefore, the essential oil of *V. curassavica* VCUR 404 access for being toxic and attractive to *R. indica* could be used as a trap to attract and kill the pest.

Index terms: red palm mite, erva-baleeira, phytochemicals, toxicity, *Cocos nucifera*

1 Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é um ácaro fitófago invasor (Navia et al. 2014), considerado praga chave do coqueiro e de palmeiras ornamentais no Velho Mundo e que se espalhou pelo Caribe, Flórida e América do Sul (Vásquez et al. 2008, Navia 2011, Carrillo et al. 2012a). Populações desta praga podem atingir altas densidades e causar danos significativos às plantas hospedeiras (Navia et al. 2014). O impacto potencial de *R. indica* é alto, particularmente para plantas como coqueiro (*Coco nucifera* L.), bananeira (*Musa sp.*), flores das famílias Heliconiaceae, Musaceae, Zingiberaceae, Strelitziaceae e palmeiras nativas (Navia et al. 2012, Amaro e Morais 2013).

No Brasil, embora não haja agrotóxicos registrados para o controle de *R. indica* (AGROFIT 2018), alguns ingredientes ativos como abamectina e milbemectina tem se mostrado eficientes para a redução da população do ácaro-vermelho-das-palmeiras em testes de laboratório, no entanto, esses ingredientes ativos também foram tóxicos a *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) (Assis et al. 2012). Espiromesifeno, dicofol e acequinocyl também foram eficientes na redução da população de *R. indica* em coqueiros em Porto Rico (Rodrigues e Peña 2012). Fenazaquin e milbemectina foram mais tóxicos a adultos de *R. indica*, em comparação com abamectina e difocol em condições de de laboratório no México (Sánchez-Vázquez et al. 2017). O uso contínuo de acaricidas em coqueiro, principal hospedeiro de *R. indica*, aumenta os custos de produção, podendo também, elevar os riscos com intoxicação e causar prejuízos ambientais (Carrillo et al. 2012b, Moraes et al. 2012, Navia et al. 2014).

Na busca por métodos eficientes de controle do ácaro-vermelho-das-palmeiras, estudos estão sendo realizados a fim de reduzir os danos causados por essa praga em áreas

de produção. Entre os métodos pesquisados estão o controle químico (Rodrigues e Peña 2012; Assis et al. 2013, a resistência de plantas (Rodrigues e Irish 2012) e o controle biológico (Rodríguez et al. 2010, Carrillo e Peña 2012, Domingos et al. 2012). *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae), um predador generalista do tipo III (McMurtry e Croft 1997), é comumente encontrado em associação com *R. indica* em cultivos de coqueiro, e pode auxiliar no controle biológico desta praga em campo (Carrillo e Peña 2012, Taylor et al. 2012, Carrillo et al. 2014). Por isso, é desejável que produtos usados no controle de *R. indica* sejam seletivos a inimigos naturais, a exemplo de *A. largoensis*.

Metabólitos secundários de origem vegetal podem ser utilizados para o manejo de pragas (Isman, 2008, Marcic, 2012). Os fitoquímicos são, geralmente, compatíveis com organismos benéficos e não-alvo, são menos danosos que os defensivos químicos convencionais por serem biodegradáveis e menos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente (Saraf e Dixit 2002, Marcic 2012). No entanto, alguns fitoquímicos não são compatíveis com inimigos naturais, como por exemplo, o extrato aquoso de louro, *Laurus nobilis* L. (Lauraceae), que causou mortalidade de 80% no ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) (Veronez et al. 2012). Similarmente, os óleos essenciais de citronela, *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle (Poaceae), hortelã-pimenta, *Mentha piperita* L. (Lamiaceae) e sálvia, *Salvia officinalis* L. (Lamiaceae) causaram mortalidade de 100% nesse predador (Choi et al. 2004).

A erva-baleeira, *Varronia curassavica* Jacq. (Boraginaceae), é uma espécie medicinal nativa do Brasil (Gasparino e Barros 2009), com ampla distribuição no território brasileiro (Bayeux et al. 2002). O óleo essencial de *V. curassavica* é constituído por terpenoides, principalmente mono e sesquiterpenos (Ioset et al. 2000, Santos et al. 2006, Feijó et al. 2014). Além das propriedades medicinais, diversos autores relataram

que o óleo essencial de *V. curassavica* possui atividade bactericida (Carvalho Jr et al. 2004, Meccia et al. 2009), larvicida (Santos et al. 2006) e fungicida (Hoyos et al. 2012, Silva et al. 2014, Nizio et al. 2015). No entanto, não há estudos sobre o efeito do óleo essencial de *V. curassavica* sobre ácaros fitófagos e sua compatibilidade com ácaros predadores. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a atividade acaricida do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* a *R. indica* e a seletividade ao ácaro predador *A. largoensis*.

2 Material e Métodos

2.1 Material vegetal, extração e análise química

O óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* foi cedido pelo Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais e Óleos essenciais da Universidade Federal de Sergipe.

O acesso VCUR 404 de *V. curassavica* foi coletado do Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas que está implantado no Horto de Plantas Medicinais da Fazenda Experimental "Campus Rural da UFS", localizada no Município de São Cristóvão– SE (11°00' S, 37° 12' O).

Partes aéreas de *V. curassavica* foram coletadas com o auxílio de uma tesoura de poda e desfolhadas manualmente e secas a 40 ± 1 °C por 5 dias em estufa (Marconi MA 037) (Sant'ana et al. 2010). O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger modificado, acoplado a um balão de fundo redondo de 3000 mL. Foram utilizadas 50g de folhas secas para dois litros de água destilada (Ehlert et al. 2006). Após extração, o óleo essencial foi separado da fase aquosa, acondicionado em frasco de vidro âmbar e mantido à -20 °C até a análise da composição química e utilização.

A análise da composição química do óleo essencial foi realizada utilizando Cromatografia Gasosa, acoplada à Espectrometria de Massas e Cromatografia Gasosa, acoplada por Detector Iônico de Chamas (CG/EM/DIC) por meio do equipamento (GCMSQP2010 Ultra, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão) equipado com um amostrador com injeção automática AOC-20i (Shimadzu). As separações foram realizadas em uma coluna capilar de sílica fundida Rtx®-5MS Restek (5%-difenil-95%-dimetilpolisiloxano) 30 m x 0,25 mm de diâmetro interno, 0,25 µm de espessura de filme, em um fluxo constante de Hélio ultrapuro 5.0 com taxa de 1,0 mL min⁻¹. A temperatura de injeção foi de 280 °C, 1,0 µL (10 mg mL⁻¹), com uma razão de split de 1:30. A programação de temperatura do forno foi iniciada a partir de 50 °C (mantida isotermicamente por 1,5 min), com um aumento de 4 °C min⁻¹, até 200 °C, em seguida, a 10 °C min⁻¹ até 300 °C, permanecendo por 5 min. Para o CG/EM as moléculas foram ionizadas por elétrons com energia de 70 eV. Os fragmentos analisados por um sistema quadrupolar programado para filtrar fragmentos/íons com m/z na ordem de 40 a 500 Da e detectados por um multiplicador de elétrons. O processamento de dados foi realizado com software CGMS Postrun Analysis (Labsolutions-Shimadzu).

