

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
DOUTORADO EM AGROECOLOGIA

CAROLINE RABELO COELHO

POTENCIAL DE ÁCAROS PREDADORES NO CONTROLE BIOLÓGICO
APLICADO DE *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE) EM COQUEIRO

SÃO LUIS – MA

2021

CAROLINE RABELO COELHO

Engenheira Agrônoma

POTENCIAL DE ÁCAROS PREDADORES NO CONTROLE BIOLÓGICO
APLICADO DE *Raoiella indica* (ACARI: TENUIPALPIDAE) EM COQUEIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Agroecologia da Universidade
Estadual do Maranhão para obtenção do título de
Doutor (a) em Agroecologia.

Orientador: ADENIR VIEIRA TEODORO

SÃO LUÍS – MA

2021

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Doutora em Agroecologia.

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

Aprovada em 01 de julho de 2021.

Comissão Julgadora:



Dr^o. Adenir Vieira Teodoro – Embrapa Tabuleiros Costeiros



Dr^a. Andréia Serra Galvão – Instituto de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do Estado de Maranhão



Dr^a. Danubia Maria da Costa



Dr^a. Eliana Maria dos Passos – Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe



Dr^o. Luis Oswaldo Viteri Jumbo – Universidade Federal do Tocantins

São Luís – MA

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família e ao meu companheiro de vida, Luis Paulo Soares Pedrosa, pela paciência, cuidado e parceria em todos esses anos.

Ao Prof^o. Dr^o. Adenir Vieira Teodoro pela orientação, ensinamentos e paciência. Ao Dr^o. Adriano Soares Rêgo pela disponibilidade de sempre, ajuda e colaboração nos trabalhos. Ao Dr^o. José Guedes Sena Filho pelos ensinamentos e motivação diária.

Aos amigos do Laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros: Clézia, Adriano, Jacilene, Amaury, Anderson, Ighor, Alex, Ellen, Carol e Ruan. À Danubia Maria da Costa pela troca, cuidado, caminhadas e histórias divididas. Ao amiguinho, Dalton Brito, por ter sido família e correr ao meu lado nesse processo (literalmente). Ao Luis Viteri Jumbo por sempre atender aos meus gritos de socorro. Aos amigos da UEMA: Ana Carolina, Taynara, Zélia, Neide e Raysa pelo apoio, conversas e cafés depois do almoço (tornaram a jornada mais leve).

Ao Professor Dr^o Marco Antonio Pereira Querol pelo exemplo, disponibilidade, paciência e ensinamentos durante meu estágio de docência.

À Rayanne, por ser a melhor do mundo e sempre estar à disposição em resolver a vida de todos do PPGA, inclusive a minha.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA e a Embrapa Tabuleiros Costeiros pela oportunidade de desenvolver a pesquisa. À FAPEMA pela concessão da bolsa.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

SUMÁRIO

Capítulo 1: Considerações gerais	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1.O coqueiro	14
2.2. <i>Raoiella indica</i>	15
2.3.Variáveis climáticas e a dinâmica populacional de <i>Raoiella indica</i>	17
2.4.Controle de <i>Raoiella indica</i>	17
2.4.1. Controle biológico de <i>Raoiella indica</i>	18
2.4.1.1. <i>Amblyseius largoensis</i>	18
2.4.1.2. <i>Amblyseius tamatavensis</i>	19
2.5. Canibalismo em fitoseídeos	20
3. REFERÊNCIAS	21
Capítulo 2: Potencial predatório e reprodutivo de <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Acari: Phytoseiidae) sobre <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae)	30
Resumo	31
Abstract	31
Introdução	31
Material e Métodos	32
Resultados	34
Discussão	34
Referências	35
Figuras	40
Capítulo 3: Ovos de <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae) reduzem o canibalismo de <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Acari: Phytoseiidae)	43
Resumo	44
Abstract	44
Introdução	45
Material e Métodos	45
Resultados	47
Discussão	47
Referências	48

Figuras	52
Capítulo 4: Eficiência de <i>Amblyseius largoensis</i> e <i>Amblyseius tamatavensis</i>	54
(Acari: Phytoseiidae) no controle de <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae)	
Resumo.....	55
Abstract.....	55
1. Introdução.....	56
2. Material e Métodos.....	57
3. Resultados.....	60
4. Discussão.....	61
5. Referências.....	63
6. Figuras.....	69
4. CONCLUSÃO GERAL.....	71

