

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – CCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA – PPGA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

TAYNARA CRUZ DOS SANTOS

**REGISTRO E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Raoiella indica* HIRST (ACARI:
TENUIPALPIDAE) EM *Cocos nucifera* LINNAEUS (ARECALES: ARECACEAE) NO
MARANHÃO**

SÃO LUÍS – MA

2021

TAYNARA CRUZ DOS SANTOS

Engenheira Agrônoma

**REGISTRO E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Raoiella indica* HIRST (ACARI:
TENUIPALPIDAE) EM *Cocos nucifera* LINNAEUS (ARECALES: ARECACEAE) NO
MARANHÃO**

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

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Raimunda Nonata Santos de Lemos

Coorientador: Dr. Adriano Soares Rêgo

SÃO LUÍS – MA

2021

Santos, Taynara Cruz dos.

Registro e dinâmica populacional de *Raoiella indica* HIST (ACARI: TENUIPALPIDAE) em *Cocos nucifera* LINNAEUS (ARECALES: ARECACEAE) no Maranhão / Taynara Cruz dos Santos. – São Luís, 2021.

112 f

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Raimunda Nonata Santos de Lemos.

1.Ácaro-vermelho-das-palmeiras. 2.Ecologia. 3.Phytoseiidae. 4.Sazonalidade. 5.Variáveis Ambientais. I.Título.

CDU: 634.616-293.7(812.1)

TAYNARA CRUZ DOS SANTOS

**REGISTRO E DINÂMICA POPULACIONAL DE *Raoiella indica* HIRST (ACARI:
TENUIPALPIDAE) EM *Cocos nucifera* LINNAEUS (ARECALES: ARECACEAE) NO
MARANHÃO**

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

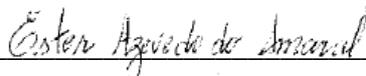
Aprovada em: 29/12/2021

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Raimunda Nonata Santos de Lemos (Orientadora)

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Profa. Dra. Ester Azevedo do Amaral

Universidade Estadual do Maranhão – UEMA



Profa. Dra. Aldenise Alves Moreira

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB

DEDICO

Aos meus pais, Rosana Pereira Cruz e Walter
Martins dos Santos Júnior.

Por tanto amor e inspiração.

A vida é movimento e transformação. Somos responsáveis por nossas escolhas e decisões.

Monja Coen

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me acompanhar e me abençoar com muita saúde e positividade.

Aos meus pais, Rosana Pereira Cruz e Walter Martins dos Santos Júnior por toda dedicação, amor e inspiração.

Aos meus irmãos Tácylla Thuanny Cruz dos Santos e Tayron Wilgner Cruz dos Santos pelos dias de acolhimento, por sempre torcerem por mim.

Aos meus amados amigos, Ana Oliveira, Thayná Melônio, Dennis Castro, Denilson Castro, Tayro Barbosa, Bruna Barroso, Julyana Cunha, Ayrton Santos, Nicolas Calisto, Eduardo Estrela, Julya Viana, Adriana Borges, Andrea Borges, Glauber Lima, Giselle Uchoa, Bruno Amil, Taislla Miranda, pelos momentos incríveis e inesquecíveis, foi de grande ajuda nos dias mais difíceis.

As minhas tias queridas, Maria Madalena e Sandra Regina por serem mulheres fortes e inspiradoras.

A minha querida Orientadora, Profa. Dra. Raimunda Nonata Santos de Lemos pela orientação e ensinamento, sou imensamente grata.

Ao pesquisador, Dr. Adriano Soares Rêgo por me ensinar tanto sobre a vida acadêmica, sempre me acompanhando e ajudando, sou imensamente grata.

A querida Profa. Dra. Ester Azevedo Amaral, por tantos ensinamentos e inspirações, a sua luz é contagiante.

Aos produtores de coco da comunidade Iguaiába, Sr. Francisco Gomes, Sr. Antonio Frasso, Sr. José de Pádua Correia, Sr. Antônio Francisco Torres do Vale e Sra. Maria Aparecida Campos do Vale por terem aceitado caminhar junto comigo nessa aventura, sem vocês nada seria possível.

Aos meus amados amigos do Laboratório de Acarologia, Vitória Karla Silva, Ana Carolina Souza, Caroline Rabelo, Dayanne Froz, Rayanne Soeiro, Orlenisce Silva, Rosilda Rodrigues, Matheus Barata, Helton Boaventura, por tanto carinho e amor, sem vocês os meus dias de trabalho seriam mais difíceis.

Aos amigos do Laboratório de Entomologia, Pedro Lívio Cardoso, Anne Caroline Bezerra, Aline Mascarenhas pelo acolhimento e ajuda.

Aos meus amigos da graduação, Liane Reis, Amanda Lais, Ociane Alves, Wallyson Araújo, Weydson Belo, pela torcida e carinho.

Aos meus amigos de turma do mestrado, Jonalda Cristina Pereira, Thaís Frazão, Ericeira Júnior, André Pajeú, Larisse Raquel, pelo companheirismo e dedicação.

A AGED – Agência Estadual de Defesa Agropecuária do Maranhão, pela concessão de veículo para as coletas no Município de Paço do Lumiar.

A Universidade Estadual do Maranhão por ser a “minha casa” por muito tempo, pelas experiências inesquecíveis e conhecimento.

Ao o Programa de Pós-Graduação em Agroecologia/PPGA/UEMA pelo acolhimento e realização do mestrado.

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

E por fim, a todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho. A todos, os meus mais verdadeiros agradecimentos!

SUMÁRIO

Lista de Ilustrações.....	xi
Lista de Tabela.....	xiv
Resumo.....	xv
Abstract.....	xvi
<i>CAPÍTULO 1</i>	17
1. Introdução.....	18
2. Referencial Teórico.....	19
2.1 A cultura do coqueiro.....	19
2.2 Ácaro-vermelho-das-palmeiras <i>Raoiella indica</i>	21
2.3 Controle Biológico de <i>Raoiella indica</i>	23
2.4 Efeitos abióticos na dinâmica populacional de ácaros.....	25
Referências.....	33
<i>CAPÍTULO 2</i> - Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no Maranhão.....	43
Resumo.....	45
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Observações.....	46
Confirmação da espécie.....	47
Referência.....	49
<i>CAPÍTULO 3</i> - Dinâmica populacional do ácaro-vermelho-das-palmeiras <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae) em <i>Cocos nucifera</i> Linnaeus (Arecales: Arecaceae).....	52
Resumo.....	54
Abstract.....	55
Introdução.....	56
Material e Métodos.....	57
Região de estudo.....	57
Amostragem de <i>Raoiella indica</i>	58
Identificação de <i>Raoiella indica</i>	60
Cálculo da densidade de <i>Raoiella indica</i> por folíolo do coqueiro.....	60

Variáveis ambientais de habitat.....	61
Análises estatísticas.....	61
Resultados.....	62
Discussão.....	63
Referências.....	67
<i>CAPÍTULO 4 - Fatores abióticos e biótico na densidade populacional do ácaro-vermelho-das-palmeiras, Raiella indica (Acari: Tenuipalpidae).....</i>	<i>82</i>
Resumo.....	84
Abstract.....	85
Introdução.....	86
Material e Métodos.....	87
Amostragem de ácaros.....	88
Identificação de <i>Raiella indica</i> e ácaros predadores.....	89
Cálculo da densidade de ácaros.....	89
Variáveis ambientais.....	90
Análises estatísticas.....	90
Resultados.....	91
Discussão.....	92
Agradecimentos.....	96
Referências.....	97

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 2

Figura 1. Vista geral da colônia de *Raoiella indica* em folha de coqueiro da variedade anão-verde (a), fêmea adulta (b) e macho adulto (c) montados em lâminas de microscopia 51

Capítulo 3

Figura 1. Mudanças sazonais na estrutura e dinâmica populacional dos estágios de ovos, imaturos e adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde. Medianas são apresentadas. Letras diferentes dentro de cada mês representam diferenças significativas entre os estágios de desenvolvimento com base no teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$)74

Figura 2. Densidades de ovos, imaturos e adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde. Medianas, percentis (25 – 75%) e valores mínimos e máximos são apresentados. Letras diferentes entre estágios de desenvolvimento denotam diferenças significativas com base no teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$) 75

Figura 3. Densidades de ovos (a), imaturos (b) e adultos (c) do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* na estação seca e chuvosa em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde. Medianas, percentis (25 – 75%) e valores mínimos e máximos são apresentados. Letras diferentes entre estágios de desenvolvimento denotam diferenças significativas com base no teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). 76

Figura 4. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independente (em percentagem da variância explicada) de variáveis abióticas (precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa) para densidade de ovos (a), imaturos (b) e adultos (c) do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde 79

Capítulo 4

Figura 1. Dinâmica populacional (média \pm erro-padrão) de *Raoiella indica* e de ácaros predadores da família Phytoseiidae (barras) coletados em folíolos da variedade anão-verde em cinco cultivos comerciais de coqueiro, bem como a precipitação pluviométrica acumulada (mm), temperatura ($^{\circ}$ C) e umidade relativa (%) registradas em cada mês. Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados para a densidade de ácaros106

Figura 2a. Densidade populacional de *Raoiella indica* e de ácaros predadores da família Phytoseiidae em cultivos comerciais de coqueiro-anão-verde. Médias \pm erro-padrão da média são apresentados. Diferentes letras denotam diferença estatística entre os ácaros ($P < 0,05$). Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados 107

Figura 2b. Densidade populacional de ácaros (*Raoiella indica* e Phytoseiidae). Médias \pm erro-padrão da média são mostrados. Diferentes letras denotam diferença estatística ($P < 0,05$) entre os meses. Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados 108

Figura 2c. Densidades populacionais de *Raoiella indica* e Phytoseiidae ao longo do ciclo de cultivo de coco-anão-verde. Médias \pm erro-padrão da média são mostrados. Asteriscos representam diferenças significativas entre as densidades de *R. indica* e Phytoseiidae para cada mês de acordo com análises de variância seguidas por teste de Tukey ($P < 0,05$). Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados 109

Figura 3a. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independente (em percentagem da variância explicada) de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótica (densidade de Phytoseiidae) para densidade populacional de *Raoiella indica* 110

Figura 3b. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independente (em percentagem da variância explicada) de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótica (densidade de *Raoiella indica*) para densidade populacional de ácaros da família Phytoseiidae111

Figura 4. Relação entre a densidade populacional de *Raoiella indica* e a densidade de Phytoseiidae ao longo do ciclo de cultivo de coqueiro-anão-verde ($y = -1,74 + 9,87x - 4,76x^2$, $F_{2,11} = 18,07$, $R^2 = 0,80$, $P = 0,0007$). Dados transformados ($\log x + 1$) são apresentados 112

LISTA DE TABELA

Capítulo 1

Tabela 1. Inimigos naturais relatados em associação com <i>Raoiella indica</i>	26
---	----

RESUMO

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é um ácaro fitófago invasor com ampla gama de plantas hospedeiras. Nos últimos anos, *R. indica* tem ampliado sua distribuição geográfica nas Américas. Em áreas recém-invasidas por *R. indica* é primordial que se realize o registro de ocorrência bem como estudos de ecologia populacional de longa duração. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivos registrar a ocorrência do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* no Maranhão, e estudar a dinâmica populacional e a contribuição relativa de fatores abióticos e biótico para a densidade populacional dessa praga. *Raoiella indica* foi registrada pela primeira vez em cultivo de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) no ano de 2018, na comunidade Iguaíba, zona rural do município de Paço do Lumiar, Maranhão. Em seguida, a estrutura e dinâmica populacional de *R. indica* foi avaliada durante o início do período seco (2019-2020: agosto, setembro e outubro) e chuvoso (2020-2021: janeiro, fevereiro e março) em cinco cultivos comerciais de coqueiro da variedade anão-verde, durante dois anos. Foram constatadas mudanças sazonais na estrutura e dinâmica populacional de *R. indica*. O estágio de ovo apresentou maior densidade por cm² de área foliar em comparação aos imaturos e adultos de *R. indica* ao final do período amostral. A densidade de ovos e imaturos de *R. indica* não foi afetada pela sazonalidade. No entanto, o número de indivíduos adultos de *R. indica* variou sazonalmente, com maiores densidades populacionais registradas no período chuvoso em comparação ao período seco. As variáveis abióticas explicaram diferentes frações da variância para cada estágio de desenvolvimento de *R. indica*. Os resultados demonstram que é importante considerar a estrutura populacional em estudos de dinâmica populacional de *R. indica*, uma vez que cada estágio de desenvolvimento responde unicamente ao ambiente local ao longo do tempo. Foi observada maior densidade de *R. indica* em comparação à densidade populacional dos ácaros predadores da família Phytoseiidae durante os meses de amostragem. A maior parte da variância para a densidade populacional de *R. indica* foi explicada pela densidade de Phytoseiidae. Adicionalmente, a densidade de *R. indica* foi positivamente correlacionada com a densidade de ácaros predadores da família Phytoseiidae, confirmando o resultado da análise de partição hierárquica. Conclui-se que o controle biológico exercido pelos ácaros predadores da família Phytoseiidae foi o principal mecanismo regulador da densidade populacional de *R. indica* nos cultivos comerciais de coco da variedade anão-verde.

Palavras chave: Ácaro-vermelho-das-palmeiras, Ecologia, Phytoseiidae, Sazonalidade, Variáveis ambientais

ABSTRACT

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) is an invasive phytophagous mite with a wide range of host plants. In recent years, *R. indica* has expanded its geographic distribution in the Americas. In areas recently invaded by *R. indica*, it is essential to carry out the occurrence record as well as long-term population ecology studies. In this context, the present study aimed to record the occurrence of the red palm mite *R. indica* in Maranhão, and to study the population dynamics and the relative contribution of abiotic and biotic factors to the population density of this pest. *Raoiella indica* was recorded for the first time in coconut plantations (*Cocos nucifera* L.) in 2018, in the Iguaíba community, rural area of the municipality of Paço do Lumiar, Maranhão. Then, the structure and population dynamics of *R. indica* was evaluated during the beginning of the dry (2019-2020: August, September and October) and rainy (2020-2021: January, February and March) seasons in five commercial coconut crops of the green dwarf variety, for two years. Seasonal changes were observed in the structure and population dynamics of *R. indica*. The egg stage showed higher density per cm² of leaf area compared to immature and adults of *R. indica* at the end of the sampling period. The density of eggs and immatures of *R. indica* was not affected by seasonality. However, the number of adults of *R. indica* varied seasonally, with higher population densities recorded in the rainy season compared to the dry season. Abiotic variables explained different fractions of the variance for each stage of *R. indica* development. The results demonstrate that it is important to consider the population structure in studies of population dynamics of *R. indica*, since each stage of development responds uniquely to the local environment over time. A higher density of *R. indica* was observed compared to the population density of predatory mites of the family Phytoseiidae during the months of sampling. Most of the variance for the population density of *R. indica* was explained by the density of Phytoseiidae. Additionally, the density of *R. indica* was positively correlated with the density of predatory mites of the Phytoseiidae family, confirming the result of the hierarchical partition analysis. In conclusion, the biological control exerted by predatory mites of the Phytoseiidae family was the main mechanism regulating the population density of *R. indica* in commercial cultivations of green dwarf coconut variety.

Keywords: Red palm mite, Ecology, Environmental variables, Phytoseiidae, Seasonality.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

O coqueiro (*Cocos nucifera* L) é uma das palmeiras mais difundidas no mundo, ocorrendo praticamente em todos os continentes (FERREIRA et al., 2018). O ataque de pragas é uma das principais causas de redução da produtividade de coqueiros no Brasil (TEODORO et al., 2016). Como consequência, esse componente biótico tem causado um impacto econômico significativo na produção do coqueiro, o que contribui para o aumento nos custos de produção (PAMPLONA, 2016). Esses organismos se alojam e se desenvolvem em regiões específicas da planta (folhas, flores, frutos, estipe ou raízes) causando danos que variam de intensidade de acordo com a densidade populacional das pragas (TEODORO et al., 2015).

Dentre as pragas do coqueiro, destaca-se o ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (MELO et al., 2018). Desde o seu primeiro relato no Brasil em 2009, novos registros foram publicados no estado de Roraima (NAVIA et al., 2011), Amazonas (RODRIGUES e ANTONY, 2011), São Paulo (OLIVEIRA et al., 2016), Paraná (HATA et al., 2017), Alagoas, Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe (MELO et al., 2018).

Com o objetivo de atualizar e determinar as regiões mais propensas à ocorrência de *R. indica* no Brasil, Amaro et al. (2021) indicaram, a partir de modelos matemáticos, as seguintes regiões com alto potencial para o estabelecimento de *R. indica*: grande parte do Estado de Roraima, parte oriental do Estado do Amazonas, norte e centro-oeste do Estado do Pará e parte dos estados do Acre e Amapá (Região Norte); a costa do Brasil, do Rio Grande do Norte aos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (Região Nordeste); os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, extremo leste de Minas Gerais e quase todo o estado de São Paulo, exceto a parte norte (região Sudeste); grande parte do Estado do Mato Grosso do Sul e a porção mais meridional do Estado de Mato Grosso (Região Centro-Oeste); e norte do estado do Paraná e pequenas regiões dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (região Sul).

A população de *R.indica* aumenta em períodos quentes do ano e diminui durante o período chuvoso, em função do aumento da precipitação pluviométrica e umidade relativa (TAYLOR et al., 2011; GONDIM JÚNIOR et al., 2012). Por ser um país tropical com temperaturas sazonais elevadas ao longo do ano e pela disponibilidade de recursos alimentares à *R. indica*, as principais regiões produtoras de coco no Brasil se tornaram um ambiente ideal para o estabelecimento, desenvolvimento e reprodução desse fitófago (AMARO e MORAIS, 2013; NAVIA et al., 2016; GÓMEZ-MOYA et al., 2017; MELO et al., 2018). Portanto, é

necessário que se reconheça a presença de *R. indica* em áreas de produção de coco e plantas hospedeiras a fim de monitorar e determinar os níveis de dano econômico, seus potenciais agentes de controle biológico e, por fim, adotar medidas efetivas de controle desse ácaro invasor.

Os ácaros da família Phytoseiidae são importantes agentes de controle biológico e são promissores para o manejo de *R. indica*, uma vez que vêm sendo utilizados com sucesso em programas de controle biológico de ácaros-praga (MORAES e FLECHTMANN, 2008; SANCHEZ et al., 2008; SOUZA-PIMENTEL et al., 2014). Portanto, o controle biológico tem sido considerado a estratégia mais promissora para minimizar os impactos de *R. indica* em seus hospedeiros (MELO et al., 2018). Embora alguns inimigos naturais tenham sido encontrados associados a *R. indica* (CARRILLO et al., 2012), uma estratégia eficiente de controle biológico aplicado ainda precisa ser definida e pesquisas devem ser intensificadas para o controle efetivo dessa praga.

Especificamente para o Maranhão, impactos econômicos, sociais e ambientais já acontecem haja vista que *R. indica* se encontra estabelecido em cultivos de coqueiros, bananeiras e plantas ornamentais localizados nos municípios que compõem a Ilha de São Luís. Assim, o monitoramento em campo de *R. indica* e a identificação das principais espécies de inimigos naturais associados, bem como a determinação da contribuição relativa dos fatores abióticos na densidade de ácaros em pomares é de suma importância para a adoção de medidas de controle. Dado o exposto, o presente trabalho teve como objetivos registrar a ocorrência do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* no Maranhão, e estudar a dinâmica populacional e a contribuição relativa de fatores abióticos e biótico para a densidade populacional dessa praga.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura do coqueiro

O coqueiro, *Cocos nucifera* L., pertence à classe Monocotyledoneae, ordem Arecales, família Arecaceae e subfamília Coccoideae. Originário das ilhas de clima tropical e subtropical do Oceano Pacífico, o coqueiro tem seu centro de origem no Sudoeste Asiático (FERREIRA et al., 2018). *Cocos nucifera* é uma palmeira de grande porte, seu caule pode atingir até 20 m de altura, as folhas de uma planta adulta, tem aproximadamente 6 m de comprimento, com 200 a

300 folíolos, características que variam de acordo com a variedade/cultivar (FERREIRA et al., 2018).

Por ser uma planta essencialmente tropical, o coqueiro encontra condições climáticas ideais para seu cultivo entre as latitudes 20°N e 20°S (PASSOS et al., 2018). O desenvolvimento do coqueiro, ocorre em climas quentes, sem grandes variações diurnas de temperaturas (PASSOS et al., 2018). O regime pluviométrico anual ideal é de 1500 mm e com menos de 50 mm por mês torna-se prejudicial aos coqueiros, enquanto que a temperatura média anual ideal é de aproximadamente 27°C (PASSOS et al., 2018).

De acordo com dados da FAO (2021), o continente Asiático ocupou o primeiro lugar no ranking dos maiores produtores de coco, com 84% da produção mundial, seguido do continente Americano, Oceania e África. O Brasil obteve a 4ª posição mundial na produção de frutos de coco superado apenas pela Indonésia, Filipinas e Índia. Em 2019, o Brasil produziu 2.330.949 toneladas de coco (FAO, 2021).

O cultivo do coqueiro se destaca em vários países, não só pelos interesses econômicos, mas pelo valor social advindos da exploração sustentável dessa cultura com a utilização de técnicas inovadoras, valorização do trabalho e oferta de melhores condições de vida aos produtores, principalmente em agroecossistemas frágeis (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2014). Considerada uma das culturas perenes de maior valor econômico mundial, a cultura do coqueiro possui papel importante na geração de renda e de empregos ao longo da sua cadeia produtiva (CUENCA et al., 2018).

Cerca de 90% da produção de coco do mundo advém de pequenos agricultores, cuja produção é destinada para venda nos mercados consumidores locais (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2014). No Brasil, o litoral nordestino é a região que se destaca na produção de coco (BRAINER, 2018). A região nordeste concentra a maior área plantada e maior produção de coco do país, com 82,9% e 74,0%, respectivamente (BRAINER, 2018). Conforme dados do IBGE (2019), o Brasil obteve uma área colhida de 189.950 ha, com a Bahia sendo o maior produtor nacional. O Maranhão obteve uma área colhida de 1.653 ha, com destaque para o município de Paço do Lumiar, maior produtor de coco em escala comercial (IBGE, 2019).

A área plantada do Brasil se distribui entre os plantios do coqueiro-gigante, coqueiro-anão e híbridos (resultado do cruzamento do coqueiro-gigante e coqueiro-anão, com dupla finalidade comercial, tanto para consumo *in natura*, como para uso industrial) (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2014). No Brasil, o albúmen sólido (polpa) é muito utilizado pelas indústrias alimentícias, devido seu elevado valor agregado, dando origem a muitos produtos que

potencializam economicamente o mercado de derivados do coco (FERREIRA et al., 2018). Adicionalmente, a expansão acelerada da cultura do coco nos últimos anos decorre também do incremento da comercialização para atender o crescente mercado da água-de-coco, tido como um isotônico natural de grande valor nutricional (BRAINER, 2018).

No entanto, como toda grande cultura, a cocoicultura no Brasil ainda enfrenta grandes barreiras, e um fator limitante à produção é o ataque de pragas (TEODORO et al., 2014, 2015; FERREIRA et al., 2018). Esses organismos se alojam e se desenvolvem em regiões específicas da planta (folhas, flores, frutos, estipe ou raízes) causando danos que mudam de intensidade de acordo com a densidade populacional das pragas (TEODORO et al., 2015).

Várias espécies de insetos provocam perdas significativas ao coqueiro, por exemplo, a broca-do-estipe *Rhinostomus barbirostris* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae), a broca-do-pedúnculo-floral *Homalinotus coriaceus* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), a broca-da-raque-foliar *Amerrhinus ynca* Sahlberg (Coleoptera: Curculionidae), a broca-do-olho *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) e as lagartas-desfolhadoras *Brassolis sophorae* Linnaeus (Lepidoptera: Nymphalidae) e *Synale hylaspes* Cramer (Lepidoptera: Hesperiiidae). Além dos insetos, ácaros fitófagos também causam redução da produtividade do coqueiro, com destaque para o ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae), ácaro-da-mancha-anelar *Amrineus cocofolius* Flechtmann (Acari: Eriophyidae), microácaro-branco *Retracrus johnstoni* Keifer (Acari: Phytoptidae), ácaro-da-macha-longitudinal *Steneotarsonemus furcatus* De Leon (Acari: Tarsonemidae), ácaro-vermelho *Tetranychus mexicanus* Mc Gregor (Acari: Tetranychidae) e o ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (FERREIRA et al., 2018).

2.2 Ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica*

O ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica*, é uma praga severa da cultura do coqueiro (MENDONÇA et al., 2005; KANE et al., 2012). *Raoiella indica* foi descrita pela primeira vez em 1924 na Índia (HISRT, 1924), África (PRITCHARD e BAKER, 1958; MOUTIA, 1958) e, posteriormente, no Oriente Médio (GERSON et al., 1983). Em 2004, teve seu primeiro registro nas Américas e no Hemisfério Ocidental, na ilha de Martinica no Caribe (FLECHTMANN e ETIENNE, 2004). No Brasil, *R. indica* foi encontrada pela primeira vez em 2009, na cidade de

Boa Vista, em Roraima – RR (NAVIA et al., 2011), posteriormente sua ocorrência foi relatada na cidade de Manaus, município do Estado do Amazonas (RODRIGUES e ANTONY, 2011).

A expansão populacional de *R. indica* em novas áreas possibilitou ampliar a gama de plantas hospedeiras (COCCO e HOY, 2009; CARRILLO et al., 2012). Esse ácaro fitófago tem sido relatado em plantas monocotiledôneas das famílias Arecaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (COCCO e HOY, 2009; LIMA et al., 2011; CARRILLO et al., 2011a). No entanto, o coqueiro e a bananeira são as espécies mais ameaçadas por *R. indica* (RODRIGUES et al., 2007; GONDIM JUNIOR et al., 2012; RODRIGUES e IRISH, 2012; MELO et al., 2018).

Raoiella indica tem ampliado sua área de distribuição no Brasil causando perdas significativas para a agricultura devido aos danos potenciais em cultivos de importância econômica, tais como: coqueiro, bananeira, várias espécies de palmeiras das quais se extraem óleo bruto ou cera, e em plantas ornamentais (MELO et al., 2018). De acordo com Souza et al. (2020), a carnaúba *Copernicia prunifera* (Mill) H. E. Moore também é suscetível ao ataque de *R. indica*. Dado preocupante, pois a exploração da carnaúba baseia-se principalmente na extração de cera retirada das folhas por povos de diversos municípios da região nordeste (SOUZA et al., 2020).