A identificação dos constituintes foi realizada com base na comparação dos índices de retenção da literatura (Adams 2007). Para o índice de retenção foi utilizada a equação de Van den Dool e Kratz (1963) em relação a uma série homóloga de n-alcenos (nC9-nC31). Também foram utilizadas três bibliotecas do equipamento WILEY8, NIST107 e NIST21 que permite a comparação dos dados dos espectros com aqueles constantes das bibliotecas utilizando um índice de similaridade de 80%.

2.2 Obtenção e criação de *A. largoensis* e *R. indica*

A colônia de *A. largoensis* foi iniciada com indivíduos coletados de folíolos de coqueiro na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE (10°56'46"S; 37°03'12"O). Colônias de *A. largoensis* foram mantidas em laboratório (temperatura de $27,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo natural) em arenas confeccionadas em pedaços de PVC preto (22 cm de comprimento x 12 cm de largura) sobre uma espuma de poliuretano (24 cm de comprimento x 14 cm de largura x 3,0 cm de espessura) saturada com água destilada em uma bandeja plástica (24 cm de comprimento x 14,5 cm de largura x 5,3 cm de profundidade). Ao redor do PVC foi colocada uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros predadores. Fios de algodão recobertos com uma lamínula (18 mm x 18 mm) foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. Os ácaros foram alimentados com pólen de mamona, *R. indica* (todas as fases) e mel a 10% a cada dois dias.

Folíolos contendo teliocrisálidas de *R. indica* foram coletados de coqueiros da Embrapa Tabuleiros Costeiros e mantidos em tubos plásticos transparentes (52 cm de comprimento x 5,5 cm de diâmetro) colocados em potes de vidro com água na base para manter sua turgescência durante 48 horas, até a emergência das fêmeas.

2.3 Toxicidade do óleo essencial de *V. curassavica* a *R. indica*

Bioensaios de concentração-mortalidade foram realizados para determinar as concentrações letais (CL) do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* a *R. indica*. As concentrações do óleo essencial utilizadas foram selecionadas por meio de bioensaios preliminares, e situaram-se entre os limites inferior (0%) e o superior (100%) de mortalidade a *R. indica*. As concentrações utilizadas para *R. indica* variaram de 0,8mg/mL a 7,6mg/mL do óleo essencial dissolvido em acetona.

Arenas foram confeccionadas com pedaços do folíolo de coqueiro (2,5 cm de largura x 8 cm de comprimento) com a face abaxial virada para cima colocados em placas de Petri (15 cm de diâmetro x 1,3 cm de profundidade). A epiderme foi coberta por uma mistura composta por 5% de ágar (ágar bacteriológico puro), 0,3% de metil parabeno (Nipagim®) como fungicida e água destilada. Uma área de 2,0 cm de diâmetro foi aberta com o auxílio de um vazador expondo a área da epiderme do folíolo que serviu de unidade experimental.

Trinta fêmeas de *R. indica* foram transferidas com um auxílio de um pincel para cada arena. Sete arenas (repetições) foram utilizadas para cada concentração do óleo essencial testado. O tratamento controle foi pulverizado apenas com acetona. Trinta minutos após a pulverização, as arenas foram cobertas com filme de pvc transparente e foram mantidas em condições controladas (26 ± 2 °C; $70 \pm 2\%$ de UR, 12 horas de fotoperíodo).

O óleo foi pulverizado por meio de uma torre de Potter (Burkard, Rickmansworth, Reino Unido) a uma pressão de 5psi/pol² e um volume de calda de 9,3 mL, o que corresponde a um depósito de 1,38 mg/cm² de acordo com a recomendação da IOBC/WPRS (International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section) (Hassan et al. 1994).

2.4 Repelência do óleo essencial de *V. curassavica* a *R. indica*

Bioensaios de repelência foram realizados utilizando as CL₂₅, CL₅₀ e CL₇₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica*, estimadas anteriormente para *R. indica*. As concentrações do óleo foram pulverizadas em arenas preparadas conforme descrição anterior nos bioensaios de toxicidade, no entanto as arenas tinham uma metade tratada e a outra não tratada com o óleo (Teodoro et al. 2009, Silva 2014). A área não tratada foi coberta com duas camadas de fita adesiva durante a pulverização do produto. Trinta

minutos após a pulverização das arenas, 30 fêmeas de *R. indica* foram transferidas para o centro de cada arena, sobre um pedaço de plástico atóxico (7mm²). As arenas foram cobertas com filme de pvc transparente e mantidas em condições controladas (26 ± 2 °C; 70 ± 2% de UR, 12 horas de fotoperíodo). Foram usadas 10 repetições por tratamento. As avaliações foram realizadas após 1, 3, 6 e 24 horas por meio do registro de indivíduos de *R. indica* em cada área da arena. Ácaros mortos em cada área foram contabilizados.

2.5 Efeito do óleo essencial na taxa instantânea de crescimento de *R. indica*

A taxa instantânea de crescimento (r_i) foi usada para avaliar a influência do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* na taxa de crescimento de *R. indica*. A r_i é uma medida de crescimento populacional em determinado período de tempo e pode ser utilizada para estimar o aumento das populações de artrópodes (Walthall; Stark 1997; Stark; Banks, 2003). A confecção das arenas e a pulverização foram feitas conforme descrito no bioensaio de toxicidade. Para cada arena foram transferidas 20 fêmeas e 10 machos, totalizando 30 ácaros por repetição, com 10 repetições por tratamento. As arenas foram pulverizadas com as CL₂₅, CL₅₀ e CL₇₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica*, e mantidas em ambiente controlado (26 ± 2 °C; 70 ± 2% de UR e 12h de fotoperíodo) por 24 horas. Após esse período, os ácaros de cada arena foram transferidos para folíolos de coqueiro livres de outros organismos. Os folíolos (4 cm de largura x 40 cm de comprimento, aproximadamente) foram fixados em uma espuma de poliuretano e introduzidos em tubos plásticos transparentes (52 cm de comprimento x 5,5 cm de diâmetro). Cada tubo foi mantido num recipiente com água até a altura da espuma, para manter a turgescência do folíolo e garantir a alimentação dos ácaros, por um período de 10 dias. O tratamento controle foi pulverizado apenas com acetona.

2.6 Efeito ovicida do óleo essencial a *R. indica*

O efeito ovicida do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* a *R. indica* foi testado de acordo com metodologia modificada de Roy et al. (2016). Fêmeas de *R. indica* foram coletadas 48 horas antes da realização dos bioensaios e os ovos colocados nesse período foram usados no experimento. As unidades experimentais foram constituídas de pedaços de folíolos (5 cm de comprimento x 2 cm de largura) contendo 100 ovos, colocados em placa de Petri sobre papel filtro umedecido e em seguida pulverizados com as CL₂₅, CL₅₀, CL₇₅ e CL₉₉ do óleo essencial, conforme o descrito no bioensaio de toxicidade para *R. indica*. Trinta minutos após a pulverização, as placas foram cobertas com filme de pvc transparente e mantidas em condições controladas (26 ± 2 °C; 70 ± 2% de UR e 12h de fotoperíodo) pelo período de avaliação. Foram usadas 10 repetições (folíolos com 100 ovos) por tratamento. O tratamento controle foi pulverizado somente com acetona. As eclosões foram registradas após 8 dias.