RESUMO

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são os principais inimigos naturais do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), em cultivos de coqueiro. *Amblyseius largoensis* Muma 1955 (Acari: Phytoseiidae) é frequentemente encontrado em associação com *R. indica* em diversos países e apresenta potencial de controle dessa praga de acordo com pesquisas conduzidas em laboratório e casa de vegetação. *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae), por sua vez, também é encontrado em associação com *R. indica* no Brasil, no entanto, pouco é conhecido sobre sua capacidade de controle de *R. indica* em condições de laboratório e campo além de interações ecológicas da espécie como o canibalismo. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a capacidade de predação de *A. tamatavensis* sobre ovos de *R. indica*, assim como verificar a presença de canibalismo e suas implicações. Adicionalmente, avaliou-se a eficiência de liberações de *A. largoensis* e *A. tamatavensis* no controle e a influência das variáveis climáticas na densidade dessa praga em campo. O ácaro predador *A. tamatavensis* apresentou resposta funcional do tipo II e potencial reprodutivo quando alimentado com ovos de *R. indica*. Portanto, *A. tamatavensis* foi eficiente no controle de *R. indica* em condições de laboratório, sobretudo em baixas ou moderadas densidades da presa. Além disso, imaturos e fêmeas de *A. tamatavensis* canibalizaram coespecíficos e fêmeas pouco ovipositaram na ausência de ovos de *R. indica*. No entanto, o canibalismo diminuiu e a oviposição aumentou na presença de ovos de *R. indica* como presas heteroespecíficas. Liberações de *A. tamatavensis* apresentaram eficiência superior na redução das densidades de *R. indica* quando comparadas às de *A. largoensis*. Ademais, a interação entre as liberações massais de *A. tamatavensis* e os meses de avaliação influenciaram na redução das densidades de fases ativas e imóveis de *R. indica* em campo. Adicionalmente, baixa umidade relativa e baixa pluviosidade explicaram o aumento populacional de *R. indica*, principalmente no período de transição da estação seca para a chuvosa. Estudos posteriores devem investigar a eficiência de *A. tamatavensis* em diferentes densidades de liberação massal (ex. média, alta) em cultivos comerciais de coqueiro sobretudo em períodos de maior densidade populacional da praga.

Palavras-chave: ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Cocos nucifera*, controle biológico, resposta funcional

ABSTRACT

Predatory mites of the Phytoseiidae family are the main natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), in coconut crops. *Amblyseius largoensis* Muma 1955 (Acari: Phytoseiidae) is frequently found in association with *R. indica* in several countries and has potential to control this pest according to research conducted in laboratory and greenhouse. *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae), in turn, is also found in association with *R. indica* in Brazil, however, little is known about its ability to control *R. indica* under laboratory and field conditions, in addition to interactions species such as cannibalism. The objective of the present work was to evaluate *A. tamatavensis* on eggs of *R. indica*, as well as to verify the presence of cannibalism and its implications. Additionally, the efficiency of *A. largoensis* and *A. tamatavensis* releases in the control of and the influence of climatic variables on the density of this pest in the field was evaluated. The predatory mite *A. tamatavensis* presented a type II functional response and great reproductive potential when fed with eggs of *R. indica*. Therefore, *A. tamatavensis* was efficient in controlling *R. indica* under laboratory conditions, especially in low or moderate prey densities. In addition, immatures and females of *A. tamatavensis* cannibalized conspecifics and females laid few eggs in the absence of *R. indica* eggs. However, cannibalism decreased and oviposition increased in the presence of *R. indica* eggs as heterospecific prey. *A. tamatavensis* releases showed superior efficiency in reducing *R. indica* densities when compared to *A. largoensis*. Furthermore, the interaction between the mass releases of *A. tamatavensis* and the evaluation months influenced the reduction of the densities of active and immobile phases of *R. indica* in the field. Additionally, low relative humidity and low rainfall explained the population increase of *R. indica*, mainly in the transition period from the dry to the rainy season.. Further studies should investigate the efficiency of *A. tamatavensis* at different mass release densities (eg medium, high) in commercial coconut crops, especially in periods of higher pest population density.

