



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**CONTROLE VARIETAL E BIOATIVIDADE DO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Lippia gracilis* NO MANEJO DE *Raoiella indica*
(ACARI: TENUIPALPIDAE)**

MARIA CLEZIA DOS SANTOS

2018



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

MARIA CLEZIA DOS SANTOS

**CONTROLE VARIETAL E BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia gracilis* NO
MANEJO DE *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2018

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S237c Santos, Maria Clezia dos.
Controle varietal e bioatividade do óleo essencial de *Lippia gracilis* no manejo de *Raoiella indica* (Acari: tenuipalpidae) / Maria Clezia dos Santos; orientador Adenir Vieira Teodoro. – São Cristóvão, 2018.
41 f.: il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, 2018.

1. Coco. 2. Plantas – Resistência à doenças e pragas. 3. Essências e óleos essenciais. 4. Ácaro de plantas – Controle biológico. I. Teodoro, Adenir Vieira, orient. II. Título.

CDU 634.616

MARIA CLEZIA DOS SANTOS

**CONTROLE VARIETAL E BIOATIVIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia gracilis* NO
MANEJO DE *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Aprovada em 25 de julho de 2018.

Dr. José Guedes de Sena Filho
Embrapa Tabuleiros Costeiros

Prof^a. Dr.^a Shênia Santos Silva
IFAL



Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro
Embrapa Tabuleiros Costeiros
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*Aos meus pais, Eraldina dos Santos e Eladio dos Santos, pelo amor e incentivo em todas as
minhas escolhas.*
Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar meu caminho, pela força e por me sustentar ao longo dessa caminhada.

A minha família, em especial aos meus pais, Eladio dos Santos e Eraldina dos Santos, pela educação, base para minha vida, apoio nos meus estudos, e aos meus irmãos pelo amor, paciência e incentivo.

Ao meu amigo e namorado, companheiro de todas as horas, Adriano Pimentel Farias, pela paciência, dedicação e amor. Obrigada por existir na minha vida!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro, por todos os ensinamentos, confiança e apoio ao longo desta jornada.

A toda equipe do Laboratório de Entomologia, Caroline, Shênia, Flaviana, Eliana, Danúbia, Vanessa, Giselle, Jacilene, Taynara, Mariana, Luis, Amaury e Alex, pelo companheirismo, ajuda e por todos os momentos de lazer. Cada um, ocupa um lugar especial em meu coração! Vocês foram imprescindíveis para o bom andamento deste estudo.

A Flaviana, por todo carinho, atenção e disponibilidade em ajudar na correção deste trabalho.

Ao Dr. José Guedes Sena Filho, por todos os ensinamentos e incentivo para realização deste trabalho.

Ao Campo Experimental de Itaporanga D'Ajuda e a Dr.^a Semíramis Rabelo, curadora do Banco Internacional de Germoplasma de Coco para América Latina e Caribe.

Ao CNPq pela concessão da bolsa e financiamento para realização desta pesquisa.

À banca examinadora pela disponibilidade e contribuição para esta dissertação.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade, especialmente, Ane Caroline, Alisson, Fernanda, Ítala, Kleiton e Deverton, por todo apoio e companheirismo nos momentos de angústia.

Aos amigos Jéssica, Janisson, Raquel, Milania, Jacy, Gabriela e Erica, pela força de sempre nessa caminhada.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

BIOGRAFIA

Maria Clezia dos Santos, brasileira, nasceu na cidade de Capela – Sergipe, em 15 de dezembro de 1992. Filha de Eladio dos Santos e Eraldina dos Santos.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Sergipe – UFS, no ano de 2016. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação Científica e Tecnológica na área de Cultura de Tecidos de Plantas entre os anos de 2012 a 2013, sobre a orientação da Dr.^a Maria de Fátima Arrigoni Blank. Posteriormente, foi estagiária da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Tabuleiros Costeiros) na área de Entomologia Agrícola, entre os anos de 2013 a 2016, trabalhando em estudos sobre utilização de métodos alternativos para o manejo de pragas do coqueiro, sobre a orientação do Dr. Adenir Vieira Teodoro. Após a graduação, iniciou o mestrado no Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade – UFS.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Importância da cultura do coqueiro	2
2.2. Ácaro-vermelho-das-palmeiras.....	2
2.3. Resistência de plantas	4
2.4. Controle biológico	5
2.5. Óleo essencial para o controle de pragas	5
2.6. Óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i>	6
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
4. ARTIGO 1: INFESTAÇÃO NATURAL DE <i>Raoiella indica</i> (ACARI: TENUIPALPIDAE) EM ACESSOS DE COQUEIRO-ANÃO.....	17
Resumo	17
Abstract.....	18
4.1. Introdução	19
4.2. Materiais e Métodos	19
4.2.1. Área experimental.....	19
4.2.2. Avaliação da densidade populacional de <i>R. indica</i>	20
4.2.3. Densidade estomática.....	20
4.3. Resultados	20
4.4. Discussão	21
4.5. Referências Bibliográficas	22
5. ARTIGO 2: ATIVIDADE ACARICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Lippia gracilis</i> (VERBENACEAE) E SEU COMPOSTO MAJORITÁRIO SOBRE <i>Raoiella indica</i> (ACARI: TENUIPALPIDAE) E COMPATIBILIDADE A <i>Amblyseius largoensis</i> (ACARI: PHYTOSEIIDAE).....	28
Resumo.....	28
Abstract.....	29
5.1. Introdução	30
5.2. Materiais e Métodos.....	30
5.2.1. Obtenção de <i>R. indica</i> e <i>A. largoensis</i>	30
5.2.2. Óleo essencial e composto timol.....	31
5.2.3. Toxicidade do óleo essencial e do composto majoritário.....	31
5.2.4. Persistência do óleo essencial.....	32
5.2.5. Efeito subletal na sobrevivência e oviposição de <i>R. indica</i>	32
5.2.6. Toxicidade do óleo essencial ao predador.....	32
5.2.7. Análises estatísticas.....	33
5.3. Resultados.....	33
5.3.1. Toxicidade do óleo essencial e do composto majoritário.....	33
5.3.2. Persistência do óleo essencial.....	33
5.3.3. Efeito subletal na sobrevivência e oviposição de <i>R. indica</i>	33
5.3.4. Toxicidade do óleo essencial ao predador.....	33

5.4. Discussão.....	33
5.5. Conclusões.....	35
5.6. Referências.....	35
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura		Página
1	Localização dos acessos de coqueiro-anão no Banco de Germoplasma em Itaporanga D'Ajuda, Sergipe (Silva <i>et al.</i> 2018).....	25
2	Número de ovos (A) e formas ativas (B) de <i>Raoiella indica</i> em acessos de coqueiro-anão das subvariedades verde (AVeBrJ), amarela (AAG e AAM) e vermelha (AVC, AVM, AVG). Diferenças entre as cores foram estabelecidas por Anova aninhada ($P<0,001$).....	25
3	Números de ovos nos acessos AAG e AAM (A) e de formas ativas de <i>Raoiella indica</i> nos acessos AVC, AVM, AVG (B). Diferenças entre os acessos dentro das cores foram estabelecidas pelo teste t-Student (A) e por Anova seguida por Tukey (B). Médias com letras diferentes diferem entre si ($P<0,05$).....	26
4	Densidade estomática da face abaxial dos folíolos de acessos de coqueiro-anão. Médias com letras diferentes diferem entre si pelo teste LSD ($P<0,05$)..	26
5	Vista frontal da face abaxial de folíolos de acessos com maior (AVeBrJ; A) e menor (AAG; B) densidade de estômatos. Imagens obtidas por meio da impressão da epiderme utilizando cola (fotos de microscopia, aumento 8x). Escala: 100 μ m.....	27

ARTIGO 2

Figura		Página
1	Persistência do efeito acaricida do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de <i>Lippia gracilis</i> a <i>Raoiella indica</i> . Médias em cada tempo foram comparadas pelo teste U de Mann-Whitney ($P<0,05$).....	39
2	Curvas de sobrevivência de fêmeas adultas de <i>Raoiella indica</i> expostas as CL ₂₅ e CL ₅₀ do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de <i>Lippia gracilis</i> (teste de log-rank, $P<0,001$).....	40
3	Taxa de mortalidade do ácaro predador <i>Amblyseius largoensis</i> exposto ao óleo essencial do genótipo LGRA-106 de <i>Lippia gracilis</i> . Médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P<0,05$).....	40

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 2	
Tabela	Página
1 Concentrações letais (CL) (mg/mL) do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de <i>Lippia gracilis</i> e de seu composto majoritário (timol) a <i>Raoiella indica</i>	39

LISTA DE ABREVIATURAS

AVeBrJ	Anão Verde do Brasil de Jiqui
AVC	Anão Vermelho de Camarões
AVM	Anão Vermelho da Malásia
AVG	Anão Vermelho do Brasil de Gramame
AAG	Anão Amarelo do Brasil de Gramame
AAM	Anão Amarelo da Malásia

RESUMO

SANTOS, Maria Clezia dos. **Controle varietal e bioatividade do óleo essencial de *Lippia gracilis* no manejo de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)**. São Cristóvão: UFS, 2018. 41p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga polífaga que se alimenta, via estômato, das plantas hospedeiras, dentre as quais destaca-se o coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Entre os métodos disponíveis para o manejo integrado de pragas, resistência de plantas e pesticidas botânicos podem ser adotados para reduzir os problemas associados com a infestação de *R. indica*. Assim, objetivou-se avaliar a infestação natural de *R. indica* em acessos de coqueiro-anão das subvariedades verde, vermelha e amarela, bem como a eficiência do óleo essencial de *Lippia gracilis* (Verbenaceae) e seu composto majoritário (timol) a essa praga, e compatibilidade ao ácaro predador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). As avaliações da densidade populacional do ácaro-vermelho-das-palmeiras (ovos e formas ativas) foram realizadas nos seguintes acessos de coqueiro-anão: Anão Verde do Brasil de Jiqui (AVeBrJ); Anão Vermelho de Camarões (AVC); Anão Vermelho da Malásia (AVM); Anão Vermelho do Brasil de Gramame (AVG); Anão Amarelo do Brasil de Gramame (AAG) e Anão Amarelo da Malásia (AAM) no Banco Internacional de Germoplasma de Coco para América Latina e Caribe (ICG-LAC), localizado no campo experimental da Embrapa em Itaporanga d'Ajuda-SE. A infestação de *R. indica* foi influenciada pelas subvariedades coqueiro-anão, de modo que o acesso AVeBrJ (verde) apresentou menores densidades populacionais em comparação com AAG (amarelo) e AVG (vermelho). Adicionalmente, o número de ovos e formas ativas nos acessos de coqueiro-anão não foram correlacionados com a densidade de estômatos das plantas avaliadas, o que contrasta com a hipótese de aumento da população dessa praga com o número de estômatos. Embora a CL₅₀ (4,995 mg/mL) do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* estimada a *R. indica* foi menor que a CL₅₀ (9,028 mg/mL) do timol, não houve diferença na toxicidade. Esse óleo teve mortalidade aguda a *R. indica* na primeira hora após aplicação, com efeito residual perdido após 9 horas. Ademais, o óleo causou redução na sobrevivência e reprodução de *R. indica*, mas foi tóxico ao ácaro predador. Portanto, concluiu-se que o acesso AVeBrJ da subvariedade verde e o óleo essencial de *L. gracilis* são promissores para o manejo de *R. indica*.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*, resistência de plantas, ácaro-vermelho-das-palmeiras, acaricida botânico.

*Orientador: Adenir Vieira Teodoro – Embrapa Tabuleiros Costeiros.

ABSTRACT

SANTOS, Maria Clezia dos. **Varietal control and bioactivity of *Lippia gracilis* essential oil in the management of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae).** São Cristóvão: UFS, 2018. 41p. (Dissertation – Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

Red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), is a polyphagous pest that feeds via the stomata of host plants, such as coconut (*Cocos nucifera* L.). Among the available methods for integrated pest management, plant resistance and botanical pesticides can be adopted to reduce problems associated with *R. indica* infestation. This study aimed to evaluate the natural infestation of *R. indica* in accessions of dwarf coconut of the green, red, and yellow subvarieties, as well as the efficiency of the essential oil of *Lippia gracilis* (Verbenaceae) and its major compound (thymol) against this pest and their compatibility with the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). Population densities of red palm mite (eggs and active stages) were evaluated in the following dwarf coconut accessions: Brazilian Green Dwarf Jequi (BGDJ); Cameroon Red Dwarf (CRD); Malayan Red Dwarf (MRD); Brazilian Red Dwarf Gramame (BRDG); Brazilian Yellow Dwarf Gramame (BYDG); and Malayan Yellow Dwarf (MYD). The evaluations were performed at the International Coconut Germplasm Bank for Latin America and the Caribbean (ICG-LAC), located in the experimental field of Embrapa, in Itaporanga D'Ajuda, SE. *R. indica* infestation was influenced by the dwarf coconut subvariety. Therefore, the BGDJ (green) accession had lower population densities when compared with the BYDG (yellow) and BRDG (red) accessions. Additionally, the number of eggs and active stages of *R. indica* found in the dwarf coconut accessions was not correlated with the density of stomata, which contrasts with the hypothesis that the population density increases with the increase in the number of stomata. The LC₅₀ (4.995 mg/mL) detected for the essential oil of the *L. gracilis* genotype LGRA-106, against *R. indica* was lower than the LC₅₀ (9.028 mg/mL) of thymol; however, no difference was observed for their toxicity. This oil showed acute mortality to *R. indica* within the first hour after spraying, and its residual effect was lost after nine hours. In addition, the oil reduced the survival and reproduction of *R. indica*, but it was toxic to the predatory mite. Results concluded that the BGDJ accession, belonging to the green subvariety, and the essential oil of *L. gracilis* are promising for the management of *R. indica*.

Key-words: *Cocos nucifera*, plant resistance, red palm mite, botanical acaricide.

* Supervisor: Adenir Vieira Teodoro – Embrapa Tabuleiros Costeiros.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O coqueiro, *Cocos nucifera* L. (Arecaceae), é a palmeira de maior importância agrícola no mundo (GUNN; BAUDOUIN; OLSEN, 2011; SIQUEIRA; ARAGÃO; TUPINAMBÁ, 2002), sendo o Brasil, o quarto maior produtor do fruto e o primeiro produtor de água de coco (FAO, 2018), com mais de 240.000 hectares cultivados (IBGE, 2017). A região Nordeste é responsável por 80% da produção de coco, porém o coqueiro é cultivado na maioria dos estados brasileiros e encontrado em áreas consideradas não tradicionais a exemplo do Semiárido Nordestino e das regiões Norte e Sudeste (CAVALCANTE, 2015).

Apesar da expansão da área cultivada, a cocoicultura no Brasil ainda enfrenta grandes barreiras, e um fator limitante à produção é o ataque de pragas (FERREIRA et al., 1994; TEODORO et al., 2014, 2015). Atualmente, o ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), tem sido uma das principais preocupações dos cocoicultores. Esse ácaro é uma praga polífaga e além do coqueiro ataca outras palmeiras, plantas ornamentais e bananeiras (CARRILLO et al., 2012a; OTERO-COLINA et al., 2016; VÁSQUEZ; COLMENÁREZ; MORAES, 2014). A alimentação de *R. indica* ocorre por meio da inserção de seu aparelho bucal nos estômatos, interferindo diretamente na fotossíntese e respiração das plantas atacadas (BEARD et al., 2012; OCHOA et al., 2011). As folhas atacadas exibem sintomas como amarelecimento severo, necrose e ressecamento (HOY; PEÑA; NGUYEN, 2006). Em altas densidades populacionais, esse ácaro pode causar perdas de aproximadamente 70% (PEÑA, 2013).

O desenvolvimento de medidas de controle para o ácaro-vermelho-das-palmeiras é necessário e de fundamental importância. Dessa forma, para reduzir os problemas associados com a infestação de *R. indica* em áreas de produção, métodos de controle como a resistência de plantas (RODRIGUES; IRISH, 2012; BALZA; VÁSQUEZ; VALERA, 2015), controle biológico (CARRILLO; PEÑA, 2012; PEÑA; RODRIGUES; CARRILLO, 2009) e o controle químico (ASSIS; MORAIS; GONDIM, 2013; RODRIGUES; PEÑA, 2012) têm sido investigados.

A resistência de plantas contra a herbivoria é influenciada por diversos fatores, e a fim de se proteger das ameaças, várias estruturas presentes nas folhas das plantas são capazes de influenciar a interação entre os insetos com seus hospedeiros, entre elas: o tipo e a densidade dos tricomas, densidade de estômatos, coloração de folhas e frutos, espessura da cutícula, presença de cristais e de compostos fenólicos, dentre outras (BALZA; VÁSQUEZ; VALERA, 2015; GUTSCHICK, 1999; HANLEY et al., 2007). No caso do coqueiro, a coloração dos acessos, que identificam as subvariedades, e a densidade de estômatos, podem conferir resistência à planta.