Recentemente, foi registrada a ocorrência de *R. indica* sobre o açaí *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) no município de Porto Seguro, estado da Bahia, Brasil (NUVOLONI et al., 2021). Adicionalmente, Nuvoloni et al. (2021), fizeram o primeiro relato de danos econômicos causados por *R. indica* nas palmeiras açaí no Brasil. Portanto, práticas de manejo devem ser implementadas para evitar a consorciação do açaí com outros hospedeiros de *R. indica* (por exemplo: coqueiros, bananeiras e outras palmeiras) com o objetivo de minimizar a ocorrência e os danos dessa praga nos açazais (NUVOLONI et al., 2021).

Após se estabelecer na planta hospedeira o ácaro-vermelho-das-palmeiras apresenta cinco fases de desenvolvimento: ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos (KANE et al., 2012). Entre os estágios ativos de desenvolvimento há períodos de imobilidade conhecidos como quiescentes (proto, deuto e teliocrisálidas) (NAVIA et al., 2015). As fases de desenvolvimento de *R. indica* possuem cor vermelha, facilitando o reconhecimento dessa espécie no campo (TEODORO et al., 2016). A reprodução de *R. indica* pode ser sexuada ou assexuada, assim, ovos fecundados originam fêmeas, e os não fecundados originam machos (TEODORO et al., 2016). O ciclo de vida desse ácaro ocorre em torno de 45 dias, com período de oviposição de 12 a 17 dias e fecundidade média de 22 ovos/fêmea (NAVIA et al., 2013;

NAVIA et al., 2015). Todos os estágios ativos dessa espécie excretam pelas setas presentes no seu corpo gotículas de um fluído incolor, acredita-se que tenha função defensiva (KANE et al., 2012).

O ataque de *R. indica* em seus hospedeiros causa amarelecimento das folhas, seguido de mancha clorótica e necrose dos tecidos (PEÑA et al., 2009a; CARRILLO et al., 2012). Diferentemente de outros ácaros, *R. indica* se alimenta do conteúdo celular dos estômatos da planta hospedeira, após a inserção do estilete no ostíolo da célula estomática (OCHOA et al., 2011; BEARD et al., 2012). Plantas infestadas com idade inferior a cinco anos possuem menor resistência em comparação às plantas mais velhas (TEODORO et al., 2018). No período de seca, onde a temperatura está elevada, a população de *R. indica* aumenta e diminui durante o período chuvoso (MENDONÇA et al., 2005; GONDIM JÚNIOR et al., 2012; TAYLOR et al., 2011).

Em Trinidad e Tobago, há registros de redução na produtividade de coqueiros da ordem de 70%, após a infestação de *R. indica* (NAVIA et al., 2014). Resultado semelhante foi visto na Venezuela, segundo a Associação de Produtores de Coco (NAVIA et al., 2014). Embora não existam acaricidas registrados para combater o ácaro-vermelho-das-palmeiras no Brasil (AGROFIT, 2021), alguns ensaios toxicológicos foram realizados para esse ácaro fitófago; dentre os produtos, a milbectina, abamectina e fenpiroximate foram testados com sucesso na supressão populacional de *R. indica* em estudos controlados (ASSIS et al., 2013).

O uso de óleos fixos vegetais tais como, de algodão, coco e dendê, na concentração de 1,5% + 1% de detergente neutro mostraram resultados promissores no controle do ácaro-vermelho-das-palmeiras (TEODORO et al., 2016).

2.3 Controle Biológico de *Raoiella indica*

O controle biológico é o método considerado ideal para combater *R. indica* a médio e longo prazo (NAVIA et al., 2015). De acordo com Carrillo et al. (2012), há 28 espécies de insetos e ácaros predadores associados a *R. indica*, além de três espécies de fungos entomopatogênicos. Porém, novas descobertas de inimigos naturais associados ao ácaro-vermelho-das-palmeiras foram relatadas (GONDIM JÚNIOR et al., 2013; JUMBO et al., 2019, FREITAS et al., 2020, FILGUEIRAS et al., 2020a) (Tabela 1). Como consequência dos avanços no controle biológico de *R. indica*, o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) concedeu registro (MAPA 18.921) no ano de 2020 para um produto

macrobiológico de nome comercial BARKMAX® (Topbio – Insumos biológicos, Indústria e Comércio LTDA, Ceará, Brasil) à base de *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) (AGROFIT, 2021). Por ser um ácaro predador generalista do tipo III (subtipo-e), *N. barkeri* é um agente biológico utilizado para controle de espécies de tripes, ácaros-brancos (MCMURTRY; MORAES; SOURASSOU, 2013) e, mais recentemente, do ácaro-vermelho-das-palmeiras (FILGUEIRAS et al., 2020 abc).

Os inimigos naturais são organismos benéficos que contribuem para a regulação populacional de pragas (BUENO et al., 2017; VAN LENTEREN et al., 2018). Além do serviço ambiental provido por insetos e ácaros predadores (Tabela 1), o controle realizado por agentes microbianos, tais como os fungos entomopatogênicos *Simplicillium* sp., *Lecanicillium lecanii* (Zimmermann) Zare e W. Gams, *Hirsutella thompsonii* Fisher (CARRILLO et al., 2012) e *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin apresentam elevado potencial no controle de pragas (MORA et al., 2016; VAN LENTEREN et al., 2018; CHAVAN et al., 2019; FREITAS et al., 2021).

Dentre os organismos benéficos, destacam-se os ácaros predadores da família Phytoseiidae (DEMITE et al., 2014). Os ácaros predadores exercem um importante papel no controle de ácaros e insetos fitófagos, e os fitoseídeos são considerados os ácaros predadores de maior eficiência (MORAES e FLECHTMANN, 2008; ALFAIA et al., 2018). Os Phytoseiidae têm sido extensivamente utilizados no controle de ácaros-praga em diferentes países, incluindo o Brasil (MORAES e FLECHTMANN, 2008). Até o início de 2004, 131 espécies pertencentes a 24 gêneros de fitoseídeos haviam sido relatadas no Brasil (MORAES et al., 2004). Os gêneros com maior número de espécies relatadas foram: *Amblyseius* (28 espécies), *Neoseiulus* (18), *Euseius* (12), *Typhlodromalus* (9), *Typhlodromips* (10), *Phytoseius* (8) e *Proprioseiopsis* (8) (MORAES e FLECHTMANN, 2008). Com o avanço das pesquisas, o número de novas espécies descritas de ácaros fitoseídeos englobava 2.709, distribuídos em de 91 gêneros, no ano de 2014; embora ocorra um número elevado de sinônimas: 273 (DEMITE et al., 2014).

Os Phytoseiidae possuem o corpo pouco menor que meio milímetro de comprimento, são altamente prolíficos, de desenvolvimento rápido, geralmente regulados pela temperatura e número de presas (GHAZY et al., 2016). Possuem características como alta habilidade de forrageamento, alta capacidade de sobrevivência, persistência em plantas com baixa infestação de presas (FERLA et al., 2011; SAWAR et al., 2011). Dependendo do seu comportamento alimentar e do nível de especialização em relação às presas que atacam, algumas espécies de

fitoseídeos conseguem sobreviver alimentando-se também de pólen (MORAES e FLECHTMANN, 2008; MCMURTRY et al., 2013). No entanto, os fitoseídeos ao perceberem mudanças ambientais podem exibir uma variação comportamental e fisiológica (diapausa, aclimatação, anti-predação e dispersão) como resposta ao estresse (GHAZY et al., 2016).

Amblyseius largoensis Muma, é uma espécie que ocorre naturalmente em regiões tropicais e subtropicais (DEMITE et al., 2016). *Amblyseius largoensis* é o predador mais recorrente em cultivos de coco (LAWSON-BALAGBO et al., 2008; REIS et al., 2008; NEGLOH et al., 2011; MELO et al., 2015), e de maior abundância em associação com *R. indica* em vários países (GALLEGO et al., 2003; RODA et al., 2008; PEÑA et al., 2009a; BOWMAN, 2010; RAMOS et al., 2011; ZANNOU et al., 2010; CARRILLO et al., 2011b; TAYLOR et al., 2011; GONDIM JÚNIOR et al., 2013; FILGUEIRAS et al., 2020 abc). Entre as principais evidências que promovem *A. largoensis* como um importante inimigo natural de *R. indica*, é sua capacidade de desenvolvimento e reprodução alimentando-se exclusivamente do ácaro-vermelho-das-palmeiras (DOMINGOS et al., 2013; FILGUEIRAS et al., 2020 abc).

2.4 Efeitos abióticos na dinâmica populacional de ácaros

A determinação das dinâmicas populacionais de espécies são cruciais para o desenvolvimento de estudos teóricos e aplicados na área de Ecologia de Populações (ROCKWOOD, 2015). Muitos fatores podem atuar na mortalidade ou afetar no desenvolvimento dos insetos, através de alterações na oviposição, alimentação, crescimento e migração (HOPKINS e MEMMOTT, 2003).

Dentre os fatores climáticos que mais afetam a distribuição das espécies no ambiente se destaca o regime de chuvas, pois a sazonalidade altera a disponibilidade de recursos necessários para as plantas (ARAÚJO et al., 2013). Além do regime de chuvas, a temperatura possui um papel importante para várias espécies de artrópodes, pois aumenta o desempenho biológico (ROSADO et al., 2015). A temperatura e a umidade relativa, têm sua importância na distribuição, na dinâmica populacional e na sobrevivência dos ácaros (PERRING et al., 1984; COURTIN et al., 2000). Porém, nenhum fator ambiental que possa causar estresse pode ser visto isoladamente, mas sim, com suas interações, possivelmente resultando em efeitos aditivos, subtrativos ou sinérgicos (GHAZY et al., 2016).

Tabela 1. Inimigos naturais relatados em associação com *Raoiella indica*. Adaptado de Carrilo et al. (2012).

Nome Científico (sinonímia)	Ordem: Família	Lugar Relatado	Referência
<i>Amblyseius caudatus</i> Berlese (= <i>Typhlodromus caudatus</i>)	Mesostigmata: Phytoseiidae	República de Maurício	Moutia (1958)
<i>Amblyseius channabasavanni</i> Gupta; Daniel (= <i>Amblyseius channabasavannai</i>)	Mesostigmata: Phytoseiidae	Kerala, Índia Karnataka, Índia	Daniel (1981) Gupta (2001)
<i>Amblyseius largoensis</i> Muma	Mesostigmata: Phytoseiidae	Benin; Tanzânia República de Maurício Kerala, Índia Filipinas Trinidade Puerto Rico Flórida, EUA Colômbia Cuba Ceará, Brasil Aracaju, Brasil	Zannou et al. (2010) Bowman (2010) Taylor et al. (2011) Gallego et al. (2003) Roda et al. (2008) Peña et al. (2009b) Peña et al. (2009b) Carrillo et al. (2011b) Ramos et al. (2010) Mendes et al. (2018) Lira et al. (2021)

Tabela 1. Continuação.

Nome Científico (sinonímia)	Ordem: Família	Lugar Relatado	Referência
<i>Amblyseius raoiellus</i> Denmark e Muma	Mesostigmata: Phytoseiidae	Karnataka, India	Denmark e Muma (1989)
<i>Neoseiulus longispinosus</i> Evans (= <i>Amblyseius longispinosus</i>)	Mesostigmata: Phytoseiidae	St. Lucia	Roda et al. (2008)
<i>Typhlodromips tetranychivorus</i> Gupta (= <i>Amblyseius tetranychivorus</i> = <i>Transeius tetranychivorus</i>)	Mesostigmata: Phytoseiidae	Bangalore, India Karnataka, India	Jagadish e Nageshachandra (1981) Nangia e ChannaBasavanna (1989)
<i>Amblyseius</i> sp.	Mesostigmata: Phytoseiidae	West Bengal, India	Somchoudhry e Sarkar (1987)
<i>Phytoseius</i> sp.	Mesostigmata: Phytoseiidae	West Bengal, India	Somchoudhry e Sarkar (1987)
<i>Neoseiulus barkeri</i> Hughes	Mesostigmata: Phytoseiidae	Ceará, Brasil	Filgueiras et al. (2020 abc)
<i>Amblydromalus</i> aff. <i>Rapax</i> De Leon <i>Amblydromalus</i> sp. <i>Amblyseius chiapensis</i> De Leon <i>Amblyseius fernandezii</i> Chant; Baker <i>Amblyseius herbicolus</i> Chant <i>Amblyseius tamatavensis</i> Blommers	Mesostigmata: Phytoseiidae	Roraima, Brasil	Gondim Jr et al. (2013)

Tabela 1. Continuação.

Nome Científico (sinonímia)	Ordem: Família	Lugar Relatado	Referência
<i>Cocoseius elsalvador</i> Denmark; Andrews	Mesostigmata: Phytoseiidae	Roraima, Brasil	Gondim Jr et al. (2013)
<i>Cocoseius palmarum</i> Gondim Jr; Moraes; McMurtry			
<i>Euseius citrifolius</i> Denmark; Muma <i>Euseius concordis</i> Chant			
<i>Iphiseiodes zuluagai</i> Denmark; Muma			
<i>Kuzinellus</i> sp.			
<i>Metaseiulus</i> (M.) aff. <i>cornus</i>			
<i>Neoseiulus idaeus</i> Denmark; Muma			
<i>Proprioseiopsis cannaensis</i> Muma <i>Proprioseiopsis</i> cf. <i>tenax</i>			
<i>Proprioseiopsis dominigos</i> El- Banhawy			
<i>Proprioseiopsis neotropicus</i> Ehara			
<i>Ricoseius loxocheles</i> De Leon			
<i>Typhlodromina subtropica</i> Muma; Denmark			

Tabela 1. Continuação.

Nome Científico (sinonímia)	Ordem: Família	Lugar Relatado	Referência
<i>Amblyseius aerialis</i> Muma	Mesostigmata: Phytoseiidae	Roraima, Brasil Manaus, Brasil	Gondim Jr et al. (2013) Cruz et al. (2015)
<i>Euseius alatus</i> De Leon	Mesostigmata: Phytoseiidae	Roraima, Brasil Manaus, Brasil	Gondim Jr et al. (2013) Cruz et al. (2015)
<i>Bdella distincta</i> Barker; Bullock	Prostigmata: Bdellidae	Florida, USA	Peña et al. (2009)
<i>Bdella</i> sp.	Prostigmata: Bdellidae	Trinidad	Roda et al. (2008) Peña et al. (2009)
<i>Cheletomimus</i> sp	Prostigmata: Cheyletidae	Trinidad	Roda et al. (2008) Peña et al. (2009)
<i>Telsimia ephippiger</i> Chapin	Coleoptera: Coccinellidae	Phillipines	Gallego et al. (2003)
<i>Stethorus keralicus</i> Kapur	Coleoptera: Coccinellidae	Kerala, India	Kapur (1961) Puttaswamy e Rangaswamy (1976)
<i>Stethorus pauperculus</i> Weise	Coleoptera: Coccinellidae	Karnataka, India	YadavBabu e Manjunatha (2007)
<i>Stethorus tetranychii</i> Kapur	Coleoptera: Coccinellidae	Kerala, India	Puttarudriah e ChannaBasavanna (1956)

Tabela 1. Continuação.

Nome Científico (sinonímia)	Ordem: Família	Lugar Relatado	Referência
<i>Jauravia soror</i> Weise	Coleoptera: Coccinellidae	Karnataka, India	Puttarudriah e ChannaBasavanna (1956)
<i>Oligota</i> sp.	Coleoptera: Staphylinidae	Karnataka, India West Bengal, India	YadavBabu e Manjunatha (2007) Somchoudhry e Sarkr (1987)
<i>Ceraeochrysa claveri</i> (Navás)	Neuroptera: Chrysopidae	Florida, USA	Carrillo et al. (2012)
<i>Chrysopodes collaris</i> (Schneider)	Neuroptera: Chrysopidae	Florida, USA	Carrillo et al. (2012)
<i>Ceraeochrysa cornuta</i> Navás (= <i>Ceraeochrysa caligata</i> Banks)	Neuroptera: Chrysopidae	Sergipe, Brasil	Jumbo et al. (2019)
<i>Ceraeochrysa cincta</i> (Schneider) <i>Ceraeochrysa claveri</i> (Navás) <i>Ceraeochrysa valida</i> (Banks) <i>Ceraeochrysa smithi</i> (Navás) <i>Chrysoperla carnea</i> sl. Stephens	Neuroptera: Chrysopidae	Tecoma, Colina, México	Contreras-Bermúdez et al. (2017)
<i>Ceraeochrysa everes</i> (Banks)	Neuroptera: Chrysopidae	Maranhão, Brasil	Freitas et al. (2020)
<i>Aleurodothrips fasciapennis</i> (Franklin)	Thysanoptera: Phlaeothripidae	Florida, USA; Trinidad	Peña et al. (2009) Roda et al. (2008)

Tabela 1. Continuação.

Nome Científico (sinonímia)	Ordem: Família	Lugar Relatado	Referência
<i>Arthrocnodax</i> sp.	Diptera: Cecidomyiidae	Florida, USA	Carrillo et al. (2012)
<i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) Vuillemin	Hypocreales: Cordycipitaceae	Aracaju, Brasil	Chavan et al. (2019) Freitas et al. (2021)
<i>Hirsutella thompsonii</i> Fisher	Hypocreales: Ophiocordycipitaceae	Florida, USA	Carrillo et al. (2012)
<i>Lecanicillium lecanii</i> (Zimmermann) Zare e W. Gams (= <i>Verticillium lecanii</i> Zimmermann)	Hypocreales: Cordycipitaceae	Florida, USA	Carrillo et al. (2012) Chavan et al. (2019)
<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschnikoff) Sorokin	Hypocreales: Clavicipitaceae	Florida, USA	Carrillo et al. (2012) Chavan et al. (2019)
<i>Simplicillium</i> sp	Hypocreales: Cordycipitaceae	Florida, USA	Carrillo et al. (2012)

Os fatores climáticos podem afetar a atividade de inimigos naturais e alterar a qualidade dos recursos por meio de mudanças fisiológicas e bioquímicas na planta hospedeira (VARLEY et al., 1973; HOPKINS e MEMMOTT, 2003). A precipitação pluviométrica, umidade relativa e temperatura afetam a dinâmica populacional de ácaros fitófagos e ácaros predadores presentes em culturas agrícolas (PEDRO-NETO et al., 2010; CRUZ et al., 2013; RÊGO et al., 2013; ROSADO et al., 2015; NAKAI et al., 2021). Os ácaros são ectotérmicos, ou seja, sua temperatura corporal depende da temperatura do ambiente (ASPALY et al., 2007). Portanto, as taxas metabólica e de desenvolvimento aumentam com a temperatura (SHOWALTER, 2006). As populações de ácaros também são afetadas pelo tamanho da planta e pelas diferentes partes, pois, a incidência solar, o vento, e outros fatores abióticos influenciam no comportamento da acarofauna presente nos cultivos (FERES et al., 2010). Com a intensidade de chuvas a densidade populacional de ácaros na planta pode diminuir, devido ao efeito mecânico das gotículas de água sobre as colônias de ácaros presentes na planta hospedeira (RÊGO et al., 2013). No entanto, no estudo de Saraiva et al. (2018) foram constatados que os níveis populacionais de ácaros fitófagos e ácaros predadores em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) foram mais expressivos na estação chuvosa.

Os impactos do aquecimento global devem aumentar as oportunidades para espécies invasoras devido ao alto nível de adaptação a condições adversas (BURGIEL e MUIR, 2010). Para uma espécie se tornar invasora ou não, depende das características biológicas e físicas do meio em que irá ser introduzida, muitas dessas características são determinadas por fatores climáticos (ZISKA et al., 2011). Além disso, o conhecimento sobre as áreas em que uma espécie invasora possa assumir maior importância no futuro é essencial para a agricultura (NAVIA et al., 2016). Os ácaros podem usar diversas estratégias comportamentais e fisiológicas para tolerar as condições ambientais mais adversas (SCHAUSBERGER e CROFT, 2000; GHAZY et al., 2016), bem como aclimação, dispersão, diálise (GHAZY et al., 2016). Portanto, o levantamento populacional é base para se chegar ao Manejo Integrado de Pragas, analisando os picos populacionais e a relação entre os fatores abióticos que determinam o desenvolvimento desses organismos (BARBOSA et al., 2001; MENEZES JÚNIOR e PASINI, 2001; BATALDEN et al., 2007), objetivando estratégias de controle que possam ser utilizadas na época correta (FARIAS et al., 2018).

REFERÊNCIAS

- AGROFIT, 2021. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 03/06/2021.
- ALFAIA, J. P.; BARROS, M. E.; MELO, L. L.; LIMA, D. B., DIAS-PINI, N. S.; MELO, J. W. S. Biological performance of the predatory mites *Amblyseius largoensis* and *Euseius concordis* fed on eggs of *Aleurodicus cocois*. **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, p. 2099-2103, 2018.
- AMARO, G.; MORAIS, E. G. Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. **Experimental and Applied Acarology**, v. 60, p. 342-355, 2013.
- AMARO, G.; FIDELIS, E.G.; SILVA, R. S.; MEDEIROS, C. M. Current and potential geographic distribution of red palm mite (*Raoiella indica* Hirst) in Brazil. **Ecological Informatics**, v. 65, 2021.
- ARAÚJO, W. S. A importância de fatores temporais para a distribuição de insetos herbívoros em sistemas Neotropicais. **Revista de Biologia**, v.1, p.1-7, 2013.
- ANGILLETTA JÚNIOR, M. J. Thermal Adaptation: A Theoretical and Empirical Synthesis. Oxford, UK: Oxford University Press, 2009.
- ASSIS, C. P. O.; MORAIS, E. G. F.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). **Experimental and Applied of Acarology**, Amsterdam, v. 60, p. 357-365, 2013.
- ASPALY, G.; STEJSKAL, V.; PÉKAR, S.; HUBERT, J. Temperature-dependent population growth of three species of stored product mites (Acari: Acaridida). **Experimental and Applied of Acarology**, v. 42, p.37-46, 2007.
- BARBOSA, F. R.; SANTOS, A. P.; MOREIRA, W. A.; LIMA, J. A. S.; ALENCAR, J. A.; HAJI, F. N. P. Eficiência e seletividade de inseticidas no controle do psilídeo (*Triozoida*, sp.) em goiabeira. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.11, p. 45-52, 2001. <https://doi.org/10.5380/pes.v11i0.3134>
- BATALDEN, R. V.; OBERHAUSER, K.; PETERSON, A. T. Ecological niches in sequential generations of eastern North American monarch butterflies (Lepidoptera: Danaidae): the ecology of migration and likely climate change implications. **Environmental Entomology**, v.36, p.1365-1373, 2007.
- BEARD, J. J.; OCHOA, R.; BAUCHAN, G. R.; WELBOURN, W. C.; POOLEY, C.; DOWLING, A. P. G. External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoida) *Raoiella* a case study. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 57, p. 227-255, 2012.
- BOWMAN, H. M. **Molecular discrimination of phytoseiids associated with the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) from Mauritius and South Florida** [MSc Thesis]. [Gainesville (FL)]: University of Florida, p. 136, 2010.

BRAINER, M. S. C. P. Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste – ETENE, **Caderno Setorial Etene**, v.61, 2018.

BUENO, A. F.; CARVALHO, G. A.; SANTOS, A. C.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, D. M. Pesticide selectivity to natural enemies: challenges and constraints for research and field recommendation. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47, p.06, 2017.

BURGIEL, S. W.; MUIR, A. A. **Invasive species, climate change and ecosystem-based adaptation: addressing multiple drivers of global change**. Washington: Global Invasive Species Programme, pp.55, 2010.

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

CARRILLO, D.; 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 Applied Acarology**, v. 57, p. 271–289, 2011a.

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

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

CHAVAN, I.; PRADEEP, S.; SRIDHARA, S.; ASHRITH, K. Evaluation of entomopathogenic fungi against *Raoiella indica* Hirst (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Entomon**, v.44, p.219-224, 2019.

CLOUDSLEY-THOMPSON, J.L. The significance of fluctuating temperatures on the physiology and ecology of insects. **Entomologist**, v.86, p.183–89, 1953.

COCO, A.; HOY, M. A. Feeding, reproduction and development of the red pal mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivar sim quarantine. **Florida Entomologist**, Gainesville, v.12, n.2, p.91 – 276, 2009.

CONTRERAS-BERMÚDEZ, Y.; PALOMARES-PÉREZ, M.; GALLOU, A.; SUASTE-DZUL, A. P.; SARMIENTO-CORDERO, M. A.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, J. A.; ARREDONDO-BERNAL, Y. H. C. Chrysopids (Neuroptera: Chrysopidae) associated with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colima, Mexico. **Journal of Entomological Science**, v.52, p.460–462, 2017.

COURTIN, O.; FAUVEL, G.; LECLANT, F. Temperature and humidity effects on egg and nymphal development of *Aceria tulipae* (K.) (Acari: Eriophyidae) on garlic leaves (*Allium sativum* L.). **Annals Applied Biology**, v. 137, p. 207–211, 2000.

CRUZ, W. P.; KRUG, C.; VASCONCELOS, G. J. N.; MORAES, G. J. Diversity of mites associated with *Raoiella indica* (Acari: Prostigmata) on coconut palms in the central region of the Brazilian Amazonia, with emphasis on the predaceous Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **Systematic & Applied Acarology**, v. 20, p. 875–886, 2015.

CRUZ, W. P.; SARMENTO, R. A.; TEODORO, A. V.; NETO, M. P.; IGNACIO, M. Driving factors of the communities of phytophagous and predatory mites in a physic nut plantation and spontaneous plants associated. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.60, n.1, p.509-519, 2013.

CUENCA, M. A. G.; FERREIRA, J. M. S.; MARTINS, C. R. Importância e evolução da cocoicultura no Brasil. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N. SIQUEIRA, L. A. (eds.) **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa, 3 ed., p.25-46, 2018.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA 2015. **Fique atento ao ácaro-vermelho-das-palmeiras**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/8356528/fique-atento-ao-acaro-vermelho-das-palmeiras>. Acessado em: 22/11/2019.

DANIEL, M. Bionomics of the predaceous mite *Amblyseius channabasavanni* (Acari: Phytoseiidae) predaceous on the palm mite. In: CHANNABASAVANNA, G. P. (Ed.) Contributions to acarology in India. **Anubhava Printers**, Bangalore, p. 167–17, 1981.

DENMARK, H. A.; MUMA, M. H. A revision of the genus *Amblyseius berlese*, 1914 (Acari: Phytoseiidae). **Occasional papers of the Florida state collection of arthropods**, USA, v.4, p 149, 1989.