Keywords: red palm mite, *Cocos nucifera* L. biological control, mass release, functional response

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1: Considerações gerais	12
Figura 1. Larvas, ninfas e adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras, <i>Raoiella indica</i> , em folíolo de coqueiro, <i>Cocos nucifera</i>	16
Figura 2. Fêmea adulta de <i>Amblyseius largoensis</i> predando adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras <i>Raoiella indica</i>	19
Figura 3. Fêmeas adultas de <i>Amblyseius tamatavensis</i> nas arenas de criação.....	20
Capítulo 2: Eficiência de <i>Amblyseius largoensis</i> e <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Acari: Phytoseiidae) no controle de <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae) ...	30
Figura 1 Número médio (\pm EP) de ovos de <i>Raoiella indica</i> consumidos por fêmeas de <i>Amblyseius tamatavensis</i> em função da densidade de presas por um período de 24 h	40
Figura 2 Proporção média (\pm EP) de ovos de <i>Raoiella indica</i> consumidos por fêmeas de <i>Amblyseius tamatavensis</i> em relação à densidade de presas por um período de 24 h	41
Figura 3 Número médio (\pm EP) de ovos postos por fêmeas de <i>Amblyseius tamatavensis</i> em função da densidade de ovos de <i>R. indica</i> em um período de 24 h	42
Capítulo 3: Ovos de <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae) reduzem o canibalismo de <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Acari: Phytoseiidae)	43
Figura 1. Mortalidade diária (média \pm EP) de imaturos de <i>Amblyseius tamatavensis</i> na presença e/ou ausência de fêmeas adultas de <i>A. tamatavensis</i> e ovos de <i>Raoiella indica</i> . A figura do ácaro representa a fêmea adulta de <i>A. tamatavensis</i> , enquanto as elipses representam ovos de <i>R. indica</i> . Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$) e ns, não significativo.....	52
Figura 2. Oviposição diária (média \pm EP) por fêmeas de <i>Amblyseius tamatavensis</i> na presença e/ou ausência de ninfas de <i>A. tamatavensis</i> e ovos de <i>Raoiella indica</i> . A figura do ácaro representa ninfas de <i>A. tamatavensis</i> enquanto as elipses representam ovos de <i>R. indica</i> . Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$). ns: não significativo.....	53

Capítulo 4: Eficiência de <i>Amblyseius largoensis</i> e <i>Amblyseius tamatavensis</i> (Acari: Phytoseiidae) no controle de <i>Raoiella indica</i> (Acari: Tenuipalpidae) ...	54
Figura 1 Arenas de criação para <i>Amblyseius largoensis</i> (A) e <i>Amblyseius tamatavensis</i> (B), arena provisória (C) e unidade liberação (D).....	59
Figura 2 Número médio (\pm EP) de fases ativas e imóveis de <i>Raoiella indica</i> /cm ² em plantas de coqueiro (<i>Cocos nucifera</i> L.) com liberações mensais de <i>Amblyseius largoensis</i> , <i>Amblyseius tamatavensis</i> e sem liberação de predador (controle).....	69
Figura 3 Modelo da árvore de regressão das densidades de <i>Raoiella indica</i> /cm ² influenciadas pela umidade relativa (%) e pluviosidade (mm ³). O comprimento dos galhos verticais da árvore é proporcional à variabilidade explicada pelas variáveis explicativas usadas em cada partição.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros estimados da regressão logística da proporção de ovos de <i>Raoiella indica</i> consumidos por fêmeas de <i>Amblyseius tamatavensis</i> por um período de 24 h	39
--	----

CAPÍTULO 1

Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

O coqueiro, *Cocos nucifera* L. (Arecaceae), é uma palmeira cultivada em diversos países do mundo (SIQUEIRA et al., 2002). No Brasil, quinto maior produtor mundial de coco verde (FAOSTAT, 2019), seu cultivo é realizado em todo o litoral e cerca de 79% da produção está concentrada na região Nordeste do país (IBGE, 2017). Nos últimos anos ocorreu um aumento na produção e produtividade da cultura, além da expansão das áreas de cultivo (MARTINS e JESUS JUNIOR, 2014), e isso só foi possível devido ao uso de novas tecnologias, melhoramento genético e intensificação do cultivo (MARTINS e CUENCA, 2018). Apesar desse aumento na produção, a incidência de pragas nos coqueirais ainda é um fator limitante à expansão da cultura e pode responder significativamente pela redução da sua produtividade da (SABINO, 2014, TEODORO et al., 2015).