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são comumente encontrados em associação com *R. indica* em cultivos de coqueiro e desempenham papel importante para regulação dessa praga (CARRILLO; HOY; PEÑA, 2014; CARRILLO; PEÑA, 2012; GONDIM JR et al., 2012; MORAES et al., 2012; TAYLOR et al., 2012). Entre esses, *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) é o mais relatado associado a *R. indica* em vários países, sendo considerado o inimigo natural mais promissor para o controle biológico dessa praga (BOWMAN; HOY, 2012; CARRILLO; PEÑA, 2012; DOMINGOS et al., 2013; MORAIS et al., 2016; PEÑA; RODRIGUES; CARRILLO, 2009).

No Brasil, não há produtos registrados para o controle de *R. indica* (AGROFIT, 2018) e os acaricidas botânicos surgem como produtos promissores para o seu controle. Assim, os óleos essenciais são formados por uma ampla variedade de compostos orgânicos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas, principalmente monoterpenos e sesquiterpenos, que estão presentes em diferentes concentrações e podem, individualmente ou em sinergismo, promover efeitos letais e subletais a diversas pragas. (MAR et al., 2018; MIRESMILLI; ISMAN, 2014; PAVELA et al., 2016; TAK; ISMAN, 2017; WU et al., 2017).

Os componentes dos óleos essenciais são altamente voláteis e consequentemente possuem baixa persistência no meio ambiente, apresentando, geralmente, menor toxicidade para organismos não-alvos (KHATER, 2012; LIMA et al., 2013; MIRESMAILLI; ISMAN, 2006; TAK; ISMAN, 2017). Apesar da sua eficiência no controle de pragas, algumas substâncias presentes nos óleos essenciais podem apresentar efeitos indesejados a inimigos naturais, a exemplo de ácaros predadores (CHOI et al., 2004; MELO et al., 2018a; NDAKIDEMI; MTEI; NDAKIDEMI, 2016; REGNAULT-ROGER; VINCENT; ARNASON, 2012). Desta forma, a variação química e as interações moleculares tornam a ação dos óleos essenciais sobre insetos e ácaros bastante complexa (RATTAN, 2010).

O alecrim-de-chapada ou alecrim-de-tabuleiro, *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae), é endêmico do Nordeste brasileiro (LORENZI; MATOS, 2002) e fonte de óleos essenciais promissores para o controle de pragas. Essa espécie vegetal possui atividade bactericida, fungicida, leishmanicida, carrapaticida e inseticida, sendo que a eficiência de seu óleo essencial é atribuída principalmente aos quimiotipos timol e carvacrol (ALBUQUERQUE et al., 2006; CRUZ et al., 2013, 2018; MELO et al., 2018a, 2013; SILVA et al., 2008).

Diante do exposto, a suscetibilidade ou resistência de acessos de coqueiro ao ataque de *R. indica* e o uso de óleo essencial constituem importantes estratégias a serem estudadas, de modo que possam proporcionar menor impacto a organismos não-alvo e contribuir com o manejo desta praga. Ressalta-se ainda que existem poucas pesquisas com plantas de coqueiro resistentes a pragas, assim como a utilização de acaricidas botânicos para o controle de pragas nessa cultura.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da cultura do coqueiro

A cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é importante em muitos países, não só pelos aspectos econômicos, mas também pelos sociais e ambientais. A gama de produtos que podem ser explorados com essa frutífera, a torna reconhecida como importante recurso vegetal para humanidade (MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011). O coqueiro, originário do Sudeste Asiático (CLEMENT et al., 2013), é amplamente cultivado e distribuído por toda região intertropical do mundo (CUENCA, 1998; PHAM, 2016).

O Brasil é o quarto maior produtor de coco (FAO, 2018), com mais de 240.000 hectares cultivados (IBGE, 2017), e cerca de 80% da produção está concentrada na região Nordeste, que possui condições naturais de clima e solo propícios ao cultivo do coqueiro (SILVA et al., 2007). Além disso, o coqueiro é cultivado na maioria dos estados brasileiros e encontrado em áreas consideradas não tradicionais, a exemplo do Semiárido Nordestino e das regiões Norte e Sudeste (CAVALCANTE, 2015). Os estados da Bahia (28%), Ceará (16,5%), Sergipe (14,4%), Rio Grande do Norte (8%), Alagoas (4,7%), Pernambuco (4%) e Paraíba (3,5%) são os maiores produtores (FAO, 2018). Desta forma, a intensificação das áreas de cultivo e de produção de coco no Brasil está diretamente associada ao aumento do consumo de água de coco, modernização de seu processo produtivo e principalmente pelo avanço da fronteira agrícola com cultivo de coqueiros anões e híbridos (CAVALCANTE, 2015; MARTINS; JESUS JÚNIOR, 2011).

A maior parte da produção de coco no país é destinada ao consumo *in natura* aplicada à alimentação humana e à fabricação de produtos industrializados (ARAGÃO et al., 2002; FAO, 2018), sendo o Brasil, o maior produtor mundial de água de coco devido à crescente demanda nos últimos anos (CARVALHO et al., 2006; FAO, 2018; FERREIRA NETO et al., 2007). Assim, a cocoicultura consiste em uma das mais importantes culturas perenes para o Brasil, principalmente para a região Nordeste, onde gera renda e emprego (CUENCA; NAZÁRIO, 2004).

2.2. Ácaro-vermelho-das-palmeiras

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *R. indica*, é uma praga chave do coqueiro em diversos países (KANE et al., 2012; MENDONÇA; NAVIA; FLECHTMANN, 2005). No entanto, desde que foi reportado em 2004, na região do Caribe (FLECHTMANN; ETIENNE, 2004), espalhou-se rapidamente e vem causando danos econômicos a diversas espécies de plantas (CARRILLO et al., 2012a). No Brasil, *R. indica* foi registrado pela primeira vez em 2009, em coqueiros de Boa Vista - Roraima (NAVIA et al., 2011), e logo em seguida em Manaus, Amazonas (RODRIGUES; ANTONY, 2011). Devido a sua rápida dispersão, esse ácaro é encontrado em vários estados no Nordeste (Ceará, Sergipe, Alagoas, Rio Grande do Norte, Bahia, Paraíba, Pernambuco e Piauí), Sul (Paraná), Centro-Oeste (Distrito Federal e Goiás) e na região Sudeste (São Paulo e Minas Gerais) (HATA et al., 2017; MELO et al., 2018b; OLIVEIRA et al., 2016; SILVA et al., 2016; SOUZA; GOMDIM JR; GUZZO, 2016). No cenário atual, o ácaro não é mais considerado uma praga quarentenária pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e está possivelmente espalhado por todos os estados brasileiros.

As áreas do Nordeste brasileiro (região de maior produção de coco) são as mais propícias para o estabelecimento de *R. indica* em função da baixa pluviosidade e altas temperaturas, conforme simulações do modelo de máxima entropia (AMARO; MORAIS, 2013). A grande preocupação é que o coqueiro, principal hospedeiro deste ácaro nas Américas, pode sofrer perdas de até 70% na produção (PEÑA, 2013). Além disso, essa praga é capaz de se reproduzir em mais de 90 espécies de plantas pertencentes a sete famílias (Arecaceae, Cannanaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae) (CARRILLO et al., 2012b; COCCO; HOY, 2009; DOWLING et al., 2012; NAVIA et al., 2011; OTERO-COLINA et al., 2016; VÁSQUEZ; COLMENÁREZ; MORAES, 2014). Adicionalmente, a presença de *R. indica* nas áreas de produção dessas plantas hospedeiras pode afetar a exportação dos produtos para outros países e áreas não infestadas (NAVIA et al., 2011).

O ácaro-vermelho-das-palmeiras é uma praga com um alto potencial reprodutivo (CARRILLO; PEÑA 2012) e uma fêmea põe em média 160 ovos ao longo do seu ciclo, com cerca de 1 a 6 ovos/dia (MOUTIA, 1958; FLORES-GALANO et al., 2010). A reprodução ocorre de forma sexuada e assexuada, os ovos fecundados originam fêmeas, enquanto que os não fecundados dão origem a machos. O período de desenvolvimento dos estádios de ovo, larva, protocrisálida, protoninfa, deutocrisálida, deutoninfa e teliocrisálida de *R. indica* provenientes de fêmeas fecundadas é de aproximadamente 21,5 dias nas folhas de coqueiro. Todas as fases do desenvolvimento dessa espécie possuem coloração vermelha, o que facilita o seu reconhecimento (Figura 1) (VÁSQUEZ et al., 2014; KANE et al., 2012).



Figura 1. Colônia do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *R. indica*, sobre a face abaxial de folíolos de coqueiro-anão (Foto: SANTOS, M.C.).

A alimentação de *R. indica* ocorre pela inserção de seu aparelho bucal nos estômatos dos hospedeiros, interferindo diretamente na fotossíntese e respiração das plantas atacadas (BEARD et al., 2012; OCHOA et al., 2011). As folhas exibem amarelecimento severo, necrose e ressecamento, seguida da queda das flores e/ou frutos pequenos, finalizando com a morte das plantas em viveiros (HOY; PEÑA; NGUYEN, 2006).

A dispersão do ácaro-vermelho-das-palmeiras em condições naturais é provavelmente pelo vento (WELBOURN, 2006). Entretanto, a longas distâncias, a propagação de *R. indica* ocorre possivelmente por meio de transporte de plantas hospedeiras ou por material vegetal infectado, isto é, pela ação humana (MELO et al., 2018b; MENDONÇA; NAVIA; FLECHTMANN, 2005). O aumento da densidade populacional deste ácaro nas áreas infestadas está associado com períodos de baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas e baixa pluviosidade (GONDIM JR et al., 2012; HOY; PEÑA; NGUYEN, 2006; PRABHEENA; RAMANI, 2014).

2.3. Resistência de plantas

Os mecanismos de defesa das plantas podem ser constitutivos ou induzidos. A resistência constitutiva ocorre quando as características relacionadas à defesa são expressas constantemente, sem depender de algum fator elicitador. Por outro lado, a resistência induzida é manifestada como uma resposta em função da herbivoria (MAHMOUD, 2013; STOUT, 2013). As características expressas pelas plantas resistentes, por sua vez, proporcionam às pragas alterações no comportamento fisiológico e biológico, ou apresentam maior capacidade de suportar seu ataque (KESKIN; KUMRAL, 2015; RAKHA et al., 2017; SMITH, 2005). Essas características herdadas pelas plantas são geralmente divididas em três categorias distintas: antixenose, antibiose e tolerância (SMITH, 2005). Assim, a variedade menos utilizada pela praga para alimentação, oviposição ou abrigo, apresenta resistência por não preferência ou antixenose. A antibiose ocorre quando a variedade exerce efeito adverso sobre a biologia da praga, enquanto que a tolerância é definida pela ocorrência de poucos danos em comparação com outras, sob o mesmo nível de infestação (RODRIGUES; IRISH, 2012; SHOOROEI et al., 2018; SILVA et al., 2011; VALADÃO et al., 2012; VIEIRA et al., 2017).

As plantas podem ser divididas em suscetíveis (as mais intensamente atacadas por herbívoros e/ou patógenos) e resistentes (as que sofrem ataques menos intensos). No entanto, para se proteger das ameaças físicas e biológicas causadas pelo ataque de herbívoros, várias estruturas presentes nas folhas das plantas são capazes de influenciar na interação entre patógenos ou artrópodes com seus hospedeiros. O tipo e a densidade dos tricomas, densidade de estômatos, espessura da cutícula, presença de cristais e de compostos fenólicos são exemplos de variações nas estruturas das plantas (GUTSCHICK, 1999; HANLEY et al., 2007; KESKIN; KUMRAL, 2015; LIMA; LOPES; CAFÉ FILHO, 2010; RAKHA et al., 2017; SHOOROEI et al., 2018). Exemplo de resistência ocorreu em *Musa* spp., em que cultivares dessa espécie com menor densidade estomática, maior espessura da parede da cutícula, epiderme das folhas, e concentrações elevadas de metabólitos secundários diminuíram a sobrevivência e reprodução de *R. indica* (BALZA; VÁSQUEZ; VALERA, 2015).

Dessa forma, a expressão da resistência de uma planta pode contribuir para a manutenção da população do inseto-praga abaixo do nível de dano econômico, não causando desequilíbrio no agroecossistema e não promovendo aumento nos custos de produção, sendo compatíveis com as demais estratégias de controle (LARA, 1991). Portanto, para a avaliação de genótipos de plantas quanto à resistência a um determinado artrópode, as condições empregadas nos experimentos devem ser planejadas a fim de que, um genótipo apresente genes que expressem alguma característica física, química ou morfológica e se manifeste sob aquelas condições (AOYAMA; LABINAS, 2012).

Pesquisas relacionadas à resistência de plantas a artrópodes, bem como qualquer ação que envolva a busca e transferência de características adaptativas, depende do acesso às fontes de variação a fim de investigar a característica de interesse. Muitas dessas características de interesse são encontradas ou buscadas nas variedades locais ou nos materiais selvagens (DULLOO et al., 2013).

2.4. Controle biológico

O uso de inimigos naturais é uma alternativa ecológica no controle de pragas (DEBACH; ROSEN, 1991; SARMENTO et al., 2011; MORAES et al., 2012), uma vez que estes organismos podem substituir os agrotóxicos ou podem ser empregados como parte de um programa de manejo integrado de pragas (PARRA, 2002).

Assim, a utilização de ácaros predadores para o controle biológico de pragas apresenta várias vantagens, como a alta capacidade de busca, mesmo em baixas densidades da presa, alta reprodução e habilidade de explorar fontes alternativas de alimentos como pólen, néctar, exsudados, entre outras (WEI; WALDE, 1997; FERLA et al., 2011; MORAES et al., 2004). Desta forma, o controle biológico tem sido considerado uma estratégia promissora para minimizar os danos causados por *R. indica* (BOWMAN; HOY, 2012; CARRILLO; PEÑA, 2012; DOMINGOS et al., 2013; MORAIS et al., 2016; PEÑA; RODRIGUES; CARRILLO, 2009). Diversos inimigos naturais são comumente observados em associação com essa praga em cultivos de coqueiro no Brasil (CARRILLO; HOY; PEÑA, 2014; CARRILLO; PEÑA, 2012; GONDIM JR et al., 2012; TAYLOR et al., 2012).

Os ácaros predadores da família Phytoseiidae são considerados os principais inimigos naturais de ácaros fitófagos, por sua eficiência na regulação de populações de ácaros em várias culturas de importância econômica (MCMURTRY; CROFT, 1997). Dentre eles, *Amblyseius caudatus*, *A. channabasavanni* e *A. largoensis* são importantes predadores do ácaro-vermelho-das-palmeiras no mundo (CARRILLO et al., 2012b; CARRILLO; PEÑA, 2012; DOMINGOS et al., 2013; MORAIS et al., 2016), enquanto *A. largoensis*, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma e *Euseius concordis* (Chant) são encontrados no Brasil (GONDIM JR et al., 2012). Esses predadores podem regular os níveis populacionais de *R. indica* em campo.

2.5. Óleo essencial para o controle de pragas

Os óleos essenciais de plantas são promissores para o controle de diversas pragas. Originários do metabolismo secundário de plantas, esses são responsáveis pela proteção contra patógenos e herbívoros, estando presentes em estruturas vegetais como: folha, caule, raiz, flor, fruto e sementes (MIRESMAILLI; ISMAN, 2014; SOUZA et al., 2010). O emprego de óleos essenciais no controle de pragas possui vantagens como a rápida degradação, pouca persistência no ambiente, permitindo menos contaminações e tempo de exposição para os inimigos naturais, menor pressão de seleção e resistência dos insetos-praga (KHATER, 2012; LIMA et al., 2013; MIRESMAILLI; BRADBURY; ISMAN, 2006).

A atividade de óleos essenciais para o controle de pragas vem sendo pesquisada nos últimos 50 anos (ISMAN, 2006; RATTAN, 2010; NERIO et al., 2010). Esses óleos podem agir sobre insetos e ácaros de diversas maneiras, causando efeitos letais e subletais em diversos aspectos fisiológicos e comportamentais, a exemplo da longevidade, orientação (atração e repelência), oviposição e fecundidade (ATTIA et al., 2013; ISMAN, 2006; MELO et al., 2018a; PAVELA et al., 2016; TAK; ISMAN, 2017).

Apesar da eficiência de óleos essenciais no controle de pragas, algumas substâncias presentes nos óleos essenciais podem causar efeitos indesejados a inimigos naturais e a organismos não-alvos (CHOI et al., 2004; MELO et al., 2018a; NDAKIDEMI; MTEI; NDAKIDEMI, 2016; REGNAULT-ROGER; VINCENT; ARNASON, 2012). A avaliação da compatibilidade de óleos essenciais a inimigos naturais é fundamental para que possam ser usados no manejo integrado de pragas.

A constituição dos óleos essenciais é formada por uma ampla variedade de compostos orgânicos, principalmente por terpenos (mono e sesquiterpenos), fenilpropanoides, compostos oxigenados e aromáticos. Assim, a composição química dos óleos pode variar entre plantas da mesma espécie, formando assim quimiotipos, e entre espécies diferentes, que são influenciadas por fatores como a genética, época de colheita, método de extração, armazenamento e manipulação do óleo essencial (ASBAHANI et al., 2015; REGNAULT-ROGER; VINCENT; ARNASON, 2012; SANTOS et al., 2016). Desta forma, a variação química e as interações moleculares tornam a atuação dos óleos essenciais e de seus constituintes sobre insetos bastante complexa (HUMMELBRUNNER; ISMAN, 2001; RATTAN, 2010; TAK; ISMAN, 2017; TAK; JOVEL; ISMAN, 2016; WU et al., 2017).