DEMITE, P. R.; MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J. Phytoseiidae Database: a website for taxonomic and distributional information on phytoseiid mites (Acari). **Zootaxa**, v. 3795, p. 571–577, 2014.

DEMITE P. R.; MORAES, G. J.; MCMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CASTILHO, R. C. Phytoseiidae database, 2016. Available from: <http://www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae/>

DOMINGOS, C. A.; OLIVEIRA, L. O.; MORAIS, E. G.; 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.

FAOSTAT. (2019). Food and agriculture organization of the United Nations. **Production quantities of coconuts by country**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 04 jun. 2021.

FARIAS, A. P.; TEODORO, A. V.; PASSOS, E. M.; SANTOS, M. C.; SILVA, F. G.; SILVA, S. S.; JUMBO, L. V. Dinâmica populacional e parasitismo natural de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em pomares de citros em Sergipe. **Entomo Brasilis**, v.11, p. 20-25, 2018.

FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa, 3ed., Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.508, 2018.

FILGUEIRAS, R. M. C.; MENDES, J. A.; SOUSA NETO, E. P.; MONTEIRO, N. V.; MELO, J. W. S. *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent for *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic & Applied Acarology**, v.25, p.593–606, 2020a.

FILGUEIRAS, R. M. C.; MENDES, J. A.; SILVA, F. W. B.; SOUSA NETO, E. P.; MELO, J. W. S. Prey stage preference and functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) to eggs of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). **Systematic & Applied Acarology**, v.25, p.1147–1157, 2020b.

FILGUEIRAS, R. M. C.; SILVA, B. W. R.; SOUSA NETO, E. P.; MENDES, J. A.; MELO, J. W. S. Can the prey species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) support the development and reproduction of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)? **Systematic & Applied Acarology**, v. 25, p.1485–1494, 2020c.

FREITAS, G. S. **Controle de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) com Fungo Entomopatogênico e Predadores**. Tese (Doutorado em Agroecologia). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, p.94, 2020.

FREITAS, G. S.; LIRA, V. A.; JUMBO, L. O. V.; SANTOS, F. J.; RÊGO, A. S.; TEODORO, A. V. The potential of *Beauveria bassiana* to control *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and its compatibility with predatory mites. **Crop Protection**, v.149, 2021.

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

FERES, R. J. F.; RUSSO, V.; DAUDET, R. D. Diversidade de ácaros (Arachnida: Acari) em *Hymenaea martiana* (Leguminosae) em gradiente de tamanho de plantas. **Biota Neotropical**, Campinas, v.10, n.4, p.119-126, 2010.

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

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. **Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.16, 2006.

GALLEGO, C. E.; ATERRADO, E. D.; BATOMALAUQUE, C. G. Biology of the false spider mite, *Rarosiella cocosae* Rimando, infesting coconut palms in Camiguin, northern Mindanao (Philippines). **Philippine entomologist**, v.17, p.187, 2003.

GERSON, U.; VENEZIAN, A.; BLUMBERG, D. Phytophagous mites on date palms in Israel. **Fruits**, Bengal, v. 38, p. 133 – 135, 1983.

GHAZY, N. A.; OSAKABE, M.; NEGM, M. W.; SCHAUSBERGER, P.; GOTOH, T.; AMANO, H. Phytoseiid mites under environmental stress. **Biological Control**, v. 96, p. 120 – 134, 2016.

- GÓMEZ-MOYA, C. A.; LIMA, T. P. S.; MORAIS, E. G. F.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C.; MORAES, G. J. Hosts of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) native to the Brazilian Amazon. **Journal of Agricultural Science**, v.9, p. 86-94, 2017.
- GONDIM JUNIOR, M. G. C.; CASTRO, T. M. N., MASSARO JÚNIOR, A. L., NAVIA, D., MELO, J. W. S., DEMITE, P. R., MORAES, G. J. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? **Systematics and Biodiversity**, v.10, p.527-535, 2012.
- GUPTA, S. K. A conspectus of natural enemies of phytophagous mites and mites as potential biocontrol agents of agricultural pests in India. In: HALLIDAY, R. B.; WALTER, D. E.; PROCTOR, H. C.; NORTON, R. A.; COLLOFF, M. J. (Eds.) **Proceedings of the 10th international congress of acarology**, Collingwood, Australia. CSIRO Publishing, p.484–497, 2001.
- HATA, F. T.; SILVA, J. E. P.; VENTURA, M. U.; PASINI, ROGGIA, S. First Report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpe) in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v.46, p. 356-359, 2017.
- HIRST, S. On some new species of red spiders. **Annals and Magazine of Natural History**, Londres, v. 9, p. 522-527, 1924.
- HOPKINS, G. W.; MEMMOTT, J. Seasonality of a tropical leaf-mining moth: leaf availability versus enemy-free space. **Ecological Entomology**, Hoboken, v.28. n.6, p. 687-693, 2003.
- IBGE/LSPA. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. (2019). Disponível em: Acessado em 04/06/2021.
- JAGADISH, P. S.; NAGESHACHANDRA, B. K. Biology of *Typhlodromips tetranychivorous* (Acari: Phytoseiidae) on red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). In: CHANNABASAVANNA, G.P. (ed) **1st Indian symposium in acarology**, April 23–25, Bangalore, p.173, 1981.
- JUMBO, L. O. V; TEODORO, A. V.; RÊGO, A. S.; HADDI, K.; GALVÃO, A. S.; OLIVEIRA, E. E. The lacewing *Ceraeochrysa caligata* as a potential biological agent for controlling the red palm mite *Raoiella indica*. **PeerJ**, v.7, 2019.
- KAPUR, A. P. A new species of *Stethorus* Weise (Coleoptera: Coccinellidae), feeding on Arecanut palm mites in Kerala, Southern India, **Entomophaga**, v.6, p.35–38, 1961.
- LAWSON-BALAGBO, L. M.; GONDIM JR, M. G. C.; MORAES, G. J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. Exploration of the acarine fauna on coconut palm in Brazil with emphasis on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and its natural enemies. **Bulletin of Entomological Research**, v.98, p.83–96, 2008.
- LIMA, M. R.; RODRIGUEZ, H.; GONZALEZ, A. I.; GONZALEZ, M. Management strategy of *Raoiella indica* Hist (Acari: Tenuipalpidae) in Cuba. In: MORAES, G. J.; PROCTOR, H. (Ed.). Acarology XIII: Proceedings of the international congresso, **Zoosymposia**, v.6, p. 152-159, 2011.

- LIRA, V. A.; JUMBRO, L. O.; FREITAS, G. S.; RÊGO, A. S.; TEODORO, A. V. Efficacy of *Amblyseius largoensis* (Muma) as a biocontrol agent of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Phytoparasitica**, v.49, p.103-111, 2021.
- 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**, 57(3-4), p. 215–225, 2012.
- MARTINS, C. R.; JÚNIOR, L. A. J. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional: panorama**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.51, 2014.
- MCMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, v.18, p.297-320, 2013.
- MELO, J. W. S.; LIMA, D. B.; STAUDACHER, H.; SILVA, F. R.; GONDIM JR, M. G. C.; SABELIS, M. W. Evidence of *Amblyseius largoensis* and *Euseius alatus* as biological control agent of *Aceria guerreronis*. **Experimental and Applied Acarology**, v.67, p.411–421, 2015.
- 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, E. C.; PAZ NETO, A. A.; GONDIN JUNIOR, 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**, v.44, p.146-149, 2018.
- MENEZES JÚNIOR., A. M.; PASINI, A. Parasitoides (Hymenoptera: Chalcidóidea) Associados à *Triozioida limbata* (Enderlein) (Hemíptera: Psyllidae) sobre a goiabeira, *Psidium guajava* L. (Myrtaceae) na região norte do Paraná. In: **SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO**, v.7, p.344, 2001.
- MENDES, J. A.; LIMA, D. B.; SOUSA NETO, E. P.; GONDIN JÚNIOR, M. G. C.; MELO, J. W. S. Functional response of *Amblyseius largoensis* to *Raoiella indica* eggs is mediated by previous feeding experience. **Systematic and Applied Acarology**, v.23, p. 1907-1914, 2018.
- MENDONÇA, R. S.; NAVIA D.; FLECHTMANN C. H. W. *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae); ácaro-vermelho-das-palmeiras, uma ameaça para as Américas. Brasília, DF, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, v.146, p. 37, 2005.
- MORAES, G. J.; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p.288, 2008.
- MORA, M. A. E.; CASTILHO, A. M. C.; FRAGA, M. E. Fungos entomopatogênicos: enzimas, toxinas e fatores que afetam a diversidade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 18, n. 3, p. 335-349, 2016.
- MOUTIA, L. A. Contribution to the study of some phytophagous acarina and their predators in Mauritius. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 49, n. 1, p. 59 – 75, 1958.

- NANGIA, N.; CHANNABASAVANNA, G. P. Feeding potential of *Amblyseius tetranychivorus* (Acari: Phytoseiidae), an indigenous predator on selected tetranychid and tenuipalpid mites. **Indian Journal Acarology**, v.10, p.75–81, 1989.
- NAVIA, D.; MARSARO, A. L. J. R.; DA SILVA F. R.; GONDIM, M. G. C. J.R.; DE MORAES, G. J. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. **Neotropical Entomology**, v.40, p.409–411, 2011.
- NAVIA, D.; MORAIS, E. G. F.; MENDONÇA, R. S. de; GONDIM JÚNIOR. M.G. C. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: VILELA, E. F.; ZUCCHI, R. A. **Pragas Introduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros**, v.25, p.399-433, 2014.
- NAVIA, D.; MARSARO JÚNIOR, A. L.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C.; MENDONÇA, R. S.; PEREIRA, P. R. V. Recent Mite Invasions in South America. In: PEÑA, J. E. (Ed.), **Potential Invasive Pests of Agricultural Crops**. CAB International, Wallingford, UK, p. 251-287, 2013.
- NAVIA, D.; MORAES, E. G. F.; MENDONÇA, R. S.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C. **Ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hist.** In: VILELA, E.; ZUCCHI, R. A. **Pragas introduzidas no Brasil – Insetos e ácaros**, Piracicaba: FEALQ, 2015.
- NAVIA, D.; HAMADA, E.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C.; BENITO, N. P. Spatial forecasting of red palm mite in Brazil under current and future climate change scenarios. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p.586-598. 2016.
- NAKAI, Z.; SHIMIZU, K.; OIDA, H.; SONODA, S. Host plant and humidity effects on phytoseiid mite, *Gynaeseius liturivorus* (Acari: Phytoseiidae) egg hatchability. **Experimental and Applied Acarology**, v. 84, p.135–147, 2021.
- NEGLOH, K.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P. The coconut mite, *Aceria guerreronis*, in Benin and Tanzania: occurrence, damage and associated acarine fauna. **Experimental and Applied Acarology**, v.55, p.174–361, 2011.
- NUVOLONI, F. M.; ANDRADE, L. M. S.; CASTRO, E.B.; REZENDE, J. M.; ARAÚJO, M. S. First report of damage and population dynamics of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on *Euterpe oleracea* (Arecaceae) in the State of Bahia, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, v.26, 2021.
- 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, D. C.; PRADO, E. P.; MORAES, G. J., MORAIS, E. G. F.; CHAGAS, E. A.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C.; NAVIA, D. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in southeastern Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, p. 123-125. 2016.
- PAMPLONA, V. M. S. **Distribuição espacial, amostragem sequencial e dinâmica populacional de *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) na cultura de palma de óleo.** Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, p.81, 2016.

PASSOS, E. E. M.; CASTRO, C. P.; FONTES, H. R.; CARDOSO, B.T. **Ecofisiologia - A cultura do coqueiro no Brasil**. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. Brasília: Embrapa, 3ed., Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.508, 2018.

PEDRO-NETO, M.; REIS, P. R.; ZACARIAS, M. S.; SILVA, R. A. Influência do regime pluviométrico na distribuição de ácaros em cafeeiros conduzidos em sistemas orgânico e convencional. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n.1, p.67-74, 2010.

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

PEÑA, J. E.; RODRIGUES, J. C. V.; RODA, A.; CARRILLO, D.; OSBORNE, L. S. 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 IOBC/Wprs Bulletin**, v.50, p.69–79, 2009a.

PEÑA J. E.; RODRIGUES, J. C. V.; RODA, A.; CARRILLO, D.; OSBORNE, L. S. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. **Proceedings of the 2nd meeting of IOBC/WPRS, work group integrated control of plant feeding mites**. Florence, Italy, p.69–79, 2009b.

PERRING, T. M.; HOLTZER, T. O; KALISCH, J. A.; NORMAN, J. M. Temperature and humidity effects on oviposition rates, fecundity and longevity of adult female Banks grass mites (Acari: Tetranychidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 77, p. 581–586, 1984.

PRITCHIARD, A. E.; BAKER, W. The false spider mite (Acarina: Tenuipalpidae). **University of California Publications in Entomology**, v.14, p.175-274, 1958.

PUTTARUDRIAH, M.; CHANNABASAVANNA, G. P. Some beneficial coccinellids of Mysore. **The Journal of Bombay Natural History Society**, v.54, p.156–159, 1956.

PUTTASWAMY, RANGASWAMY H. R. *Stethorus keralicus* Kapur (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of the areca palm mite. **Current Research**, v.5, p.27–28, 1976.

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

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

REIS, A. C.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C.; MORAES, G. J.; HANNA, R.; SCHAUSBERGER, P.; LAWSON-BALAGBO, L. E.; BARROS, R. Population dynamics of

- Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae) and associated predators on coconut fruits in northeastern Brazil. **Neotropical Entomology**, v.37, p.457–462, 2008
- RÊGO, A. S.; TEODORO, A. V.; MACIEL, A. G. S.; SARMENTO, R. A. Relative contribution of biotic and abiotic factors to the population density of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae). **Experimental & Applied Acarology**, Amsterdam, v.60, n.4, p.479-484, 2013.
- RODA, A.; DOWLING, A.; WELBOURN, C.; PEÑA, J. E.; RODRIGUES, J. C. V.; HOY, M. A.; OCHOA, R.; DUNCAN, R. A.; DE CHI, W. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. **Proceedings of the Caribbean Food Crops Society**, v.44, p.80–87, 2008.
- RODRIGUES, J. C. V.; IRISH, B. M. Effect of coconut palm proximities and *Musa* spp. germplasm resistance to colonization by *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.57, p.309 – 316, 2012.
- RODRIGUES, J. C. V.; ANTONY, L. M. K. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. **Florida Entomologist**, v.94, p.1073-1074, 2011.
- RODRIGUES, J. C. V.; OCHOA, R.; KANE, E. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Islands. **International Journal Acarology**, v.33, p.3-5, 2007.
- ROSADO, J. F.; PIKANÇO, M. C.; SARMENTO, R. A.; PEREIRA, R. M.; PEDRO NETO, M.; GALDINO, T. V. S.; SARAIVA, A. S.; ERASMO, E. A. L. Geostatistics as a tool to study mite dispersion in physic nut plantations. **Bulletin of Entomological Research**, Cambridge, v.105, n.4, p.381-389, 2015.
- ROCKWOOD, L. L. **Introduction to population ecology**. Nova Jersey: Wiley-Blackwell. 2nd edition, pp.380, 2015.
- SARAIVA, A. S.; SARMENTO, R. A.; PEDRO-NETO, M.; ERASMO, E. A. L.; TEODORO, A. V. Spatial-temporal distribution of phytophagous and predatory mites in the canopy of *Jatropha curcas* L. **Arquivo do Instituto Biológico**, v.85, p.1-8, 2018.
- SAWAR, M.; XUENONG, X.; ENDONG W.; KONGMING, W. The potential of four mite species (Acari: Phytoseiidae) as predators of sucking pests on protected cucumber (*Cucumis sativus* L.) crop. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 73-78, 2011.
- SHEEJA, U. M.; RAMANI, N. Feeding potential of *Lasioseius* sp. (Acari: Mesostigmata), a promising predator of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.23, p.698–700, 2009.
- SOMCHOUDHRY, A. K.; SARKAR, P. K. Observations on natural enemies found in association with coconut mite, *Raoiella indica* Hirst. **Bulletin of Entomological Research**, v.28, p.104–107, 1987.
- SANCHEZ, N. E.; GRECO, N. M.; CÉDOLA, C. V. Biological Control by *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Encyclopedia of Entomology**, p. 493-497, 2008.

- SOUZA-PIMENTEL, G. C., REIS, P.R.; SILVEIRA, E.C.; MARAFELI, P.P., SILVA, E.A.; ANDRADE, H.B. Biological control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) on rosebushes using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and agrochemical selectivity. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 40, n. 1, p. 80-84, 2014.
- SOUZA, I. V.; LEMOS-LYRA, R. P.; GUZZO, E. C. Potential of native palm species in Northeast Brazil as hosts for the invasive mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.227–255, 2020.
- SCHAUSBERGER, P.; CROFT, B. A. Cannibalism and intraguild predation among phytoseiid mites: are aggressiveness and prey preference related to diet specialization? **Experimental and Applied Acarology**, v.24, p.709–725, 2000.
- SCHOWALTER, T. D. **Insect ecology**. An Ecosystem Approach. Amsterdam: Elsevier, 2006.
- TAYLOR, B.; RAHMAN, P. M.; MURPHY, S. T.; SUDHEENDRAKUMAR, V. V. Within-season dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiid predators on two host palm species in south-west India. **Experimental and Applied Acarology**, v.57, p.331–345, 2011.
- TEODORO, A. V.; RODRIGUES, J. C. V.; SILVA, J. F.; NAVIA, D.; SILVA, S. S. **Ácaro-vermelho-das-palmeiras** *Raoiella indica*: nova praga de coqueiro no Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú, Sergipe, p.19, 2016.
- 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**, v.169, 2015.
- TEODORO, A. V.; FERREIRA, J. M. S.; SILVA, S. S.; NEGRISOLI JÚNIOR, A. S.; VASCONCELOS, J. F.; GUZZO, E. C. Aspectos bioecológicos e manejo do ácaro-da-necrose-do-coqueiro *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **Comunicado técnico**, v.135, p. 6, 2014.
- VAN LENTEREN, J. C.; BOLCKMANS, K.; KOHL, J.; RAVENSBERG, W. J.; URBANEJA, A. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. **BioControl**, v.63, p.39–59, 2018.
- VARLEY, G. C.; GRADWELL, G. R.; HASSEL, M. P. Insect population ecology. Oxford: **Blackwell Scientific Publications**, p.212, 1973.
- ZANNOU, I. D.; NEGLOH, K.; HANNA, R.; HOUADAKPODE, S.; SABELIS, M. W. Mite diversity in coconut habitat in West and East Africa. In: **XIII international congress of acarology**, Recife, Brazil, Abstract book, p.295, 2010.
- ZISKA, L. H.; BLUMENTHAL, D. M.; RUNION, G. B.; HUNT JUNIOR, E. R.; DIAZ-SOLTERO, H. Invasive species and climate change: an agronomic perspective. **Climatic Change**, v.105, p.13-42, 2011.
- YADAVBABU, R. K.; MANJUNATHA, M. Seasonal incidence of mite population in arecanut. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v.20, p.401–402, 2007.

Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica*
Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no Maranhão

CAPÍTULO 2

Artigo nas normas do periódico “International Journal of Acarology”

Primeiro registro do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica*
Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no Maranhão

Taynara Cruz dos Santos^{1*}, Adriano Soares Rêgo¹, Raimunda Nonata Santos de Lemos¹, Ester Azevedo do Amaral¹, Giselle Santos de Freitas¹

¹*Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI, Tirirical, 65054-970, São Luís, MA, Brasil.*

Autor correspondente: Taynara Cruz dos Santos, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI, Tirirical, 65054-970, São Luís, MA, Brasil.

Telefone: (55) (98) 99142-0766

e-mail: taynara.cs@outlook.com

RESUMO

O ácaro-vermelho-das-palmeira, *Raoiella indica*, é registrado principalmente em espécies de palmeiras e sua expansão pelo Brasil tem potencial para causar impactos negativos em palmeiras cultivadas e nativas, principalmete na região nordeste, onde estão localizadas as áreas de maior produção. No Maranhão, *Raoiella indica* foi registrada pela primeira vez em cultivo de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) da variedade anão-verde no ano de 2018, na comunidade Iguaíba, zona rural do município de Paço do Lumiar. Em 2019, colônias de *R. indica* foram encontradas em coqueiro anão-verde e bananeiras no município de São Luís. No ano de 2020, foi registrado o ataque de *R. indica* em palmeira imperial *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook, em áreas circunvizinhas aos primeiros focos da infestação desse ácaro fitófago no município de Paço do Lumiar. Atualmente, *R. indica* está estabelecido nos pólos agrícolas de Paço do Lumiar, sobretudo em plantios comerciais de coqueiro anão-verde, causando perdas econômicas aos produtores. Com o registro de *R. indica* no Maranhão, a área de distribuição geográfica desse ácaro fitófagose estende à toda região nordeste do Brasil.

Palavras-chave: Ácaro-vermelho-das-palmeiras, espécie invasora, disseminação, nordeste

ABSTRACT

The red palm mite, *Raoiella indica*, is recorded mainly in palm species and its expansion across Brazil has the potential to cause negative impacts on cultivated and native palm trees, mainly in the northeast region, where the areas of greatest production are located. In Maranhão, *R. indica* was recorded for the first time in coconut (*Cocos nucifera* L.) of the dwarf-green variety in 2018, in the Iguaíba community, rural area of the municipality of Paço do Lumiar. In 2019, colonies of *R. indica* were found on green dwarf coconut and banana trees in the municipality of São Luís. In the year 2020, the attack of *R. indica* was recorded on imperial palm *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook, in areas surrounding the first outbreaks of infestation of this phytophagous mite in the municipality of Paço do Lumiar. Currently, *R. indica* is established in the agricultural poles of Paço do Lumiar, especially in commercial plantations of dwarf-green coconut palms, causing economic losses to producers. With the record of *R. indica* in Maranhão, the geographic distribution area of this phytophagous mite extends to the entire northeast region of Brazil.

Keywords: Invasive species, red palm mite, dissemination

Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae) é uma espécie invasora polífaga que tem ampliado rapidamente sua gama de hospedeiros nas Américas (Amaro et al. 2021). No Brasil, *R. indica* foi primeiramente registrada no estado de Roraima no ano de 2009 (Navia et al. 2011), posteriormente em Manaus, estado do Amazonas (Rodrigues e Antony 2011). Nos últimos 12 anos, *R. indica* tem ampliado consideravelmente sua geográfica no território brasileiro (Melo et al. 2018; Ramiríz et al. 2020; Amaro et al. 2021) causando perdas significativas para a agricultura devido aos potenciais danos a plantas de importância econômica, como coqueiros, bananeiras, ornamentais e palmeiras de onde se extrai óleo ou cera (Melo et al. 2018).

A cultura do coqueiro é um hospedeiro primário de *R. indica* (Ferreira et al. 2018). Danos são observados em elevadas densidades populacionais em seus hospedeiros; a folha infestada inicialmente torna-se clorótica, em seguida a área de dano se estende e adquire coloração marrom, por último ocorre a necrose da área atacada (Etienne e Flechtmann 2006; Ramiríz et al. 2020). As perdas causadas por *R. indica* são mais expressivas em viveiros e podem levar à morte de plantas jovens; no entanto, plantas adultas resistem mais ao ataque desse ácaro fitófago (Rodrigues et al. 2007).

Observações

No Maranhão, *R. indica* foi encontrado pela primeira vez em cultivo de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) da variedade anão-verde no ano de 2018, na comunidade Iguaíba (02° 29' 55,1" S; 044° 06' 42,3" O), zona rural do município de Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil. Em 2019, colônias de *R. indica* foram detectadas em coqueiro anão-verde e bananeiras no município de São Luís (02° 35'03" S, 44° 12'32, 14" O), Maranhão, Brasil. No ano de 2020, foi encontrado

o ataque de *R. indica* em palmeira imperial *Roystonea regia* (Kunth) O. F. Cook, em áreas circunvizinhas aos primeiros focos da infestação desse ácaro fitófago no município de Paço do Lumiar.

Em 2019, estudou-se alguns parâmetros ecológicos de *R. indica* em coqueiro da variedade anão-verde. Amostragens mensais foram realizadas em cinco plantios comerciais de coqueiro (20-50 ha) da variedade anão-verde localizados na zona rural do município de Paço do Lumiar (Área 1: 02° 29' 02,9" S; 044° 04' 26,3" O; Área 2: 02° 29' 08,3" S; 044° 04' 25,6" O; Área 3: 02° 29' 39,4" S; 044° 04' 54,8" O; Área 4: 02° 29' 05,7" S; 044° 06' 17,5" O; Área 5: 02° 29' 02,5" S; 044° 06' 29,8" O). Durante as amostragens em campo, foi constatada alta infestação de *R. indica* (ovos, larvas, ninfas e adultos) na face abaxial dos folíolos do coqueiro atacados (Figura 1b). A coloração avermelhada típica desse ácaro fitófago foi reconhecida facilmente com lupa de bolso (40x).

Os folíolos do coqueiro da variedade anão-verde amostrados foram acondicionados em sacos de papel (5kg), identificados por área, armazenados em caixa térmica, e levados ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para serem examinados.

Confirmação da espécie

A identificação de *R. indica* foi realizada no Laboratório de Acarologia da UEMA, pela Dr^a. Ester Azevedo do Amaral. Fêmeas adultas de *R. indica* foram identificadas a nível de espécie (Figura 1a). Os espécimes foram montados em lâminas para microscopia (Olen®, Modelo: k5-7105-1, Dimensões: 26 x 76 mm; Espessura: 1,0-1,2 mm) utilizando meio de Hoyer (Moraes e Flechtmann 2008) e cobertas com lamínulas para microscopia (Olen®, Modelo: k5-2222, Dimensões: 22 x 22 mm; Espessura: 0,13-0,16 mm) sobre cada lâmina. Em seguida, foram levadas para secar em estufa bacteriológica (LabIncubator 503, FANEM, São Paulo,

Brasil) por sete dias. A identificação foi realizada com microscópio de contraste de fases (Axio Scope A1, Zeiss, Alemanha) e chaves dicotômicas específicas. As fêmeas adultas do ácaro-vermelho-das-palmeiras possuem o corpo ovalado, medem em torno 230 µm a 320 µm, não possuem extensão propodossomal sobre o rostro, palpo simples com dois segmentos, sem placa ventral, 13 pares de setas opistossomais, sendo dois pares de setas ps, suas setas são em forma de bastão com pontas clavadas, com gotículas presentes na ponta das setas dorsais (substância de defesa) (Kane et al. 2012; Beard et al. 2018). Após a confirmação taxonômica de *R. indica*, os espécimes identificados (espécimes “voucher”) foram depositados na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (CIPC) da UEMA.