Entre as pragas, o ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), é uma importante praga do coqueiro. Em altas densidades, *R. indica* causa cloroses amareladas na superfície dos folíolos que em seguida tornam-se maiores (FLECHTMANN e ETIENNE, 2004), podendo ocasionar a seca da ponta dos folíolos (HOY; PEÑA e NGUYEN, 2006), e conseqüentemente causar perdas superiores a 50% na produção (PEÑA et al., 2009).

Quanto aos métodos de controle de ácaros-praga, o controle biológico vem sendo amplamente estudado e pode ser um método eficiente para a manutenção de baixas populações de *R. indica* (RODA et al., 2008). Alguns estudos têm abordado o potencial de ácaros predadores da família Phytoseiidae, insetos predadores da família Chrysopidae e fungos entomopatogênicos como agentes de controle biológico de *R. indica* (CARRILLO et al., 2012; CARRILLO et al., 2014; MORAIS et al., 2016; VITERI-JUMBO et al., 2018, CHAVAN et al., 2019). Os predadores da família Phytoseiidae são conhecidos pela eficiência de controle de ácaros praga, trips e insetos pequenos em campo (GHAZY et al., 2016), além de ser a família de predadores mais comumente associada à *R. indica* em campo (CARRILLO et al., 2012; GONDIM JR et al., 2012, BARROSO et al., 2019).

Dentre os fitoseídeos, *Amblyseius largoensis* Muma 1955 é o predador mais frequentemente encontrado associado a *R. indica* e demonstrou ser um potencial agente de controle dessa praga em laboratório e casa de vegetação (CARRILLO et al., 2010; CARRILLO e PEÑA, 2012, CARRILLO et al., 2014). Outro fitoseídeo encontrado no Brasil associado a *R. indica* é o ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (GONDIM JR et al., 2012, BARROSO et al., 2019), que tem potencial biótico quando

alimentado com *R. indica* (BARROSO, 2019). Apesar disso, ainda existem lacunas de conhecimento quanto ao potencial de controle de *R. indica* em laboratório e campo

A eficácia do controle biológico, no entanto, pode ser afetada por fatores bióticos e abióticos que interferem nas densidades das pragas e dos agentes de controle (MARCOSSI et al., 2020). Fatores abióticos, como umidade relativa, temperatura e pluviosidade interferem na dinâmica populacional de *R. indica* e podem aumentar ou diminuir a população da espécie em campo (TAYLOR et al., 2011; GONDIM JR et al., 2012). Entre os fatores bióticos, o canibalismo é relatado em várias espécies de ácaros da família Phytoseiidae e pode afetar a estrutura e a dinâmica populacional dessas espécies (FARAZMAND et al., 2014). No entanto, a influência de *R. indica* no canibalismo e reprodução de *A. tamatavensis* ainda é desconhecida

Assim, em virtude das lacunas referentes à eficiência dos ácaros predadores, *A. largoensis* e *A. tamatavensis*, sobre *R. indica*, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de predação e reprodução de *A. tamatavensis* sobre *R. indica* e verificar a influência de *R. indica* como presa heteroespecífica no canibalismo e reprodução de *A. tamatavensis*. Além de avaliar a eficiência de liberações massais de *A. largoensis* e *A. tamatavensis* no controle de *R. indica* em campo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O coqueiro

O coqueiro, *C. nucifera* L. é a palmeira de maior importância agrícola no mundo e pode ser encontrada em toda região intertropical (SIQUEIRA et al., 2002), pois é adaptada às regiões litorâneas, solos arenosos e climas quentes (CHAN e ELEVITCH, 2006). O Brasil é o 5º maior produtor mundial de coco verde e o primeiro produtor de água de coco (FAOSTAT, 2018) e seu cultivo no país é realizado em quase todo o litoral (ALMEIDA, 2013), e em todos os estados da região Nordeste (IBGE, 2017). A região Nordeste detém cerca de 79% da área colhida de coco no país e concentra mais de 76% dos estabelecimentos produtores (IBGE, 2017). No entanto, cerca de 74% da exploração de coqueiros dá-se em propriedades de até 10 ha (MARTINS e JESUS-JUNIOR; 2014).