2.6. Óleo essencial de *Lippia gracilis*

O alecrim-de-chapada ou alecrim-de-tabuleiro, *L. gracilis*, é endêmico do Nordeste brasileiro (PRADO et al., 2012) e possui inúmeras propriedades medicinais, usadas para infecções na garganta, boca, tratamento de bronquites, dores de cabeça e doenças cutâneas (GUILHON et al., 2011; MATOS, 1999). Planta arbustiva, com altura variando entre 1 a 2,5 m (SANTOS et al., 2009), *L. gracilis* é bem ramificada, possui caule quebradiço, com folhas pequenas e flores brancas, ambas aromáticas (GOMES; NOGUEIRA; MORAES, 2011; LORENZI; MATOS, 2002). Essa espécie é resistente à seca e às altas temperaturas, perdendo suas folhas somente após um longo período de estiagem (OLIVEIRA et al., 2008), sendo encontrada predominantemente nos estados da Bahia, Sergipe e Piauí (PRADO et al., 2012).

As folhas de *L. gracilis* são ricas em óleo essencial e tem atividade comprovada sobre fungos e bactérias (ALBUQUERQUE et al., 2006; CRUZ et al., 2018; MELO et al., 2013; SILVA et al., 2018). Além disso, o óleo essencial dessa planta possui atividade comprovada a diversas pragas, a exemplo de *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae), *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae); *Diaphania hyalinata* L. (Lepidoptera: Crambidae) e *Biomphalaria glabrata* (Say) (Pulmonata: Planorbidae) (COSTA-JÚNIOR et al., 2016; CRUZ et al., 2013; MELO et al., 2018; MENEZES, 2016; OLIVEIRA et al., 2018; TELES et al., 2010).

O óleo essencial de *L. gracilis* é constituído principalmente por terpenos, cerca de 80% corresponde a monoterpenos e 18% a sesquiterpenos (SILVA et al., 2008). No entanto, existem grandes flutuações quantitativas dos componentes majoritários entre plantas da mesma espécie, que formam os quimiotipos, e *L. gracilis* é representada por dois quimiotipos, o timol e carvacrol (ASBAHANI et al., 2015; REGNAULT-ROGER; VINCENT; ARNASON, 2012; SANTOS et al., 2016). Os constituintes majoritários encontrados no óleo essencial de *L. gracilis* são os monoterpenos timol e carvacrol, seguidos por metil timol, p -cimeno, γ -terpineno e β -cariofileno (COSTA-JÚNIOR et al., 2016; CRUZ et al., 2018; MELO et al., 2018a; TELES et al., 2010).

O timol, um dos componentes majoritários do óleo de *L. gracilis*, é conhecido por apresentar efeitos tóxicos e repelentes a diversos insetos e ácaros (HUMMELBRUNNER; ISMAN, 2001; OLIVEIRA et al., 2018; TAK; ISMAN, 2017; TAK; JOVEL; ISMAN, 2016). Entretanto, a bioatividade dos óleos essenciais não pode ser atribuída somente ao constituinte majoritário. Assim, devido à complexidade na composição dos óleos essenciais, as substâncias presentes podem interagir de forma sinérgica, aditiva e antagônica e atuarem em mais de um sítio de ação (PAVELA, 2014; TAK; ISMAN, 2017; WU et al., 2018).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários (2003) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/agrotoxicos/agrofit>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

ALBUQUERQUE, C. C.; CAMARA, T. R.; MARIANO, R. L. R.; WILLADINO, L.; MARCELINO JÚNIOR, C.; ULISSES, C. Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 4, p. 527–535, 2006.

AMARO, G.; MORAIS, E. G. F. Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, n. 3, p. 343–355, 2013.

AOYAMA, E. M.; LABINAS, A. M. Características estruturais das plantas contra a herbivoria por insetos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 365–386, 2012.

ARAGÃO, W. M.; RIBEIRO, F.E.; TUPINAMBÁ, E. A.; SIQUEIRA, E. R. Variedades e híbridos do coqueiro. In: ARAGÃO, W. M. (Ed.). **COCO: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 76.

ASBAHANI, A. E. L.; MILADI, K.; BADRI, W.; SALA, M.; AÏT ADDI, E. H.; CASABIANCA, H.; MOUSADIK, A. El.; HARTMANN, D.; JILALE, A.; RENAUD, F. N. R.; ELAISSARI, A. Essential oils: From extraction to encapsulation. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 483, n. 1–2, p. 220–243, 2015.

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, n. 3, p. 357–365, 2013.

ATTIA, S.; GRISSA, K. L.; LOGNAY, G.; BITUME, E.; HANCE, T.; MAILLEUX, A. C. A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. **Journal of Pest Science**, v. 86, n. 3, p. 361–386, 2013.

BALZA, D.; VÁSQUEZ, C.; VALERA, R. Aspectos biológicos de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre cultivares de *Musa* spp.: posible rol de la anatomía y química de la hoja. **Entomotropica**, v. 30, n. 18, p. 181-192, 2015.

BEARD, J. J.; OCHOA, R.; BAUCHAN, 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, n. 3–4, p. 227–255, 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, n. 3–4, p. 395–407, 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, n. 3–4, p. 271–289, 2012a.

CARRILLO, D.; HOWARD FRANK, J.; 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, n. 3–4, p. 347–360, 2012b.

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, n. 1, p. 256–261, 2014.

CARRILLO, D.; PEÑA, J. E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, n. 3–4, p. 361–372, 2012.

CARVALHO, J. M.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; MAIA Jr, G. A. Água-de-coco: propriedades nutricionais, funcionais e processamento. **Semina ciências agrárias**, v. 27, n. 2, p. 437–452, 2006.

CAVALCANTE, L. V. A nova geografia da produção de coco no Brasil. **Anais do XI Encontro Nacional da ANPEGE**, p. 12, 2015.

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, n. 2, p. 553–558, 2004.

CLEMENT, C. R.; ZIZUMBO-VILLARREAL, D.; BROWN, C. H.; WARD, R. G.; ALVES-PEREIRA, A.; HARRIES, H. C. Coconuts in the Americas. **The Botanical Review**, v. 79, n. 3, p. 342–370, 2013.

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, n. 2, p. 276–291, 2009.

COSTA-JÚNIOR, L. M.; MILLER, R. J.; ALVES, P. B.; BLANK, A. F.; LI, A. Y.; PÉREZ DE LEÓN, A. A. Acaricidal efficacies of *Lippia gracilis* essential oil and its phytochemicals against organophosphate-resistant and susceptible strains of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 228, p. 60–64, 2016.

CRUZ, E. M. O.; COSTA-JUNIOR, L. M.; PINTO, J. A. O.; SANTOS, D. A.; ARAUJO, S. A.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BACCI, L.; ALVES, P. B.; CAVALCANTI, S. C. H.; BLANK, A. F. Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 195, n. 1–2, p. 198–202, 2013.

CRUZ, E. M. O.; MENDONÇA, M. C.; BLANK, A.F.; SAMPAIO, T. S.; PINTO, J. A. O. GAGLIARDI, P. R.; OLIVEIRA, L. F. G.; LIMA, R. S. N.; NUNES, R. S.; WARWICK, D. R. N. *Lippia gracilis* Schauer essential oil nanoformulation prototype for the control of. **Industrial Crops and Products**, v. 117, p. 245–251, 2018.

CUENCA, M. Importancia economica do coqueiro. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1998. p. 17–57.

CUENCA, M. A. G.; NAZÁRIO, C. C. Evolução da cocoicultura no Estado e nos Tabuleiros

Costeiros do Rio Grande do Norte no período de 1990 a 2002. **Aracaju**, Embrapa Tabuleiros Costeiros. p. 26, 2004.

DEBACH, P.; ROSEN, D. **Biological control by natural enemies**. 2. ed. Tintern: Cambridge University Press, 1991.

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, 2013.

DOWLING, A. P. G.; OCHOA, R.; BEARD, J. J.; WELBOURN, W. C.; UECKERMAN, E. A. Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasions. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, n. 3–4, p. 257–269, 2012.

DULLOO, M. E.; THORMANN, I.; FIORINO, E.; FELICE, S.; RAO, V. R.; SNOOK, L. Trends in research using plant genetic resources from germplasm collections: From 1996 to 2006. **Crop Science**, v. 53, n. 4, p. 1217, 2013.

FAO. **Food and Agriculture Organization**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 10 maio. 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 (Curitiba)**, v. 28, n. 1, p. 17–22, 2011.

FERREIRA, J.; LIMA, M. F.; SANTANA, D. L. Q.; MOURA, J. I. L.; SOUZA, L. A. Pragas do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Eds.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. 2. ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 1994. p. 306.

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J. S.; FOLEGATTI, M. V.; GHEYI, H. R.; PEREIRA, W. E.; CAVALCANTE, L. F. Qualidade do fruto do coqueiro anão verde em função de nitrogênio e potássio na fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 453–458, 2007.

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, n. 0, p. 109, 2004.

FLORES-GALANO, G.; MONTOYA A.; RODRÍGUEZ, H. Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. **Revista de Protección Vegetal**, v. 25, n. 1, p. 11–16, 2010.

GOMES, S. V. F.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S. Aspectos químicos e biológicos do gênero *Lippia* enfatizando *Lippia gracilis* Schauer. **Eclética Química**, v. 36, n. 1, p. 64–77, 2011.

GONDIM Jr, M. G. C.; CASTRO, T. M. M. G.; MARSARO, 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, n. 4, p. 527–535, 2012.

GUILHON, C. C.; RAYMUNDO, L. J. R. P.; ALVIANO, D. S.; BLANK, A. F.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; MATHEUS, M. E.; CAVALCANTI, S. C. H.; ALVIANO, C. S.; FERNANDES, P. D. Characterisation of the anti-inflammatory and antinociceptive activities and the mechanism of the action of *Lippia gracilis* essential oil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 135, n. 2, p. 406–413, 2011.

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, n. 6, p. e21143, 2011.

GUTSCHICK, V. P. Research reviews: Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure. **New Phytologist Trust**, v. 143, p. 3–18, 1999.

HANLEY, M. E.; LAMONT, B. B.; FAIRBANKS, M. M.; RAFFERTY, C. M. Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 8, n. 4, p. 157–178, 2007.

HATA, F. T.; SILVA, J. E. P.; VENTURA, M. U.; PASINI, A.; ROGGIA, S. First Report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpidae) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 46, n. 3, p. 356–359, 2017.

HOY, M. A.; PEÑA, J.; NGUYEN, R. Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). **University of Florida. EENY-397**, p. 1–5, 2006.

HUMMELBRUNNER, L. A.; ISMAN, M. B. Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 715–20, 2001.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pimpfbr/brasil>>. Acesso em: 9 maio. 2018.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, n. 1, p. 45–66, 2006.

KANE, E. C.; OCHOA, R.; MATHURIN, G.; ERBE, E. F.; BEARD, J. J. *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. **Experimental and Applied Acarology**, v. 57, n. 3–4, p. 215–225, 2012.

KESKIN, N.; KUMRAL, N. A. Screening tomato varietal resistance against the two-spotted spider mite [*Tetranychus urticae* (Koch)]. **International Journal of Acarology**, v. 41, n. 4, p. 300–309, 2015.

KHATER, H. F. Prospects of botanical pesticides in insect pest management. **Pharmacologia**, v. 3, n. 12, p. 641–656, 2012.

LARA, F. M. **Princípios de Resistência de Plantas a Insetos**. 2. ed. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.

LIMA, J. K. A.; ALBUQUERQUE, E. L. D.; SANTOS, A. C. C.; OLIVEIRA, A. P.; ARAÚJO, A. P. A.; BLANK, A. F. ARRIGONI-BLANK, M. F.; ALVES, P. B. SANTOS, D. A.; BACCI, L. Biototoxicity of some plant essential oils against the termite *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). **Industrial Crops and Products**, v. 47, p. 246–251, 2013.

LIMA, M. L. P.; LOPES, C. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Padrão estomático de *Capsicum* ssp.

- resistentes e suscetíveis a *Oidiopsis haplophylli*. **Summa Phytopathologica**, v. 36, n. 1, p. 25–29, mar. 2010.
- LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: Nativas e Exóticas**. 2. ed. Nova Odessa: Instituto plantarum de estudos da Flora LTDA, 2002.
- MAHMOUD, M. F. Induced plant resistance as a pest management tactic on piercing sucking insects of sesame crop. **Arthropods**, v. 2, n. 3, p. 137–149, 2013.
- MAR, J. M.; SILVA, L. S.; AZEVEDO, S. G.; FRANÇA, L. P.; GOES, A. F. F.; SANTOS, A. L.; BEZERRA, J. A.; NUNOMURA, RITA C. S.; MACHADO, M. B.; SANCHES, E. A. *Lippia origanoides* essential oil: An efficient alternative to control *Aedes aegypti*, *Tetranychus urticae* and *Cerataphis lataniae*. **Industrial Crops and Products**, v. 111, p. 292–297, 2018.
- MARTINS, C. R.; JESUS JÚNIOR, L. A. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - Panorama 2010. **Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 28, 2011.
- MATOS, F. J. A.; FRANCISCO J. DE A. **Plantas da medicina popular do nordeste: propriedades atribuídas e confirmadas**. Fortaleza: UFC, 1999.
- MCMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, v. 42, n. 1, p. 291–321, 1997.
- MELO, C. R.; PICANÇO, M. C.; SANTOS, A. A.; SANTOS, I. B.; PIMENTEL, M. F.; SANTOS, A. C. C.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Toxicity of essential oils of *Lippia gracilis* chemotypes and their major compounds on *Diaphania hyalinata* and non-target species. **Crop Protection**, v. 104, p. 47–51, 2018a.
- MELO, J. O.; BITENCOURT, T. A.; FACHIN, A. L.; CRUZ, E. M. O.; JESUS, H. C. R.; ALVES, P. B.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; CASTRO FRANCA, S.; BELEBONI, R. O.; FERNANDES, R. P. M. BLANK, A. F.; SCHER, R. Antidermatophytic and antileishmanial activities of essential oils from *Lippia gracilis* Schauer genotypes. **Acta Tropica**, v. 128, n. 1, p. 110–115, 2013.
- MELO, J. W. S.; NAVIA, D.; MENDES, J. A.; FILGUEIRAS, R. M. C.; TEODORO, A. V.; FERREIRA, J. M. S.; GUZZO, E. C.; SOUZA, I. V.; MENDONÇA, R. S.; CALVET, É. C.; PAZ NETO, A. A.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAIS, E. G. F.; GODOY, M. S.; SANTOS, J. R.; SILVA, R. I. R.; SILVA, V. B.; NORTE, R. F.; OLIVA, A. B.; SANTOS, R. D. P.; DOMINGOS, C. A. The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. **International Journal of Acarology**, p. 1–4, 2018b.
- MENDONÇA, R. S.; NAVIA, R. S.; FLECHTMANN, C. H. W. *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae), o ácaro vermelho das palmeiras - uma ameaça para as Américas. In: Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, 135, 2005. p. 37.
- MENEZES, M. S. **Caracterização química e efeito do óleo essencial de *Lippia gracilis* e seus constituintes majoritários sobre *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae)**. 2016. 26 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2016.

MIRESMAILLI, S.; BRADBURY, R.; ISMAN, M. B. Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. **Pest Management Science**, v. 62, n. 4, p. 366–371, 2006.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, n. 6, p. 2015–23, 2006.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 1, p. 29–35, 2014.

MORAES, G. J.; MCMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CAMPOS, C. B. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, v. 434, n. 1, p. 1, 2004.

MORAES, G. J.; Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in réunion Island (Indian Ocean). **Acarologia**, v. 52, n. 522, p. 129–134, 2012.

MORAIS, E. G. F.; OLIVEIRA, J. S.; GONDIM Jr, M. G. C.; MORAES, G. J. *Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 671–675, 2016.

MOUTIA, L. A. Contribution to study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. **Bulletin of Entomological Research**, v.49, n. 1, p. 59–75, 1958.

NAVIA, D.; MARSARO Jr, A. L.; 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, n. 3, p. 409–411, 2011.

NDAKIDEMI, B.; MTEI, K.; NDAKIDEMI, P. A. Impacts of synthetic and botanical pesticides on beneficial insects | horticulture international. **Agricultural Sciences**, v. 7, p. 364–372, 2016.

NERIO, L. S.; VERBEL, J. O.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: A review. **Bioresource Technology**, v.101, n. 3, p. 372–378, 2010.

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

OLIVEIRA, O. R.; TERAPO, D.; CARVALHO, A. C. P. P.; INNECCO, R.; ALBUQUERQUE, C. C. Efeito de óleos essenciais de plantas do gênero *Lippia* sobre fungos contaminantes encontrados na micropropagação de plantas. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.1, p.94–100, 2008.