Com o registro de *R. indica* associada a coqueiros da variedade anão-verde, bananeiras e palmeiras imperiais no Maranhão, a área de distribuição geográfica desse ácaro fitófago abrange toda a região nordeste e se expande no Brasil. Adicionalmente, há necessidades de estudos bioecológicos, determinação de novos hospedeiros, avaliação de impactos na biodiversidade em escala local e regional, inimigos naturais associados e estratégias de manejo de *R. indica*.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo para a primeira autora. Aos produtores de coco do município de Paço do Lumiar pela disponibilização das áreas de estudo. À Doutora Ester Azevedo do Amaral pela identificação do ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica*.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

ORCID

Taynara Cruz dos Santos, ID: <http://orcid.org/0000-0002-0135-7728>

Adriano Soares Rêgo, ID: <http://orcid.org/0000-0001-5950-0104>

Giselle Santos de Freiras, ID: <http://orcid.org/0000-0003-4785-4057>

Raimunda Nonata Santos de Lemos, ID: <https://orcid.org/0000-0003-4926-5862>

Ester Azevedo do Amaral, ID: <https://orcid.org/0000-0001-6680-0498>

Financiamento

Esta pesquisa foi apoiada pelo projeto DCR/ FAPEMA/ CNPq (Processo DCR-03310/16).

Referências

- Amaro G, Fidelis EG, Silva RS, Medeiros CM. 2021. Current and potential geographic distribution of red palm mite (*Raoiella indica* Hirst) in Brazil. *Ecological Informatics*. 65:101396. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101396>
- Beard J, Ochoa R, Bauchan GR, Pooley C, Dowling APG. 2018. *Raoiella* of the world (Trombidiformes: Tetranychoidae: Tenuipalpidae). *Zootaxa*. 4501:001–301.
- Etienne J, Flechtmann CHW. 2006. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadalupe and Saint Martin, West Indies. *International Journal Acarology*. 32:331–332.
- Ferreira JMS, Warwick DRN, Siqueira IA. 2018. Fitossanidade. In: Ferreira JMS, Warwick DRN, Siqueira IA (eds.) *A cultura do coqueiro no Brasil*. Brasília, Embrapa, 3ed, pp 359–446.
- Kane EC, Ochoa R, Mathuring G, Erbe EF, Beard JJ. 2012. *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. *Experimental and Applied Acarology*, 57(3-4), pp. 215–225.

- Melo JWS, Navia D, Mendes JA, Filgueiras RMC, Teodoro AV, Ferreira JMS, Guzzo EC, de Souza IV, Mendonça RS, Calvet ÉC, Paz Neto AA, Gondim Jr MGC, Morais EGF, Godoy MS, Santos JR, Silva RIR, Silva VB, Norte RF, Oliva AB, Santos RDP, Domingos CA. 2018. The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *International Journal Acarology*. 44:146-149.
- Navia D, Marsaro AL, Silva FR, Gondim MGC, de Moraes GJ. 2011. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Brazil. *Neotropical Entomology*. 40:409–411.
- Ramírez MB, Sarubbi HJ, Arias O., Azevedo LH, Flechtmann CHW. 2020. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Paraguay. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 127:715–717.
- Rodrigues JCV, Antony LMK. 2011. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas state, Brazil. *Florida Entomologist*. 94:1073–1074.
- Rodrigues J, Ochoa R, Kane E. 2007. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. *International Journal Acarology*. 33:3–5.

Legenda da Figura

Figura 1. a) Fêmea adulta montada em lâmina de microscopia com meio de Hoyer; b) vista geral da colônia de *Raoiella indica* em folha de coqueiro da variedade anão-verde.

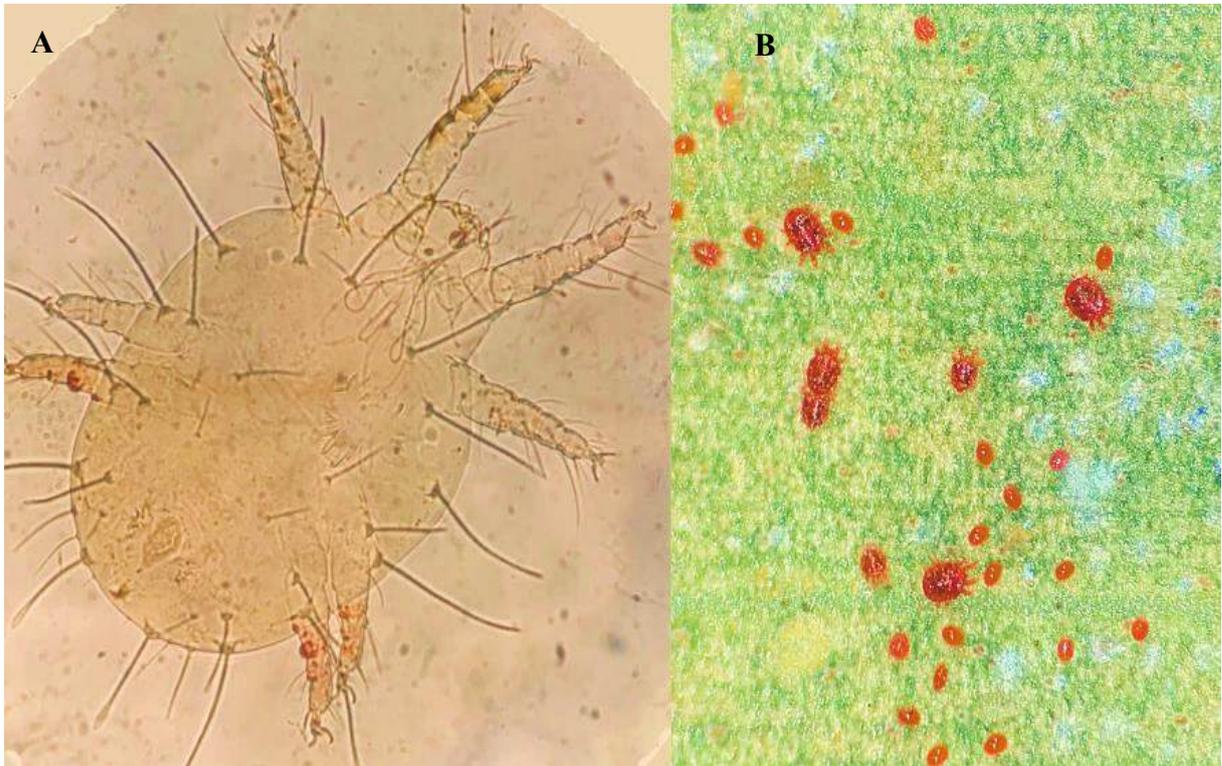


FIGURA 1

Dinâmica populacional do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) em *Cocos nucifera* Linnaeus (Arecales: *Areaceae*)

CAPÍTULO 3

Artigo nas normas do periódico "International Journal of Acarology"

Dinâmica populacional do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) em *Cocos nucifera* Linnaeus (Arecales: Arecaceae)

Taynara Cruz dos Santos^{1*}, Adriano Soares Rêgo¹, Raimunda Nonata Santos de Lemos¹, ¹Ester Azevedo do Amaral

¹*Programa de Pós-Graduação em Agroecologia (PPGA), Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI, Tirirical, 65054-970, São Luís, MA, Brasil.*

Autor correspondente: Taynara Cruz dos Santos, Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI, Tirirical, 65054-970, São Luís, MA, Brasil.

Telefone: (55) (98) 99142-0766

e-mail: taynara.cs@outlook.com

RESUMO

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é uma espécie invasora em muitos países e nas Américas tem ampliado rapidamente sua gama de hospedeiros. Em áreas recém-invasidas é primordial que se realizem estudos sobre a ecologia populacional de *R. indica* em estudos de longa duração. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo estudar o efeito da sazonalidade e de fatores abióticos nas fases de ovos, imaturos e adultos de *R. indica* em coqueiros da variedade anão-verde. A pesquisa foi conduzida no início do período seco (2019-2020: agosto, setembro e outubro) e chuvoso (2020-2021: janeiro, fevereiro e março) em cinco cultivos comerciais de coqueiro da variedade anão-verde, durante dois anos. O número de ovos, imaturos e adultos de *R. indica* contabilizados em cada avaliação foi convertido em densidade por unidade de área. O estágio de ovo apresentou maior densidade por cm² de área foliar amostrada em comparação aos indivíduos imaturos e adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica* ao final do período amostral. A densidade de ovos e imaturos de *R. indica* não foi afetada pela sazonalidade. No entanto, o número de indivíduos adultos de *R. indica* variou sazonalmente, com maiores densidades populacionais registradas no período chuvoso em comparação ao período seco. As variáveis abióticas explicaram diferentes frações da variância para cada estágio de desenvolvimento de *R. indica*. Os resultados demonstram que é importante considerar a estrutura populacional em estudos de dinâmica populacional de *R. indica*, uma vez que cada estágio de desenvolvimento responde unicamente ao ambiente local ao longo do tempo.

Palavras-chave: Análise de partição hierárquica; densidade; fatores ambientais; praga invasora; sazonalidade

ABSTRACT

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) is an invasive species in many countries and in the Americas, it has rapidly expanded its host range. In recently invaded areas, it is essential to carry out studies on the population ecology of *R. indica* in long-term studies. In this context, the present study aimed to study the effect of seasonality and abiotic factors on the stages of eggs, immature and adults of *R. indica* in coconut trees of the dwarf-green variety. The research was conducted at the beginning of the dry season (2019-2020: August, September and October) and rainy season (2020-2021: January, February and March) in five commercial coconut palm crops of the dwarf-green variety, for two years. The number of eggs, immature and adults of *R. indica* counted in each evaluation was converted into density per unit area. The egg stage showed higher density per cm² of sampled leaf area compared to immature and adult individuals of the red palm mite *R. indica* at the end of the sampling period. The density of eggs and immatures of *R. indica* was not affected by seasonality. However, the number of adult individuals of *R. indica* varied seasonally, with higher population densities recorded in the rainy season compared to the dry season. The abiotic variables explained different fractions of the variance for each developmental stage of *R. indica*. The results demonstrate that it is important to consider population structure in studies of population dynamics of *R. indica*, since each stage of development responds uniquely to the local environment over time.

Keywords: Density; environmental factors; hierarchical partitioning analysis; invasive pests; seasonality

Introdução

O coqueiro, *Cocos nucifera* L., é atacado por um complexo de artrópodes fitófagos, dentre os quais o ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (Ferreira et al. 2018). *Raoiella indica* é uma espécie invasora em muitos países do hemisfério oriental (Alcivar et al. 2020; Escobar-Garcia e Andrade 2020). Nas Américas, *R. indica* teve seu primeiro registro de ocorrência na América Central no ano de 2004, infestando palmeiras (Arecaceae) e bananeiras (Musaceae) (Flechtmann e Etienne 2004; Etienne e Flechtmann 2006). Por ser uma espécie invasora polífaga, *R. indica* tem ampliado sua gama de hospedeiros rapidamente nas Américas (Amaro et al. 2021). Plantas hospedeiras de diversas famílias podem ser colonizadas por *R. indica*, tais como Arecaceae, Cannaceae, Cycadaceae Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (Carrillo et al. 2011a, Gondim Jr. et al. 2012, Navia et al. 2015, Gómez-Moya et al. 2018; Amaro et al. 2021).

Embora existam diversos estudos sobre a dinâmica populacional e composição de comunidades biológicas de artrópodes (Rêgo et al. 2013; Farias et al. 2018; Silva et al. 2018, 2019), pouco se sabe sobre a variação das densidades dos diferentes estágios de desenvolvimento dos artrópodes ao longo do tempo (Teodoro et al. 2009a; Costa et al. 2012). Especificamente para áreas recém-invasidas por *R. indica* no Brasil (Melo et al. 2018; Amaro et al. 2021), o conhecimento sobre a ecologia populacional desse artrópode fitófago ainda é fragmentado. A coleta de dados acerca da distribuição e dinâmica populacional podem contribuir para o desenvolvimento de métodos de amostragem mais eficazes e confiáveis para *R. indica* (Vásquez et al. 2019). Além disso, é importante que se estude a ecologia populacional de *R. indica* em relação às densidades em diferentes partes do dossel da planta hospedeira para determinar estratégias de manejo.

A sazonalidade é outro fator importante que influencia potencialmente as populações de artrópodes no campo, especialmente em regiões com estações secas e chuvosas bem definidas

(Philpott et al. 2006; Teodoro et al 2009b). A variação temporal nos fatores ambientais abióticos como temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica são importantes mecanismos responsáveis pela regulação populacional de artrópodes em agroecossistemas (Teodoro et al. 2008; Rêgo et al. 2013; Silva et al. 2018, 2019). O desenvolvimento e a reprodução de *R. indica* estão diretamente relacionados às variáveis abióticas (Fidelis et al. 2019). Portanto, determinar seus efeitos no bioecologia de *R. indica* é extremamente útil para definir medidas de prevenção e controle (Amaro et al. 2021). Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar o efeito da sazonalidade e de fatores abióticos nas fases de ovos, imaturos e adultos de *R. indica* em coqueiros da variedade anão-verde.

Material e Métodos

Região de estudo

A região de estudo está localizada na zona rural do município de Paço do Lumiar, Maranhão, Brasil. A paisagem da região foi completamente modificada durante o processo de ocupação do território do município de Paço do Lumiar, e atualmente verifica-se uma matriz composta por áreas de pasto, policultivos, monocultivos, áreas com vegetação em diferentes processos de sucessão ecológica, áreas de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente (vegetação natural em áreas de restingas e manguezais).

A agricultura é a base da economia de Paço do Lumiar, caracterizada por abrigar polos agrícolas de base familiar com baixo uso de insumos agrícolas (por exemplo, corretivos e fertilizantes sintéticos) e propriedades privadas tecnificadas. No entanto, em ambos os perfis de ocupação e de uso da terra, a produção do setor primário de Paço do Lumiar responde pelo abastecimento do mercado local com produtos de origem animal e vegetal, além dos demais municípios que compõem a região metropolitana da Ilha de São Luís.

A estrutura das propriedades rurais de Paço do Lumiar é composta majoritariamente por pequenas propriedades agrícolas de base familiar. Nessas propriedades, os agricultores diversificam suas unidades agrícolas com a produção de hortaliças (vinagreira, quiabo, alface, coentro, cebolinha, dentre outras), frutíferas (acerola, citros, mamão, maracujá, manga, dentre outras) e produção animal (aves, bovinos, caprinos, ovinos e suínos).

Em contraste, produtores tecnificados tem na cocoicultura (variedade anão-verde) sua principal fonte de receitas e as áreas de produção são caracterizadas pelo uso de fertilizantes inorgânicos (NPK: 20-5-20) e orgânicos (esterco de aves ou bovino), pesticidas sintéticos (Abamex®, Assist®, Oberon®, Ortus®, Talento® e Talisman®), controle cultural (capinas, eliminação de folhas e frutos severamente atacadas por pragas, erradicação de plantas com sintomas de anel vermelho e/ou comprometidas devido ataque de brocas), controle de brocas do estipe do coqueiro (uso de pasta bordalesa no estipe do coqueiro), controle mecânico (catação e eliminação de pupas de curculionídeos durante a limpeza de plantas), uso de armadilhas atrativas (melaço e toletes de cana-de-açúcar) associadas com o feromônio de agregação sintético Rincoforol® (controle por comportamento) para captura da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae), e controle alternativo (uso de óleo mineral e óleo fixo de algodão).

Amostragem de *Raoiella indica*

Amostragens mensais foram realizadas em cinco plantios comerciais de coqueiro (20-50 ha) da variedade anão-verde localizados na zona rural do município de Paço do Lumiar (Área 1: 02° 29' 02,9" S; 044° 04' 26,3" O; Área 2: 02° 29' 08,3" S; 044° 04' 25,6" O; Área 3: 02° 29' 39,4" S; 044° 04' 54,8" O; Área 4: 02° 29' 05,7" S; 044° 06' 17,5" O; Área 5: 02° 29' 02,5" S; 044° 06' 29,8" O). Os sítios de estudo foram tratados com inseticidas e acaricidas

comerciais recomendados para a cultura do coqueiro (Agrofit, 2021) durante o período de estudo.

O período amostral compreendeu 12 meses de coletas de folíolos de coqueiro no início do período seco (2019-2020: agosto, setembro e outubro) e chuvoso (2020-2021: janeiro, fevereiro e março) durante dois anos. Em cada sítio de estudo, foram selecionadas ao acaso 12 plantas de coqueiro durante caminharmento em zig-zag. De modo a evitar efeito de borda, foram escolhidas plantas localizadas a uma distância de 20 metros das margens dos cultivos de coqueiro-anão. Em seguida, foram coletados seis folíolos totalmente expandidos por planta de coqueiro (três folíolos do terço inferior e três do terço médio) em cada avaliação, totalizando 72 folíolos por sítio de estudo.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel (5kg), identificadas por área, armazenadas em caixa térmica, e levadas ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para contagem direta do número de ovos, larvas, protoninfas e deutoninfas (estágios imaturos) e adultos de *R. indica*. Os estágios de crisálida (protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida) de *R. indica* foram contabilizados como imaturos.

Os ácaros presentes nos folíolos foram contabilizados e triados com o auxílio de um microscópio estereoscópico (Stemi 305, Zeiss, Alemanha) em intervalos mensais ao longo do período amostral. Fêmeas de *R. indica* foram selecionadas ao acaso nos folíolos e capturadas com auxílio de pincel de pelos macios e acondicionadas em tubos de Eppendorf de plástico (1,5 ml), contendo álcool etílico a 70% e uma gota de glicerina líquida para serem montados em meio de Hoyer (Moraes e Flechtmann 2008) para posterior identificação até o menor nível taxonômico possível.

Identificação de Raiiella indica

A identificação de *R. indica* foi realizada no Laboratório de Acarologia da UEMA, pela Dr^a. Ester Azevedo do Amaral. Fêmeas adultas acondicionadas em tubos de Eppendorf de plástico foram identificados em nível de espécie. Os espécimes foram montados em lâminas para microscopia (Olen®, Modelo: k5-7105-1, Dimensões: 26 x 76 mm; Espessura: 1,0-1,2 mm) com meio de Hoyer (Moraes e Flechtmann 2008) e cobertas com lamínulas para microscopia (Olen®, Modelo: k5-2222, Dimensões: 22 x 22 mm; Espessura: 0,13-0,16 mm) sobre cada lâmina. Em seguida, foram levadas para secar em estufa bacteriológica (LabIncubator 503, FANEM, São Paulo, Brasil) por sete dias. A identificação foi realizada com microscópio de contraste de fases (Axio Scope A1, Zeiss, Alemanha) e chaves dicotômicas específicas. Após a confirmação taxonômica de *R. indica*, os espécimes identificados (espécimes “voucher”) foram depositados na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (CIPC) da UEMA.

Cálculo da densidade de Raiiella indica por folíolo do coqueiro

O número de ovos, imaturos e adultos de *R. indica* contabilizados em cada avaliação foi convertido em densidade por unidade de área. A determinação da área foliar amostrada foi ao acaso, delimitando-se cinco círculos de dois centímetros de diâmetro nos folíolos do coqueiro em cada mês de avaliação. Desse modo, foi possível estimar a área foliar total de cada folíolo amostrado (15 cm²) e determinar a densidade dos estágios de desenvolvimento de *R. indica* por cm², com base em sua abundância mensal.

Variáveis ambientais de habitat

Variáveis abióticas foram medidas *in loco* em cada sítio de estudo para explicar padrões na densidade de *R. indica*. A temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) foram medidas mensalmente ao longo do ciclo de cultivo do coqueiro em condições padronizadas (dias ensolarados; entre 08:00 e 10:00) por meio do uso de um termo-higrômetro digital portátil (Incoterm®) posicionado sobre o solo por 10 minutos (Rêgo et al. 2013). Os dados de precipitação pluviométrica referentes ao período de amostragem foram obtidos no Laboratório de Meteorologia do Núcleo Geoambiental da UEMA (NuGeo/ UEMA).

Análises estatísticas

Análises exploratórias foram realizadas no conjunto de dados obtidos no período amostral dos estágios de desenvolvimento de *R. indica*. Os dados foram analisados previamente pelo teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliar a normalidade dos resíduos e pelo teste de Hurltley para testar a homogeneidade das variâncias (homocedasticidade). No entanto, os dados não atenderam os pressupostos das análises paramétricas sendo necessário utilizar o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$) para determinar diferenças na estrutura da população bem como na dinâmica populacional de *R. indica*. O teste de Kruskal-Wallis foi realizado por meio do uso do software estatístico Statistica 12.0 (StatSoft Inc., versão 12.0, Tulsa, USA).

Análises de partição hierárquica foram utilizadas para avaliar a contribuição relativa de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) sobre a estrutura da população de *R. indica*. A análise de partição hierárquica estima a porcentagem da variância explicada de cada variável em contribuições conjuntas e independentes com todas as outras variáveis, considerando todos os possíveis modelos em uma regressão multivariada (Mc Nally 1996, 2000; Heikkinen et al. 2004, 2005; Teodoro et al. 2008; Rêgo et al. 2013). A análise

de partição hierárquica foi realizada com o programa R (Mc Nally e Walsh 2004), juntamente com os pacotes “hier.part” e “gtools” da biblioteca do R (R Core Team, 2021; versão 4.1.1).

Resultados

Ao longo do período amostral foi constatada mudanças sazonais na estrutura e dinâmica populacional de *R. indica* (Figura 1). Com exceção de agosto (2019) ($H = 2,36$, $gl = 2$, $n = 180$, $P > 0,05$), setembro (2019) ($H = 5,97$, $gl = 2$, $n = 180$, $P > 0,05$), fevereiro (2020) ($H = 0,79$, $gl = 2$, $n = 180$, $P > 0,05$) e março (2020) ($H = 1,70$, $gl = 2$, $n = 180$, $P > 0,05$), houve diferença nas densidades de ovos, imaturos e adultos de *R. indica* em cada mês de avaliação [Figura 1; Outubro (2019): $H = 14,31$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,0001$; Janeiro (2020): $H = 27,18$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,0001$; Agosto (2020): $H = 7,58$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,05$; Setembro (2020): $H = 10,19$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,001$; Outubro (2020): $H = 18,06$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,0001$; Janeiro (2021): $H = 9,76$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,001$; Fevereiro (2021): $H = 25,53$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,0001$; Março (2021): $H = 16,44$, $gl = 2$, $n = 180$, $P < 0,001$). Adicionalmente, foi observado maior número de ovos (cm^2) do que estágios imaturos e adultos de *R. indica* nos meses de outubro (2019), setembro (2020) e fevereiro (2021), respectivamente (Figura 1).

O estágio de ovo apresentou maior densidade por cm^2 (mediana = 11,40; percentis 25% – 75% = 3,31 – 22,35; mínimo – máximo = 0 – 105,05; $n=720$) de área foliar amostrada em comparação aos indivíduos imaturos (mediana = 7,07; percentis 25% – 75% = 2,51 – 14,07; mínimo – máximo = 0 – 79,39; $n=720$) e adultos (mediana = 6,46; percentis 25 – 75% = 2,29 – 12,45; mínimo – máximo = 0 – 57,11; $n=720$) do ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica* ao final do período amostral (Figura 2; $H = 68,83$, $gl = 2$, $n = 2160$, $P < 0,0001$).

A densidade de ovos (Figura 3a; $H = 0,18$, $gl = 1$, $n = 720$, $P > 0,05$) e imaturos (Figura 3b; $H = 0,41$, $gl = 1$, $n = 720$, $P > 0,05$) de *R. indica* não foi afetada pela sazonalidade. No

entanto, o número de indivíduos adultos de *R. indica* variou sazonalmente, com maiores densidades populacionais registradas no período chuvoso em comparação ao período seco (Figura 3c; $H = 13,13$, $gl = 1$, $n = 720$, $P < 0,001$).

A variável abiótica precipitação pluviométrica explicou a maior parte da variância (55,15%) para densidade de ovos de *R. indica*, seguida pela umidade relativa (22,65%) e temperatura (22,20%) de acordo com a partição hierárquica (Figura 4a). Nos estágios imaturos de *R. indica* a precipitação pluviométrica também respondeu pela maior fração da variância explicada (52,10%), enquanto o efeito da umidade relativa (27,80%) foi mais pronunciado em comparação à temperatura (20,10%) (Figura 4b). Em contraste, a temperatura (35,64%) e a precipitação pluviométrica (35,26%) contribuíram de modo similar na variação da densidade de adultos de *R. indica*, enquanto a umidade relativa respondeu apenas com 29,11% dos efeitos independentes (Figura 4c).

Discussão

Os resultados deste estudo evidenciam a importância do monitoramento da estrutura populacional (ovos, imaturos e adultos) em estudos de dinâmica populacional de *R. indica*, uma vez que cada estágio de desenvolvimento responde ao ambiente de modo diferenciado, sobretudo em relação à sazonalidade e na resposta às variáveis ambientais de habitat em escala local.

Os três estágios de desenvolvimento de *R. indica* apresentaram diferentes padrões tanto na estrutura mensal quanto em suas dinâmicas populacionais. Todas as colônias foram encontradas na face abaxial das folhas, sem diferenças significativas na população de ácaros entre os estratos foliares (dossel). As amostragens de *R. indica* foram realizadas apenas nos terços basal e médio dos coqueiros, de acordo com recomendação sugerida por Vásquez et al. (2019). O estágio de ovo apresentou maior densidade em comparação às demais fases de

desenvolvimento de *R. indica*. Estes resultados estão em conformidade com os descritos por Nusantara et al. (2017). A maior densidade de ovos de *R. indica* está relacionada a alta taxa de oviposição de fêmeas do ácaro-vermelho-das-palmeiras durante seu ciclo de vida nas plantas hospedeiras (Figura 2).

Em relação a estrutura da população, apenas indivíduos adultos responderam às mudanças sazonais ocorridas nos sítios de estudo, ou seja, houve maior densidade de adultos no período chuvoso em comparação ao seco. Mudanças sazonais na abundância e densidade populacional de artrópodes em regiões tropicais têm sido relatadas em vários estudos (Araújo et al. 2018; Barros et al. 2020; Silva et al. 2020). Tais alterações são atribuídas à variação temporal e também aos fatores ambientais locais, tais como a temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa (Teodoro et al. 2008; Teodoro et al. 2009ab; Rêgo et al. 2013; Silva et al. 2020). Neste estudo, as variáveis ambientais que caracterizaram cada sítio de estudo demonstraram ter um papel fundamental nos padrões de densidade de *R. indica* nos pomares de coqueiro anão-verde.