A cocoicultura se destaca não só pelos aspectos econômicos, mas também pelos ganhos socioambientais advindos de sua exploração (MARTINS e JESUS JÚNIOR, 2014), uma vez que, aproveita-se praticamente tudo: raiz, estipe, inflorescência, folhas, palmito e, principalmente os frutos, cujas partes podem gerar produtos alimentares, fibrosos e coprodutos derivados (CUENCA, FERREIRA e MARTINS, 2018). No Brasil, o coqueiro é cultivado com

a finalidade de produzir frutos destinados a agroindústria para produção principal de coco ralado, leite de coco e água de coco. Entre as variedades plantadas no país, destacam-se as variedades gigante, anão e híbrida (MARTINS & JESUS JÚNIOR, 2014). Nos plantios comerciais de coqueiro para fins de consumo *in natura* predomina a variedade anã verde, devido ao seu alto rendimento e qualidade da água de coco (FERREIRA NETO et al., 2011).

Inicialmente, o cultivo do coqueiro era restrito às regiões Norte e Nordeste do Brasil, posteriormente com a abertura de mercado de seus produtos e coprodutos derivados acabou se espalhando para a região Sudeste (CUENCA; FERREIRA e MARTINS, 2018). Dessa forma, nos últimos anos, houve um aumento das áreas de cultivo e da produtividade de coqueiros, até mesmo em regiões menos favoráveis, a exemplo do Estado do Espírito Santo (MARTINS; JESUS JUNIOR, 2014), e isso só foi possível devido ao incremento tecnológico em quesitos como: adubação, sistemas intensivos de cultivo, irrigação e variedades melhoradas (MARTINS e CUENCA, 2018). Apesar desse aumento, a produção de coco no Brasil ainda sofre com limitações, principalmente no que se refere ao ataque de pragas e doenças. A incidência de pragas nos coqueirais é um fator limitante à exploração e é responsável pela redução significativa da produtividade (FERREIRA NETO et al., 2010; SABINO, 2014; TEODORO et al., 2015).

2.2. *Raoiella indica*

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *R. indica*, é considerada uma praga do coqueiro em vários países do mundo (RODA et al., 2008; PENA et al., 2012; MELO et al., 2018). O primeiro registro de *R. indica* em coqueiros foi em 1924 na Índia (HIRST, 1924) e depois no nordeste e sul da África (PRITCHARD e BAKER, 1958; MOUTIA, 1958). No continente americano, *R. indica* foi encontrado inicialmente em Martinica (FLECHTMAN e ETIENNE 2004), e posteriormente começou a se espalhar por diversos países (KANE et al., 2005; ETIENNE e FLECHTMAN, 2006; VASQUEZ et al., 2008; CARRILLO et al., 2011). No Brasil, inicialmente a infestação de *R. indica* ficou restrita a alguns estados da região Norte do país (NAVIA et al., 2011; RODRIGUES e ANTONY, 2011), no entanto nos últimos anos se espalhou pelas principais áreas produtoras de coco (MELO et al., 2018), onde encontrou condições mais favoráveis para o seu estabelecimento, desenvolvimento e reprodução (AMARO e MORAIS, 2013; NAVIA et al., 2016).

Raoiella indica é uma espécie polífaga que em altas densidades populacionais pode causar danos significativos em diferentes espécies de palmeiras, helicônias, musáceas, strelitziaceas, pandanaces e zingiberáceas (REUS e RAMOS, 2010; CARRILLO et al., 2012; GOMDIM JR et al., 2012). Este ácaro-pragatem cinco estágios de desenvolvimento (ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto) e entre os estádios pós-embrionários, ocorrem fases quiescentes

chamadas de protocrisálidas, deutocrisálidas e teliocrisálidas (NUSANTARA et al., 2017). Seu ciclo de vida dura em média 45 dias, sua reprodução pode ser sexuada e assexuada do tipo arrenótica, com período de oviposição variando de 2 a 17 dias e fecundidade média de 22 ovos (NAVIA et al., 2013; NAVIA et al., 2015).



Figura 1 Larvas, ninfas e adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica*, em folíolo de coqueiro, *Cocos nucifera*.

A alimentação deste ácaro fitófago ocorre por meio da sucção do conteúdo celular presente na célula do mesófilo da planta hospedeira, o que pode interferir na fotossíntese e respiração da planta (OCHOA et al., 2011; BEARD et al., 2012). Grandes infestações de *R. indica* causam amarelecimento severo ou necrose das folhas do coqueiro e seca das pontas dos folíolos (FLECHTMANN e ETIENNE, 2004; PENA et al., 2006; FREYTEZ, 2012). Os danos se intensificam caso a drenagem e a irrigação nas áreas de cultivo sejam insuficientes (NUSANTARA et al., 2016), podendo ser mais intensos em plantas jovens (FLECHTMANN e ETIENNE, 2004). Em coqueiros, a densidade populacional de *R. indica* pode chegar a até 4.000 indivíduos/folíolo, o que pode reduzir a produção em mais de 50% (PENA et al., 2009).