OLIVEIRA, A. P.; SANTOS, A. A.; SANTANA, A. S.; LIMA, A. P. S.; MELO, C. R.; SANTANA, EMILE D. R.; SAMPAIO, T. S.; BLANK, A. F. ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Crop Protection**, v. 112, p. 33–38, 2018.

OLIVEIRA, D. C.; PRADO, E. P.; MORAES, G. J.; MORAIS, E. G. F.; CHAGAS, E. A. First Report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Southeastern Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 1, p. 123–125, 2016.

OTERO-COLINA, G.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, R.; MARTÍNEZ-BOLAÑOS, L.; OTERO-PREVOST, L. G.; LÓPEZ-BUENFIL, J. A.; ESCOBEDO-GRACIAMEDRANO, R. M. Infestation of *Raoiella indica* Hirst (Trombidiformes: Tenuipalpidae) on host plants of high socio-economic importance for tropical America. **Neotropical Entomology**, v. 45, n. 3, p. 300–309, 2016.

PARRA, J. R. P. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002.

PAVELA, R. Acute, synergistic and antagonistic effects of some aromatic compounds on the *Spodoptera littoralis* Boisd. (Lep., Noctuidae) larvae. **Industrial Crops and Products**, v. 60, p. 247–258, 2014.

PAVELA, R.; STEPANYCHEVA, E.; SHCHENIKOVA, A.; CHERMENSKAYA, T.; PETROVA, M. Essential oils as prospective fumigants against *Tetranychus urticae* Koch. **Industrial Crops and Products**, v. 94, p. 755–761, 2016.

PEÑA, J. E. (ED.). **Potential invasive pests of agricultural crops**. Wallingford: CABI, 2013.

PEÑA, J. E.; RODRIGUES, J. V.; CARRILLO, D. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. **Integrated Control of Plant-Feeding Mites**, v. 50, p. 69–79, 2009.

PHAM, L. J. Coconut (*Cocos nucifera*). In: **Industrial Oil Crops**. Philippines: Elsevier Inc., 2016. p. 231–242.

PRABHEENA, P.; RAMANI, N. Distribution pattern and injurious status of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpidae) on arecanut palms. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 4, n. 1, p. 2250–3153, 2014.

PRADO, V. M. J.; MORAES, V. R. S.; NOGUEIRA, P. C. L.; CRUZ, E. M. O.; BLANK A. F.; PEREIRA-FILHO, E. R.; MARTINS, L. R. R. Caracterização de chás de genótipos de *Lippia gracilis* schauer através de perfil cromatográfico por CLAE-DAD combinado com análises quimiométricas. **Química Nova**, v. 35, n. 9, p. 1814–1818, 2012.

RAKHA, M.; BOUBA, N.; RAMASAMY, S.; REGNARD, J. L.; HANSON, P. Evaluation of wild tomato accessions (*Solanum* spp.) for resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) based on trichome type and acylsugar content. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 64, n. 5, p. 1011–1022, 2017.

RATTAN, R. S. Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. **Crop Protection**, v. 29, n. 9, p. 913–920, 2010.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. **Annual Review of Entomology**, v. 57, n. 1, p. 405–424, 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, n. 3–4, p. 309–316, 2012.

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,

n. 3–4, p. 317–329, 2012.

RODRIGUES, J. C. V.; ANTONY, L. M. K. First Report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. **Florida Entomology**, v. 4, p. 1073–1074, 2011.

SANTOS, C. P.; PINTO, J. A. O.; SANTOS, C. A.; CRUZ, E. M. O.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANDRADE, T. M. SANTOS, D. A.; ALVES, P. B.; BLANK, A. F. Harvest time and geographical origin affect the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. **Industrial Crops and Products**, v. 79, p. 205–210, 2016.

SANTOS, J. S.; MELO, J. I. M.; ABREU M. C.; SALES, M. F. Verbenaceae sensu stricto na região de Xingó: Alagoas e Sergipe, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 4, p. 985–998, 2009.

SARMENTO, R. A.; RODRIGUES, D. M.; FARAJI, F.; ERASMO, E. A.; LEMOS, F.; TEODORO, A. V.; KIKUCHI, W. T.; SANTOS, G. R.; PALLINI, A. Suitability of the predatory mites *Iphiseiodes zuluagai* and *Euseius concordis* in controlling *Polyphagotarsonemus latus* and *Tetranychus bastosi* on *Jatropha curcas* plants in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v. 53, p. 203–214, 2011.

SHOOROOEI, M.; HOSEINZADEH, A. H.; MAALI-AMIRI, R.; ALLAHYARI, H.; TORKZADEH-MAHANI, M. Antixenosis and antibiosis response of common bean (*Phaseolus vulgaris*) to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). **Experimental and Applied Acarology**, v. 74, n. 4, p. 365–381, 2018.

SILVA, H. A. S.; VIEIRA, M. R.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CARDOSO, M. S. M.; FIGUEIRA, J. C. Clones de seringueira com resistência a ácaros. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 383–388, 2011.

SILVA, P. C. M.; GUERRA, H. O. C.; GHEYI, H. R.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, I. R. Eficiência flora e biomassa dos frutos de coqueiro sob diferentes lâminas de irrigação e níveis salinos. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 4, p. 68–77, 2007.

SILVA, S. S.; SANTOS, P. M.; SANTOS, M. C.; VIEIRA, I. G.; SARAIVA, V. W.; FARIAS, A. P.; SILVA, E. A.; PEDRO NETO, M.; TEODORO, A. V. **Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em Sergipe e seu controle com óleos brutos vegetais**. XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia, Maceió/ AL. de 15 a 17 de Março. **Anais...**Maceió/ AL: 2016

SILVA, V. M.; COSTA-CARVALHO, R. R.; FONTES, M. G.; LARANJEIRA, D.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B. Effect of essential oils from *Lippia sidoides* and *Lippia gracilis* on growth inhibition of *Rhizoctonia solani*. **Acta Horticulturae**, n. 1198, p. 31–34, 2018.

SILVA, W. J.; DÓRIA, G. A.; MAIA, R. T.; NUNES, R. S.; CARVALHO, G. A.; BLANK, A. F.; ALVES, P. B.; MARÇAL, R. M.; CAVALCANTI, S. C. Effects of essential oils on *Aedes aegypti* larvae: Alternatives to environmentally safe insecticides. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 8, p. 3251–3255, 2008.

SIQUEIRA, L. A.; ARAGÃO, W. M.; TUPINAMBÁ, E. A. A introdução do coqueiro no Brasil: Importância histórica e agrônômica. **Documento: Embrapa Tabuleiros Costeiros**, p. 24, 2002.

SMITH, C. M. Plant resistance to arthropods. In: **Plant Resistance to Arthropods**. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2005. p. 381–412.

- SOUZA, A. M.; MEIRA, M. R.; FIGUEIREDO, L. S.; MARTINS, E. R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 01-11, 2010.
- SOUZA, I. V.; GOMDIM JR, M. G. C.; GUZZO, E. C. **Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no estado de Alagoas, Brasil**. XXVI Congresso Brasileiro de Entomologia. Maceió/ AL. 15 a 17 de Março. **Anais...**2016
- STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance. **Insect Science**, v. 20, n. 3, p. 263–272, 2013.
- TAK, J. H.; ISMAN, M. B. Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 786–792, 2017.
- TAK, J. H.; JOVEL, E.; ISMAN, M. B. Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Journal of Pest Science**, v. 89, n. 1, p. 183–193, 2016.
- 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, n. 3–4, p. 331–345, 2012.
- TELES, T.; BONFIM, R. R.; ALVES, P. B.; BLANK, A. F.; JESUS, H. C. R.; QUINTANS-JR, L. J.; SERAFINI, M. R.; BONJARDIM, L. R.; ARAÚJO, A. A. S. Composition and evaluation of the lethality of *Lippia gracilis* essential oil to adults of *Biomphalaria glabrata* and larvae of artemia salina. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 51, p. 8800–8804, 2010.
- TEODORO, A. V.; FERREIRA, J. M. S.; SILVA, S. S.; NEGRISOLI Jr, A. S.; VASCONCELOS, J. F.; GUZZO, E. C. Aspectos bioecológicos e manejo do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **Comunicado técnico**, 135. p. 6, 2014.
- TEODORO, A. V.; FERREIRA, J. M. S.; NAVIA, D.; SILVA, S. S. Bioecologia e manejo dos principais ácaros-praga do coqueiro no Brasil. **Comunicado técnico**, 169. 2015.
- VALADÃO, G. S.; VIEIRA, M. R.; PIGARI, S. A. A.; TABET, V. G.; SILVA, A. C. Resistência de cultivares de videira ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* na região de Jales, estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1051–1058, 2012.
- VÁSQUEZ, C.; COLMENÁREZ, Y.; MORAES, G. J. Life cycle of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. **Experimental and Applied Acarology**, v. 65, n. 2, p. 227–235, 2014.
- VIEIRA, M. R.; CELOTO, F. J.; SCALOPPI JUNIOR, E. J.; AGUSTINI, J. A. Resistência a ácaros de clones de seringueira nas condições do noroeste paulista. **Bragantia**, v. 76, n. 1, p. 102–107, 2017.
- WEI, Q.; WALDE, S. J. The functional response of *Typhlodromus pyri* to its prey, *Panonychus ulmi*: the effect of pollen. **Experimental and Applied Acarology**, v. 21, n. 10, p. 677–684, 1997.

- WELBOURN, C. **Pest alert. Red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae).** Florida Department of Agriculture and Consumer Services Florida USA, 2006.
- WU, L.; HUO, X.; ZHOU, X.; ZHAO, D.; HE, W.; LIU, S.; LIU, H.; FENG, T.; WANG, C. Acaricidal activity and synergistic effect of thyme oil constituents against carmine spider mite (*Tetranychus Cinnabarinus* (Boisduval)). **Molecules**, v. 22, n. 11, p. 1873, 2017.
- WU, S.; GUO, J.; XING, Z.; GAO, Y.; XU, X.; LEI, Z. Comparison of mechanical properties for mite cuticles in understanding passive defense of phytoseiid mite against fungal infection. **Materials & Design**, v. 140, p. 241–248, 2018.

4. ARTIGO 1

INFESTAÇÃO NATURAL DE *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE) EM ACESSOS DE COQUEIRO-ANÃO

Periódico a ser submetido: Neotropical Entomology

RESUMO

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), pode causar grandes perdas à produção do coqueiro (*Cocos nucifera* L.). Dentre as opções de controle, a resistência de plantas é a principal estratégia, e em coqueiro, características físicas e morfológicas podem influenciar o ataque de ácaros pragas. Dessa forma, objetivou-se avaliar a infestação natural de *R. indica* em acessos de coqueiro-anão das subvariedades verde, vermelha e amarela, bem como a relação entre a densidade estomática desses acessos e a população do ácaro. As avaliações da densidade do ácaro-vermelho-das-palmeiras foram realizadas em seis acessos de coqueiro-anão das subvariedades (verde, vermelha e amarela): Anão Verde do Brasil de Jiqui (AVeBrJ); Anão Vermelho de Camarões (AVC); Anão Vermelho da Malásia (AVM); Anão Vermelho do Brasil de Gramame (AVG); Anão Amarelo do Brasil de Gramame (AAG) e Anão Amarelo da Malásia (AAM) no Banco Internacional de Germoplasma de Coco para América Latina e Caribe (ICG-LAC), localizado no campo experimental da Embrapa em Itaporanga D'Ajuda-SE. A infestação de *R. indica* foi influenciada pelas subvariedades coqueiro-anão, de modo que o acesso AVeBrJ (verde) apresentou menores densidades populacionais em comparação com AAG (amarelo) e AVG (vermelho). Adicionalmente, o número de ovos e formas ativas nos acessos de coqueiro-anão não foram correlacionados com a densidade de estômatos das plantas avaliadas, o que contrasta com a hipótese de aumento da população dessa praga com o número de estômatos. Portanto, o acesso verde (AVeBrJ) possui característica de resistência a *R. indica*, sendo o menos infestado em condições de infestação natural da praga.

Palavras-chave: *Cocos nucifera*, ácaro-vermelho-das-palmeiras, resistência de plantas, cor, densidade estomática.

NATURAL INFESTATION OF *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE) IN DWARF COCONUT ACCESSIONS

ABSTRACT

Red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), can cause considerable losses to coconut production (*Cocos nucifera* L.). Plant resistance is the main strategy applied to control this mite. The physical and morphological characteristics of the coconut can influence the attack of pest mites. This study aimed to evaluate the natural infestation of *R. indica* in dwarf coconut accessions of the green, red, and yellow subvarieties, as well as the relationship between the stomatal density of these accessions and the mite population. The red palm mite density was evaluated in six dwarf coconut accessions of the following subvarieties (green, red, and yellow): Brazilian Green Dwarf Jequi (BGDJ); Cameroon Red Dwarf (CRD); Malayan Red Dwarf (MRD); Brazilian Red Dwarf Gramame (BRDG); Brazilian Yellow Dwarf Gramame (BYDG); and Malayan Yellow Dwarf (MYD) at the International Coconut Germplasm Bank for Latin America and the Caribbean (ICG-LAC), located in the experimental field of Embrapa, in Itaporanga D'Ajuda, SE. *R. indica* infestation was influenced by the dwarf coconut subvariety. Thus, the BGDJ (green) accession had lower population densities when compared with BYDG (yellow) and BRDG (red) accessions. Additionally, the number of eggs and active stages of *R. indica* found in the dwarf coconut accessions was not correlated with the stomatal density, which contrasts with the hypothesis that the population density increases with the increase in the number of stomata. Therefore, the green accession (BGDJ) has characteristic of resistance to *R. indica*, being the least infested under natural infestation of the pest.

Key-words: *Cocos nucifera*, red palm mite, plant resistance, color, stomatal density.

4.1. Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é considerado uma das principais pragas da cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) em diversos países (Kane *et al.* 2012). Por ser uma praga polífaga, ataca outras palmeiras, plantas ornamentais e bananeiras (Carrillo *et al.* 2012; Vásquez *et al.* 2014; Otero-Colina *et al.* 2016). Esse ácaro se alimenta por meio da inserção de seu aparelho bucal nos estômatos, interferindo diretamente na fotossíntese e respiração das plantas atacadas (Ochoa *et al.* 2011; Beard *et al.* 2012).

Baseado nos prejuízos que *R. indica* pode causar aos cocoicultores, a investigação de plantas resistentes é uma importante estratégia para o manejo dessa praga. O uso de materiais resistentes ao ataque de ácaros pode contribuir para a diminuição dos custos de produção devido à menor utilização de acaricidas, e para a preservação dos organismos não-alvo, beneficiando o agricultor, o consumidor e o meio ambiente (Vieira *et al.* 2017). Além disso, em programas de melhoramento genético do coqueiro-anão, informações científicas sobre resistência a pragas são escassas.

A resistência de plantas é baseada em características herdadas e classificada como antixenose, antibiose e tolerância (Smith 2005). Assim, a variedade menos utilizada pela praga para alimentação, oviposição ou abrigo, apresenta resistência por não preferência ou antixenose. A antibiose ocorre quando a variedade exerce efeito adverso sobre a biologia da praga, enquanto que a tolerância é definida pela ocorrência de poucos danos em comparação com outras, sob o mesmo nível de infestação (Lara 1991; Valadão *et al.* 2012; Vieira *et al.* 2017; Shoorooei *et al.* 2018).

Para se proteger das ameaças biológicas causadas pelo ataque de herbívoros, várias estruturas presentes nas folhas das plantas são capazes de influenciar a interação entre artrópodes com seus hospedeiros. O tipo e a densidade de tricomas, a densidade de estômatos, espessura da cutícula, presença de cristais e de compostos fenólicos são exemplos de variações nas estruturas das plantas (Gutschick 1999; Hanley *et al.* 2007; Lima *et al.* 2010; Balza *et al.* 2015; Keskin & Kumral 2015; Rakha *et al.* 2017; Shoorooei *et al.* 2018). Além disso, as características físicas das plantas como a cor, forma e tamanho também predizem a suscetibilidade da planta ao ataque de pragas (Smith 2005; Powell *et al.* 2006).

Desta forma, características morfológicas e físicas dos acessos de coqueiro-anão podem influenciar a infestação de *R. indica*. Por exemplo, *R. indica* se alimenta via estômatos das plantas hospedeiras (Ochoa *et al.* 2011) e o número dessas estruturas pode variar intra e interespecificamente (Salisbury 1928; Ceolin *et al.* 2007; Solangi *et al.* 2010), portanto é de se esperar que a densidade de estômatos esteja correlacionada com populações de *R. indica*.

Além disso, a cor dos acessos de coqueiro-anão das subvariedades verde, amarela e vermelha pode influenciar a suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças (Silva *et al.* 2017; Silva *et al.* 2018), assim é possível que a infestação de *R. indica* também varie em função da cor desses acessos. Desta forma, objetivou-se avaliar a infestação natural de *R. indica* em acessos de coqueiro-anão das subvariedades verde, vermelha e amarela, bem como a relação entre a população do ácaro com a densidade estomática dos acessos de coqueiros.