2.7 Seletividade do óleo essencial de *V. curassavica* a *A. largoensis*

Para avaliar a seletividade do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* a *A. largoensis*, dez fêmeas do predador (8 a 10 dias de idade) foram transferidas para cada arena e pulverizadas com as CL₅₀ e CL₉₉ do óleo essencial, previamente estimadas para *R. indica*. Seis repetições (arenas) foram utilizadas para cada concentração do óleo essencial testada. As arenas foram confeccionadas em discos de PVC (4,5cm de diâmetro) sobre uma espuma de poliuretano (4,5 cm de diâmetro x 2,5 cm de espessura) saturada com água destilada em um recipiente plástico (5 cm de diâmetro x 4 cm de profundidade). As fêmeas do predador foram alimentadas com pólen de mamona colocado sobre pedaços de PVC transparente de 0,5 cm² para evitar o contato com o óleo. Ácaros que não se moviam até o comprimento do seu corpo ao serem tocados levemente com um pincel após 24 horas foram considerados mortos.

2.8 Efeito do óleo essencial na taxa instantânea de crescimento de *A. largoensis*

Para avaliar a influência do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* na taxa de crescimento do predador, arenas contendo seis fêmeas e dois machos foram pulverizadas com a CL₅₀ do óleo essencial e o tratamento controle pulverizado com acetona, utilizando as mesmas arenas descritas no bioensaio de toxicidade ao predador. Foram utilizadas dez arenas para cada tratamento. Após 24h, os ácaros foram transferidos para arenas confeccionadas em discos de PVC (5 cm de diâmetro) flutuando em placas de Petri sem tampa (9 cm de diâmetro por 1,5 cm de profundidade) contendo água destilada para evitar a sua fuga (Reis et al. 1998). No centro de cada arena foi feito um orifício para passagem de um alfinete colado no fundo da placa de Petri com cola de silicone. As fêmeas do predador foram alimentadas com pólen de mamona colocado sobre pedaços de PVC transparente de 0,5 cm² para evitar o contato com o óleo essencial.

2.9 Análises estatísticas

Para obtenção da curva de concentração-resposta para o óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* a *R. indica*, os dados de mortalidade foram submetidos a análises de Probit utilizando o procedimento PROC PROBIT (SAS Institute 2008).

Os dados obtidos para o bioensaio de repelência com o óleo essencial de *V. curassavica* foram submetidos à análise de frequência pelo teste de qui-quadrado utilizando o PROC FREQ do software SAS (SAS Institute 2008).

A taxa instantânea de crescimento foi calculada usando a equação: $r_i = [\ln(N_f/N_i)]/T$, onde N_f é o número final de ácaros vivos (incluindo ovos e imaturos), N_i é o número inicial de ácaros vivos e T é o número de duração do experimento (10 dias) (Walthall and Stark, 1997). Os dados da taxa instantânea de crescimento obtidos para

R.indica foram submetidos a análise de regressão pelo PROC REG do software SAS (SAS Institute 2008).

Para efeito ovicida, os dados de inviabilidade dos ovos obtidos para cada tratamento foram submetidos a análise de regressão pelo PROC REG do software SAS (SAS Institute 2008).

Os dados de porcentagens de mortalidade obtidos no bioensaio de seletividade do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* ao predador *A. largoensis* e os dados da taxa instantânea de crescimento obtidos para *A. largoensis* foram comparados pelo PROC T-TEST (SAS Institute 2008).

3 Resultados

Foram detectados 39 compostos no óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica*, dos quais 28 foram identificados. O óleo apresentou *ar-turmerona* (17,90%) como composto majoritário, seguido pelos compostos *trans-cariofileno* (5,59%) e *turmerona* (4,74%) (Tabela 1).

O óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* foi tóxico a *R. indica* ($CL_{50} = 1,90$ mg/mL e $CL_{99} = 9,06$ mg/mL) (Tabela 2). As CL_{50} e CL_{99} do óleo, estimadas para *R. indica*, causaram mortalidade no ácaro predador *A. largoensis* de $8,33\% \pm 4,01$ e $93,33\% \pm 4,02$, respectivamente ($t=14,90$; $GL=10$; $P=<0.0001$).

O óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* não foi repelente a *R. indica*. A CL_{25} foi neutra nas quatro avaliações (Figura 1), enquanto a CL_{50} (Figura 2) teve atividade atraente a *R. indica* às 3, 6 e 24 horas após a pulverização. A CL_{75} (Figura 3) do óleo essencial também foi atraente após 6 e 24 horas. A porcentagem de mortalidade nas áreas tratadas com as CL_{25} , CL_{50} e CL_{75} foi de 7,14%, 14,37% e 42,9%, respectivamente.

A taxa instantânea de crescimento de *R. indica* diminuiu com o aumento da concentração do óleo essencial indicando uma tendência à extinção de *R. indica* (Figura 4). A taxa de crescimento de *A. largoensis* foi positiva ($r_i = 0,04 \pm 0,01$) no controle e negativa ($r_i = -0,06 \pm 0,02$) quando tratada com a CL₅₀ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* ($t = 2,96$; GL = 18; P = 0.008) indicando uma tendência à extinção do ácaro predador (Figura 5).

As CL₂₅, CL₅₀ e CL₇₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica*, não afetaram a eclosão dos ovos de *R. indica*. A eclosão foi afetada apenas pela CL₉₉, que causou a inviabilidade de 80% dos ovos (Figura 6).

4 Discussão

Os principais compostos identificados no óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* foram *ar*-turmerona (17,90%), *trans*-cariofileno (5,59%) e turmerona (4,74%). Na literatura, os compostos mais detectados e relatados em trabalhos envolvendo o óleo essencial de outros acessos de *V. curassavica* são α -pineno (11,72 - 29,70%), (*E*)-cariofileno (9,99 - 25,30%), biciclogermacreno (2,70 - 13,80%) e aloaromadendreno (10%) (Iosset et al. 2000, Carvalho Jr. et al. 2004, Santos et al. 2006, Feijó et al. 2014). A variação no conteúdo dos metabólitos secundários pode ser devido tanto a características genéticas como a fatores ambientais. Os monoterpenos e sesquiterpenos são metabólitos em óleos essenciais muitas vezes sujeitos a variações devido a fatores abióticos como a fertilização do solo, a intensidade luminosa e a época de colheita (Pegoraro et al. 2010, Blank et al. 2012, Feijó et al. 2014).

O composto majoritário *ar*-turmerona é um sesquiterpeno monocíclico (DRUGFUTUR 2017), que possui várias atividades biológicas reportadas na literatura, entre elas mosquiticida sobre larvas de *Aedes aegyptii* (Diptera: Culicidae) (Roth et al.

1998), ação inseticida sobre *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae) e *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) (Lee et al. 2001) e atividade antifúngica sobre patógenos de vegetais (Lee et al. 2003). A *ar*-turmerona esteve entre os principais constituintes identificados nos acessos VAC 409 (9,41%), VAC 413 (14,66%), VAC 422 (15,73%), VAC 802 (11,37%), VAC 803 (15,35) VAC 811 (9,03) de *V. curassavica* na caracterização da diversidade química do óleo essencial de populações nativas de *V. curassavica* no estado de Sergipe (Nizio et al., 2015).

A bioatividade do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* provavelmente está associada aos compostos terpênicos presentes, como o composto majoritário *ar*-tumerona. Adicionalmente, é possível que tenha havido um sinergismo entre os compostos presentes no óleo essencial, causando a mortalidade, atração e redução na taxa de crescimento de *R. indica*. Devido à grande variabilidade de compostos terpênicos, os efeitos biológicos dos óleos essenciais podem ser um resultado sinérgico de todas as substâncias ou apenas dos componentes majoritários (Peñuelas e Munné-Bosch 2005).