As maiores frações da variância para a densidade de ovos e imaturos de *R. indica* foram explicadas pela precipitação pluviométrica, de acordo com as análises de partição hierárquica. As flutuações na população de *R. indica* no período chuvoso indicam a influência deste fator climático sobre a sazonalidade desse ácaro fitófago (Silva et al. 2020). Vásquez et al. (2019) observaram uma correlação negativa entre a precipitação pluviométrica e densidade populacional de *R. indica*, indicando que a população do ácaro-vermelho-das-palmeiras diminui com o aumento das chuvas. Porém, a depender do tipo de estudo realizado, a literatura tem reportado diferentes respostas da precipitação pluviométrica sobre a variação da população de *R. indica* (Taylor et al. 2012). Por exemplo, ovos e imaturos de *R. indica* foram negativamente afetados pelas chuvas (Gondim Jr. et al. 2012; Silva et al. 2020) enquanto indivíduos adultos não foram significativamente afetados por essa variável abiótica (Nagesha-

Chandra e Channabasavanna 1983; Taylor et al. 2012). Tais achados estão alinhados com os resultados apresentados neste trabalho, uma vez que a contribuição relativa da precipitação pluviométrica foi menor para adultos de *R. indica* (35,26%).

O ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica* é influenciado positivamente pela temperatura (Mejía et al. 2019; Fidelis et al. 2020). Temperaturas acima de 30°C são comuns durante a estação seca (julho a dezembro) no município de Paço do Lumiar. Com a redução dos índices pluviométricos no período seco e, conseqüentemente, do efeito mecânico das gotículas de água sobre as colônias de ácaros presentes nos folíolos do coqueiro, há uma condição favorável para que ocorram surtos populacionais de *R. indica*. A contribuição da temperatura sobre a densidade de adultos (35,64%) de *R. indica* foi superior às registradas para ovos (22,20%) e imaturos (20,10%), respectivamente (Figura 4). Como a entrada de *R. indica* no Maranhão, há necessidade urgente de se determinar alguns parâmetros biológicos primários dessa praga. Alguns estudos biológicos foram conduzidos sob temperaturas fixas, variando entre 15 e 29°C (Flores-Galano et al. 2010; Vásquez et al. 2015; Gómez-Moya et al. 2017; Nusantara et al. 2017), porém os requisitos térmicos não foram determinados e uma tabela de vida não foi construída levando-se em consideração às particularidades de áreas recém-invasidas por *R. indica*, sobretudo no nordeste do Brasil. Portanto, a determinação de parâmetros da tabela de vida estimados para populações locais de *R. indica* poderão ser usados para modelar e prever o crescimento populacional desse ácaro fitófago no campo e, conseqüentemente, aprimorar estratégias de manejo.

A temperatura e a umidade relativa do ar são os fatores mais importantes, que influenciam diretamente quase todos os parâmetros biológicos de ácaros (Gaede 1992; Bakker et al. 1993). Neste estudo, foram observadas diferentes respostas dos estágios de desenvolvimento de *R. indica* em relação à umidade relativa do ar registrada nas áreas amostradas. As densidades de ovos e imaturos de *R. indica* apresentaram as menores frações na

variância explicada em oposição aos valores obtidos para a densidade de adultos. O balanço hídrico é um importante aspecto para a sobrevivência de pequenos artrópodes (Gaede 1992). E a umidade relativa do ar é uma variável abiótica que afeta o equilíbrio hídrico dos artrópodes terrestres (Gaede 1992), no entanto os registros dessa variável abiótica nas áreas amostradas revelaram pouca variação sazonal ao longo do ano. A umidade relativa média registrada em campo (72,31%), parece ser adequada para o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de *R. indica* uma vez que esse fitófago encontra-se bem adaptado às condições locais de habitat.

A decisão sobre quais práticas específicas de manejo serão adotadas para reduzir as densidades populacionais de pragas são baseadas em métodos precisos e confiáveis de amostragem (Vásquez et al. 2019). Além disso, informações acerca dos efeitos de variáveis ambientais sobre o desenvolvimento e reprodução de *R. indica* são fundamentais para a definição de medidas de prevenção e controle (Fidelis et al. 2019). Portanto, esses elementos ajudam a compreender quais mecanismos determinam o tamanho da população de *R. indica* e, assim, permitem a previsão da dinâmica futura da população.

Este estudo demonstra a importância de determinar a estrutura populacional em estudos de dinâmica populacional de *R. indica*, uma vez que cada estágio de desenvolvimento responde unicamente ao ambiente local ao longo do tempo.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo para a primeira autora. Aos produtores de coco do município de Paço do Lumiar pela disponibilização das áreas de estudo. À Doutora Ester Azevedo do Amaral pela identificação do ácaro-vermelho-das-palmeiras *R. indica*.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

ORCID

Taynara Cruz dos Santos, ID: <http://orcid.org/0000-0002-0135-7728>

Adriano Soares Rêgo, ID: <http://orcid.org/0000-0001-5950-0104>

Raimunda Nonata Santos de Lemos, ID: <https://orcid.org/0000-0003-4926-5862>

Ester Azevedo do Amaral, ID: <https://orcid.org/0000-0001-6680-0498>

Financiamento

Esta pesquisa foi apoiada pelo projeto DCR/ FAPEMA/ CNPq (Processo DCR-03310/16).

Referências

- Alcivar J, Mesa NC, Vásquez C. 2020. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in Province of Manabí, Ecuador. 2020. International Journal of Acarology. 46:120–122.
- Amaro G, Fidelis EG, Silva RS, Medeiros CM. 2021. Current and potential geographic distribution of red palm mite (*Raoiella indica* Hirst) in Brazil. Ecological Informatics. 65:101396. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101396>
- Araújo JL, Pastori PL, Gomes VFF, Mendes Filho PFM, Nunes APL. 2018. Changes in the abundance and diversity of soil arthropods in the cultivation of fruit crops. Revista Ciência Agronômica. 49: 537-546.
- Bakker FM, Klein ME, Mesa NC, Braun AR. 1993. Saturation deficit tolerance spectra of phytophagous mites and their phytoseiid predators on cassava. Experimental and Applied Acarology. 17:97–113.

- Barros MEN, Lima DB, Mendes JA, Gondim Jr. MGC, Melo JWS. 2020. The establishment of an invasive pest mite, *Raoiella indica*, affects mite abundance and diversity on coconut plants. *Systematic and Applied Acarology*. 25:881–894.
- Carrillo D, de Coss ME, Hoy MA, Peña JE. 2011. Variability in response of four populations of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and *Tetranychus gloveri* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Biological Control*. 60: 39–45.
- Costa ÉC, Teodoro AV, Rêgo AS, Maciel AGS, Sarmiento RA. 2012. Population structure and dynamics of the cassava green mite *Mononychellus tanajoa* (Bondar) and the predator *Euseius ho* (DeLeon) (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). *Arthropods*. 1:55-62.
- Etienne J, Flechtmann C. 2006. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari: Tenuipalpidae) in Guadalupe and Saint Martin, West Indies. *International Journal of Acarology*. 32:331–332.
- Escobar-Garcia HA e Andrade DJ. 2020. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Peru. *Systematic & Applied Acarology*. 25:1729–1732.
- Farias AP, Teodoro AV, Passos EM, Santos MC, Silva FG, Silva SS, Jumbo LOV. 2018. Dinâmica populacional e parasitismo natural de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em pomares de citros em Sergipe. *EntomoBrasilis*. 11: 20-25.
- Ferreira JMS, Warwick DRN, Siqueira IA. 2018. Fitossanidade. In: Ferreira JMS, Warwick DRN, Siqueira IA (eds.) *A cultura do coqueiro no Brasil*. Brasília, Embrapa, 3ed, pp 359–446.
- Fidelis EG, Reis MAS, Negrini, M, Navia D. 2019. Life table parameters of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) at various temperatures and for sexual and asexual reproduction. *Experimental and Applied Acarology*. 78:535–546.

- Flechtmann CHW, Etienne J. 2004. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Systematic and Applied Acarology*, 9:109.
- Flores-Galano G, Montoya A, Rodriguez H. 2010. Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. *Revista de Protección Vegetal*. 25:11–16.
- Gaede K. 1992. On the water balance of *Phytoseiulus persimilis* A.-H. and its ecological significance. *Experimental and Applied Acarology*. 15:181–198.
- Gómez-Moya CA, Lima TPS, Morais EGF, Gondim MGC Jr, Moraes GJ. 2017. Hosts of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) Native to the Brazilian Amazon. *Journal of Agricultural Science*. 9:86–94.
- Gómez-Moya CA, Gondim Jr MGC, Moraes GJ, de Morais EGF. 2018. Effect of relative humidity on the biology of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal Acarology*. 44: 400-411.
- Gondim Jr MGC, Castro TMMG, Marsaro AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, Moraes GJ. 2012. Can the red palm mite threaten the Amazon vegetation? *Systematics and Biodiversity*. 10:527–535.
- Heikkinen RK, Luoto M, Virkkala R, Rainio K. 2004. Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *Journal of Applied Ecology*. 41:824–835.
- Heikkinen RK, Luoto M, Kuussaari M, Pöyry J. 2005. New insights into butterfly-environment relationships using partitioning methods. *Proceedings of the Royal Society B*. 272:2203–2210.
- Mejía DM, Colina-Otero G, Gómez-González R, Panduro-Pérez, A, Mora-Valle J. 2019. Fertility life tables of *Raoiella indica* (Trombidiformes: Tenuipalpidae)

at different temperature and humidity levels. *Revista Colombiana de Entomología*. 45:e7810.

Melo JWS, Navia D, Mendes JA, Filgueiras RMC, Teodoro AV, Ferreira JMS, Guzzo EC, de Souza IV, Mendonça RS, Calvet ÉC, Paz Neto AA, Gondim Jr MGC, Morais EGF, Godoy MS, Santos JR, Silva RIR, Silva VB, Norte RF, Oliva AB, Santos RDP, Domingos CA. 2018. The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *International Journal Acarology*. 44:146-149.

McNally R. 1996. Hierarchical partitioning as an interpretative tool in multivariate inference. *Australian Journal of Ecology*. 21:224–228.

McNally R. 2000. Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between-and reconciliation of predictive and explanatory models. *Biodiversity & Conservation*. 9:655–671.

McNally R, Walsh CJ. 2004. Hierarchical partitioning public-domain software. *Biodiversity & Conservation*. 13:659–660.

Moraes GJ, Flechtmann CHW. 2008. Determinação de Espécies de Importância Agrícola. In: Moraes GJ, Flechtmann CHW (eds.) *Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil*. Holos Editora, pp 100–105.

Nagesha-Chandra BK, Channabasavanna GP. 1983. Studies on seasonal fluctuation of the population of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut with reference to weather parameters. *Indian Journal of Acarology*. 8:104–111.

Navia D, Morais EGF, Mendonça RS, Gondim Jr MGC. 2015. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst. In: Vilela EF, Zucchi RA. (eds.) *Pragas introduzidas no Brasil: Insetos e ácaros*. ESALQ/USP, Piracicaba, pp 418–452.

- Nusantara A, Trisyono YA, Suputa Martono E. 2017. Biology of Red Palm Mite, *Raoiella indica*, on different coconut varieties. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 21:23–29.
- Philpott S, Perfecto I, Vandermeer J. 2006. Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity Conservation*. 15:139–155.
- R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rêgo AS, Teodoro AV, Maciel AGS, Sarmento R. 2013. Relative contribution of biotic and abiotic factors to the population density of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*. 60:479–484.
- Silva FG, Passos EM, Diniz LEC, Farias AP, Teodoro AV, Fernandes MF, Dollet M. 2018. Rainfall and Coconut Accession Explain the Composition and Abundance of the Community of Potential Auchenorrhyncha Phytoplasma Vectors in Brazil. *Environmental Entomology*. 47:318–324.
- Silva FG, Passos EM, Diniz LEC, Fernandes MF, Charles R. Bartlett CR, Dollet M, Teodoro AV. 2019. Relative contribution of rainfall and coconut hybrids to the abundance and composition of the Auchenorrhyncha community as potential vectors of phytoplasmas in the state of Sergipe, Brazil. *Agricultural and Forest Entomology*. 21:190–198.
- Silva RS, Fidelis EG, Amaro G, Ramos RS, Junior PAS, Picanço MC. 2020. Climate-based seasonal dynamics of the invasive red palm mite *Raoiella indica*. *Pest Management Science*. 76:3849–3856.
- Statistica 12.0. StatSoft, Inc., Statistica for windows, software-system for data-analyses, version 12.0. Tulsa, USA.

- 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. *Experimental and Applied Acarology*. 57:331–345.
- Teodoro AV, Klein AM, Tschardt T. 2008. Environmentally mediated coffee pest densities in relation to agroforestry management, using hierarchical partitioning analyses. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 125:120-126.
- Teodoro A, Klein AM, Reis PR, Tschardt T. 2009a. Agroforestry management affects coffee pests contingent on season and developmental stage. *Agricultural and Forest Entomology*, 11: 295-300.
- Teodoro AV, Klein AM, Tschardt T. 2009b. Temporally mediated responses of the diversity of coffee mites to agroforestry management. *Journal of Applied Entomology*, 133: 659-665.
- Vásquez C, Colmenárez Y, Moraes GJ. 2015. Life cycle of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. *Experimental and Applied Acarology*. 65:227–235.
- Vásquez C, Dlouhy J, Castillo H, Gómez B, Lorbes J. 2019. Intra-plant distribution and population fluctuation of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconuts in the state of Falcón, Venezuela. *African Entomology*. 27:49–57.

Legenda das Figuras

Figura 1. Mudanças sazonais na estrutura e dinâmica populacional dos estágios de ovos, imaturos e adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde. Medianas são apresentadas. Letras diferentes dentro de cada mês representam diferenças significativas entre os estágios de desenvolvimento com base no teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Figura 2. Densidades de ovos, imaturos e adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde. Medianas, percentis (25 – 75%) e valores mínimos e máximos são apresentados. Letras diferentes entre estágios de desenvolvimento denotam diferenças significativas com base no teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Figura 3. Densidades de ovos (a), imaturos (b) e adultos (c) do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* na estação seca e chuvosa em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde. Medianas, percentis (25 – 75%) e valores mínimos e máximos são apresentados. Letras diferentes entre estágios de desenvolvimento denotam diferenças significativas com base no teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$).

Figura 4. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independente (em percentagem da variância explicada) de variáveis abióticas (precipitação pluviométrica, temperatura e umidade relativa) para densidade de ovos (a), imaturos (b) e adultos (c) do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* em cultivos de coqueiro da variedade anão-verde.