4.2. Materiais e Métodos

4.2.1. Área experimental

As avaliações da densidade do ácaro-vermelho-das-palmeiras foram realizadas em seis acessos de coqueiro-anão das subvariedades verde, vermelha e amarela: Anão Verde do Brasil de Jiqui (AVeBrJ); Anão Vermelho de Camarões (AVC); Anão Vermelho da Malásia (AVM); Anão Vermelho do Brasil de Gramame (AVG); Anão Amarelo do Brasil de Gramame (AAG) e Anão Amarelo da Malásia (AAM) do Banco Internacional de Germoplasma de Coco para América Latina e Caribe (ICG-LAC), no Campo Experimental de

Itaporanga D'Ajuda-Sergipe (11°07'40"S e 37°11'15"O) pertencente à Embrapa Tabuleiros Costeiros (Figura 1). Os coqueiros avaliados têm 13 anos de idade e são cultivados em Neossolo quartzarênico, com espaçamento de 7,5 x 7,5 x 7,5 m em triângulo equilátero, dispostos em blocos inteiramente casualizados, com cinco repetições e 96 plantas em cada bloco (Silva *et al.* 2018).

4.2.2. Avaliação da densidade populacional de *R. indica*

Contagens do número de ovos e formas ativas de *R. indica* (larvas, ninfas e adultos) em cada acesso de coqueiro-anão foram realizadas em fevereiro, março e abril de 2017. Para a avaliação, oito folíolos de quatro folhas foram coletados na região mediana de 15 plantas, escolhidas aleatoriamente por bloco para cada acesso. A face abaxial dos folíolos, onde os ácaros se localizam, foi revestida por fita crepe branca (50mm x 50m), para evitar sua fuga. Em seguida, o material foi etiquetado, acondicionado em sacos plásticos e transportado para o laboratório. Para contagem dos ácaros foram utilizados dois campos de leitura por folíolo, com área de 1,8 cm², separados a 30 cm de distância.

Para avaliar o número de ovos e formas ativas de *R. indica*, análises de aninhamento hierárquico (Anova, nested design) (Sokal & Rohlf 1995) foram utilizadas. O fator principal foi a cor das subvariedades de coqueiro-anão (verde, amarela e vermelha), enquanto os acessos foram os fatores aninhados dentro das cores. Para a cor, os dados foram ajustados ao modelo não linear generalizado (GNLM), com distribuição de Poisson. O número de ovos entre os acessos AAM e AAG foram comparados pelo teste t-Student, e Anova seguida por Tukey para identificar as diferenças entre os acessos AVC, AVM e AVG. Para formas ativas de *R. indica*, Anova não paramétrica de Kruskal Wallis, seguida por teste U de Man-whitney foram utilizadas para comparar os acessos da cor amarela, e Anova seguida por Tukey para identificar diferenças entre os acessos da cor vermelha, utilizando o software Statistica 7.0 (StatSoft 2004).

4.2.3. Densidade estomática

A avaliação da densidade estomática dos acessos de coqueiro-anão foi realizada utilizando os folíolos da avaliação da densidade de *R. indica*, porém com seleção de 10 folíolos (repetições) para cada acesso, totalizando 60 folíolos. Para confecção das lâminas foram utilizados fragmentos de 3 cm dos folíolos, cortados entre a margem e a nervura principal, seguindo a metodologia de Araújo *et al.* (2013). As lâminas histológicas foram montadas obtendo-se a impressão da epiderme foliar abaxial através de uma gota de adesivo instantâneo universal éster de cianoacrilato (Super Bonder®) (Ceolin *et al.* 2007). Em seguida, para determinar o número de estômatos, as lâminas foram observadas numa área de impressão foliar de 1 mm² e fotografadas em um modelo de estereomicroscópio SMZ 1270 da Nikon, com câmera Nikon DS-Fi2, acoplado ao sistema NIS-Elements BR imaging software, usando ampliações de 8 vezes do estereomicroscópio, por 2 vezes o aumento da lente da câmera. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de LSD ($P < 0,05$), utilizando o software Statistica 7.0 (StatSoft 2004). Os números de ovos e formas ativas foram relacionados com o número de estômatos, por meio de análise de correlação de Pearson, utilizando o software Statistica 7.0 (StatSoft 2004).

4.3. Resultados

O número de ovos e formas ativas de *R. indica* foram influenciados pelas cores dos acessos de coqueiro-anão (verde, amarela e vermelha) com menores densidades populacionais no acesso AVeBrJ de cor verde (ovos: $F_{2,267} = 3,98$; $df = 2$, $P = 0,031$; formas ativas: $F_{2,267} = 24,02$ $df = 2$; $P < 0,001$) (Figura 2A e B). Os acessos de cor amarela e vermelha apresentaram densidades semelhantes de ovos, porém, dentre os coqueiros amarelos, o menor número de ovos foi encontrado no acesso AAG ($t = 5,93$; $df = 2$; $P = 0,027$; Figura 3A). Para o número de formas ativas de *R. indica*, acessos de coqueiros vermelhos se aproximaram tanto do

coqueiro verde (AVG), menos atacado, como dos coqueiros amarelos (AVC), com maior densidade da praga ($F_{2,13} = 5,12$; $df = 132$; $P = 0,007$; Figura 3B).

A densidade de estômatos diferiu entre os acessos de coqueiro-anão ($F_{5,54} = 5,62$; $P < 0,001$; Figura 4), de modo que o maior e menor número de estômatos foram registrados nos acessos AVeBrJ ($214,73 \pm 5,58$ estômatos mm^2) e AAG ($173,67 \pm 6,5$ estômatos mm^2), respectivamente (Figura 5A e B). No entanto, não houve correlação entre a densidade estomática e o número de ovos e formas ativas de *R. indica* (ovos: $r = -0,47$; formas ativas: $r = -0,37$, $P > 0,05$).

4.4. Discussão

A diferença entre a suscetibilidade dos acessos de coqueiro-anão ao ataque de *R. indica*, observadas em campo, levou a investigação das possíveis características associadas a resistência dessas plantas. O acesso AVeBrJ da subvariedade verde de coqueiro-anão apresentou mecanismo de resistência ao ácaro-vermelho-das-palmeiras, haja vista que foi o menos infestado (menor números de ovos e formas ativas) em condições naturais. Neste acesso também houve menor abundância de cigarrinhas *Oecleus* sp. (Cixiidae), possíveis vetoras de fitoplasmas (Silva *et al.* 2018). No entanto, os acessos das subvariedades vermelha (AVC) e amarela (AAM), mais suscetíveis a *R. indica*, também foram mais suscetíveis às doenças lixa grande *Camarotella acrocomiae* (Mont.) e lixa pequena, *Camarotella torrendiella* (Batista) (Silva *et al.* 2017). Possivelmente, as características morfológicas, como o número e padrão de distribuição das folhas, arquitetura da planta, comprimento do limbo foliar, ceras epicuticulares, espessura da cutícula e dureza dos tecidos da subvariedade de coqueiro verde (AVeBrJ) podem dificultar a alimentação e oviposição de *R. indica*, caracterizando resistência por não preferência (antixenose). Similarmente, clones de seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ex. A.D. de Juss.) Müell Arg] com menor densidade populacional dos ácaros *Calacarus heveae* Feres (Eriophyidae) e *Tenuipalpus heveae* Baker (Tenuipalpidae) e baixos níveis de desfolhamento foram considerados resistentes por não preferência e/ou antibiose (Vieira *et al.* 2017). Em teste de escolha de *R. indica* por espécies de *Musa*, três materiais genéticos provenientes do grupo Cavendish possuem características não identificadas de resistência por não preferência (Rodrigues & Irish 2012).

Os componentes químicos presentes nas plantas (alcaloides, fenóis, terpenoides e entre outros) produzidos através do metabolismo secundário podem atuar como inibidores da alimentação ou oviposição e afetar a biologia dos ácaros (Miresmailli & Isman 2014; Balza *et al.* 2015), o que pode ser outra possível explicação para os resultados encontrados neste estudo. Um fator importante a ser considerado é que uma planta pode apresentar uma ou mais característica de resistência ao ataque da praga (Boiça Júnior *et al.* 2016; Shoorooei *et al.* 2018). A importância de estudos quanto às características que influenciam a defesa das plantas são de extrema necessidade para correta compreensão da interação entre planta-herbívoros.

Em folíolos de *C. nucifera* foram identificados abundância de idioblastos contendo compostos fenólicos (taninos em maior parte) distribuídos no parênquima paliçádico, parênquima lacunoso, feixes vasculares e na nervura primária, bem como a presença de cristais de oxalato de cálcio nos idioblastos (Araújo *et al.* 2013). Assim, a possível presença de compostos fenólicos e cristais de oxalato de cálcio nas folhas do coqueiro-anão, podem conferir resistência do tipo antibiose e afetar negativamente a biologia de *R. indica*.

O potencial reprodutivo de *R. indica* foi afetado por algumas espécies nativas de plantas da família Arecaceae, *Astrocaryum aculeatum*, *A. maripa*, *A. rosea*, *Bactris gasipae*, *B. maraja*, *Euterpe guineensis*, *E. oleracea*, *E. precatoria* e *Oenocarpus bataua*, levando a população testada à extinção. Desta forma, essas espécies possuem características que estão relacionadas a fatores de defesa da planta (Gómez-Moya *et al.* 2017), que podem ser do tipo antibiose, uma vez que afetaram a biologia dos ácaros.

Neste estudo, as densidades de estômatos dos acessos de coqueiro-anão das subvariedades não explicaram a relação entre o menor número de ácaros e a maior densidade de estômatos. No entanto, em cultivares de *Musa* spp., a menor densidade estomática, associada à maior espessura da parede da cutícula e da epiderme, e as maiores concentrações de metabólitos secundários observadas nas folhas, determinaram a menor taxa de sobrevivência e reprodução de *R. indica* (Balza *et al.* 2015). Contrariamente, em areceas, diferenças nas características anatômicas, espessura da epiderme da cutícula, profundidade e espessura do mesófilo, índice e densidade estomática não são causas de impedimento para a alimentação de *R. indica*. A quantidade de metabólitos secundários encontrados nas plantas, como alcaloides, flavonoides e fenóis, foram os fatores que influenciaram a sobrevivência e oviposição de *R. indica* (Vásquez *et al.* 2015).

O conteúdo nutricional das plantas, condições de cultivo, déficit hídrico e o acesso aos locais de alimentação de um hospedeiro devem ser levados em consideração na infestação de *R. indica* (Moutia 1958; Ochoa *et al.* 2011). Outro aspecto importante é que a alimentação deste ácaro é influenciada pela abertura e fechamento dos estômatos, uma vez que não conseguem se alimentar de hospedeiros com essa estrutura fechada (Beard *et al.* 2012).

Portanto, para trabalhos futuros, a perspectiva é a realização de experimentos voltados à preferência alimentar, biologia do ácaro, assim como uma melhor avaliação do comportamento dos estômatos e a quantificação dos compostos envolvidos na defesa do coqueiro-anão. A exploração de todas as possíveis características tanto do coqueiro-anão verde (mais resistente), como dos coqueiros amarelos e vermelhos (mais suscetíveis) poderão explicar melhor a resistência para exploração por programas de melhoramento genético.

Agradecimentos

Os autores agradecem a curadoria do Banco Internacional de Germoplasma de Coco para América Latina e Caribe, ao professor Leandro Bacci da Universidade Federal de Sergipe e a mestre Ane Caroline pela disponibilidade dos equipamentos e ajuda para avaliação dos experimentos, e ao CNPq pelo suporte financeiro.

4.5. Referências Bibliográficas

- Araújo KL, Silveira SF, Bianchini E, et al (2013) Caracterização anatômica e histoquímica de folíolos de coqueiro. *Rev Bras Ciências Agrárias* 8:246–251
- Balza D, Vásquez C, Valera R (2015) Aspectos biológicos de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre cultivares de *Musa* spp.: posible rol de la anatomía y química de la hoja. *Entomotropica* 30:181-192
- Boiça Júnior AL, Souza BHS, Ribeiro ZA, et al (2015) A defesa das plantas ao ataque dos insetos. In: Castilho RC, Busoli AC, Andrade DJ, Rossi GD, Bello MMD, Brenha JAM. (Org.). *Tópicos em Entomologia Agrícola -VIII*. 1ed. Jaboticabal, SP. p 161-179
- Beard JJ, Ochoa R, Baughan GR, et al (2012) External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychidae): *Raoiella* a case study. *Exp Appl Acarol* 57:227–255
- Carrillo D, Amalin D, Hosein F, et al (2012) Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the new world. *Exp Appl Acarol* 57:271–289
- Ceolin GB, Rücker A, Kray JG (2007) Análise epidérmica foliar na diferenciação de plântulas de *Geonoma schottiana* e *Euterpe edulis* (Arecaceae). *Bras Rev Biociências* 5:18–20
- Franceschi VR, Nakata PA (2005) Calcium oxalate in Plants: formation and function. *Annual Review of Plant Biology* 56:41–71

- Gómez-Moya CA, Lima TPS, Morais EGF, Gondim Jr MGC, Moraes GJ (2017) Hosts of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) native to the Brazilian Amazon. *J Agric Sci* 9:86–94
- Gutschick VP (1999) Research reviews: Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure. *New Phytol.* 143:3–18
- Hanley ME, Lamont BB, Fairbanks MM, Rafferty CM (2007) Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 8:157–178
- Kane EC, Ochoa R, Mathurin G, et al (2012) *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Exp Appl Acarol* 57:215–225
- Keskin N, Kumral NA (2015) Screening tomato varietal resistance against the two-spotted spider mite [*Tetranychus urticae* (Koch)]. *Int J Acarol* 41:300–309
- Lara FM (1991) *Princípios de Resistência de Plantas a Insetos*. 2. ed. São Paulo: Ícone, 336p.
- Lima MLP, Lopes CA, Café Filho AC (2010) Padrão estomático de *Capsicum* ssp. resistentes e suscetíveis a *Oidiopsis haplophylli*. *Summa Phytopathol* 36:25–29
- Miresmailli S, Isman MB (2014) Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. *Trends Plant Sci* 19: 29–35
- Moutia LA (1958) Contribution to study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. *Bull Entomol Res* 49: 59–75.
- Ochoa R, Beard JJ, Bauchan GR, et al (2011) Herbivore exploits chink in armor of host. *Am. Entomol* 57:26–29
- Otero-Colina G, González-Gómez R, Martínez-Bolaños L, et al (2016) Infestation of *Raoiella indica* Hirst (Trombidiformes: Tenuipalpidae) on host plants of high socio-economic importance for tropical America. *Neotrop Entomol* 45:300–309
- Poole I, Weyers JDB, Lawson T, Raven JA (1996) Variations in stomatal density and index: implications for palaeoclimatic reconstructions. *Plant, Cell Environ* 19:705–712
- Powell G, Tosh CR, Hardie J (2006) Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives. *Annu Rev Entomol* 51:309–30
- Rakha M, Bouba N, Ramasamy S, et al (2017) Evaluation of wild tomato accessions (*Solanum* spp.) for resistance to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) based on trichome type and acylsugar content. *Genet Resour Crop Evol* 64:1011–1022
- 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
- Salisbury EJ (1928) On the causes and ecological significance of stomatal frequency, with special reference to the woodland flora. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 216:1–65
- Shoorooei M, Hoseinzadeh AH, Maali-Amiri R, et al (2018) Antixenosis and antibiosis response of common bean (*Phaseolus vulgaris*) to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Exp Appl Acarol* 74:365–381

- Silva JM, Talamini V, Ramos SRR, et al (2017) Evaluation of dwarf coconut (*Cocos nucifera* L.) germplasm to the damage intensity caused by foliar diseases. *Asian J Res Crop Sci*, 11:1374-1380
- Silva FG, Passos EM, Diniz LEC, et al (2018) Rainfall and coconut accession explain the composition and abundance of the community of potential auchenorrhyncha phytoplasma vectors in Brazil. *Environ Entomol* 47:318–324
- Smith CM (2005) Plant resistance to arthropods. In: *Plant Resistance to Arthropods*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, pp 381–412
- Sokal RR, Rohlf FJ (1995) *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*
- Solangi AH, Arain MA, Iqbal MZ (2010) Stomatal studies of coconut (*Cocos nucifera* L.) varieties at coastal area of Pakistan. *Pakistan J Bot* 42:3015–3021
- StatSoft (2004) *Statistica for Windows (Software system for data-analyses)*
- Valadão GS, Vieira MR, Pigari SAA, et al (2012) Resistência de cultivares de videira ao ácaro-rajado *Tetranychus urticae* na região de Jales, estado de São Paulo. *Rev Bras Frutic* 34:1051–1058
- Vásquez C, Colmenárez Y, Moraes GJ (2014) Life cycle of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. *Exp Appl Acarol* 65:227–235
- Vásquez C, Egurrola Z, Valera R, Sanabria ME, Colmenárez Y (2015) Anatomía y química foliar en especies ornamentales de Arecaceae: posibles barreras a la alimentación de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Gayana Bot.* 72: 296–304
- Vieira MR, Celoto FJ, Scaloppi Junior EJ, Agustini JA (2017) Resistência a ácaros de clones de seringueira nas condições do noroeste paulista. *Bragantia* 76:102–107

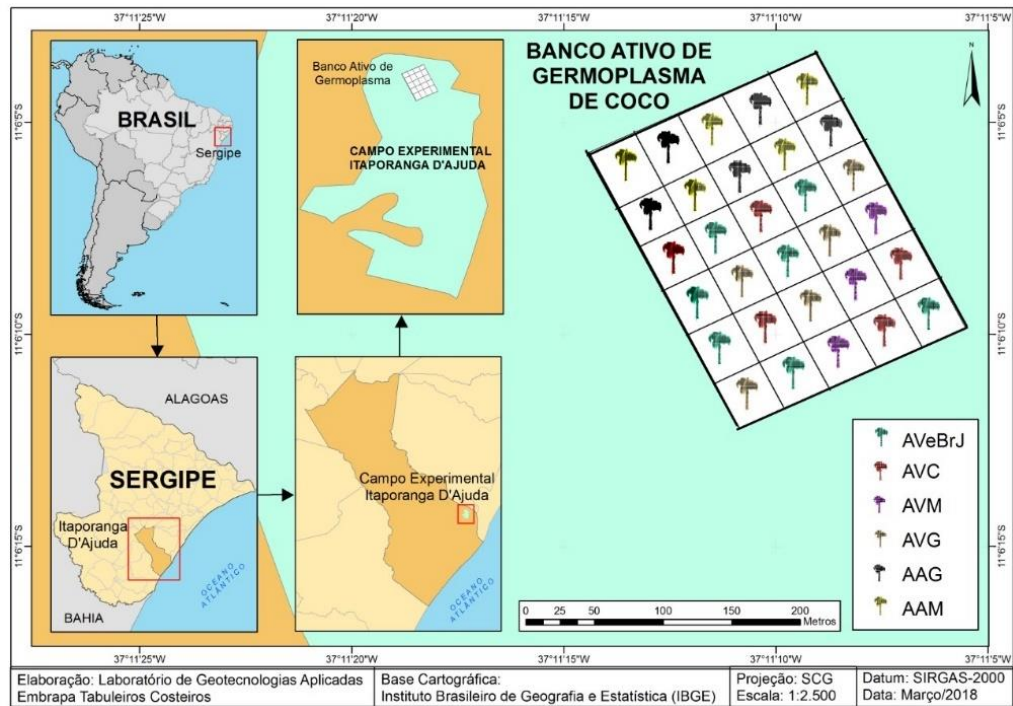


Figura 1. Localização dos acessos de coqueiro-anão no Banco de Germoplasma em Itaporanga D'Ajuda, Sergipe (Silva *et al.* 2018).