A mortalidade causada pela CL₅₀ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* ao ácaro predador foi seis vezes menor que a mortalidade de *R. indica*. No entanto, a mortalidade do predador e da praga causada pela CL₉₉ foi similar, demonstrando que o óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* não possui seletividade ao predador. Os óleos essenciais apresentam efeito tóxico aos ácaros, pois penetram seu corpo por meio da cutícula, que corresponde à sua superfície respiratória (Moraes e Flechtmann 2008).

As CL₅₀ e CL₇₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* foram atraentes para *R. indica* após 3, 6 e 24 horas e 6 e 24 horas, respectivamente. Observou-se que ao serem atraídos para a área tratada, alguns ácaros morriam ao entrar em contato

com o óleo essencial. Essa atratividade do óleo poderia ser usada como uma armadilha do tipo “atrai e mata”, pois além de atrair a praga, o óleo essencial também é tóxico a ela. No entanto, não foi possível identificar qual ou quais compostos presentes no óleo causaram atração a *R. indica*, por isso, mais estudos são necessários para caracterizar melhor a atratividade do óleo a essa praga.

Houve redução da taxa instantânea de crescimento de *R. indica* com o aumento das concentrações do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica*, indicando que o óleo essencial pode levar a praga à extinção. Na CL₇₅, por exemplo, foi possível estimar r_i apenas para três repetições de *R. indica*. Similarmente, extratos de óleo de torta, de sementes e de folhas de nin, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), causaram a extinção das populações do ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) (Mourão et al. 2004). A CL₅₀ do óleo essencial de *V. curassavica*, também causou redução na taxa de crescimento do predador *A. largoensis*, demonstrando que o óleo essencial não possui compatibilidade com o ácaro predador. Nesse caso, para ser usado no controle biológico aplicado, é necessário que o tempo de liberação do predador seja selecionado corretamente para minimizar o efeito colateral pela toxicidade residual do óleo essencial (Choi et al. 2004).

A CL₉₉ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* causou inviabilidade de 80% dos ovos de *R. indica*. Considerando que *R. indica* é uma praga com um alto potencial biótico (Carrillo e Peña 2012), e uma fêmea pode colocar de 27 até 160 ovos ao longo do seu ciclo (Moutia 1958), um composto bioativo que cause a inviabilidade de ovos, e mortalidade nas fases móveis, pode ser considerado promissor para o seu controle.

O óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* possui características promissoras para o controle do ácaro-vermelho-das-palmeiras como atividade acaricida, ovicida e redução da taxa de crescimento populacional de *R. indica*. Além disso, o óleo essencial possui atratividade à praga, característica que pode ser usada como armadilha para atrair e matar os ácaros fitófagos. No entanto, o óleo não foi seletivo ao ácaro predador *A. largoensis*. Portanto, são necessários estudos para determinar como outros predadores de *R. indica* podem ser afetados pelo óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica*.

5 Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo para primeira autora e ao Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais e Óleos essenciais da Universidade Federal de Sergipe pelo óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica*.

Referências

- Adams RP (2007) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy, 4th Edition. Illinois USA: Allured Publishing Corporation, Carol Stream 804p.
- AGROFIT- Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 14 fev. 2018
- Amaro G, Morais EG (2013) Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. *Exp Appl Acarol* 60: 342-355.
- Assis CPO, Morais EGF, Gondim Jr MGC (2012) Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). *Exp Appl Acarol* 60: 357-365.
- Bayeux MC; Fernandes AT, Foglio MA, Carvalho JE (2002) Evaluation of the antiedematogenic activity of artemetin isolated from *Cordia curassavica* D.C. *Bras J Med Bol Res* 35: 1229-1232.

Blank AF; Silva AC; Arrigoni-Blank MF; Santos WM; Santana ADD (2012) Espaçamento de plantio e intervalos de colheita na biomassa e no óleo essencial de gerânio. Hort Bras 30: 740-746.

Carrillo D, Peña JE (2012) Prey-stage preferences and functional numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp Appl Acarol 57: 361-372.

Carrillo D, Amalin D, Hosein F, Roda A, Duncan RE, Peña JE (2012a) Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. Exp Appl Acarol 57: 271-289.

Carrillo D, Frank JH, Rodrigues JCV, Peña JE (2012b) A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp Appl Acarol 57: 347-360.

Carrillo D, Hoy MA, Peña JE (2014) Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by predator exclusion and predator release techniques. Fla Entomol 97: 256-261.

Carvalho Jr PM, Rodrigues RFO, Sawaya ACHF, Marques MOM, Shimizu MT (2004) Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* DC. J Ethopharmacol 95: 297-301.

Choi W-I, Lee S-G, Park H-M, Ahn Y-J (2004) Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). J Econ Entomol 97: 553-558.

Domingos CA, Oliveira LO, Morais EGF, Navia D, Moraes GJ, Gondim Jr MGC (2012) Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp Appl Acarol 60: 83-93.

DRUGFUTURE (2017) Disponível em: <<http://www.drugfuture.com/chemdata/arturmerone.html>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

Ehlert PAD, Blank AF, Arrigoni-Blank MF, Paula JWA, Campos DA, Alviano CS (2006) Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de plantas medicinais. Rev Bras Plantas Med 8: 79-80.

Feijó EVRS, Oliveira RA, Costa LCB (2014) Light affects *Varronia curassavica* essential oil yield by increasing trichomes frequency. Rev Bras Farmacogn 24: 516-523.

Gasparino, EC, Barros MAVC (2009) Palinotaxonomia das espécies de Cordiaceae (Boraginales) ocorrentes no Estado de São Paulo. Rev Bras Bot 32: 33-55.

Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, Boller E, Brun J, Calis JNM, Coremans-Pelseneer J, Duso C, Grove A, Heimlich U, Helyer N, Hokkanen H, Lewis GB, Mansour F, Moreth L, Polgar L, Samsoe-Petersen L, Sauphanor B, Stäubli A, Sterk G, Vainio A, Veire MV, Viggiani G, Vogt H (1994) Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS. Entomop 39: 107-119.