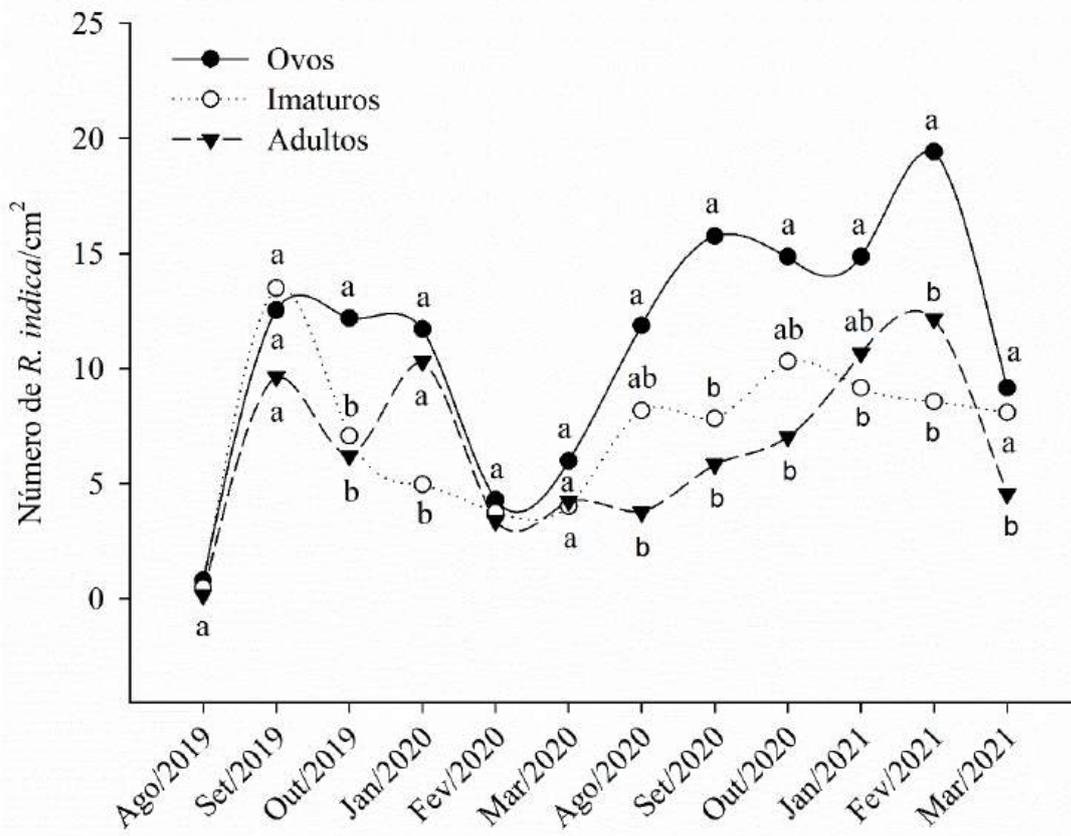


Figura 1

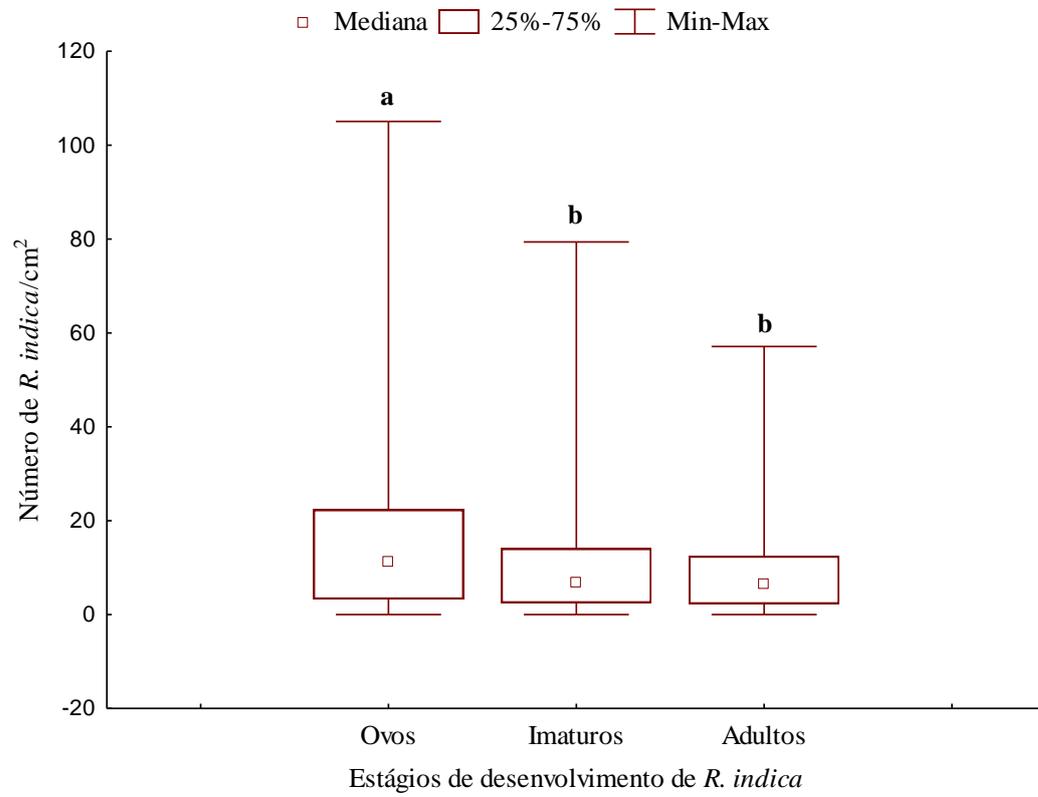


Figura 2

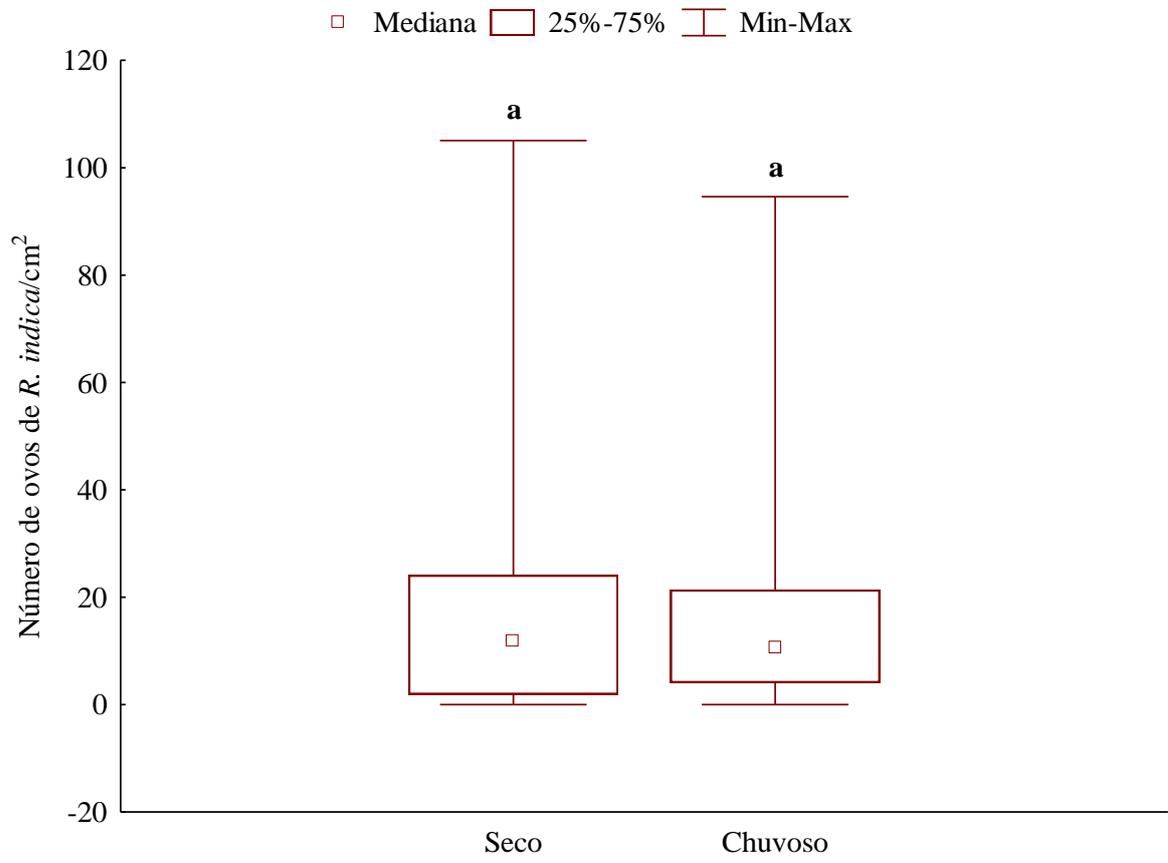


Figura 3a

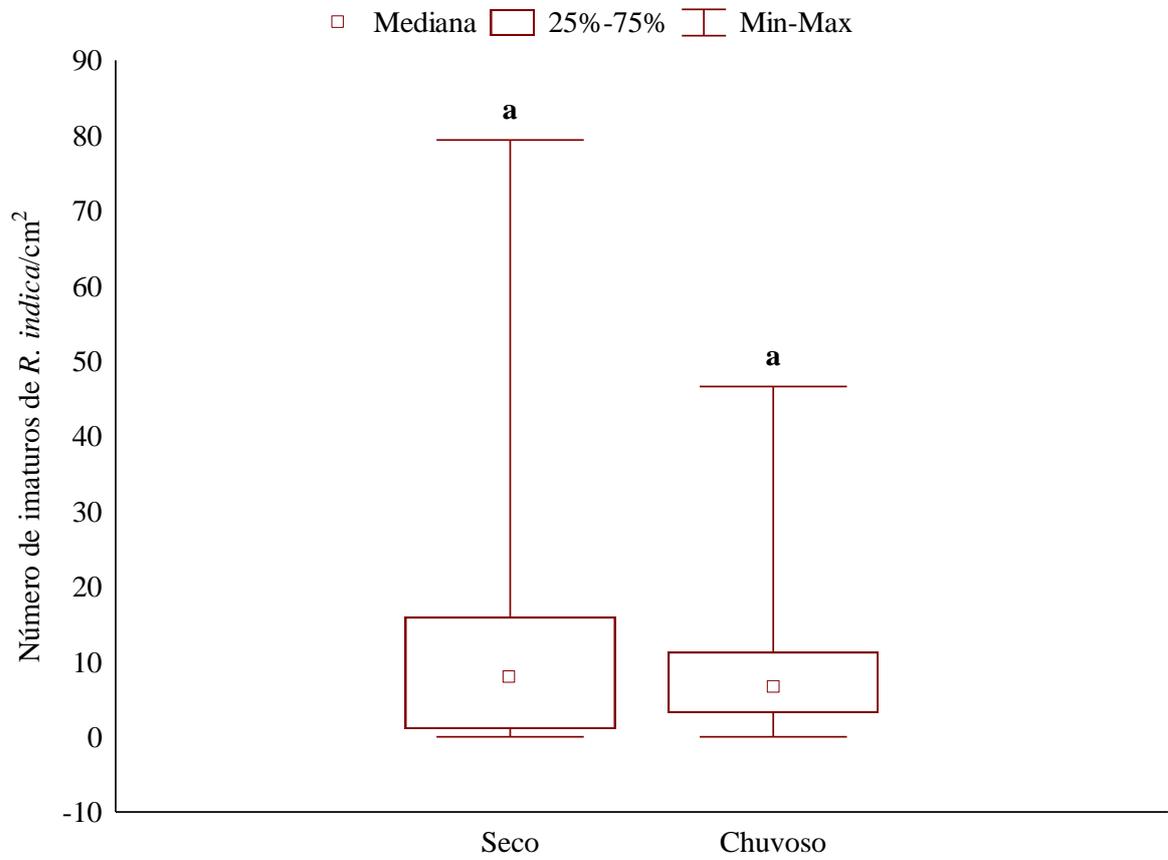


Figura 3b

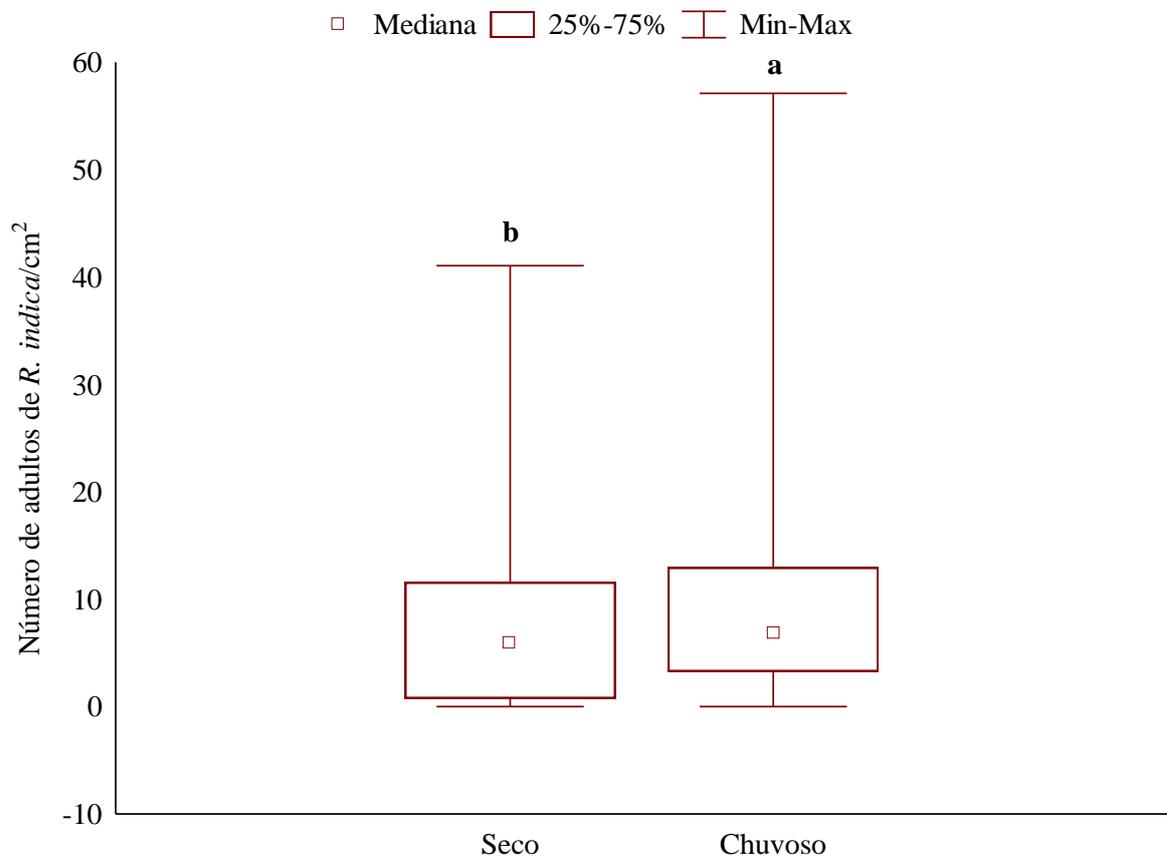


Figura 3c

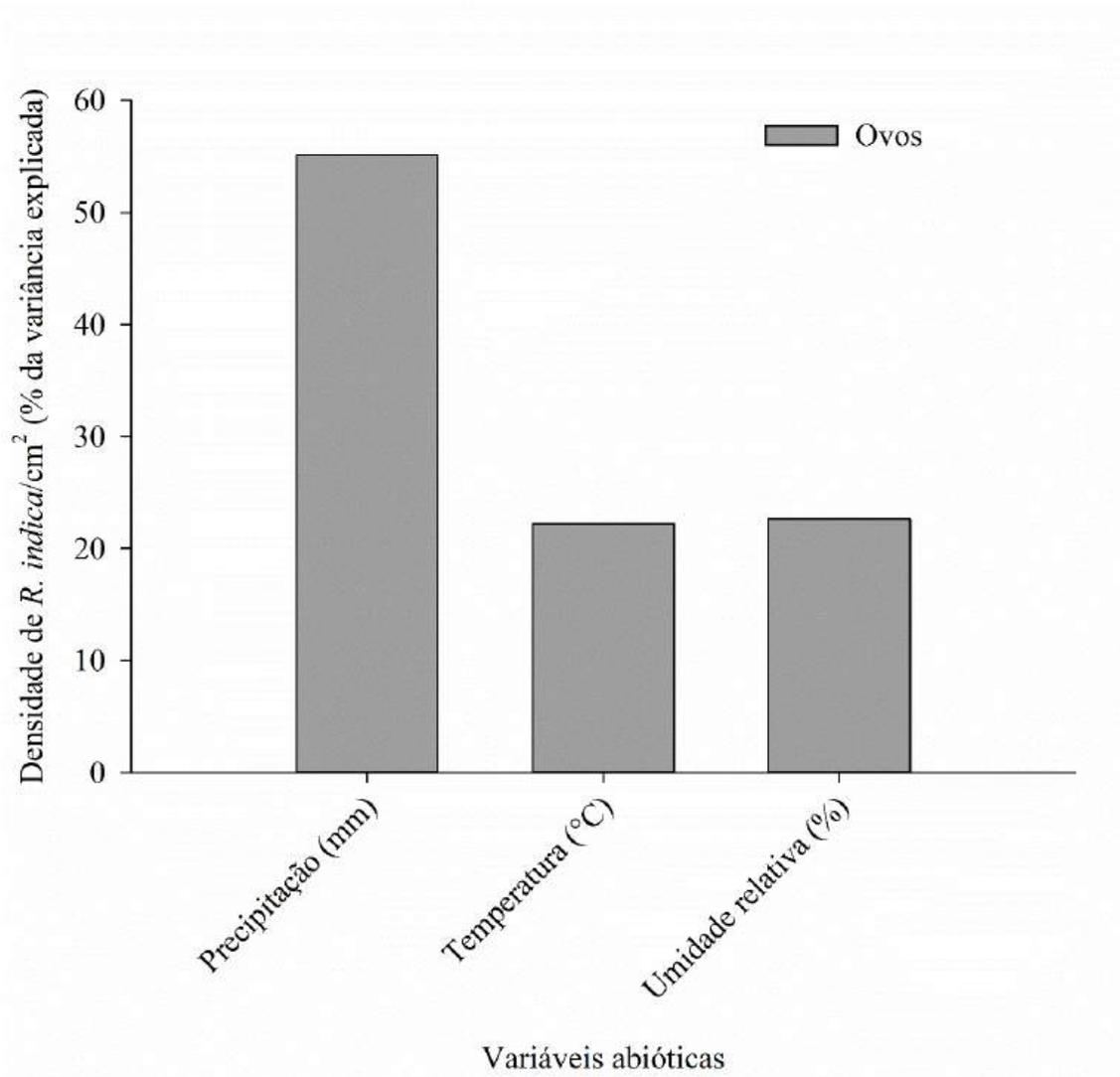


Figura 4a

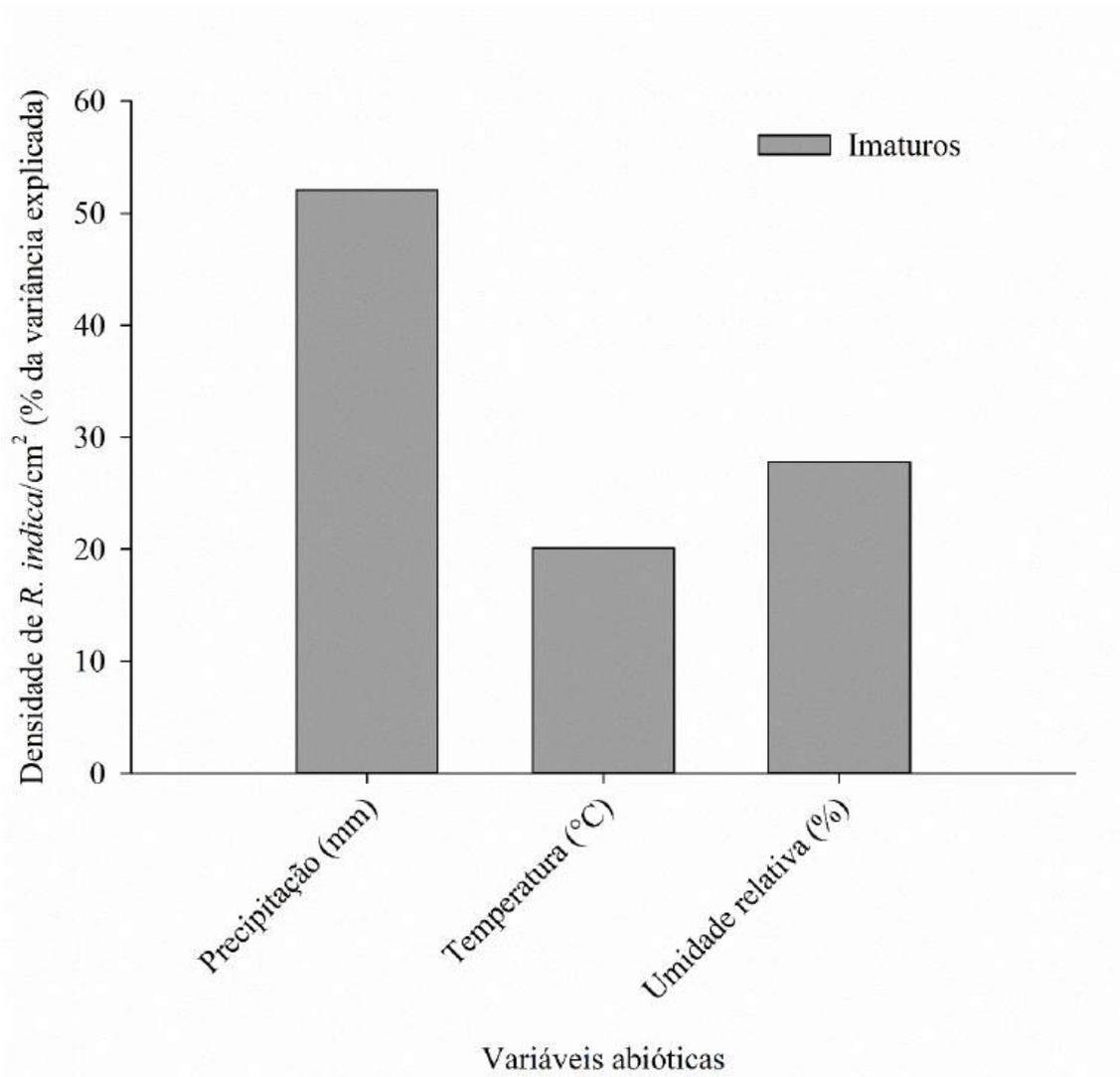


Figura 4b

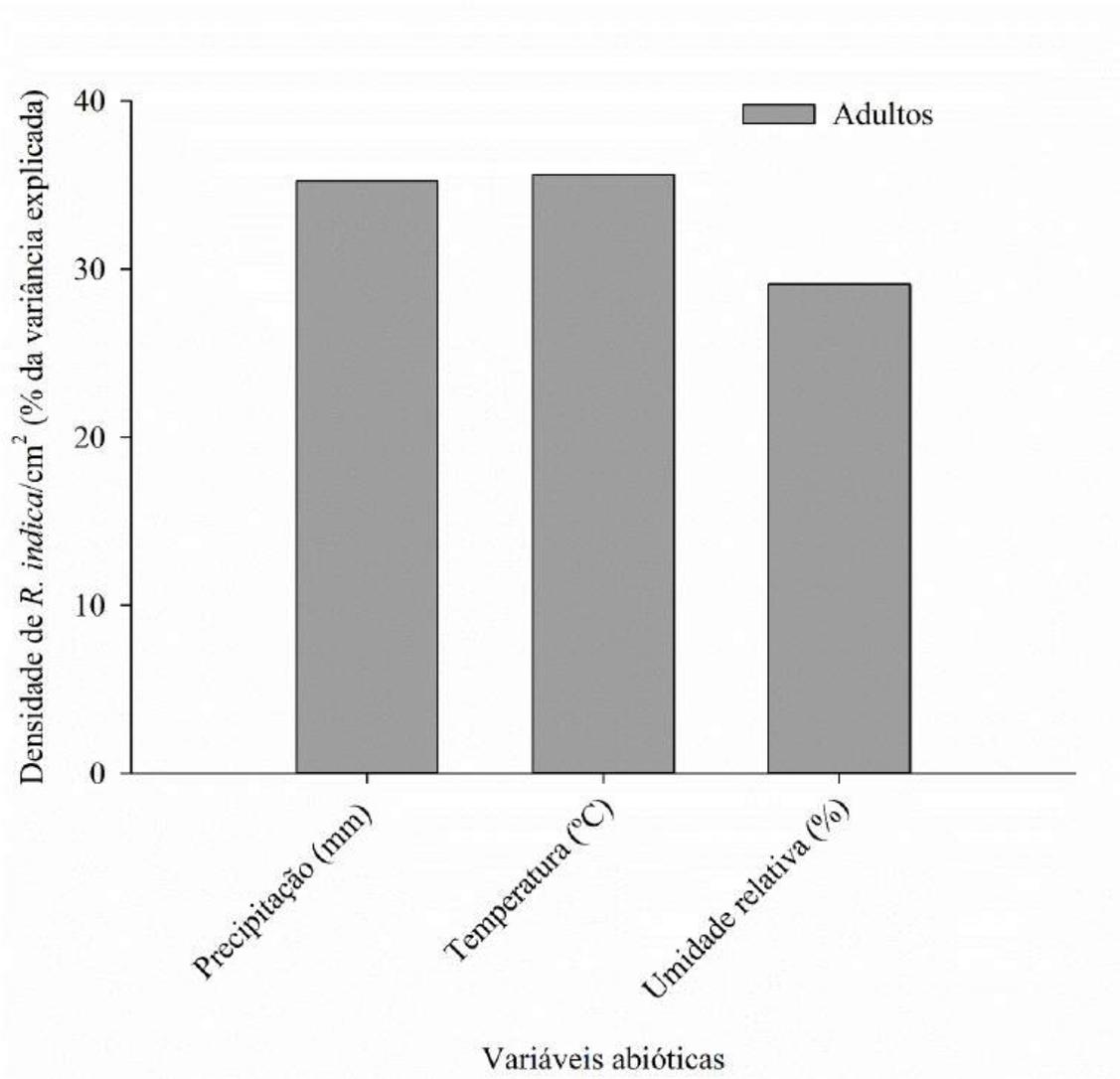


Figura 4c

Fatores abióticos e biótico na densidade populacional do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)

CAPÍTULO 4

Artigo nas normas do periódico "Crop Protection"

**Fatores abióticos e biótico na densidade populacional do ácaro-vermelho-das-palmeiras
Raoiella indica (Acari: Tenuipalpidae)**

Taynara Cruz dos Santos^{a*}, Adriano Soares Rêgo^a, Raimunda Nonata Santos de Lemos^a, Ester Azevedo do Amaral^a

^aPrograma de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, São Luís, MA, 65054-970, Brazil

*Autor correspondente: taynara.cs@outlook.com

Endereços de e-mails: taynara.cs@outlook.com (T.C. Santos), rego.adrianosouares@gmail.com (A.S. Rêgo), rlemos@cca.uema.br (R.N.S Lemos), esterazevedo@yahoo.com.br (E.A. Amaral)

Resumo: Estratégias de controle ecológico têm sido avaliadas para *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). No entanto, o potencial de ácaros predadores nativos da família Phytoseiidae bem como o efeito de variáveis ambientais abióticas na dinâmica populacional de *R. indica* permanece pouco investigado no Maranhão. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi determinar a importância relativa de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótica (densidade de Phytoseiidae) sobre a densidade de *R. indica*. As densidades populacionais de *R. indica* e de ácaros predadores da família Phytoseiidae foram avaliadas durante início do período seco (2019-2020: agosto, setembro e outubro) e chuvoso (2020-2021: janeiro, fevereiro e março) em cinco cultivos comerciais de coqueiro da variedade anão-verde, durante dois anos. A densidade populacional de *R. indica* foi maior do que a densidade populacional dos ácaros predadores da família Phytoseiidae durante os meses de amostragem. A maior parte da variância para a densidade populacional de *R. indica* foi explicada pela densidade de Phytoseiidae e umidade relativa. Em contraste, as maiores frações da variância explicada para a densidade de Phytoseiidae foram observadas pela densidade de *R. indica* e umidade relativa, enquanto a temperatura e precipitação pluviométrica explicaram as menores frações dessa variação, respectivamente. Conclui-se que o controle biológico exercido pelos ácaros predadores da família Phytoseiidae foi o principal mecanismo regulador da densidade populacional de *R. indica* nos cultivos comerciais de coco da variedade anão-verde.

Palavras chave: *Cocos nucifera*, Controle biológico, Phytoseiidae, Praga exótica

Abstract: Ecological control strategies have been evaluated to control *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). However, the potential of native predatory mites of the Phytoseiidae family, as well as the effect of abiotic environmental variables on the population dynamics of *R. indica* remains poorly investigated in Maranhão. Thus, the present study was conducted to investigate the relative importance of abiotic (temperature, relative humidity and precipitation) and biotic (Phytoseiidae density) environmental variables on the density of *R. indica*. The population densities of *R. indica* and predatory mites of the Phytoseiidae family were evaluated during the beginning of the dry (2019-2020: August, September and October) and rainy (2020-2021: January, February and March) periods for two years out of five commercial cultivation of dwarf coconut palms. The population density of *R. indica* was greater than the population density of predatory mites of the Phytoseiidae family over the months of sampling. Most of the variance for population density of *R. indica* was explained by the density of Phytoseiidae and relative humidity. On the other hand, the largest fractions of the variance explained for the density of Phytoseiidae were observed for the density of *R. indica* and relative humidity, while temperature and rainfall explained the smallest fractions of this variation, respectively. Our results indicate that the biological control exercised by predatory mites of the Phytoseiidae family was the main mechanism regulating the population density of *R. indica* in commercial cultivations of green dwarf coconut variety.

Keywords: Biological Control, *Cocos nucifera*, Invasive mite, Phytoseiidae

1. Introdução

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é uma espécie polífaga que pode colonizar plantas de várias famílias (Carrillo et al., 2012a; Gómez-Moya et al., 2017). A capacidade de sobreviver em condições adversas, a elevada capacidade reprodutiva, rápida disseminação e adaptação a novos hospedeiros favoreceram a invasão de *R. indica* no continente americano, que culminou em impactos econômicos nos países produtores de coco (Domingos et al., 2013; Melo et al., 2018).

No Brasil, *R. indica* foi relatada pela primeira vez em amostras de coco e bananas em Boa Vista, no estado de Roraima, no ano de 2009 (Navia et al., 2011). Atualmente, *Raoiella indica* encontra-se amplamente distribuída na maioria dos Estados da Federação (Hata et al., 2017; Melo et al., 2018), causando prejuízos significativos à agricultura devido ao potencial de dano a plantas de importância econômica, como coqueiro, bananeira, plantas ornamentais dentre outras (Vásquez et al., 2015; Melo et al., 2018). Altas infestações de *R. indica* em coqueiros podem causar amarelecimento severo das folhas seguido de necrose do tecido (Flechtmann e Etienne, 2004).

A variação de fatores abióticos, tais como a temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica, podem afetar tanto a ocorrência e a densidade populacional de artrópodes no campo (Hanna et al., 2005; Onzo et al., 2005; Teodoro et al., 2008; Zundel et al., 2009; Cruz et al., 2013; Rêgo et al., 2013). A população do ácaro-vermelho-das-palmeiras aumenta em períodos quentes do ano e diminui durante o período chuvoso, em função do aumento da precipitação pluviométrica e umidade relativa (Gondim Jr. et al., 2012; Taylor et al., 2012). No entanto, há estudos em que a precipitação pluviométrica e a umidade relativa não foram fatores abióticos limitantes para o aumento em número de populações de ácaros fitófagos (Laranjeira et al., 2015; Mejía et al., 2019). Portanto, é necessário que se reconheça a presença de *R. indica* em áreas de produção de coco e proceda com o monitoramento para determinação dos níveis

de dano econômico, inimigos naturais associados, influência de fatores abióticos e, posteriormente, adotar medidas efetivas de controle desse ácaro fitófago.

Ácaros predadores da família Phytoseiidae têm sido utilizados com sucesso no controle de *R. indica* (Carrillo et al., 2012b). Portanto, o controle biológico tem sido considerado a estratégia mais promissora para minimizar os impactos dessa praga em cultivos de coqueiro no nordeste brasileiro (Melo et al., 2018; Filgueiras et al., 2020; Lira et al., 2021). Por exemplo, *Amblyseius largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) é um ácaro predador generalista do tipo III, pois se alimenta de ácaros de diversos grupos, pequenos insetos e pólen (McMurtry et al., 2013) sendo encontrado frequentemente associado com *R. indica* em coqueiros (Peña et al., 2009; Gondin Jr et al., 2012; Domingos et al., 2013; Demite et al., 2014). Diversos estudos comprovam o potencial de *A. largoensis* em regular populações de *R. indica* (Carrillo et al., 2010, 2012a, 2014; Morais et al., 2016; Lira et al., 2020). *Amblyseius largoensis* consegue se desenvolver e reproduzir apenas se alimentando com *R. indica* como recurso alimentar (Domingos et al., 2013).

Especificamente para o Maranhão, impactos econômicos, sociais e ambientais já acontecem haja vista que *R. indica* se encontra estabelecido em cultivos de coqueiros, bananeiras e plantas ornamentais localizados nos municípios que compõem a Ilha de São Luís). Assim, o monitoramento em campo de *R. indica* e a identificação das principais espécies de inimigos naturais associados, bem como a determinação da contribuição relativa dos fatores abióticos na densidade de ácaros em campo é de suma importância para a adoção de medidas de controle dessa praga. Dado o exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar a importância relativa de variáveis ambientais abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótica (densidade de Phytoseiidae) sobre a densidade de *R. indica*.

2. Material e Métodos

2.1 Amostragem de ácaros

Amostragens mensais foram realizadas em cinco plantios comerciais de coqueiro (20-50 ha) da variedade anão-verde localizados na zona rural do município de Paço do Lumiar (Área 1: 02° 29' 02,9" S; 044° 04' 26,3" O; Área 2: 02° 29' 08,3" S; 044° 04' 25,6" O; Área 3: 02° 29' 39,4" S; 044° 04' 54,8" O; Área 4: 02° 29' 05,7" S; 044° 06' 17,5" O; Área 5: 02° 29' 02,5" S; 044° 06' 29,8" O). Os sítios de estudo foram tratados com inseticidas e acaricidas comerciais recomendados para a cultura do coqueiro (Abamex®, Assist®, Oberon®, Ortus®, Talento® e Talisman®) (Ferreira et al., 2018; Agrofit, 2021) durante o período de estudo.

O período amostral compreendeu 12 meses de coletas de folíolos de coqueiro no início do período seco (2019-2020: agosto, setembro e outubro) e chuvoso (2020-2021: janeiro, fevereiro e março) durante dois anos. Em cada sítio de estudo, foram selecionadas ao acaso 12 plantas de coqueiro durante caminharmento em zig-zag. Para evitar o efeito de borda, foram escolhidas plantas localizadas a uma distância de 20 metros das margens dos cultivos de coqueiro-anão. Em seguida, foram coletados seis folíolos totalmente expandidos por planta de coqueiro (três folíolos do terço inferior e três do terço médio) em cada avaliação, totalizando 72 folíolos por sítio de estudo.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel (5kg), identificadas por área, armazenadas em caixa térmica, e levadas ao Laboratório de Entomologia da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) para contagem direta do número de ovos, larvas, protoninfas e deutoninfas (estágios imaturos) e adultos de *R. indica*. Os estágios de crisálida (protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida) de *R. indica* foram contabilizados como imaturos.

Os ácaros presentes nos folíolos foram contabilizados e triados com o auxílio de um microscópio estereoscópico (Stemi 305, Zeiss, Alemanha) em intervalos mensais ao longo do período amostral. Fêmeas de *R. indica* foram selecionadas ao acaso nos folíolos e capturadas com auxílio de pincel de pelos macios e acondicionadas em tubos de Eppendorf de plástico (1,5

mL), contendo álcool etílico a 70% e uma gota de glicerina líquida para serem montados em lâminas para microscopia com meio de Hoyer (Moraes e Flechtmann, 2008) para a posterior identificação até o menor nível taxonômico possível.

2.2 Identificação de *R. indica* e ácaros predadores

A identificação de *R. indica* foi realizada no Laboratório de Acarologia da UEMA, pela Dr^a. Ester Azevedo do Amaral. Indivíduos adultos foram acondicionadas em tubos de Eppendorf de plástico e identificados em nível de espécie. Os espécimes foram montados em lâminas para microscopia (Olen®, Modelo: k5-7105-1, Dimensões: 26 x 76 mm; Espessura: 1,0-1,2 mm) com meio de Hoyer (Moraes e Flechtmann, 2008) e cobertas com lamínulas para microscopia (Olen®, Modelo: k5-2222, Dimensões: 22 x 22 mm; Espessura: 0,13-0,16 mm) sobre cada lâmina. Em seguida, foram levadas para secar em estufa bacteriológica (LabIncubator 503, FANEM, São Paulo, Brasil) por sete dias. A identificação foi realizada com microscópio de contraste de fases (Axio Scope A1, Zeiss, Alemanha) e chaves dicotômicas específicas. Após a confirmação taxonômica de *R. indica*, os espécimes identificados (espécimes “voucher”) foram depositados na Coleção Entomológica Iraci Paiva Coelho (CIPC) da UEMA.

2.3 Cálculo da densidade de ácaros

O número de ovos, imaturos e adultos de *R. indica* contabilizados em cada avaliação foi convertido em densidade por unidade de área. A determinação da área foliar amostrada foi realizada pela delimitação, ao acaso, de cinco círculos de dois centímetros de diâmetro nos folíolos do coqueiro em cada mês de avaliação. Desse modo, foi possível estimar a área foliar total de cada folíolo amostrado (15 cm²) e determinar a densidade dos estágios de desenvolvimento de *R. indica* por cm², com base em sua abundância mensal.