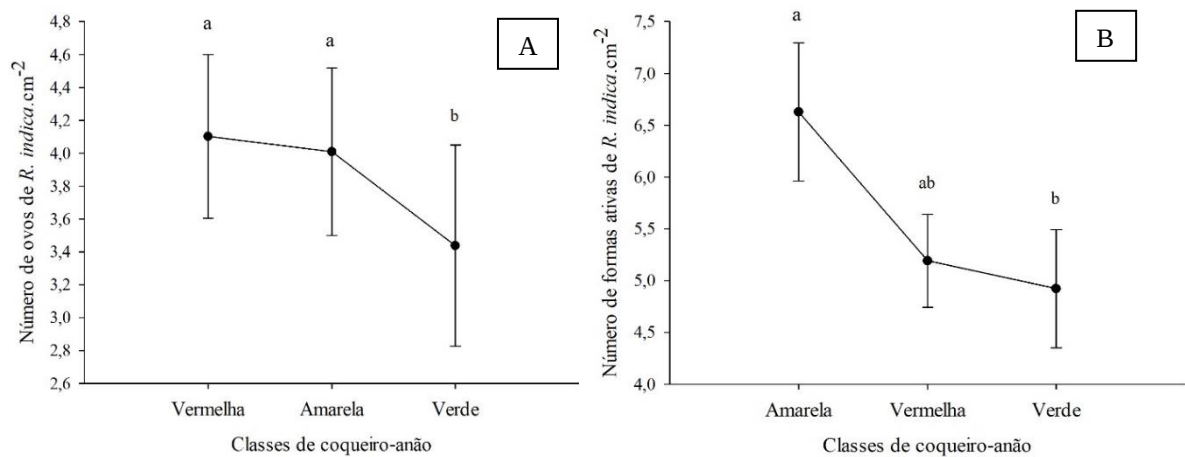


Figura 2. Número de ovos (A) e formas ativas (B) de *Raoiella indica* em acessos de coqueiro-anão das subvariedades verde (AVEBrJ), amarela (AAG e AAM) e vermelha (AVC, AVM, AVG). Diferenças entre as cores foram estabelecidas por Anova aninhada ($P < 0,001$).

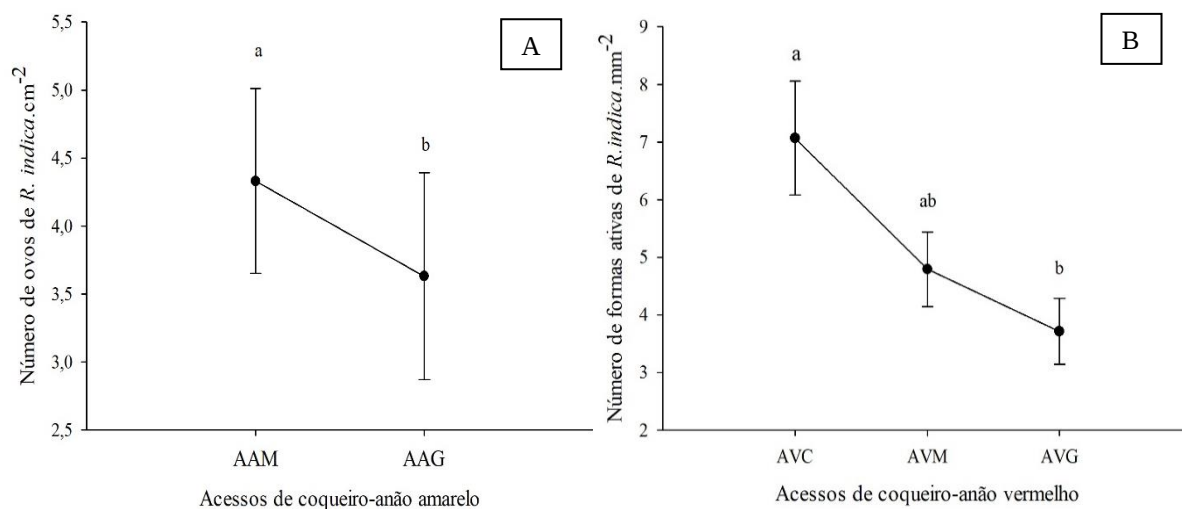


Figura 3. Números de ovos nos acessos AAG e AAM (A) e de formas ativas de *Raoiella indica* nos acessos AVC, AVM, AVG (B). Diferenças entre os acessos dentro das cores foram estabelecidas pelo teste t-Student (A) e por Anova seguida por Tukey (B). Médias com letras diferentes diferem entre si ($P < 0,05$).

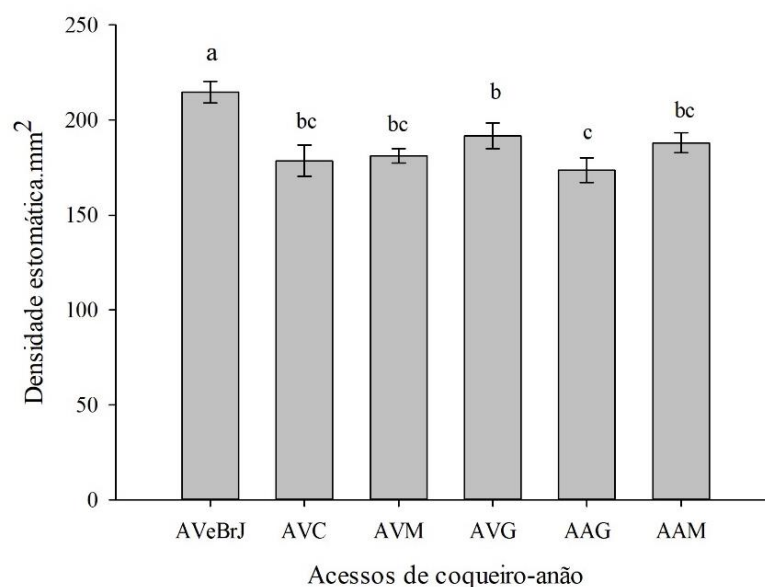


Figura 4. Densidade estomática da face abaxial dos folíolos de acessos de coqueiro-anão. Médias com letras diferentes diferem entre si pelo teste LSD ($P < 0,05$).

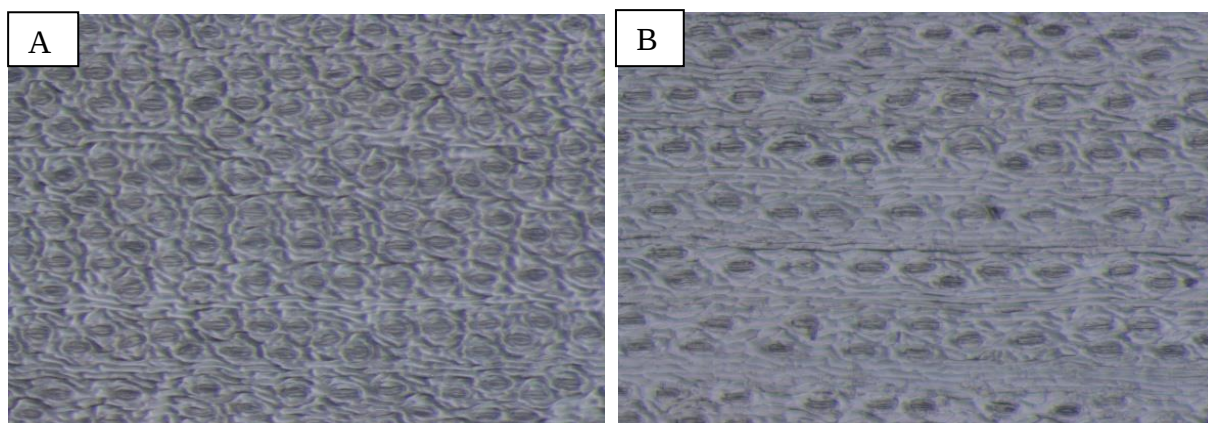


Figura 5. Vista frontal da face abaxial de folíolos de acessos com maior (AVeBrJ; A) e menor (AAG; B) densidade de estômatos. Imagens obtidas por meio da impressão da epiderme utilizando cola (fotos de microscopia, aumento 8x). Escala: 100 μm .

5. ARTIGO 2

ATIVIDADE ACARICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia gracilis* (VERBENACEAE) E SEU COMPOSTO MAJORITÁRIO SOBRE *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE) E COMPATIBILIDADE A *Amblyseius largoensis* (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Periódico a ser submetido: Experimental and Applied Acarology

RESUMO

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), é uma praga severa que pode causar danos a diversas espécies de plantas, incluindo as culturas do coqueiro e da bananeira. Óleos essenciais de plantas são bioativos contra diversas pragas agrícolas e geralmente seletivos para artrópodes não-alvo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficiência do óleo essencial de *Lippia gracilis* (Verbenaceae), bem como seu composto majoritário (timol), sobre *R. indica*, e compatibilidade ao ácaro predador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae), um dos principais agentes de controle biológico desta praga. As concentrações letais (CL) do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* e do seu composto majoritário (timol) foram estimadas para fêmeas de *R. indica*. Posteriormente, avaliou-se a persistência do efeito tóxico e os efeitos subletais do óleo essencial na sobrevivência e oviposição de *R. indica*. Embora a CL₅₀ (4,995 mg/mL) do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* estimada a *R. indica* foi menor que a CL₅₀ (9,028 mg/mL) do timol, não houve diferença na toxicidade. Esse óleo teve mortalidade aguda a *R. indica* na primeira hora após aplicação, com efeito residual perdido após 9 horas. Ademais, o óleo causou redução na sobrevivência e reprodução de *R. indica*, mas foi tóxico ao ácaro predador. Portanto, o óleo essencial de *L. gracilis* é promissor para o manejo de *R. indica*.

Palavras-chave: ácaro-vermelho-das-palmeiras. acaricida botânico. inimigo natural. efeitos subletais

ACARICIDAL ACTIVITY OF *Lippia gracilis* (VERBENACEAE) ESSENTIAL OIL AND ITS MAJOR COMPOUND ON *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE) AND THEIR COMPATIBILITY WITH *Amblyseius largoensis* (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

ABSTRACT

Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), is a severe pest that can damage several plant species, including coconut and banana crops. Plant essential oils are bioactive against several agricultural pests and are usually selective for non-target arthropods. This study aimed to evaluate the efficiency of *Lippia gracilis* (Verbenaceae) essential oil and its major compound (thymol) against *R. indica*, and their compatibility with the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae), one of primary biological control agents of this pest. Lethal concentrations (LC) of the essential oil of the *L. gracilis* genotype LGRA-106 and its major compound (thymol) were estimated on *R. indica* females. Subsequently, the persistence of the toxic effect and sublethal effects of the essential oil on the survival and oviposition of *R. indica* were evaluated. The LC₅₀ (4.995 mg/mL) of the *L. gracilis* genotype LGRA-106 estimated on *R. indica* was lower than the LC₅₀ (9.028 mg/mL) of thymol; nevertheless, no difference was detected for their toxicity. This oil presented an acute mortality to *R. indica* within the first hour after spraying; however, the residual effect was lost after nine hours. In addition, the oil reduced the survival and reproduction of *R. indica*, but it was toxic to the predatory mite. Therefore, the essential oil of *L. gracilis* is promising for the management of *R. indica*.

Key-words: red palm mite. botanic acaricide. natural enemy. sublethal effects

5.1. Introdução

Os óleos essenciais são formados por uma ampla variedade de compostos orgânicos produzidos através do metabolismo secundário de plantas, principalmente monoterpenos e sequiterpenos, que são encontrados em diferentes concentrações e podem, individualmente ou em sinergismo, promover efeitos letais e subletais a diversas pragas (Miresmailli e Isman 2014; Pavela et al. 2016; Tak e Isman 2017; Wu et al. 2017; Mar et al. 2018). Além disso, são compostos altamente voláteis, com baixa persistência no meio ambiente e, geralmente, menor toxicidade para organismos não-alvos (Miresmailli e Isman 2006; Khater 2012; Lima et al. 2013; Tak e Isman 2017).

Apesar da sua eficiência no controle de pragas, algumas substâncias presentes no óleo essencial podem apresentar efeitos indesejados a inimigos naturais e a organismos não-alvos (Choi et al. 2004; Regnault-Roger et al. 2012; Ndakidemi et al. 2016; Melo et al. 2018). Isso acontece principalmente devido à grande complexidade e interações químicas entre os constituintes dos óleos essenciais e sua relação com as variadas respostas biológicas que podem causar aos artrópodes (Rattan 2010).

Dentre os óleos essenciais investigados, o de *Lippia gracilis* Schauer (Verbenaceae) possui atividade bactericida, fungicida, leishmanicida, carrapaticida e inseticida, sendo sua eficiência atribuída aos quimiotipos timol e carvacrol (Albuquerque et al. 2006; Silva et al. 2008; Cruz et al. 2013, 2018, Melo et al. 2013, 2018). O timol, um dos componentes majoritários do óleo de *L. gracilis*, é conhecido por possuir efeitos tóxicos e repelentes a diversos insetos e ácaros (Oliveira et al. 2018; Tak et al. 2016). Dessa forma, o óleo essencial de *L. gracilis* e seu composto majoritário timol podem ser utilizados no manejo integrado de pragas, sendo que existem poucos trabalhos quanto a atividade acaricida desse óleo.

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é considerado uma das mais importantes pragas para a cultura do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) em diversos países. Entretanto, por ser uma praga polífaga, ataca outras palmeiras, plantas ornamentais e bananeiras (Carrillo et al. 2012; Vásquez et al. 2014; Otero-Colina et al. 2016). Os danos causados por *R. indica* interferem diretamente na fotossíntese, respiração e produção das plantas atacadas (Beard et al. 2012, Peña 2013). As folhas exibem amarelecimento severo, necrose e ressecamento (Hoy et al. 2006).

As estratégias de controle para *R. indica* que estão sendo investigadas são resistência de plantas (Rodrigues e Irish 2012; Balza et al. 2015), controle biológico (Carrillo e Peña 2012; Peña et al. 2009) e o controle químico (Assis et al. 2013; Rodrigues e Peña 2012). Dentre essas, o controle biológico é promissor por possibilitar a regulação de *R. indica*, visto que, ácaros predadores da família Phytoseiidae são comumente encontrados em associação com essa praga em cultivos de coqueiro (Gondim Jr et al. 2012; Moraes et al. 2012; Taylor et al. 2012; Carrillo et al. 2014). Entre esses, *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) é o mais relatado associado a *R. indica* (Peña et al. 2009; Bowman e Hoy 2012; Carrillo e Peña 2012; Domingos et al. 2013; Morais et al. 2016).

Diante deste contexto e visando à utilização das diversas formas de controle dentro do manejo integrado de pragas, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a bioatividade do óleo essencial de *L. gracilis*, bem como o seu composto majoritário timol no controle de *R. indica* e a sua compatibilidade ao ácaro predador *A. largoensis*.