- Hoyos JMA, Alves E, Rozwalka LC, Souza EA, Zeviani WM (2012) Antifungal activity and ultrastructural alterations in *Pseudocercospora griseola* treated with essential oils. *Ciênc Agrotecnol* 36: 270-284.
- Ioset JR, Marston A, Gupta MP, Hostettmann K (2000) Antifungal and larvicidal cordiaquinones from the roots of *Cordia curassavica*. *Phytochemistry* 53: 613-617.
- Isman MB (2008) Perspective botanical insecticides: for richer, for poorer. *Pest Manag Sci* 64: 8-11.
- Lee HS, Shin WK, Song C, Cho KY, Ahn YJ (2001) Insecticidal activities of ar-turmerone identified in *Curcuma longa* L. rhizome against *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae) and *Plutella xyostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). *J Asia Pac Entomol* 4: 181-185.
- Lee HS, Choi KJ, Cho KY, Ahn YJ (2003) Fungicidal Activity of *ar*-Turmerone Identified in *Curcuma longa* Rhizome against Six Phytopathogenic Fungi. *Agric Chem Biotechnol* 46: 25-28.
- Marcic D (2012) Acaricides in modern management of plant-feeding mites. *J Pest Sci* 85: 395-408.
- McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. *An Rev Entomol* 42: 291-321.
- Meccia G, Rojas LB, Velasco J, Díaz T, Usubillaga A, Arzola JC, Ramos S (2009) Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* from the Venezuelan Andes. *Nat Prod Commun* 4: 1119-1122.
- Moraes GJ, Flechtmann CHW (2008) Manual de acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto, Holos Editora, 288p.
- Moraes GJ, Castro TMMG, Kreiter S, Quilici S, Gondim Jr MG, De Sá LAN (2012) Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). *Acarologia* 52: 129-134.
- Mourão SA, Zanuncio JC, Pallini Filho A, Guedes RNC, Camargos ABC (2004) Toxicidade de extratos de nim (*Azadirachta indica*) ao ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis*. *Pesq agropec bras* 39: 827-830.
- Moutia LA (1958) Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. *Bull Entomol Res* 49: 59-75.
- Navia D, Marsaro Jr AL, Silva FR, Gondim Jr MGC, Moraes GJ (2011) First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. *Neotrop Entomol* 40: 409-411.
- Navia D, Morais EGF, Mendonça RS, Gondim Jr MGC (2012) Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae). In: Zucchi RA, Vilela E (Eds.). *Pragas Introduzidas: Insetos e Ácaros*. São Paulo, FEALQ, 908p.
- Navia D, Domingos CA, Mendonça RS, Ferragut F, Rodrigues MAN, Morais EGF, Tixier M-S, Gondim Jr MGC (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. *Biol Control* 72: 17-29.

Nizio DAC, Brito FA, Sampaio TS, Melo JO, Silva FLS, Gagliardi PR, Arrigoni-Blank MF, Anjos CS, Alves PB, Wisniewski Junior A, Blank AF (2015) Chemical diversity of native populations of *Varronia curassavica* Jacq. and antifungal activity against *Lasiodiplodia theobromae*. *Ind Crops Prod* 76: 437-448.

Peñuelas J, Munné-Bosch S (2005) Isoprenoids: an evolutionary pool for photoprotection. *Trends Plant Sci* 10: 166-169.

Pegoraro RL, Falkenberg MB, Voltolini CH, Santos M, Paulilo MTS (2010) Produção de óleos essenciais em plantas de *Mentha x piperita* var. *piperita* (Lamiaceae) submetidas a diferentes níveis de luz e nutrição do substrato. *Rev bras bot* 33: 631- 637.

Reis PR, Chiavegato LG, Alves EB (1998) Biologia de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). *An Soc Entomol Brasil* 27: 185-191.

Rodrigues JCV, Irish BM (2012) Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol* 57: 309-316.

Rodrigues JCV, Peña JE (2012) Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Exp Appl Acarol* 57: 317-329.

Rodríguez H, Montoya A, Flores-Galano G (2010) Conducta alimentaria de *Amblyseius largoensis* (Muma) sobre *Raoiella indica* Hirst. *Rev Protección Vege* 25: 26-30.

Roth GH, Chandra A, Nair MG (1998) Nobel bioactivities of *Curcuma longa* constituents. *J Nat Prod* 61: 542-5.

Roy S, Handique G, Barua A, Bora FR, Rahman A, Muraleedharan N, (2016) Comparative Performances of *Jatropha* Oil and Garlic Oil with Synthetic Acaricides Against Red Spider Mite Infesting Tea. *Proc Natl Acad Sci India Section B: Biological Sciences* 1-7.

Sánchez-Vázquez EP, Osorio-Osorio R, Hernández-Hernández LU, Hernández-García V, Márquez-Quiroz C, Cruz-Lázaro ED (2017) Toxicidad de acaricidas para el Ácaro Rojo de las palmas *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) / Toxicity of acaricides to the Red Palm Mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Agrociencia* 51: 81-90.

Sant'ana TCP, Blank AF, Vieira SD, Arrigoni-Blank MF, Jesus HCR, Alves PB (2010) Influencia do armazenamento de folhas secas no óleo essencial de patchouli (*Pogostemon cablin* BENTH.). *Quím Nova* 33: 1263-1265.

Santos RP, Nunes EP, Nascimento RF, Santiago GMP, Menezes GHA, Silveira ER, Pessoa ODL (2006) Chemical composition and larvicidal activity of the essential oils of *Cordia leucomalloides* and *Cordia curassavica* from the Northeast of Brazil. *J Braz Chem Soc* 17: 1027-1030.

Saraf DK, Dixit VK (2002) *Spilanthes acmella* Murr.: Study on its extract spilanthol as larvicidal compound. *Asian J Exp Sci* 16: 9-19.

Sas Institute (2008) SAS/STAT User's guide, version 9.2. Cary, North Carolina.

Silva AC, Souza PE, Resende MLV, Silva Jr MB, Ribeiro Jr PM, Zeviani WM (2014) Local and systemic control of powdery mildew in eucalyptus using essential oils and decoctions from traditional Brazilian medicinal plants. *For Pathol* 44: 145-153.

Silva MJS (2014) Controles alternativo e biológico do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). Dissertação (Mestrado em Agroecologia) - Universidade Estadual do Maranhão, Maranhão, Brasil p74.

Stark JD, Banks JE (2003) Population-level effects of pesticides and other toxicants to arthropods. *Annu Rev Entomol* 48: 505-519.

Taylor B, Rahman P.M, Murphy S.T, Sudheendrakumar VV (2012) Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) phytoseiid predators on two host palm species in South-west India. *Exp Appl Acarol* 57: 331-345.

Teodoro AV, Tschardt T, Klein AM (2009) From the laboratory to the field: contrasting effects of multitrophic interactions and agroforestry management on coffee pest densities. *Entomol Exp Appl* 31: 121-129.

Walthall WK, Stark JD (1997) Comparison of two population-level ecotoxicological endpoints: the intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. *Environ Toxicol Chem* 5: 1068-1073.

Van Den Dool H, Kratz PDA (1963) generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J Chromatogr A* 11: 463-471.

Vásquez C, Quirós M, Aponte O, Sandoval DMF (2008) Primer reporte de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en Sur América. *Neotrop Entomol* 37: 739-740.

Veronez B, Sato ME, Nicastro RL (2012) Toxicidade de compostos sintéticos e naturais sobre *Tetranychus urticae* e o predador *Phytoseiulus macropilis*. *Pesq Agropec Bras* 47: 511-518.

Tabela 1. Composição química do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica*.