2.4 Variáveis ambientais

Variáveis abióticas foram medidas *in loco* em cada sítio de estudo para explicar padrões na densidade de *R. indica* e de ácaros fitoseídeos. A temperatura e umidade relativa do ar foram medidas mensalmente durante as coletas em condições padronizadas (dias ensolarados entre 08:00 e 10:00 nas áreas amostradas) por meio do uso de um termo-higrômetro digital portátil (Incoterm®) posicionado sobre o solo por 10 minutos (Rêgo et al., 2013). Os dados de precipitação pluviométrica referentes ao período de amostragem foram obtidos no Laboratório de Meteorologia do Núcleo Geoambiental da UEMA (NuGeo/ UEMA).

2.5 Análise estatística

Análises exploratórias foram realizadas no conjunto de dados obtidos nos sítios de estudo durante o período amostral dos ácaros. No entanto, os dados relativos à densidade de *R. indica* e densidade de ácaros predadores da família Phytoseiidae foram transformados por meio de $\log x+1$ para atender os pressupostos de distribuição normal dos resíduos e homogeneidade de variâncias, critérios para testes estatísticos paramétricos. Posteriormente, foi determinada a dinâmica populacional de *R. indica* e de Phytoseiidae bem como a variação sazonal das variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) medidas em cada mês de avaliação. Ademais, foram realizadas análises de variância para medidas repetidas, com soma dos quadrados do tipo I, para comparar a densidade populacional de *R. indica* em relação a densidade de ácaros predadores pertencentes à família Phytoseiidae ao longo do período de estudo. Análises de variância seguidas pelo teste de Tukey foram usadas para comparar as densidades de *R. indica* e de Phytoseiidae em cada mês. As análises foram conduzidas com o programa Statistica 12.0 (StatSoft Inc., versão 12.0, Tulsa, USA).

Análises de partição hierárquica foram utilizadas para avaliar a contribuição relativa de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótica

(densidade de ácaros predadores da família Phytoseiidae) sobre a densidade populacional de *R. indica* ao longo do tempo. A análise de partição hierárquica estima a porcentagem da variância explicada de cada variável em contribuições conjuntas e independentes com todas as outras variáveis, considerando todos os possíveis modelos em uma regressão multivariada (Mc Nally, 1996, 2000; Heikkinen et al., 2004, 2005; Teodoro et al., 2008; Rêgo et al., 2013). Além disso, foi determinada a significância estatística das contribuições independentes de cada variável por meio da abordagem de randomização com 1000 interações (Intervalo de Confiança de 95%) (Mc Nally, 2000). A análise de partição hierárquica foi realizada com o programa R (Mc Nally e Walsh, 2004) e os pacotes “hier.part” e “gtools” (R Core Team, 2021; versão 4.1.1). Regressões lineares entre a densidade de *R. indica* e fatores abióticos (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótico (densidade de Phytoseiidae) foram realizados por meio do software estatístico SigmaPlot 12.5 (Systat Software Inc.).

Resultados

Ao longo do período amostral foram constatadas mudanças sazonais nas densidades populacionais de *R. indica* e Phytoseiidae (Fig. 1). Houve uma redução na densidade de *R. indica* nos meses de fevereiro (2020) e março (2020-2021) devido ao aumento do regime de chuvas na região de estudo (Fig. 1).

Raoiella indica apresentou maior densidade populacional ($2,99 \pm 0,05$ ácaros/cm²) em comparação aos ácaros predadores da família Phytoseiidae ($1,00 \pm 0,02$ ácaros/cm²) amostrados nos cultivos comerciais de coqueiro anão-verde (Fig. 2a, $F_{1,118} = 762,91$, $P < 0,0001$). Com exceção do primeiro mês de coleta, houve um aumento na densidade de *R. indica* e de Phytoseiidae ao longo do período amostral (Fig. 2b, $F_{11,1298} = 20,497$, $P < 0,0001$).

A interação entre *R. indica* e ácaros predadores da família Phytoseiidae e o tempo foi significativa (Fig. 2c; $F_{11,1298} = 7,768$, $P < 0,0001$). A densidade populacional de *R. indica* foi

maior do que a densidade populacional dos ácaros predadores da família Phytoseiidae [Fig. 2c; Ago (2019): $F_{1,118} = 31,23$, $P < 0,0001$; Set (2019): $F_{1,118} = 128,97$, $P < 0,001$; Out (2019): $F_{1,118} = 121,76$, $P < 0,001$; Jan (2020): $F_{1,118} = 317,78$, $P < 0,001$; Fev (2020): $F_{1,118} = 109,47$, $P < 0,001$; Mar (2020): $F_{1,118} = 156,25$, $P < 0,001$; Ago (2020): $F_{1,118} = 39,51$, $P < 0,0001$; Set (2020): $F_{1,118} = 71,47$, $P < 0,0001$; Out (2020): $F_{1,118} = 189,18$, $P < 0,001$; Jan (2021): $F_{1,118} = 812,83$, $P < 0,001$; Fev (2021): $F_{1,118} = 664,01$, $P < 0,001$; Mar (2021): $F_{1,118} = 426,03$, $P < 0,001$].

A variável biótica densidade de Phytoseiidae explicou a maior parte da variância (64,64%) para densidade de *R. indica*, seguida pela umidade relativa (14,26%), temperatura (13,64%) e pela precipitação pluviométrica (7,46%) de acordo com a partição hierárquica (Fig. 3a). Em contraste, as maiores frações da variância explicada para a densidade de Phytoseiidae foram observadas para a densidade de *R. indica* (41,77%) e umidade relativa (33,54%), enquanto a temperatura e precipitação pluviométrica explicaram apenas 12,35 e 12,34% dessa variação, respectivamente (Fig. 3b).

A densidade de *R. indica* foi positivamente correlacionada com a densidade de ácaros predadores da família Phytoseiidae ($F_{2,11} = 18,07$, $R^2 = 0,80$, $P = 0,0007$) (Fig. 4), confirmando o resultado da análise de partição hierárquica (Fig. 3a). Em contraste, a densidade de *R. indica* não foi correlacionada com as outras variáveis ambientais de habitat: temperatura ($F_{2,11} = 0,47$, $R^2 = 0,09$, $P = 0,64$), umidade relativa ($F_{2,11} = 0,14$, $R^2 = 0,03$, $P = 0,87$) e precipitação pluviométrica ($F_{2,11} = 0,82$, $R^2 = 0,15$, $P = 0,47$).

Discussão

O principal mecanismo regulador da densidade de *R. indica* em campo foi a densidade de ácaros predadores da família Phytoseiidae. As maiores frações da variância para a densidade populacional de *R. indica* foram explicadas pela variável biótica densidade de Phytoseiidae e

pela variável abiótica umidade relativa. Uma explicação para a alta contribuição dos ácaros predadores sobre *R. indica* foi sua elevada densidade populacional nos sítios de estudo. De fato, os fitoseídeos são reconhecidos como eficientes agentes de controle biológico de diversas famílias de ácaros fitófagos (Carrillo et al., 2012b; Rêgo et al., 2013; Demite et al., 2014). Dentre os ácaros predadores, *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) tem se destacado como a espécie mais abundante associada a *R. indica* em regiões tropicais e subtropicais (Carrillo e Peña, 2012; Domingos et al., 2013).

Nos sítios de estudo, *A. largoensis* foi o ácaro predador mais abundante regulando populações de *R. indica*. *Amblyseius largoensis* é um predador generalista do tipo III (McMurtry et al., 2013), que se alimenta de uma diversidade de ácaros, pequenos insetos e outros tipos de alimentos, incluindo pólen (Domingos et al., 2013). Insetos sugadores e outros ácaros fitófagos são frequentemente encontrados em folíolos de coqueiros (Navia et al., 2007; Gondim Jr. et al., 2012; Teodoro et al., 2015); vários deles, também poderiam servir como presas para este predador, principalmente ácaros fitófagos das famílias Eriophyidae, Tenuipalpidae e Tetranychidae (Domingos et al., 2013).

Áreas recém invadidas por *R. indica* apresentaram aumento de populações de *A. largoensis* (Peña et al., 2009). Os resultados do presente estudo comprovam a eficiência de representantes da família Phytoseiidae em controlar *R. indica* em campo haja vista que em todos os meses de avaliação houve interação entre a densidade da praga e dos fitoseídeos indicando uma resposta dependente da densidade. Os ácaros Phytoseiidae responderam ao aumento da densidade de *R. indica* principalmente no período seco (setembro e outubro de 2019; agosto, setembro e outubro de 2020). Apesar da proporção de ácaros ser de aproximadamente 3:1 (*R. indica*: Phytoseiidae) (Fig. 2a), o componente biótico (predação) foi fator limitante para que não houvesse surtos populacionais de *R. indica* nas áreas de estudo (Fig. 2c, 3a e 4). Os Phytoseiidae que se alimentam de espécies invasoras tendem ao aumento populacional e são

menos suscetíveis as mudanças climáticas devido à maior disponibilidade de presas (Barros et al., 2020).

A variável ambiental abiótica umidade relativa explicou 14,26% da variância para a densidade populacional de *R. indica*. Foi registrado um valor médio de 72,31% de umidade relativa ao longo das amostragens nos sítios de estudo. A umidade é um importante fator climático que influencia a ocorrência de artrópodes no campo (Zundel et al., 2009). A região de estudo é caracterizada por períodos chuvoso e seco bem definidos, seis meses respectivamente, e a umidade relativa média da região apresenta pouca variação sazonal, características que podem ter favorecido o estabelecimento, persistência e adaptação de *R. indica* às condições locais de habitat. O manejo local do agroecossistema determina mudanças nas variáveis bióticas e abióticas (Teodoro et al., 2008), que por sua vez podem explicar os padrões na densidade de *R. indica* encontrados neste estudo. Nos sítios de estudo há uso de irrigação localizada por microaspersão (microaspersores e difusores). A quantidade de água aplicada à cultura do coqueiro da variedade anão-verde é de 120 L por planta por dia no período seco, fator que poderia favorecer a formação de microhabitats adequados para o desenvolvimento, sobrevivência e reprodução de *R. indica*.

Apesar do ambiente físico (ou seja, abiótico) ser um fator responsável pela distribuição de ácaros entre as superfícies adaxial e abaxial das folhas (Sudo e Osakabe, 2011), as maiores frações da variância para a densidade de Phytoseiidae foram explicadas pela variável biótica densidade de *R. indica* e pela variável abiótica umidade relativa (Fig. 3b). A umidade relativa registrada nas áreas amostradas é adequada para o desenvolvimento dos fitoseídeos (72,31%) haja vista que no período seco foi verificado aumento da densidade de Phytoseiidae. Ácaros da família Phytoseiidae são favorecidos por altos níveis de umidade relativa no ambiente, mas diferenças consideráveis na capacidade de tolerar baixos níveis de umidade relativa são encontradas entre as espécies dessa família (Gómez-Moya et al., 2018). Estudos reportam o

efeito da umidade relativa sobre Phytoseiidae, como no período de incubação de ovos de *Euseius finlandicus* Oudemans, *Typhlodromus pyri* Scheuten, *Kampimodromus aberrans* Oudemans e *Gynaeseius liturivorus* Ehara (Schausberger, 1998; Ferrero et al., 2010; Nakai et al., 2021), no desenvolvimento de *A. largoensis* (Gómez-Moya et al., 2018) e *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (San et al., 2021).

As menores frações da variância para a densidade populacional de *R. indica* e para Phytoseiidae foram explicadas pela temperatura seguida pela precipitação pluviométrica, como demonstrado nas análises de partição hierárquica. Os níveis de infestação de *R. indica* são sazonais, ou seja, geralmente é observado aumento populacional em estações secas e quentes e declínio populacional no início da época chuvosa (Mejía et al., 2019; Barros et al., 2020). A região de estudo é caracterizada pela baixa variação de temperatura ao longo do ano. Além disso, é comum nessa região temperaturas acima de 30°C durante a estação seca (julho a dezembro), condição ideal para surtos populacionais de ácaros fitófagos. De fato, houve elevada densidade populacional de *R. indica* e dos fitoseídeos associados nos meses de setembro e outubro de 2019 e 2020. Ácaros têm um desempenho ótimo em termos de sobrevivência, desenvolvimento e reprodução em uma faixa de temperatura específica, ou seja, temperaturas extremamente baixas ou altas provocam estresse e podem ter efeitos prejudiciais sobre as diferentes populações. O regime pluviométrico registrado na região de estudo contribuiu pouco na porcentagem da variância explicada para a densidade de *R. indica* e também para os ácaros predadores da família Phytoseiidae. Resultado semelhante foi encontrado por Laranjeiras et al. (2015), ao realizar um estudo em citros na Bahia, onde foi observado que a precipitação pluviométrica não influenciou na infestação de *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (Acari: Tenuipalpidae). A maior resistência aos impactos das gotículas de água da chuva está aliada a própria arquitetura dos folíolos da variedade anão-verde. A folha do coqueiro é do tipo penada,

ou seja, possui bainha e pecíolo que se prolonga numa raque onde se prendem numerosos folíolos (Ferreira et al., 2018).

Os resultados deste estudo indicam que o controle biológico exercido pelos ácaros predadores da família Phytoseiidae foi o principal mecanismo regulador da densidade populacional de *R. indica* nos cultivos comerciais de coqueiros da variedade anão-verde.

Declaração de contribuição de autoria

Taynara Cruz dos Santos: Investigação, Metodologia, Escrita - manuscrito original, Escrita – revisão e edição. Adriano Soares Rêgo: Concepção, Investigação, Metodologia, Curadoria de dados, Análises estatísticas, Escrita – manuscrito original, Escrita – revisão e edição. Raimunda Nonata Santos de Lemos: Concepção, Supervisão, Escrita - manuscrito original, Escrita – revisão e edição. Ester Azevedo do Amaral: identificação dos ácaros, Escrita – revisão e edição.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não possuem interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais que possam ter influenciado no trabalho relatado neste artigo.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa para a primeira autora deste artigo. Agradecemos à Dra. Ester Azevedo do Amaral pelas identificações dos ácaros amostrados em campo. Aos produtores de coco do município de Paço do Lumiar pela disponibilização das áreas de estudo.

Referências

- Barros, M.E.N., Lima, D.B., Mendes, J.A., Gondim Jr., M.G.C, Melo, J.W.S, 2014. The establishment of an invasive pest mite, *Raoiella indica*, affects mite abundance and diversity on coconut plants. *Syst. Appl. Acarol.* 25, 881–894. <https://doi.org/10.11158/saa.25.5.9>
- Carrillo, D., Hoy, M. A., Peña, J. E., 2014. Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by predator exclusion and predator release techniques. *Flor. Entomol.* 97, 256–261. <https://doi.org/10.1653/024.097.0134>
- Carrillo, D., Peña, J.E., 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. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9488-7>
- Carrillo, D., Amalin, D., Hosein, F., Roda, A., Duncan, R.E., Peña, J.E., 2012a. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Exp. Appl. Acarol.* 57, 271-289. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9487-8>
- Carrillo, D., Howard Frank, J., Rodrigues, J.C.V., Peña, J.E., 2012b. A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.* 57, 347–360. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9499-4>
- Carrillo, D., Peña, J. E., Hoy, M. A., Frank, J. H., 2010. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and other microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. *Exp. Appl. Acarol.* 52, 119–129. <https://doi.org/10.1007/s10493-010-9360-1>
- Demite, P.R., McMurtry, J.A., Moraes, G.J., 2014. Phytoseiidae Database: a website for taxonomic and distributional information on phytoseiid mites (Acari). *Zootaxa*, 3795, 571–577, 2014. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3795.5.6>

- Domingos, C.A., Oliveira, L.O., de Moraes, E.G., Navia, D., de Moraes, G.J., Gondim Jr., M.G.C., 2013. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.* 60, 83-93. <https://doi.org/10.1007/s10493-012-9625-y>
- Ferreira, J.M.S.; Warwick, D.R.N.; Siqueira, L.A, 2018. A cultura do coqueiro no Brasil. (Eds.), terceira edição. Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju, 508p.
- Flechtmann, C.H.W., Etienne, J., 2004. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Syst. Appl. Acarol.* 9, 109–110. <https://doi.org/10.11158/saa.9.1.16>
- Ferrero, M., Gigot, C., Tixier, M.S., Van Houten, Y.M., Kreiter, S., 2010. Egg hatching response to a range of air humidities for six species of predatory mites. *Entomol. Exp. Appl.* 135, 237–244. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.2010.00992.x>
- Filgueiras, R. M. C.; Mendes, J. A.; Sousa Neto, E. P.; Monteiro, N. V.; Melo, J. W. S. 2020. *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent for *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Syst. Appl. Acarol.* v.25, p.593–606. <https://doi.org/10.11158/saa.25.4.1>
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., Emmerson, M., Morales, M.B., Ceryngier, P., Liira, J., Tschardtke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Pärt, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L. W., Dennis, C., Palmer, C., Onãte, J.J., Guerrero, I., Hawrog, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hänke, S., Fischer, C., Goedhart, P.W., Inchausti, P., 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic Appl. Ecol.* 11, 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>

- Ghazy, N.A., Osakabe, M., Negm, M.W., Schausberger, P., Gotoh, T., Amano, H., 2016. Phytoseiid mites under environmental stress. *Biolog. Control.* 96, 120–134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.02.017>
- Gómez-Moya, C.A., Lima, T.P.S., Morais, E.G.F., Gondim Jr., M.G.C., Moraes, G.J., 2017. Hosts of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) Native to the Brazilian Amazon. *J. Agric. Sci.* 9, 86-94. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n4p86>
- Gómez-Moya, C.A., Gondim Jr., M.G.C., Moraes, G.J., de Morais, E.G.F., 2018. Effect of relative humidity on the biology of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). *Int. J. Acarol* 44, 400-411. <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1530300>
- Gnanvossou, D., Hanna, R., Yaninek, J.S., Toko, M. 2005. Comparative life history traits of three neotropical phytoseiid mite when feeding on plant-derived food. *Biol. Control.* 35, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.05.013>
- Gondim JR, M.G., Castro, T.M.N., Massaro JR, A.L., Navia, D., Melo, J.W.S., Demite, P.R., Moraes, G.J., 2012. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? *Systematics and Biodiversity* 10, 527-535. <https://doi.org/10.1080/14772000.2012.752415>
- Hanna, R., Onzo, A., Lingeman, R., Sabelis, M. W., Yaninek, J.S., 2005. Seasonal cycles and persistence of an acarine predator-prey system on cassava in Africa. *Pop. Ecol.*, 47: 107–117. <https://doi.org/10.1007/s10144-005-0215-2>
- Hata, F.T., Silva, J.E.P., Ventura, M.U., Passine, A., Roggia, S., 2017. First Report of *Raoiella indica* (Hirst) (Acari: Tenuipalpidae) in Southern Brazil. *Neotrop. Entomol.* 46, 356–359. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0468-9>
- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Virkkala, R., Rainio, K., 2004. Effects of habitat cover, landscape structure and spatial variables on the abundance of birds in an agricultural-forest mosaic. *J. Appl. Ecol.* 41, 824–835. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00938.x>

- Heikkinen, R.K., Luoto, M., Kuussaari, M., Pöyry, J., 2005. New insights into butterfly-environment relationships using partitioning methods. *Proc. R. Soc. B.* 272, 2203–2210. <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3212>
- Laranjeira, F.F., Silva, S.X.B., Andrade, E.C., Almeida, D.O., Silva, T.S.M., Soares, A.C.F., Astuá-Freitas, J., 2015. Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. *Exp. Appl. Acarol.* 66, 491–508. <https://doi.org/10.1007/s10493-015-9921-4>
- Lira, V.A., Jumbo, L.O., Freitas, G.S., Rêgo, A.S., Galvão, A.S., Teodoro, A.V., 2020. Efficacy of *Amblyseius largoensis* (Muma) as a biocontrol agent of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Phytop.* 49, 103-111. <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00875-8>
- Melo, J.W.S., Navia, D., Mendes, J.A., Filgueiras, R.M.C., Teodoro, A.V., Ferreira, J.M.S., Guzzo, E.C., de Souza, I.V., Mendonça, R.S. de, Calvet, É.C., Paz Neto, A.A., Gondim, Jr. M.G.C., de Moraes, E.G.F., Godoy, M.S., dos Santos, J.R., Silva, R.I.R., da Silva, V.B., Norte, R.F., Oliva, A.B., dos Santos, R.D.P., Domingos, C.A., 2018. The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *Int. J. Acarol.* 44, 146-149. <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1474945>
- Mejía, D.M., Colina-Otero, G., Gómez-González, R., Panduro-Pérez, A., Mora-Valle, J., 2019. Fertility life tables of *Raoiella indica* (Trombidiformes: Tenuipalpidae) at different temperature and humidity levels. *Rev. Colomb. Entomol.* 45. <https://doi.org/10.25100/socolen.v45i1.7810>
- Morais, E. G. F., Oliveira, J. P., Gondim Jr., M. G. C., Moraes, G. M., 2016. *Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions. *Pesq. Agropec. Bras.* 51, 671–675. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000500030>

- Moraes, G.J, Flechtmann, C.H.W. 2008. Determinação de Espécies de Importância Agrícola. In: Moraes, G.J, Flechtmann, C.H.W. (eds.) Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil. Holos Editora, pp 100–105.
- McMurtry, J. A., Moraes, G. J., Sourassou, N. F., 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. Syst. Appl. Acarol. 18, 297-320. <http://dx.doi.org/10.11158/saa.18.4.1>.
- McNally, R., 1996. Hierarchical partitioning as an interpretative tool in multivariate inference. Aust. J. Ecol. 21, 224–228. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1996.tb00602.x>
- McNally, R., 2000. Regression and model-building in conservation biology, biogeography and ecology: The distinction between-and reconciliation of predictive and explanatory models. Biodivers. Conserv. 9, 655–671. <https://doi.org/10.1023/A:1008985925162>
- McNally, R., Walsh, C.J., 2004. Hierarchical partitioning public-domain software. Biodivers. Conserv. 13, 659–660. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000009515.11717.0b>
- Navia, D., Gondim, M.G.C. Jr., Moraes, G.J., 2007. Eriophyoid mites (Acari: Eriophyoidea) associated with palm trees. Zootaxa, 1389, 1–30. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1389.1>
- Navia, D., Marsaro Jr, A.L., Silva, F.R., Gondim Jr, M.G.C., Moraes, G.J., 2011. First report of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil. Neotrop. Entomol. 40, 409-411. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2011000300018>
- Nakai, Z., Shimizu, K., Oida, H., Sonoda, S., 2021. Host plant and humidity effects on phytoseiid mite, *Gynaeseius liturivorus* (Acari: Phytoseiidae) egg hatchability. Exp. Appl. Acarol. 84, 135–147. <https://doi.org/10.1007/s10493-021-00617-3>
- R Core Team, 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

- Onzo, A., Hanna, R., Sabelis, M. W., Yaninek, J. S., 2005. Temporal and spatial dynamics of an exotic predatory mite and its herbivorous mite prey on cassava in Benin, West Africa. *Environ. Entomol.*, 34: 866–874. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-34.4.866>
- Peña, J.E., Rodrigues, J.C.V., Roda, A., Carrillo, D. & Osborne, L.S., 2009. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. *IOBC/WPRS Bull*, 50, 69–79. <https://www.researchgate.net/publication/258820255>
- Rêgo, A.S., Teodoro, A.V., Maciel, A.G.S., Sarmiento, R., 2013. Relative contribution of biotic and abiotic factors to the population density of the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa* (Acari: Tetranychidae). *Exp. Appl. Acarol.* 60, 479–484. <https://doi.org/10.1007/s10493-013-9667-9>
- Roubos, C.R., Rodriguez-Saona, C., Isaacs, R., 2014. Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. *Biol. Control.* 75, 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2014.01.006>
- San, P. P., Tuda, M., Takagi, M., 2021. Impact of relative humidity and water availability on the life history of the predatory mite *Amblyseius swirskii*. *Biol. Control.* 66, 497–510. <https://doi.org/10.1007/s10526-021-10081-y>
- Statistica 12.0. StatSoft, Inc., Statistica for windows, software- system for data-analyses, version 12.0. Tulsa (USA).
- SigmaPlot 12.5. Systat Software, Inc., version 12.5. San Jose (USA). www.systatsoftware.com.
- Schausberger, P., 1998. The influence of relative humidity on egg hatch in *Euseius filandicus*, *Typhlodromus pyri* and *Kampimodromus aberrans* (Acari, Phytoseiidae). *J. Appl. Entomol.* 122, 497–500. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1998.tb01534.x>
- Sudo, M., Osakabe, M., 2011. Do plant mites commonly prefer the underside of leaves? *Exp. Appl. Acarol.* 55, 25–38. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9454-4>

- Taylor, B, Rahman, P.M., Murphy, S.T., Sudheendrakumar, V.V., 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. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9482-0>
- Teodoro, A.V., Klein, A.M., Tschardtke, T., 2008. Environmentally mediated coffee pest densities in relation to agroforestry management, using hierarchical partitioning analyses. *Agric. Ecosyst. Environ.* 125, 120–126. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.12.004>
- Teodoro, A.V., Ferreira, J.M.S., Navia, D., Silva, S.S., 2015. Bioecologia e manejo dos principais ácaros-praga do coqueiro no Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú, Sergipe, pp.12.
- Teodoro, A.V., Rodrigues, J.C.V., Silva, J.F., Navia, D., Silva, S.S., 2016. Ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica*: nova praga de coqueiro no Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracajú, Sergipe, pp.19.
- Vásquez, C., Colmenárez, Y., de Moraes, G.J., 2015. Life cycle of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on ornamental plants, mostly Arecaceae. *Exp. Appl. Acarol.* 65, 227–235. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9858-z>
- Zundel, C., Hanna, R., Scheidegger, U., Nagel, P. 2007. Living at the threshold: Where does the neotropical phytoseiid mite *Typhlodromalus aripo* survive the dry season? *Exp. Appl. Acarol.* 41, 11–26. <https://doi.org/10.1007/s10493-007-9055-4>
- Zundel, C., Nagel, P., Hanna, R., Korner, F., Scheidegger, U., 2009. Environment and host-plant genotype effects on the seasonal dynamics of a predatory mite on cassava in sub-humid tropical Africa. *Agric For Entomol.* 11, 321-331. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00429.x>

Legendas das figuras

Figura 1. Dinâmica populacional (média \pm erro-padrão) de *R. indica* e de Phytoseiidae (barras) coletados em folíolos da variedade anão-verde em cinco cultivos comerciais de coqueiro, bem como a precipitação pluviométrica acumulada (mm), temperatura ($^{\circ}$ C) e umidade relativa (%) registradas em cada mês. Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados para a densidade de ácaros.