5.2. Materiais e Métodos

5.2.1. Obtenção de *R. indica* e *A. largoensis*

Teliocrisálidas de *R. indica* foram coletadas em folíolos de coqueiro infestados oriundos de Aracaju-SE (10°57'03,3"S, 37°03'07,4"O), e deixadas durante 48 horas 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 a turgescência do folíolo e garantir a alimentação dos

ácaros até a emergência de fêmeas adultas, assim padronizando a idade dos ácaros utilizados nos experimentos.

A colônia do ácaro predador *A. largoensis* foi iniciada com indivíduos coletados de folíolos de coqueiro-anão procedentes do mesmo local de coleta de *R. indica*. A identificação do ácaro foi realizada por meio de chaves taxonômicas pela Dr.^a Ester Azevedo do Amaral, e os espécimes foram depositados na coleção da Universidade do Estado do Maranhão (UEMA), São Luís-MA. Os ácaros foram mantidos 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. Fios de algodão recobertos com uma lamínula (18 x 18 mm) foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. Os ácaros foram alimentados a cada dois dias com pólen de taboa, *Typha domingensis* (Typhaceae), todos os estádios de desenvolvimento de *R. indica* e mel a 10%.

5.2.2. Óleo essencial e composto timol

O óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* foi cedido pelo Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais e Óleos Essenciais da Universidade Federal de Sergipe (UFS). O material vegetal utilizado na extração do óleo essencial foi coletado no mês de outubro de 2015, proveniente de plantas cultivadas na Fazenda Experimental “Campus Rural da UFS” (11°00"S, 37°12"O), em São Cristóvão-SE.

A extração do óleo essencial e a composição foram realizadas por Menezes (2016). Seguindo a metodologia descrita por Ehlert et al. (2006), a extração do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* foi realizada por hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado. A análise da composição do óleo foi realizada utilizando Cromatografia Gasosa, acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM) e Detector Iônico de Chamas (CG/EM/DIC), por meio do equipamento GCMSQP2010 Ultra (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japão), equipado com um amostrador de injeção automática AOC-20i (Shimadzu). Os componentes do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* foram identificados 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*-alcanos (*n*C9-*n*C18). Também foram utilizadas três bibliotecas do equipamento (WILEY8, NIST107 e NIST21) que permitiram a comparação dos dados dos espectros com aqueles constantes das bibliotecas, utilizando um índice de similaridade de 80%.

A composição do óleo essencial revelou a presença majoritária de timol (52,41%), seguida por metil timol (10,81%), (*E*)-cariofileno (8,36%), *p*-cimeno (7,16%), e γ -terpineno (5,56%), além de menores quantidades de mirceno (3,20), 1,8-cineol (2,91), α -terpineno (1,26), α -tujeno (1,18), carvacrol (0,87), terpinen-4-ol (0,67), biciclogermacreno (0,61), limoneno (0,53), linalol (0,52), óxido de cariofileno (0,52), viridiflorol (0,52), α -pineno (0,49), α -humuleno (0,43), (*E*)-4-tujanol (0,33), α -terpineol (0,22), sabineno (0,21), β -pineno (0,21), aromadendreno (0,17), espatulenol (0,15), (*Z*)- β -ocimeno (0,14), 3- δ -careno (0,13), α -*E*-bergamoteno (0,12), α -felandreno (0,11), δ -elemeno (0,11) e acetato de timol (0,10) (Menezes 2016). O timol foi adquirido da Sigma-Aldrich® (Steinheim, Germany) com 98% de pureza.

5.2.3. Toxicidade do óleo essencial e do composto majoritário

As concentrações letais (CL) do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* e do composto majoritário timol foram estimadas para fêmeas adultas de *R. indica*, com base em bioensaios de concentração-mortalidade. Para tal, 20 fêmeas de *R. indica* (1-2 dias da emergência) foram transferidas com auxílio de um pincel fino para arenas (1,8 cm de

diâmetro) confeccionadas com pedaços de folíolos de coqueiro (2 cm de largura x 8 cm de comprimento), colocados em placas de Petri (9 cm de diâmetro x 1,3 cm de profundidade) e cobertos por uma mistura de 5% de ágar (ágar bacteriológico puro), 0,3% de metilparabeno (NipagimTM) como fungicida e água destilada. As arenas (unidade experimental) foram abertas com o auxílio de um vazador, expondo a epiderme do folíolo (Oliveira et al. 2017). A pulverização do óleo essencial e do composto majoritário foram realizadas por meio de uma torre de Potter (Burkard, Rickmansworth, Reino Unido) a uma pressão de 0,34 bar (34 kPa) com uma alíquota de pulverização de 9,3 mL, e deposição de 1,7 mg/cm², a qual está de acordo com protocolo da IOBC/WPRS (Hassan et al. 1994). As concentrações foram selecionadas após bioensaios preliminares, situadas entre a maior concentração que não causa mortalidade (limite inferior) e a menor concentração que ocasiona 100% de mortalidade (limite superior) para *R. indica*. Cinco concentrações do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* (2,6; 4,5; 6,3; 8,1; 11,7 mg/mL) e do composto majoritário timol (6,0; 9,0; 12,0; 16,0; 18,0 mg/mL) foram utilizadas nos bioensaios. Para o controle, arenas foram pulverizadas com acetona, que também foi usada em 10 mL para dissolver e diluir o óleo e o composto timol, respectivamente, para todas as concentrações (Sena-filho et al. 2017). Após a pulverização, as arenas foram cobertas com filme de PVC transparente e mantidas em BOD (27 ± 3 °C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotoperíodo de 12 h). A mortalidade dos ácaros foi avaliada após 24 h de exposição e foram considerados mortos quando incapazes de se mover por uma distância equivalente ao seu corpo (Stark et al. 1997).

5.2.4. Persistência do óleo essencial

A persistência do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* a *R. indica* foi avaliada utilizando a CL₉₅ (13,75 mg/mL), estimada no bioensaio anterior, em delineamento inteiramente casualizado, com sete repetições para cada tempo avaliado. Para tal, 20 fêmeas de *R. indica* foram transferidas para arenas pulverizadas após 1, 3, 6, 9 e 12 horas. O tratamento controle foi pulverizado com acetona. A mortalidade foi registrada após 24 horas da transferência dos ácaros.

5.2.5. Efeito subletal na sobrevivência e oviposição de *R. indica*

As curvas de sobrevivência foram determinadas avaliando a mortalidade de *R. indica* expostas a CL₂₅ e a CL₅₀. O experimento foi conduzido de acordo com a metodologia dos bioensaios de toxicidade. Foram realizadas dez repetições utilizando 20 fêmeas adultas de *R. indica* para os dois tratamentos. A mortalidade de *R. indica* foi avaliada a cada 3 h nas primeiras 24 horas, a cada 6 h para 48 horas e acima disso, a cada 12 horas até o final do experimento, quando a mortalidade do controle atingiu 100%.

Na avaliação do efeito subletal do óleo na oviposição, 50 fêmeas adultas de *R. indica* foram isoladas em arenas e expostas a CL₅₀ e controle (acetona). A avaliação foi realizada a cada 12 horas, contabilizado o número de ovos por fêmea ao longo de 12 dias.

5.2.6. Toxicidade do óleo essencial ao predador

A toxicidade do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* ao ácaro predador *A. largoensis* foi avaliada com base na mortalidade. As CL₅₀ e CL₉₅, estimadas para *R. indica* foram utilizadas na avaliação da toxicidade para *A. largoensis*. O experimento foi inteiramente casualizado, com seis repetições para cada concentração. As concentrações letais foram pulverizadas através de uma torre Potter (como descrito em bioensaios anteriores) em arenas confeccionadas com discos de PVC (4,5 cm de diâmetro) contendo dez fêmeas do ácaro predador (com 8 a 10 dias de idade). As arenas foram mantidas 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 taboa colocado sobre pedaços de PVC transparente de 0,5 cm², para evitar o contato com o óleo. Os ácaros foram mantidos em BOD (27 ± 3 °C, umidade

relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12 h), e a mortalidade foi avaliada após 24 horas, conforme descrito anteriormente no bioensaio de toxicidade.

5.2.7. Análises estatísticas

As concentrações letais do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* e do timol foram estimadas por meio das análises de Probit, utilizando o procedimento Proc PROBIT do programa SAS (SAS 2013). A razão de toxicidade foi estimada pelo valor da CL_{50} do timol dividida pela CL_{50} do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis*, e os limites de confiança de 95% dessas estimativas foram considerados significativamente diferentes ($P < 0,05$) se não incluíssem o valor 1 (Robertson et al. 2007). Os dados de mortalidade do óleo essencial em efeito persistência foi comparada com o controle pelo teste de t-Student (dados normais), e o teste U de Mann-Whitney (dados não paramétricos) utilizando o software Statistica 7.0 (StatSoft 2004). A avaliação da sobrevivência foi analisada pelo estimador de Kaplan-Meier e as curvas comparadas pelo teste de Log-rank usando o SigmaPlot v. 12.0 (Systat Software 2008). O número de ovos por fêmea/total e ovos por fêmea/dia do ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica* exposto a CL_{50} do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* e o controle (acetona) foram comparados pelo teste não paramétrico U de Mann-Whitney, utilizando o software Statistica 7.0 (StatSoft 2004).

A mortalidade do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* ao predador *A. largoensis*, foi analisada por meio de Anova e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), utilizando o software Statistica 7.0 (StatSoft 2004).

5.3. Resultados

5.3.1. Toxicidade do óleo essencial e do composto majoritário

Embora a CL_{50} do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis*, estimada a *R. indica* (CL_{50} : 4,995 mg/mL), tenha sido menor que a CL_{50} do composto timol (CL_{50} : 9,028 mg/mL), não houve diferença na toxicidade (Tabela 1).

5.3.2. Persistência do óleo essencial

A CL_{95} (13,750 mg/mL) do óleo essencial de *L. gracilis* teve mortalidade aguda a *R. indica* na primeira hora após aplicação (CL_{95} = 48% de mortalidade, controle = 0,83%; $P < 0,0039$). O efeito acaricida do óleo essencial foi perdido totalmente após 9 horas da aplicação, semelhante ao tratamento controle (Fig. 1).

5.3.3. Efeito subletal na sobrevivência e oviposição de *R. indica*

A sobrevivência de fêmeas de *R. indica* foi afetada pelas concentrações subletais do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* (teste log-rank: $\chi^2 = 323,87$; $df = 2$, $P < 0,0001$) (Fig. 2). O número total de ovos por fêmeas de *R. indica* foi reduzido (CL_{50} : $3,04 \pm 1,72$; controle: $11,90 \pm 2,41$; $n = 50$; $U = -8,6$; $P < 0,0001$), assim como o número de ovos por dia (CL_{50} : $0,25 \pm 21,14$; controle: $0,99 \pm 0,20$), quando foram expostas a CL_{50} do óleo essencial.

5.3.4. Toxicidade do óleo essencial ao predador

A CL_{50} (4,995 mg/mL) e CL_{95} (13,750 mg/mL) do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* estimadas para *R. indica* causaram mortalidade ao ácaro predador *A. largoensis* (CL_{50} : $48,33 \pm 3,07\%$; CL_{95} : 100%; controle: $3,33 \pm 2,10$; $F_{2,15} = 505,4$; $df = 2$; $P < 0,0001$) (Fig. 3).

5.4. Discussão

A bioatividade de óleos essenciais geralmente é atribuída a alguns compostos, porém, com a complexidade de sua composição, esses podem interagir de forma sinérgica, aditiva e

antagônica e atuar em mais de um sítio de ação. Dessa forma, a interação entre compostos pode resultar em uma bioatividade acentuada do óleo essencial em comparação com os componentes isolados (Hummelbrunner e Isman 2001; Wu et al. 2017; Tak et al. 2016; Tak e Isman 2017). Neste estudo, a semelhança entre a toxicidade do óleo essencial e do timol indica que a toxicidade do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* ocorre principalmente por esse composto. Porém, a interação do timol com componentes minoritários provavelmente também influencia a toxicidade do óleo.

Estudos com óleos essenciais de *L. gracilis* revelaram que o timol isoladamente teve ação mais lenta na sobrevivência de larvas de *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Pyralidae) e maior CL_{50} a *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) em comparação com esse óleo. Assim, compostos minoritários presentes no óleo de *L. gracilis* podem desempenhar papel importante na potencialização da ação do timol (Cruz et al. 2013; Melo et al. 2018).

O timol pode causar inibição da enzima acetilcolinesterase e consequentemente a superestimulação dos neurônios em insetos (Jukic et al. 2007, Anderson e Coats 2012). Outro local de atuação do composto fenólico timol é como modulador alostérico para os receptores do GABA (ácido gama-aminobutírico) de insetos, que atua nos canais de cloro Cl^- , inibindo o sistema nervoso (Tong e Coats 2010). Os receptores RDL ativados pelo GABA desempenham papel na neurotransmissão e ação inseticida, mas os mecanismos pelos quais esse composto modula as respostas ainda não são totalmente compreendidos (Price 2014).

A mortalidade aguda do óleo essencial a *R. indica* na primeira hora após aplicação possivelmente ocorreu pela ação neurotóxica de seu composto majoritário. Porém, como os óleos essenciais são voláteis, o efeito tóxico foi perdido com o tempo. Além disso, a rápida oxidação dos seus compostos monoterpênicos e o tempo de meia vida de dissipação do timol, influenciam a persistência do óleo (Kim et al. 2003; Hu e Coats 2008; Regnault-Roger et al. 2012). Estudos comprovam que existem voláteis com alta eficiência inseticida e persistência muito baixa, devido a mortalidade aguda causada nas primeiras horas (Miresmailli e Isman 2006; Moharramipour et al. 2009; Mansour e Abdel-Hamid 2015; Bett et al. 2017). Embora a persistência da atividade inseticida dos óleos essenciais seja atribuída a sua composição química, a sensibilidade da praga alvo aos compostos ativos também pode influenciar (Obeng-Ofori et al. 1997; Chiasson et al. 2004; Ngamo et al. 2007), além do modo de aplicação. Portanto, a estimativa da toxicidade residual de um inseticida contra uma praga fornece informações sobre por quanto tempo o inseticida permanece eficaz contra o ataque subsequente da praga (Chiasson et al. 2004).

Os óleos essenciais, além de apresentarem os efeitos letais, também são capazes de afetar a longevidade, orientação (atração e repelência) e oviposição de diversas pragas (Silva et al. 2013; Pavela et al. 2016; Tak e Isman 2017). Dessa forma, a sobrevivência de *R. indica* foi afetada pelas concentrações subletais do óleo essencial de *L. gracilis*, indicando efeito na longevidade dos ácaros. Resultados similares foram obtidos para *D. hyalinata*, em que o óleo essencial de *L. gracilis* causou efeito subletal na sobrevivência de suas larvas (Melo et al. 2018). Além disso, a CL_{50} do óleo essencial de *L. gracilis* reduziu significativamente o número de ovos de *R. indica*, como o ácaro-vermelho-das-palmeiras é uma praga com um alto potencial reprodutivo (Carrillo e Peña 2012), uma fêmea pode colocar de 1 a 6 ovos/dia e, em média, 160 ovos ao longo do seu ciclo (Moutia 1958; Flores-Galano et al. 2010), compostos que interfiram na sua reprodução podem ser promissores para seu controle.

O efeito tóxico causado pela CL_{50} e a CL_{95} do óleo essencial ao ácaro predador *A. largoensis* não limita o uso do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* para o controle do ácaro-vermelho-das-palmeiras; uma vez que, o óleo essencial possui baixa persistência residual. Produtos com atividade residual de curto prazo são também compatíveis com o uso de agentes no controle biológico (Van Lenteren e Woets, 1988), sendo que, em condições naturais, as chances do predador entrar em contato com a substância são reduzidas.

5.5. Conclusões

O óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* é promissor para o controle de *R. indica*, por seus efeitos tóxicos e subletais. Além disso, o efeito tóxico sobre o predador, não impossibilita o uso do óleo no manejo integrado de pragas, por sua baixa persistência.

Agradecimentos

Ao coordenador do Laboratório de Recursos Genéticos Vegetais e Óleos Essenciais da Universidade Federal de Sergipe, Arie Fitzgerald Blank e Mariana Menezes, pelo óleo essencial cedido e ao CNPq pelo suporte financeiro.