Pico	Temp Ret	AI Calc	AI Lit	Composto	%FID
1	8.260	906	921	Triciclano	2,53
2	8.595	917	932	α -pineno	0,56
3	9.059	931	946	canfeno	1,94
4	22.700	1369	1387	β -bourboneno	0,35
5	23.198	1386	1389	β -elemeno	0,15
6	23.709	1404	1417	<i>trans</i> -cariofileno	5,59
7	23.855	1409	1434	γ -elemeno	0,65
8	23.973	1414	1432	α - <i>trans</i> -bergamoteno	2,10
9	24.393	1429	1440	farneseno<(Z)- β ->	0,53
10	24.640	1438	1452	α -humuleno	1,94
11	25.213	1459	1479	<i>ar</i> -curcumeno	3,86
12	25.362	1465	1484	germacreno D	1,12
13	25.492	1470	1493	α -zingibereno	0,57
14	25.800	1481	1481	γ -curcumene	0,25
15	25.889	1484	1505	β -bisaboleno	1,36
16	26.328	1501	1521	β -sesquifelandreno	1,67
17	27.226	1536	1561	<i>trans</i> -nerolidol	0,63
18	27.748	1557	1582	<i>ar</i> -turmerol	3,95
19	27.932	1564	1577	espatulenol	4,03
20	28.109	1571	1582	cariofileno óxido	3,83
21	28.417	1583	1595	turmerone < <i>ar</i> -dihydro>	0,85
22	28.756	1596	1608	humuleno epóxido II	1,28
23	29.031	1607	1632	α -acorenol	0,71
24	29.908	1643	1668	<i>ar</i> -turmerona	17,90
25	30.001	1647		turmerona	4,74
26	30.159	1654	1688	farnesol <2,3 dihydro>	3,04
27	30.789	1680		curlona	2,55
28	32.490	1752	1777	atlantone <(E)- α ->	0,79
					69,47

Tabela 2. Concentrações letais (CLs) (mg/mL) do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* a *R. indica* ($\chi^2 = 5,9663$, $P = 0,1133$) estimadas com base em bioensaios de concentração-mortalidade usando análises de Probit.

	mg/mL	(IC)
CL ₁₀	0.80821	0.72452 - 0.88783
CL ₂₅	1.21383	1.12160 - 1.30411
CL ₅₀	1.90726	1.78626 - 2.03990
CL ₇₅	2.99683	2.76734 - 3.28012
CL ₉₉	9.06348	7.71635 - 10.99874

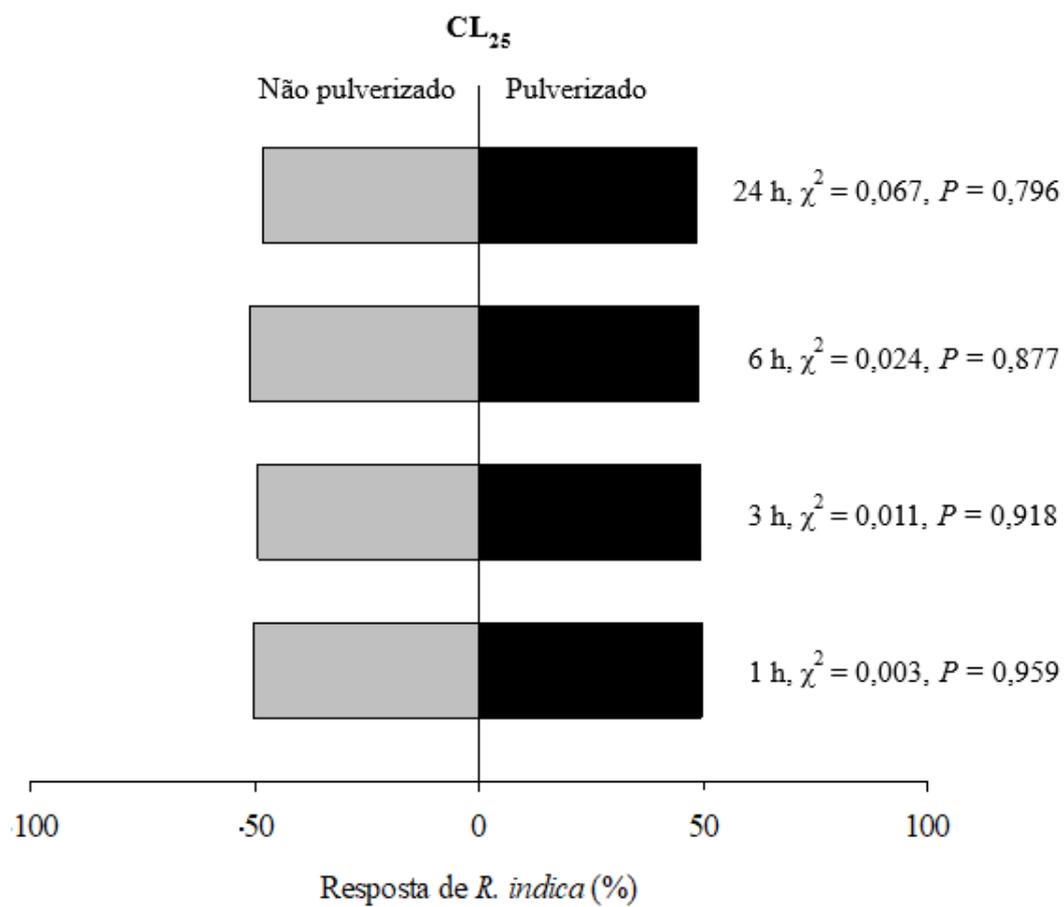


Figura 1. Porcentagem de *Raoiella indica* em áreas pulverizadas (barras pretas) e não pulverizadas (barras cinzas) com a CL₂₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* a *Raoiella indica* após 1, 3, 6 e 24 horas.