Figura 2a. Densidade populacional de *R. indica* e de Phytoseiidae em cultivos comerciais de coqueiro-anão-verde. Médias \pm erro-padrão da média são apresentados. Diferentes letras denotam diferença estatística entre os ácaros ($P < 0,05$). Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados.

Figura 2b. Densidade populacional de ácaros (*R. indica* e Phytoseiidae). Médias \pm erro-padrão da média são mostrados. Diferentes letras denotam diferença estatística ($P < 0,05$) entre os meses. Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados.

Figura 2c. Densidades populacionais de *R. indica* e de Phytoseiidae ao longo do ciclo de cultivo de coco-anão-verde. Médias \pm erro-padrão da média são mostrados. Asteriscos representam diferenças significativas entre as densidades de *R. indica* e Phytoseiidae para cada mês de acordo com análises de variância seguidas por teste de Tukey ($P < 0,05$). Dados transformados ($\log x+1$) são apresentados.

Figura 3a. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independente (em percentagem da variância explicada) de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótica (densidade de Phytoseiidae) para densidade populacional de *R. indica*.

Figura 3b. Análise de partição hierárquica mostrando os efeitos independente (em percentagem da variância explicada) de variáveis abióticas (temperatura, umidade relativa e precipitação pluviométrica) e biótica (densidade de *R. indica*) para densidade populacional de Phytoseiidae.

Figura 4. Relação entre a densidade populacional de *R. indica* e a densidade de Phytoseiidae ao longo do ciclo de cultivo de coqueiro-anão-verde ($y = -1,74 + 9,87x - 4,76x^2$, $F_{2,11} = 18,07$, $R^2 = 0,80$, $P = 0,0007$). Dados transformados ($\log x + 1$) são apresentados.

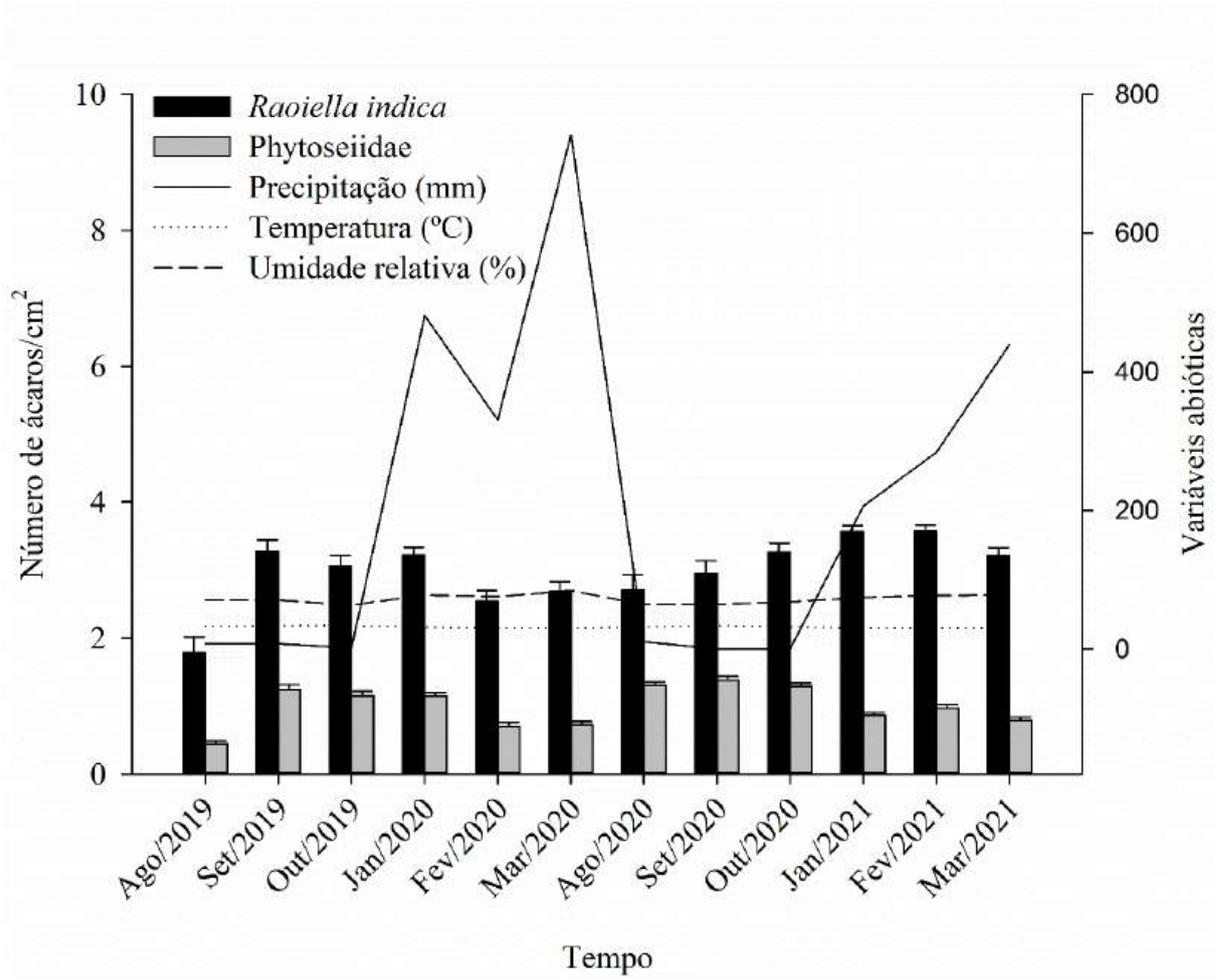
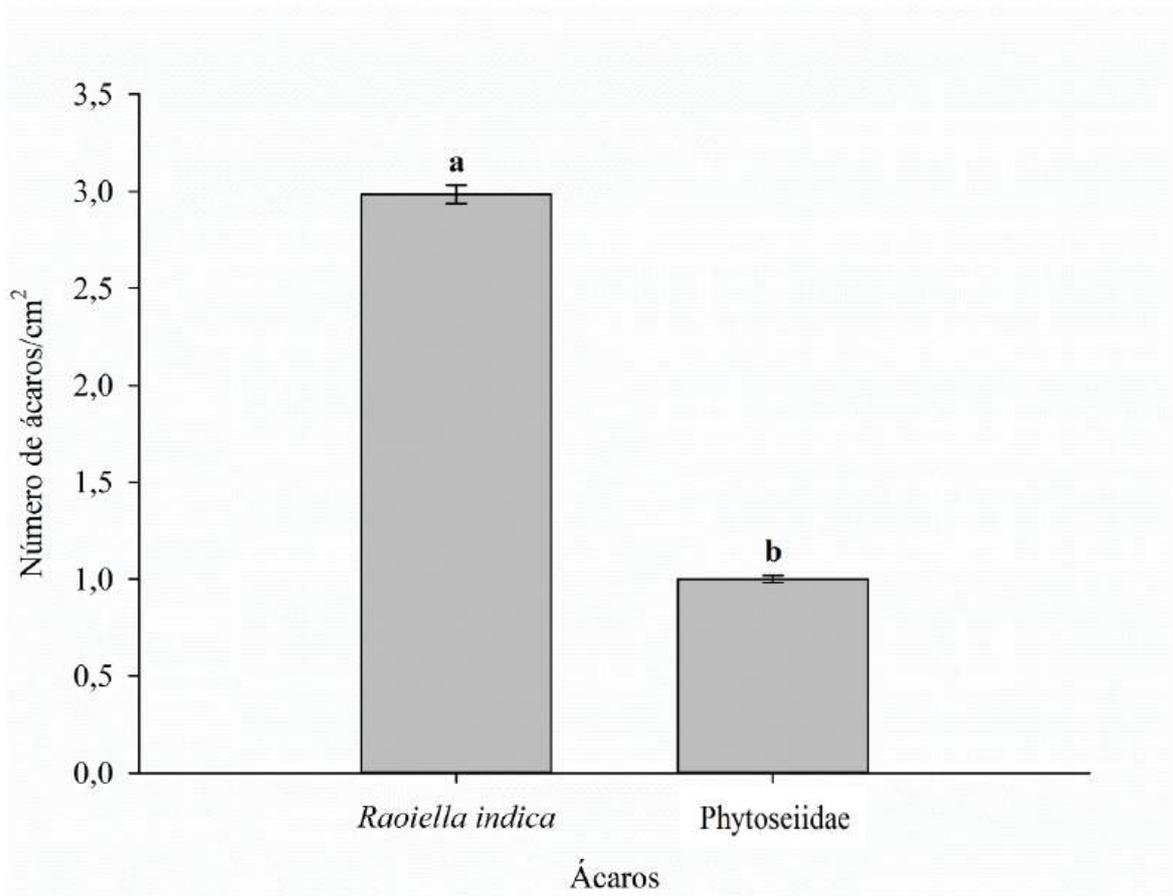
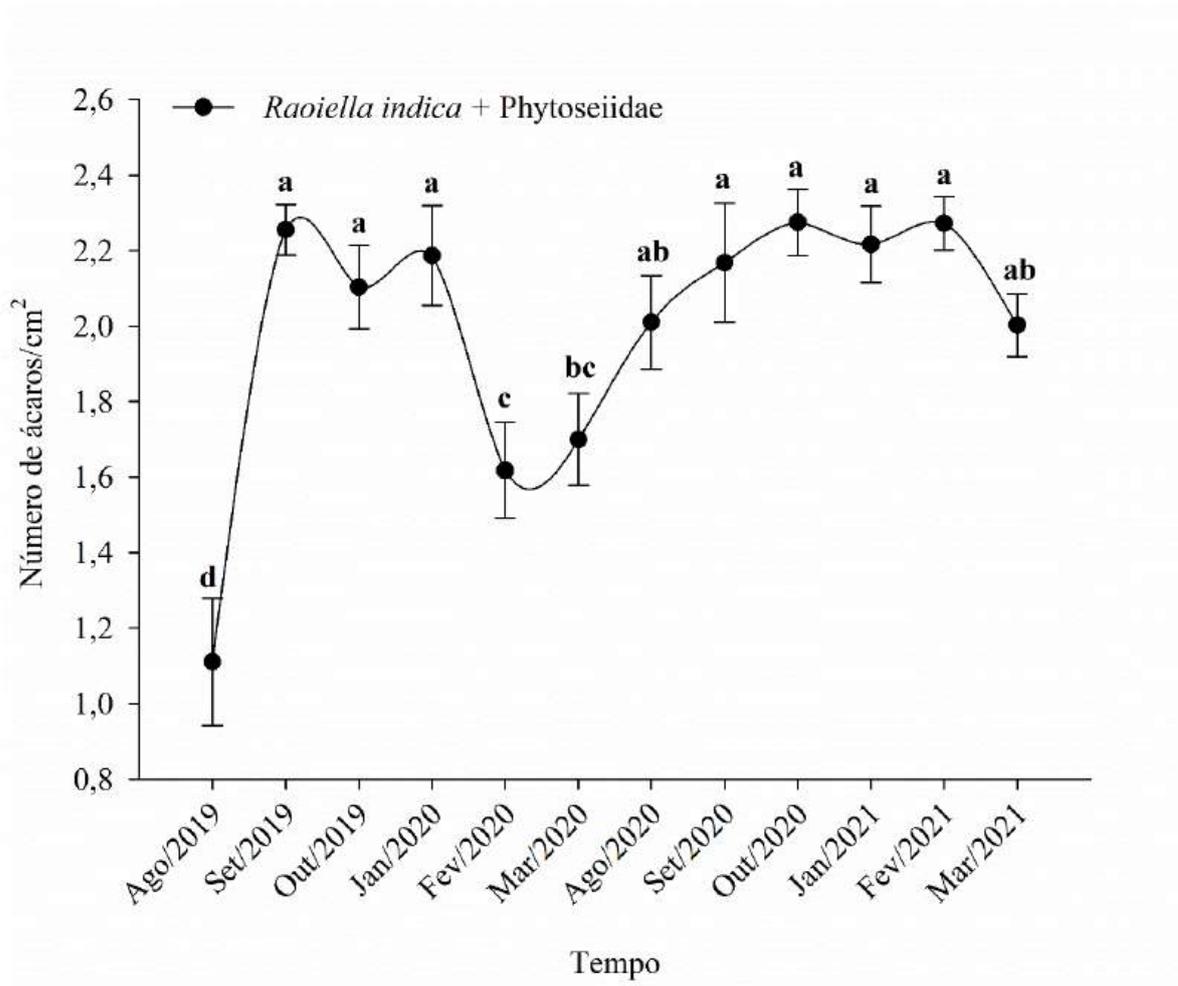


FIGURA 1

**FIGURA 2a**

**FIGURA 2b**

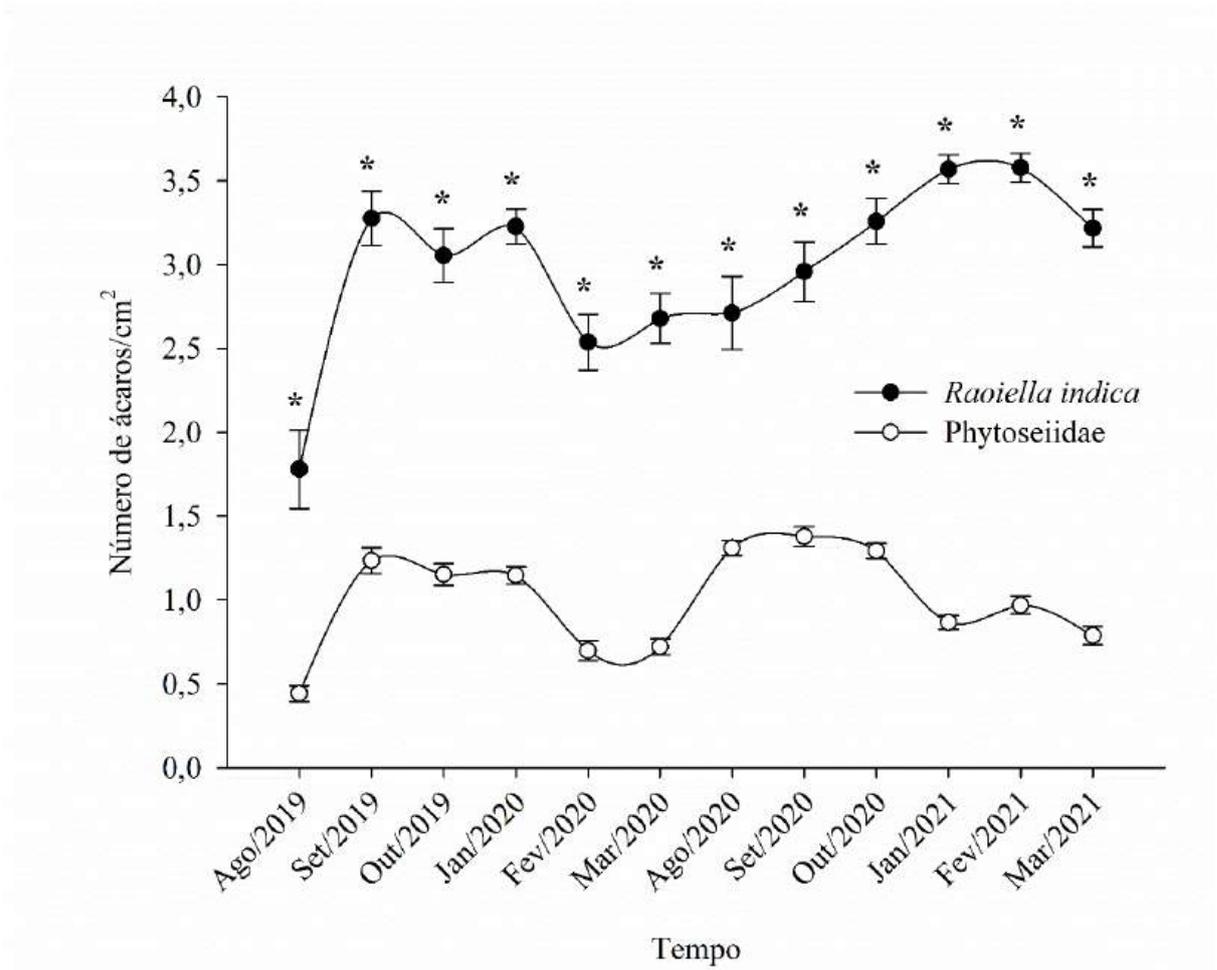
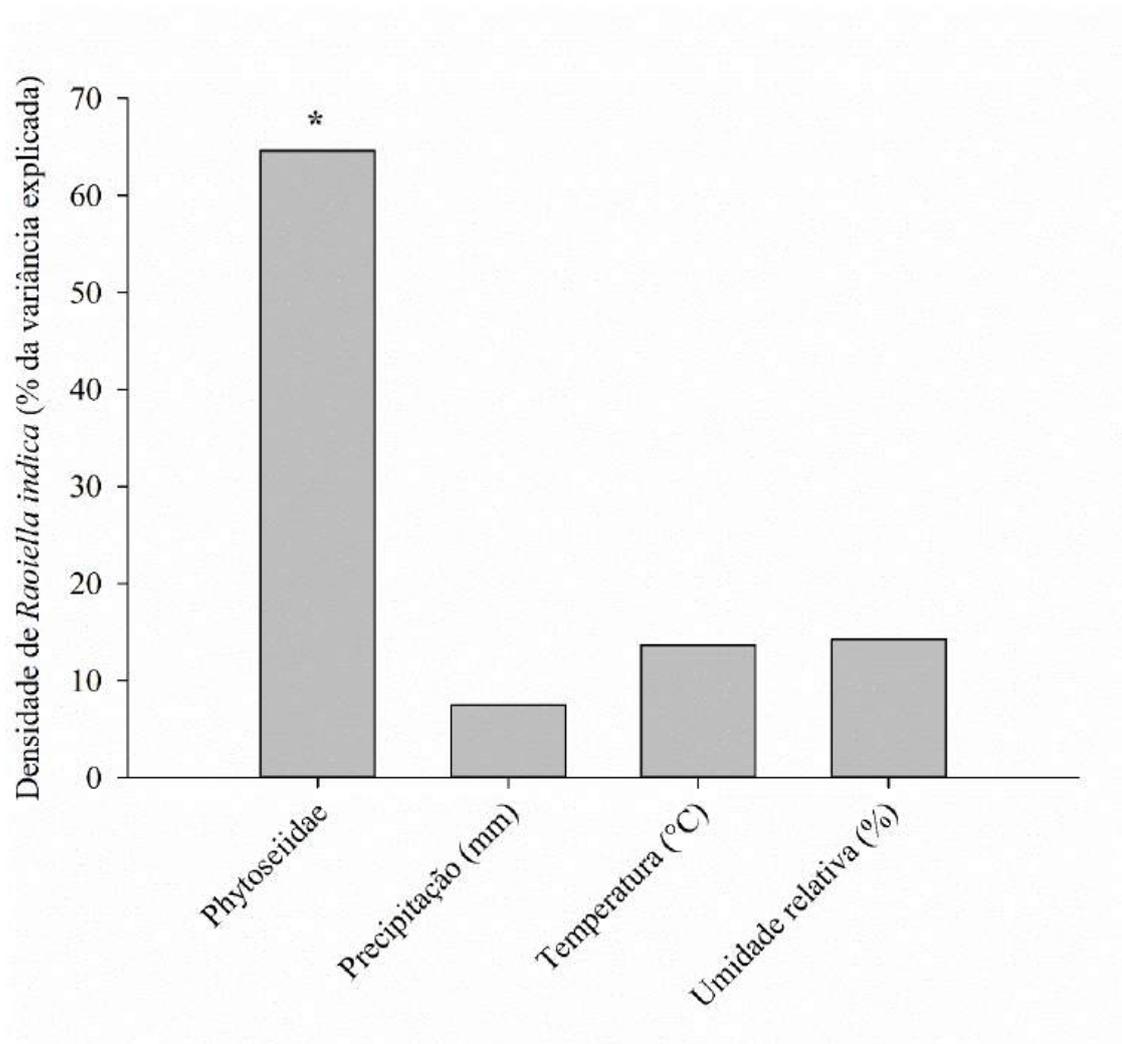
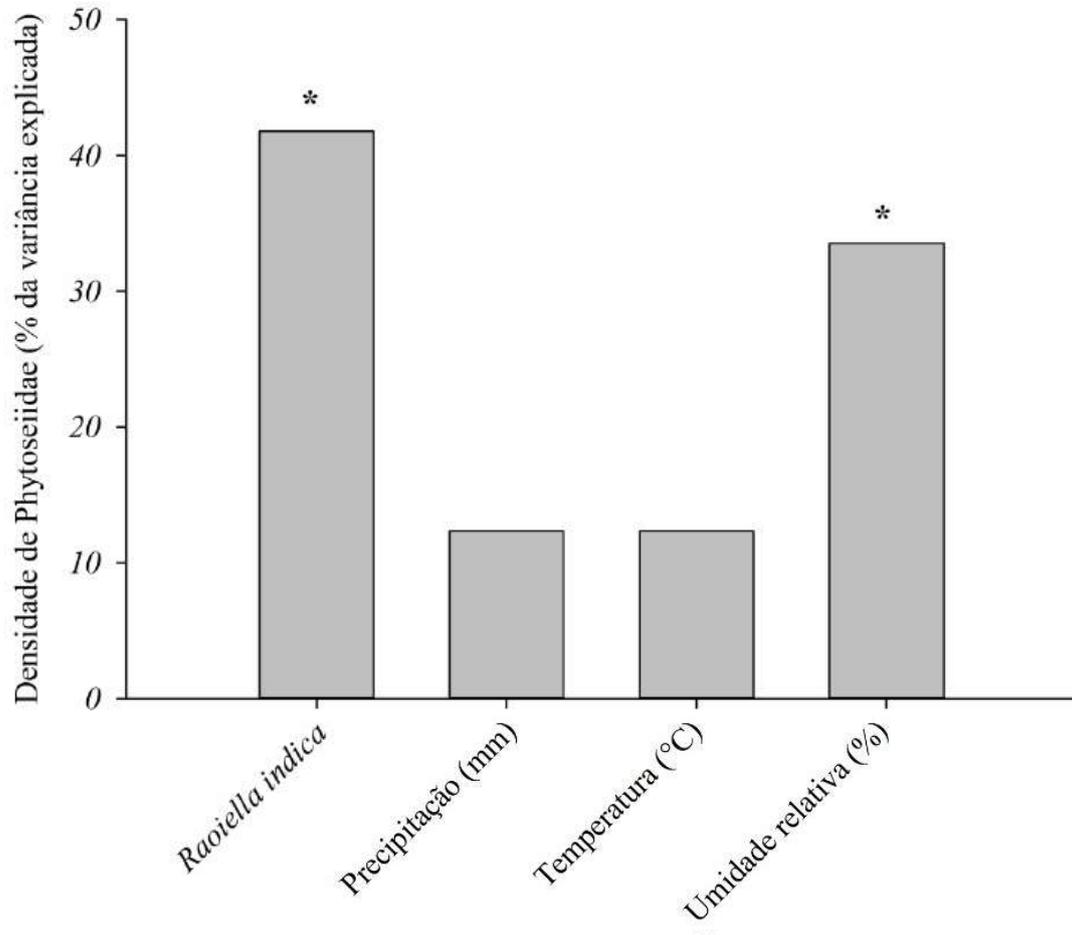
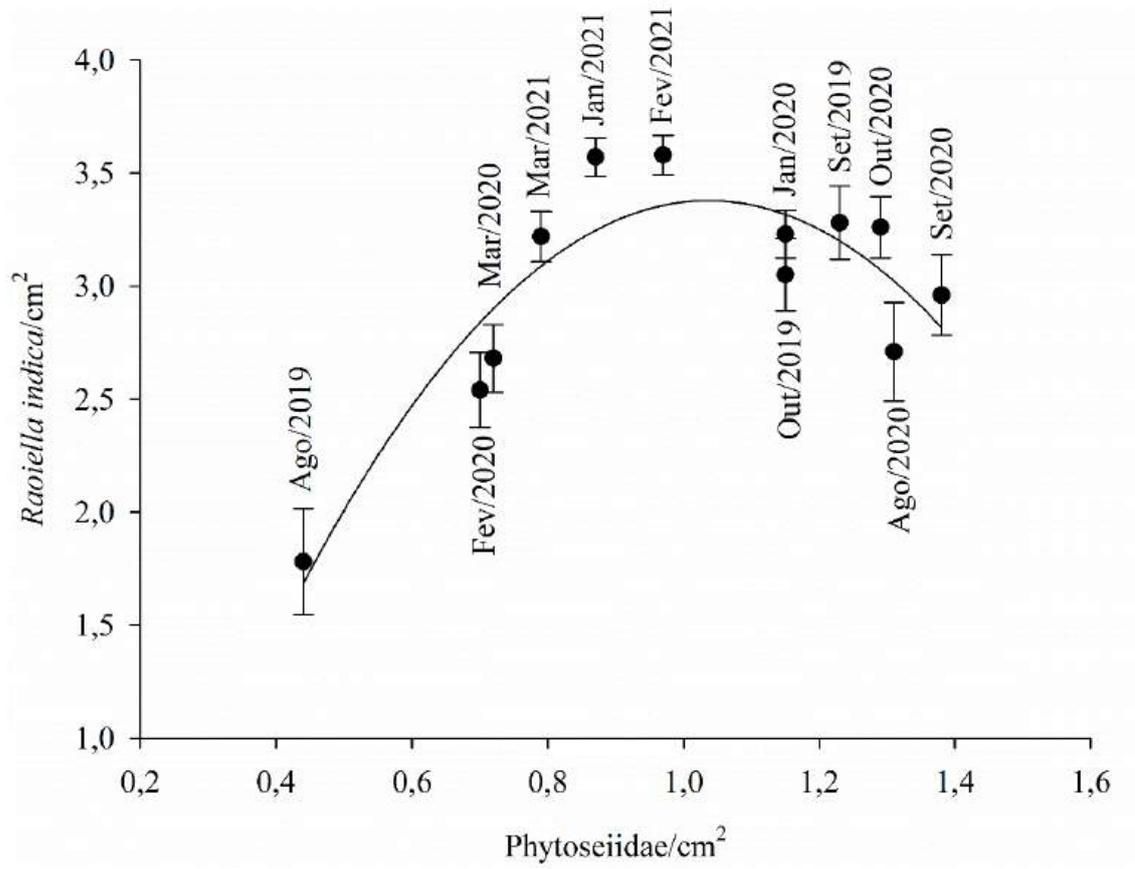


FIGURA 2c

**FIGURA 3a**

**FIGURA 3b**

**FIGURA 4**