No entanto já foram relatadas perdas de mais de 70% em áreas de produção de coco em Trinidad um ano após a chegada do ácaro nesta área (RODA et al., 2008). Ademais, impactos ambientais negativos também podem ser causados devido a colonização de plantas nativas, que tem um papel importante no funcionamento dos ecossistemas naturais (MELO et al., 2018).

2.3. Variáveis climáticas e a dinâmica populacional de *Raoiella indica*

Fatores como a distribuição das plantas hospedeiras e a presença de inimigos naturais podem afetar a distribuição das espécies e até mesmo a dinâmica populacional, (SILVA et al., 2020). Contudo, as variáveis climáticas interferem diretamente em parâmetros reprodutivos, aumentando ou diminuindo a população da espécie em campo (referenciar introdução). Parâmetros reprodutivos como oviposição e taxa intrínseca de crescimento (r_i) são maiores em temperaturas média em torno de 27°C (FIDELIS et al., 2019). Além disso, níveis de umidade relativa acima de 83% podem diminuir a infestação de tenuipalpídeos (LARANJEIRAS et al., 2015), uma vez que a umidade relativa pode atuar diretamente sobre ácaros enquanto eles realizam a troca de gases por meio do estigma ao longo do seu corpo (MORAES e FLECHTMANN, 2008).

No geral, o aumento da densidade populacional de *R. indica* está associado a períodos de baixa umidade relativa do ar, altas temperaturas, fotoperíodo positivo e baixa pluviosidade (GONDIM JR et al., 2012; MARÇAL et al., 2013). No Sudoeste da Índia, altas densidades de *R. indica* foram encontradas durante os períodos de transição da estação seca para a estação chuvosa (TAYLOR et al., 2011). Na região norte do Brasil, as densidades de *R. indica* foram correlacionadas positivamente com a temperatura e negativamente com a umidade relativa (GONDIM JR et al., 2012). E ainda segundo os autores, não houve nenhuma correlação da densidade com a precipitação, embora baixas densidades de *R. indica* tenham sido registradas nos meses com maiores índices pluviométricos. Informações sobre os efeitos das variáveis climáticas no desenvolvimento e reprodução de *R. indica* são fundamentais para a definição de medidas de prevenção e controle desse ácaro-praga (FIDELIS et al., 2019).

2.4. Controle de *Raoiella indica*

O controle de *R. indica* em outros países é realizado predominantemente com o uso de agrotóxicos. Em Porto Rico, os ingredientes ativos spiromesifen, dicofol e acequinocyl são eficientes no controle de *R. indica* em coqueiros (RODRIGUES e PEÑA, 2012), assim como abamectina e milbemectina (ASSIS et al., 2012). No Brasil, ainda não há registro de agrotóxicos para o controle dessa praga (AGROFIT, 2020). Ademais, há uma preocupação global quanto aos efeitos adversos do uso indiscriminado de agrotóxicos na saúde humana e nos agroecossistemas, tais como, poluição ambiental, resistência de pragas e não seletividade à

organismos não-alvo. Adicionalmente, o grande porte das palmeiras eleva os custos do controle químico, além de torná-lo mais difícil (HOY; PEÑA e NGUYEN, 2006).

Com os problemas do controle de *R. indica* com agrotóxicos, outras formas vêm sendo estudadas. Entre elas, a busca por fitoquímicos que causem mortalidade ao ácaro-praga e sejam menos danosos aos agroecossistemas e à saúde humana (COELHO et al., 2019; SANTOS et al., 2019). Além disso, tem-se avaliado a resistência de plantas a *R. indica* (RODRIGUES e IRISH, 2012; NUSANTARA et al., 2017) e o efeito da irrigação na abundância desse ácaro praga (VILASMIL et al., 2014). No entanto, devido a altas densidades populacionais, à variedade de hospedeiros e aos padrões de dispersão, a única mitigação viável em larga escala de *R. indica* é o controle biológico (RODA et al., 2008). Nesta perspectiva, destaca-se o controle biológico aplicado com liberação massal de inimigos naturais, após produção em laboratório, objetivando rápida redução da praga por meio de táticas inundativas e inoculativas (BERTI FILHO e MACEDO, 2010; TIXIER, 2018; FONTES, PIRES e SUJII, 2020).