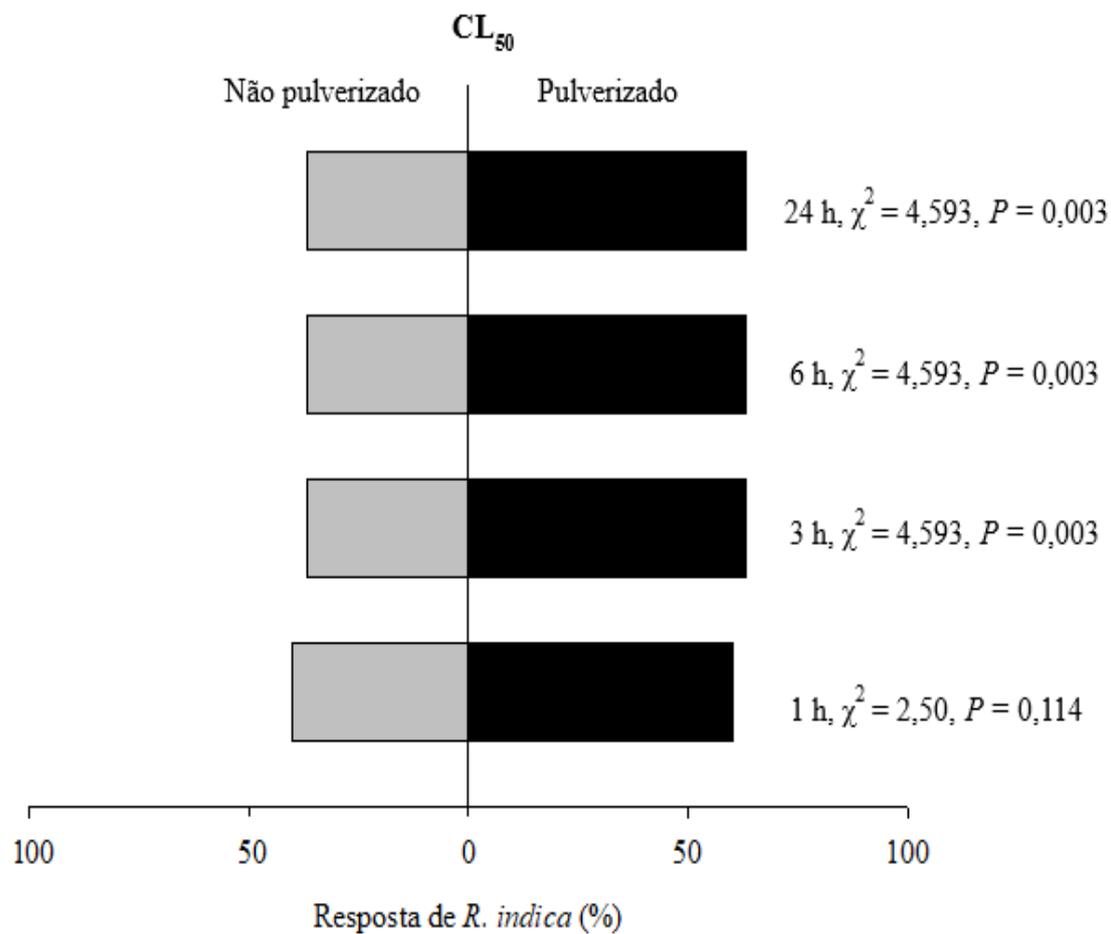


Figura 2. Porcentagem de *Raoiella indica* em áreas pulverizadas (barras pretas) e não pulverizadas (barras cinzas) com a CL_{50} do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* a *Raoiella indica* após 1, 3, 6 e 24 horas.

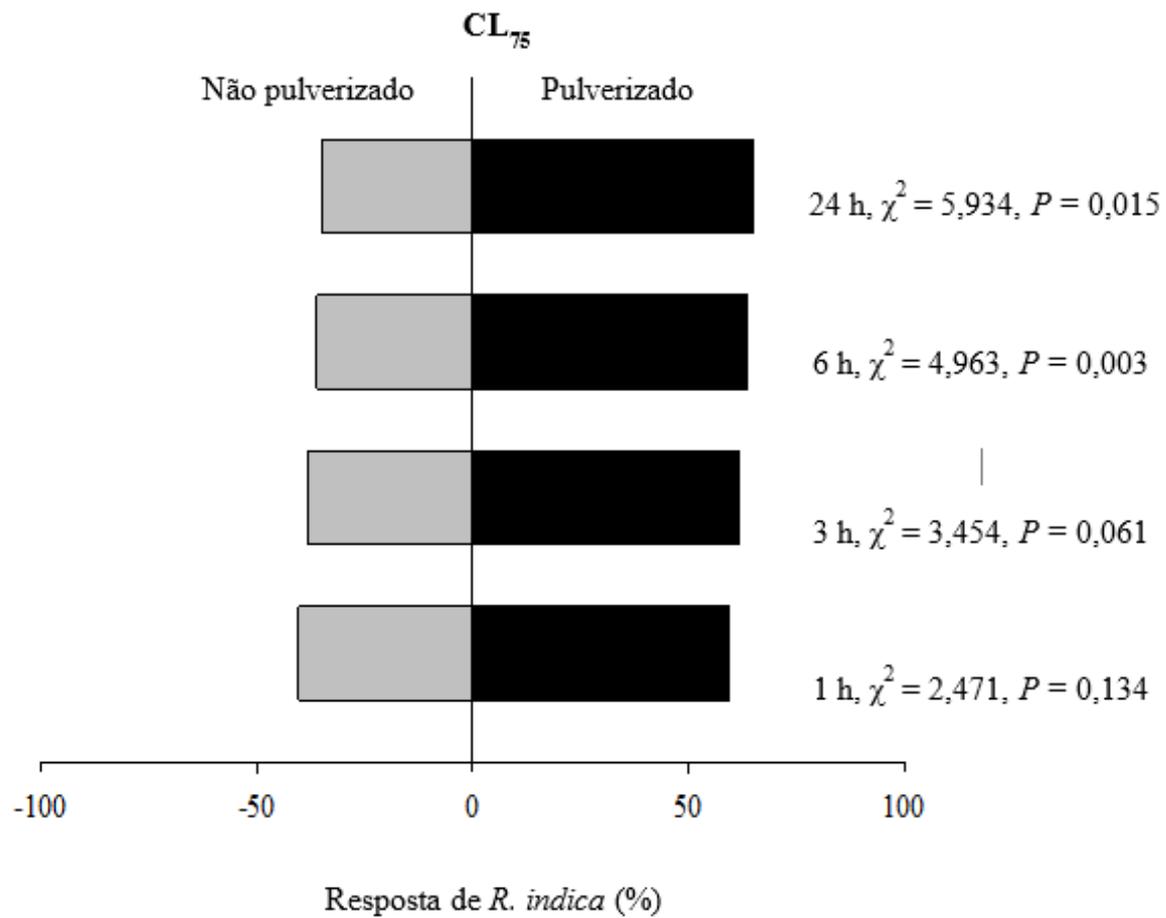


Figura 3. Porcentagem de *Raoiella indica* em áreas pulverizadas (barras pretas) e não pulverizadas (barras cinzas) com a CL₇₅ do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* a *Raoiella indica* após 1, 3, 6 e 24 horas.

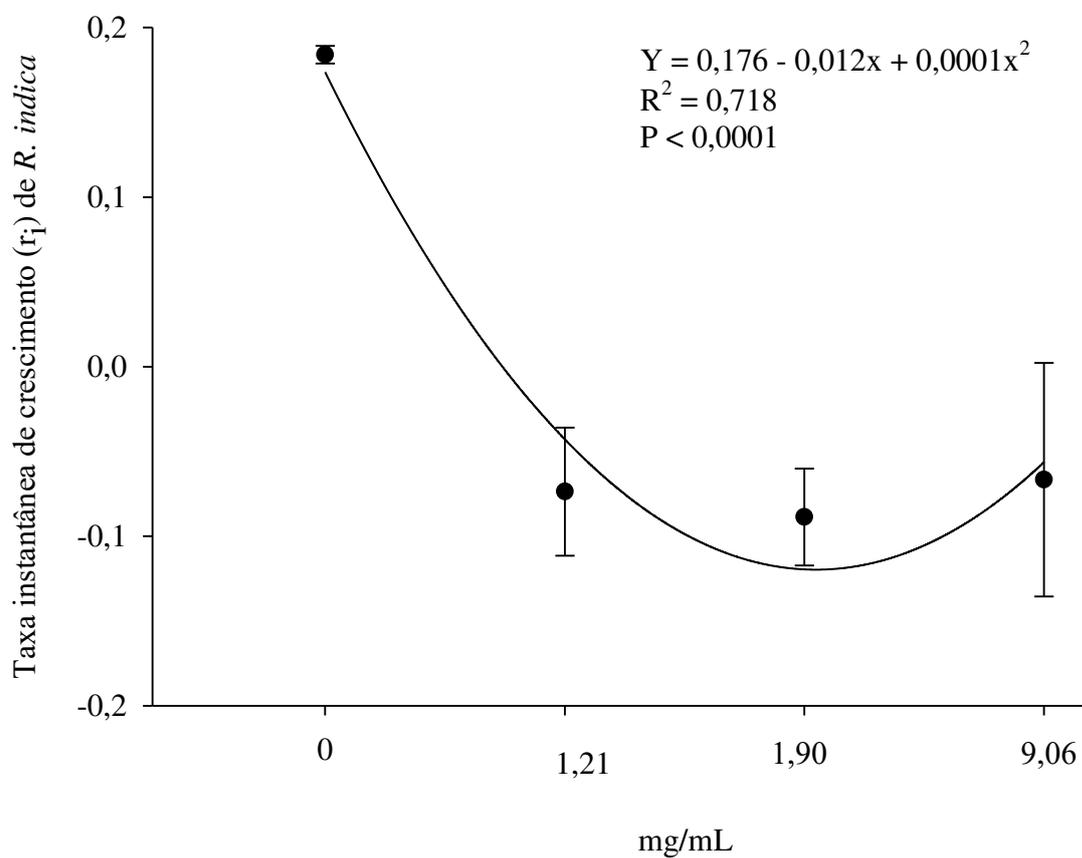


Figura 4. Taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Raoiella indica* exposto as CL₂₅ (1,21 mg/mL), CL₅₀ (1,90 mg/mL) e CL₇₅ (9,06 mg/mL) do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica*.