5.6. Referências

- Adams RP (2007) Identification of essential oil components by gas chromatography-mass spectrometry, 4th edn. Carol Stream Allured Publishing Corporation, Carol Stream, p 804
- Albuquerque CC de, Camara TR, Mariano R de LR, et al (2006) Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. Brazilian Arch Biol Technol 49:527–535
- Anderson JA, Coats JR (2012) Acetylcholinesterase inhibition by nootkatone and carvacrol in arthropods. Pestic Biochem Physiol 102:124–128
- Assis CPO, Morais EGF, Gondim MGC (2013) Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). Exp Appl Acarol 60:357–365
- Balza D, Vásquez C, Valera R (2015) Aspectos biológicos de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre cultivares de *Musa* spp.: posible rol de la anatomía y química de la hoja. Entomotropica 30:181–192
- Beard JJ, Ochoa R, Bauchan GR, et al (2012) External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychidae): *Raoiella* a case study. Exp Appl Acarol 57:227–255
- Bett PK, Deng AL, Ogendo JO, et al (2017) Residual contact toxicity and repellence of *Cupressus lusitanica* Miller and *Eucalyptus saligna* Smith essential oils against major stored product insect pests. Ind Crops Prod 110:65–74
- Bowman HM, Hoy MA (2012) Molecular discrimination of phytoseiids associated with the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) from Mauritius and South Florida. Exp Appl Acarol 57:395–407
- Carrillo D, Amalin D, Hosein F, et al (2012) Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the new world. Exp Appl Acarol 57:271–289
- 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. Florida Entomol 97:256–261
- Carrillo D, Peña JE (2012) Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp Appl Acarol 57:361–372
- Chiasson H, Bostanian NJ, Vincent C (2004) Acaricidal properties of a *Chenopodium*-based botanical. J Econ Entomol 97:1373–7
- 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
- Cruz EMO, Costa-Junior LM, Pinto JAO, et al (2013) Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Vet Parasitol 195:198–202
- Cruz EMO, Mendonça MC, Blank AF, et al (2018) *Lippia gracilis* Schauer essential oil nanoformulation prototype for the control of. Ind Crops Prod 117:245–251
- Domingos CA, Leandro B, Oliveira O, et al (2013) Comparison of two populations of the

- panropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp Appl Acarol* 60:83–93
- Ehlert PAD, Blank AF, Arrigoni-Blank ;, et al (2006) Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de plantas medicinais. *Rev Bras Plantas Med* 8:79–80
- Flores-Galano G, Montoya A, Rodríguez H (2010) Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. *Rev protección Veg* 25:11–16
- Gondim Jr MGC, Castro TMMG, Marsaro AL, et al (2012) Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? *Syst Biodivers* 10:527–535
- Hassan SA, Bigler F, Bogenschütz H, et al (1994) Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group pesticides and beneficial organisms. *Entomophaga* 39:107–119
- Hoy MA, Peña J, Nguyen R (2006) Red Palm Mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). *Univ Florida EENY*-397:1–5
- Hu D, Coats J (2008) Evaluation of the environmental fate of thymol and phenethyl propionate in the laboratory. *Pest Manag Sci* 64:775–779.
- Hummelbrunner LA, Isman MB (2001) Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *J Agric Food Chem* 49:715–20
- Jukic M, Politeo O, Maksimovic M, Milos M (2007) In vitro acetylcholinesterase inhibitory properties of thymol, carvacrol and their derivatives thymoquinone and thymohydroquinone. *Phytother Res* 21:259–261
- Khater HF (2012) Prospects of botanical pesticides in insect pest management. *Pharmacologia* 3:641–656
- Kim SI, Roh JY, Kim DH, et al (2003) Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *J Stored Prod Res* 39:293–303
- Lima JKA, Albuquerque ELD, Santos ACC, et al (2013) Biototoxicity of some plant essential oils against the termite *Nasutitermes corniger* (Isoptera: Termitidae). *Ind Crops Prod* 47:246–251
- Mansour SA, Abdel-Hamid NA (2015) Residual toxicity of bait formulations containing plant essential oils and commercial insecticides against the desert locust, *Schestocerca gregaria* (Forskäl). *Ind Crops Prod* 76:900–909
- Mar JM, Silva LS, Azevedo SG, et al (2018) *Lippia origanoides* essential oil: An efficient alternative to control *Aedes aegypti*, *Tetranychus urticae* and *Cerataphis lataniae*. *Ind Crops Prod* 111:292–297
- Melo CR, Picanço MC, Santos AA, et al (2018) Toxicity of essential oils of *Lippia gracilis* chemotypes and their major compounds on *Diaphania hyalinata* and non-target species. *Crop Prot* 104:47–51
- Melo JO, Bitencourt TA, Fachin AL, et al (2013) Antidermatophytic and antileishmanial activities of essential oils from *Lippia gracilis* Schauer genotypes. *Acta Trop* 128:110–115
- Menezes MS (2016) Caracterização química e efeito do óleo essencial de *Lippia gracilis* e seus constituintes majoritários sobre *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). Universidade Federal de Sergipe
- Miresmailli S, Isman MB (2014) Botanical insecticides inspired by plant–herbivore chemical interactions. *Trends Plant Sci* 19:29–35
- Miresmailli S, Isman MB (2006) Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *J Econ Entomol* 99:2015–23
- Moharramipour S, Taghizadeh A, Hadi Meshkatsadat M, Asghar Talebi A (2009) Repellent activity and persistence of essential oil extracted from *Prangos acaulis* to Three Stored-Product Beetles. 3:202–204

- Moraes GJ de, Marie de Castro TM, Kreiter S, et al (2012) Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). *Acarologia* 52:129–134
- Morais EGF, Oliveira JS, Guedes M, et al (2016) *Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions. 51:671–675
- Moutia LA (1958) Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. *Bull Entomol Res* 49:59
- Ndakidemi B, Mtei K, Ndakidemi PA (2016) Impacts of synthetic and botanical pesticides on beneficial insects | horticulture international. *Agric Sci* 7:364–372
- Ngamo TL, Ngassoum Mb, Mapongmestsem P (2007) Persistence of insecticidal activities of crude essential oils of three aromatic plants towards four major stored product insect pests. *African J Agric Res* 2:173–177
- Obeng-Ofori D, Reichmuth C, Bekele J, Hassanali A (1997) Biological activity of 1,8 cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *J Appl Entomol* 121:237–243
- Oliveira NNFC, Galvão AS, Amaral EA, et al (2017) Toxicity of vegetable oils to the coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator *Neoseiulus baraki*. *Exp Appl Acarol* 72:23–34
- Oliveira AP, Santos, AA, Santana AS, et al (2018) Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Prot* 112:33–38
- Otero-Colina G, González-Gómez R, Martínez-Bolaños L, et al (2016) Infestation of *Raoiella indica* Hirst (Trombidiformes: Tenuipalpidae) on host plants of high socio-economic importance for tropical America. *Neotrop Entomol* 45:300–309
- Pavela R, Stepanycheva E, Shchenikova A, et al (2016) Essential oils as prospective fumigants against *Tetranychus urticae* Koch. *Ind Crops Prod* 94:755–761
- Peña JE (ed) (2013) Potential invasive pests of agricultural crops. CABI, Wallingford
- Peña JE, Rodrigues JV, Carrillo D (2009) Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. *Integr. Control Plant-Feeding Mites* 50:69–79
- Price KL, Lummis SCR (2014) An atypical residue in the pore of Varroa destructor GABA-activated RDL receptors affects picrotoxin block and thymol modulation *Insect. Biochem Mol Biol* 55:19–25
- Rattan RS (2010) Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Prot* 29:913–920
- Regnault-Roger C, Vincent C, Arnason JT (2012) Essential oils in insect control: Low-risk products in a high-stakes world. *Annu Rev Entomol* 57:405–424
- Robertson JL, Preisler HK (2007) Pesticide bioassays with arthropods. CRC Press, California
- 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
- SAS Institute (2013) SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Sena Filho JG de, Barreto IC, Soares Filho AO, et al (2017) Volatile metabolomic composition of *Vitex Species*: chemodiversity insights and acaricidal activity. *Front Plant Sci* 8:1931
- Silva AC., Teodoro A V, Oliveira EE, et al (2013) Toxicity of neem oil to the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae). *Chil J Agric Res* 73:315–319
- Silva WJ, Dória GAA, Maia RT, et al (2008) Effects of essential oils on *Aedes aegypti* larvae: Alternatives to environmentally safe insecticides. *Bioresour Technol* 99:3251–3255. doi: 10.1016/j.biortech.2007.05.064

- Stark JD, Tanigoshi L, Bounfour M, Antonelli A (1997) Reproductive Potential: Its Influence on the Susceptibility of a Species to Pesticides. *Ecotoxicol Environ Saf* 37:273–279
- StatSoft (2004) Statistica for Windows: software system for data-analyses, version 8.0. Tulsa, StatSoft
- Systat Software I (2008) SigmaPlot
- Tak JH, Isman MB (2017) Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Ind Crops Prod* 108:786–792
- Tak JH, Jovel E, Isman MB (2016) Contact, fumigant, and cytotoxic activities of thyme and lemongrass essential oils against larvae and an ovarian cell line of the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. *J Pest Sci* (2004) 89:183–193
- Taylor B, Rahman PM, Murphy ST, Sudheendrakumar VV (2012) Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two host palm species in south-west India. *Exp Appl Acarol* 57:331–345
- Tong F, Coats JR (2010) Effects of monoterpenoid insecticides on [3H]⁺ TBOB binding in house fly GABA receptor and 36Cl⁺ uptake in American cockroach ventral nerve cord. *Pestic Biochem Physiol* 98:317–324
- Vásquez C, Colmenárez Y, Moraes GJ (2014) Life cycle of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. *Exp Appl Acarol* 65:227–235
- Van Den Dool H, Kratz PH (1963) A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *J Chromatogr* 11:463–471
- Van Lenteren JC, Woets J (1988) Biological and Integrated Pest control in Greenhouses. *Annu Rev Entomol* 33: 239-269
- Wu L, Huo X, Zhou X, et al (2017) Acaricidal Activity and Synergistic Effect of Thyme Oil Constituents against Carmine Spider Mite (*Tetranychus Cinnabarinus* (Boisduval)). *Molecules* 22:1873

Tabela 1. Concentrações letais (CL) (mg/mL) do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *Lippia gracilis* e de seu composto majoritário (timol) a *Raoiella indica*.

	n	χ^2	P	CL ₂₅ (95% IC)	CL ₅₀ (95% IC)	CL ₉₅ (95% IC)	RT (CL ₅₀)
<i>L. gracilis</i>	800	5,986	0,112	3,297 (2,914-3,634)	4,995 (4,628-5,358)	13,750 (12,002-16,452)	-
Timol	800	3,853	0,277	6,198 (5,457-6,829)	9,028 (8,379-9,635)	22,590 (20,026-26,559)	1,81 (1,80-1,82)

n: número de indivíduos χ^2 : qui-quadrado; IC: intervalo de confiança; RT: razão de toxicidade.

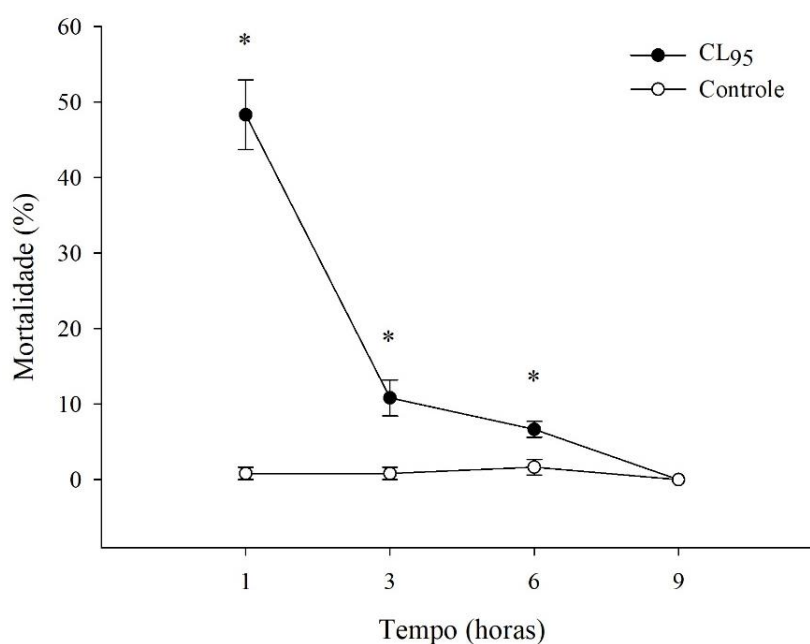


Figura 1. Persistência do efeito acaricida do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *Lippia gracilis* a *Raoiella indica*. Médias em cada tempo foram comparadas pelo teste U de Mann-Whitney ($P < 0,05$).

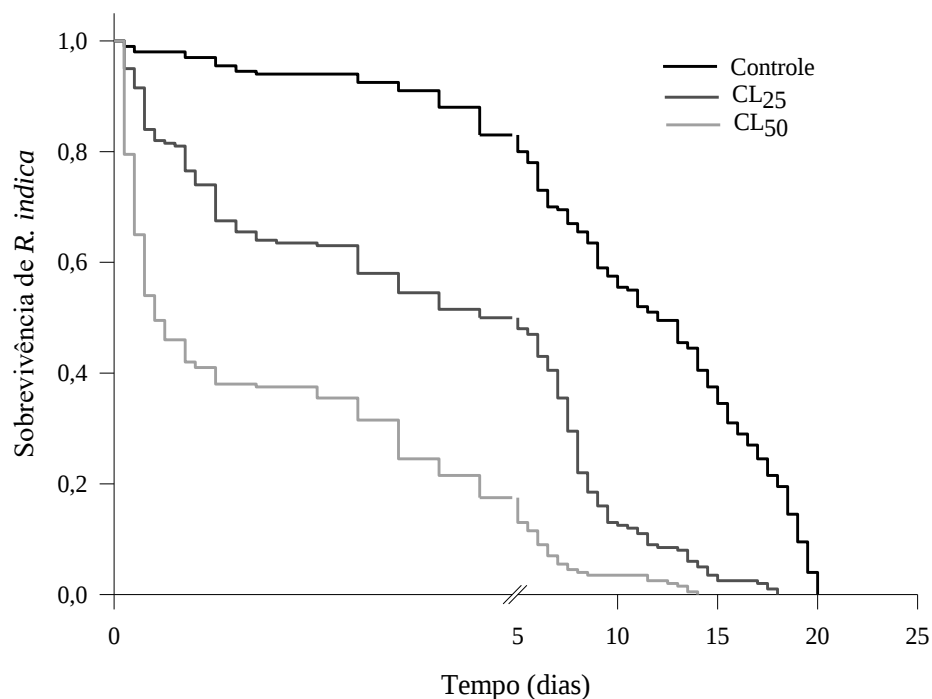


Figura 2. Curvas de sobrevivência de fêmeas adultas de *Raoiella indica* expostas as CL₂₅ e CL₅₀ do óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *Lippia gracilis* (teste de log-rank, $P < 0,001$).

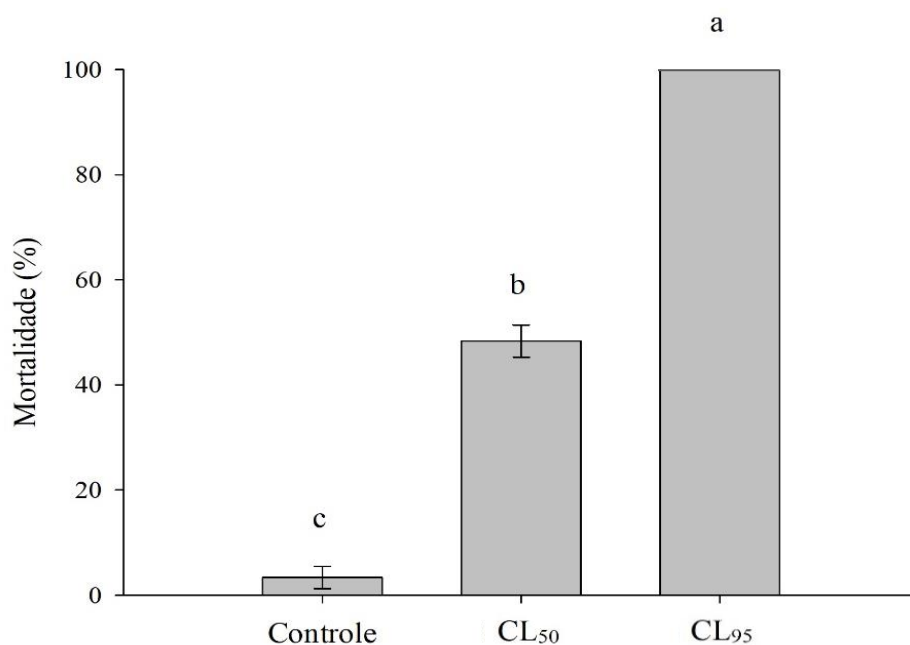


Figura 3. Taxa de mortalidade do ácaro predador *Amblyseius largoensis* exposto ao óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *Lippia gracilis*. Médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O acesso da coloração verde (AVeBrJ) proporcionou menor influência ao ataque do ácaro-vermelho-das-palmeiras, enquanto os demais acessos da coloração vermelha e amarela apresentam maior grau de suscetibilidade. No entanto, a densidade estomática não explicou a população de ácaros encontrada nos acessos de coqueiro-anão. Desta forma, mais estudos sobre as características dos acessos de coqueiro-anão das subvariedades devem ser levados em consideração para identificar os fatores que tornam as plantas resistentes ou suscetíveis a *R. indica*.

O óleo essencial do genótipo LGRA-106 de *L. gracilis* e seu composto majoritário (timol) possuem bioatividade a *R. indica*. O óleo essencial possui alta toxicidade à praga e baixa persistência residual, possibilitando seu uso no manejo dessa praga. Assim, as medidas de controle avaliadas neste trabalho podem ser utilizadas no manejo integrado de *R. indica*.