2.4.1. Controle biológico de *Raoiella indica*

A busca por métodos mais sustentáveis de controle de pragas tem levado a um aumento no uso de ácaros predadores como agentes de controle biológico (MASSARO, MARTINS e MORAIS, 2016). Esta técnica é considerada uma das mais promissoras estratégias para minimizar os impactos de *R. indica* no país (MELO et al., 2018). Entre as vantagens de seu uso estão a facilidade de criação massal dos predadores em laboratório e a capacidade de explorar alimentos alternativos em campo, na ausência de presas (MORAES, 2004).

Entre as espécies de ácaros predadores associados a *R. indica*, destacam-se os pertencentes às famílias Ascidae, Bdellidae e principalmente Phytoseiidae (CARRILLO et al., 2012). Esta última é considerada a família de ácaros predadores mais importante do ponto de vista do controle biológico (MORAES, 2002), uma vez que são importantes inimigos naturais de várias pragas agrícolas, como ácaros fitófagos, trips e insetos pequenos (GHAZY et al., 2016). Os fitoseídeos tem um grande potencial biológico devido a altas taxas de desenvolvimento e reprodução, baixo requerimento alimentar, grande habilidade de forrageamento, persistência em plantas com baixa infestação de presas e capacidade de sobrevivência em substratos alternativos (MORAES, 2002; GHAZY et al., 2016).

2.4.1.1. *Amblyseius largoensis*

O ácaro predador *A. largoensis* é um generalista do tipo III, que pode se alimentar e se reproduzir em uma ampla gama de presas, pólen e substâncias açucaradas (MCMURTRY, MORAIS e SOURASSOU, 2013) (Figura 2). Esta espécie é frequentemente encontrada

associada a *R. indica* em vários países (CARRILLO et al., 2012; GONDIM JR et al., 2012; NUSANTARA et al., 2017).



Figura 2 Fêmea adulta de *Amblyseius largoensis* (A) predando adultos do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* (B).

Vários trabalhos sugerem que *A. largoensis* pode controlar populações de *R. indica*, principalmente em baixas densidades de pragas (CARRILLO et al., 2012; CARRILLO et al., 2014; MORAIS et al., 2016). Além disso, este ácaro predador pode desenvolver e reproduzir quando alimentado apenas de *R. indica* (CARRILLO et al., 2010), com preferência tanto por ovos como presas (CARRILLO et al., 2012). Adicionalmente, é um importante fator de mortalidade de *R. indica*, quando liberado em condições de casa de vegetação (MORAIS et al., 2016), sendo mais eficiente quando liberado na taxa de 1:10 (CARRILLO et al., 2014). No entanto, pouco é conhecido sobre o seu potencial de controle de *R. indica* em campo.

2.4.1.2. *Amblyseius tamatavensis*

O ácaro predador *A. tamatavensis* (Figura 3) também é um ácaro generalista do tipo III, subtipo III-b, que pode se alimentar de uma variedade de presas, como ácaros praga, tripses, insetos pequenos, pólen e substâncias açucaradas (MCMURTRY, MORAIS e SOURASSOU, 2013) já foi registrado em mais de 35 países e com ampla distribuição no Brasil (DEMITE et al., 2020). Esta espécie é um predador promissor para o controle de *Bemisia tabaci* (Gennadius) 1989 (Hemiptera: Aleyrodidae), Biótipo B (BARBOSA, POLETTI e POLLETTI, 2019). Liberações de *A. tamatavensis* causaram a redução de 60 a 80% da população de *B. tabaci* em pimentão (CAVALCANTE et al., 2016). Adicionalmente, *A. tamatavensis* possui um eficiente sistema de produção comercial, uma vez que pode ser multiplicado usando como fonte

alimentar o ácaro *Thyreophagus cracentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes 2016 (Acari: Acaridae) (MASSARO, MARTINS e MORAES, 2016), favorecendo a produção massal para o controle biológico aumentativo (MASSARO e MORAIS, 2019).

No Brasil, *A. tamatavensis* foi a espécie mais abundante encontrada associada a *R. indica* em coqueiros no município de Piracicaba - SP (BARROSO, 2019) e a segunda mais abundante associada a *R. indica* no estado do Amazonas (GONDIM JR et al., 2012). Além disso, *A. tamatavensis* possui um bom potencial biótico quando alimentado apenas com *R. indica* (BARROSO, 2019). No entanto, pouco é conhecido sobre o seu potencial de predação e controle de *R. indica* tanto em laboratório quanto em campo.