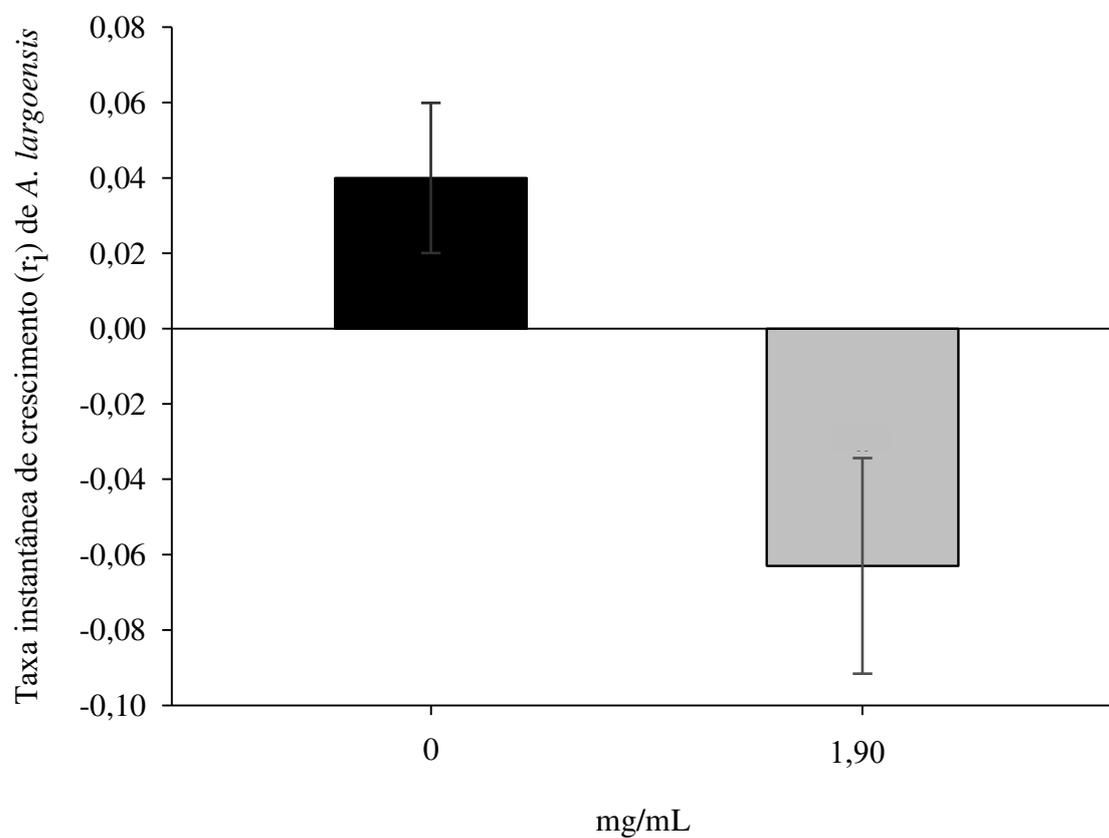


Figura 5. Taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Amblyseius largoensis* exposto à CL_{50} (1,90 mg/mL) do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica*.

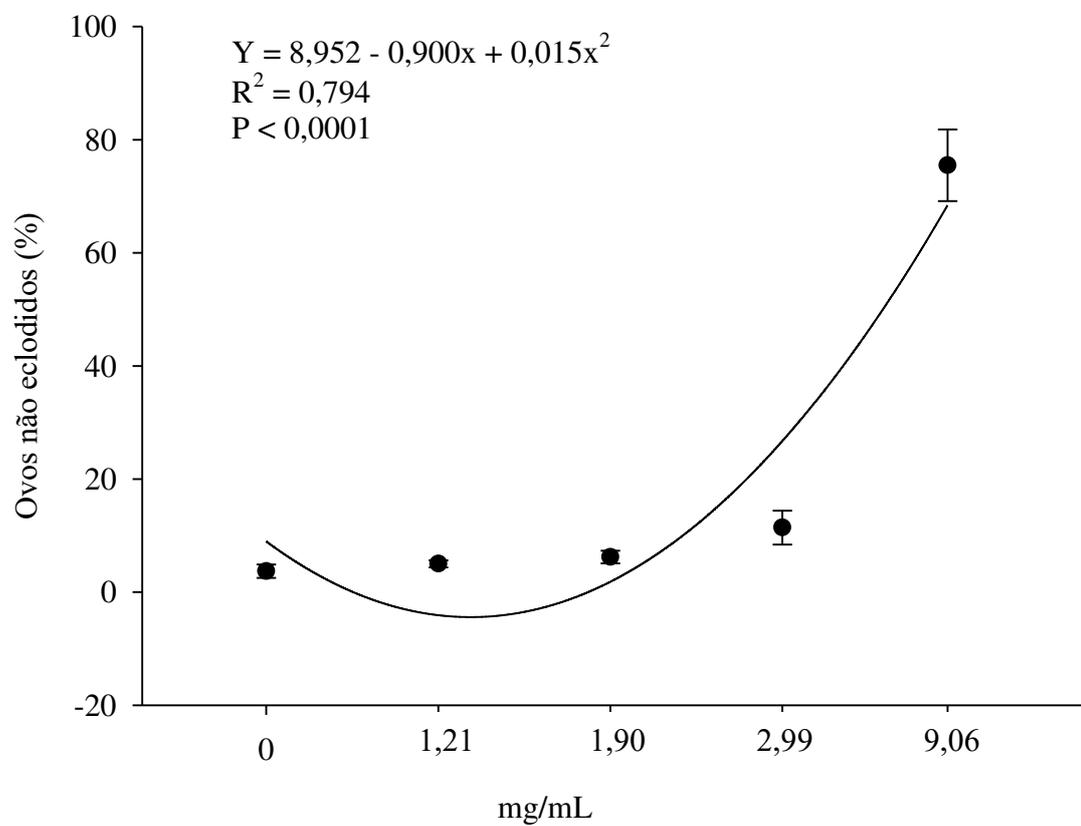


Figura 6. Efeito do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *Varronia curassavica* na eclosão dos ovos de *Raiella indica*.

CONCLUSÃO GERAL

O ácaro predador *A. largoensis* pode contribuir para a redução *R. indica* em baixas densidades e o óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* possui atratividade e toxicidade à *R. indica* e poderia ser usado como uma armadilha que atrai e mata a praga. Apesar do óleo essencial do acesso VCUR 404 de *V. curassavica* não possuir seletividade a *A. largoensis*, ambos podem ser promissores no manejo de *R. indica* em campo, desde que a liberação do ácaro predador seja feita em momento diferente da aplicação do óleo essencial.