Figura 3 Fêmeas adultas de *Amblyseius tamatavensis* nas arenas de criação.

2.5. Canibalismo em fitoseídeos

O canibalismo, morte e consumo de indivíduos da mesma espécie, é comum no reino animal. Para os ácaros fitoseídeos, o risco de canibalismo representa um importante estressor ambiental, principalmente, nos primeiros estádios de vida dos predadores (GHAZY et al., 2016). O canibalismo e a competição por alimento podem resultar na redução na população de agentes de controle biológico (LIU et al., 2020). Na ausência de alimentos, ácaros predadores generalistas são também aptos a utilizarem o canibalismo para superar situações extremas, uma vez que o consumo de presas co-específica pode favorecer a oviposição dos predadores (MENDES et al., 2017). Além disso, ácaros predadores podem se beneficiar do canibalismo e reduzir a competição intraespecífica por alimento e recursos físicos (locais de postura de ovos e/ou abrigos), alcançar a superioridade na competição reprodutiva e eliminar um potencial predador mútuo (ELGAR e CRESPI, 1992).

Informações sobre canibalismo entre predadores são importantes para avaliar a viabilidade e controle de pragas para estabelecer uma estratégia de biocontrole eficiente (WALDE et al., 1992; HAGHANI et al., 2019). Portanto, fatores que afetam as densidades populacionais de agentes de controle biológico também influenciam, indiretamente, as de espécies da praga alvo e, conseqüentemente, a eficácia do biocontrole (MARCOSI et al., 2020).

REFERÊNCIAS

AGROFIT- Sistemas de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/SDA. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acesso em: 23 ago. 2020.

ALMEIDA, E.H.N. **Acarofauna do coqueiro (*Cocos nucifera* L), dinâmica populacional do ácaro-da-necrose (*Aceria guerreronis* Keifer) no agreste de Alagoas e testes de predação**. 76p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas), Universidade Federal de Alagoas, Alagoas. 2013.

AMARO, G.; MORAIS E.G. Potential geographical distribution of the red palm mite in South America. **Experimental and Applied Acarology**, v.60, p.342–355. 2013.

ARAGÃO, W. M.; RIBEIRO, MELO, M. F. V. Cultivares de coqueiro para a produção de coco seco: coqueiro gigante vs híbridos. In: CINTRA, F. L. D.; FONTES, H. R.; PASSOS, E. E. M.; FERREIRA, J. M. S. (Ed.). Fundamentos tecnológicos para a revitalização das áreas cultivadas com coqueiro gigante no nordeste do Brasil. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 232 p. p. 37–60. 2009.

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

BARBOSA, M.F.C.; POLETTI, M.; POLETTI, E.C.C. Functional response of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Mesostigmata: Phytoseiidae) to eggs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. **Biological Control**, v.138, p.1–5. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104030>. 2019.

BARROSO, G.S.P. **Bioecologia e manejo do ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), no centro-sul do Brasil**. Tese: Doutorado. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba-SP. 2019.

BARROSO, G.S.P. ROCHA, C.M.; MOREIRA, G.F.; HATA, F.T.; ROGGIA, S.; VENTURA, M.U.; PASINI, A.; SILVA, J.E.P.; HOLTZ, A.M.; MORAES, G.J. What is the southern limit of the distribution of red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in agricultural lands in Brazil. **Florida Entomologist**, v.102, n.3, p.581–585. 2019.

BEARD, J.J.; OCHOA, R.; BUCHAN, 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**, v.57, p.227–255. 2012.

BERTI FILHO, E.; MACEDO, L.P.M. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga**. Natal. IFRN Editora, 2010. 108p.

BUENO, V.H.P. Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras-MG, UFLA, 196p. 2000.

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 micro-arthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. **Experimental and Applied Acarology**, v.52(2), p.119–129. 2010.

CARRILLO, D.; NAVIA, D.; FERRAGUT, F.; PEÑA, J. E. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. **Florida Entomologist**, v.94(2), p.370–371. 2011.

CARRILLO, D. PEÑA, J.E.; HOY, M.A.; HOWARD, F.J. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and others 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 and Applied Acarology**, v.57, p.271–289. 2012.

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

CARRILLO, D.; HOY, M.A.; PEÑA, J. Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by Predator Exclusion and Predator Release Techniques. **Florida Entomologist**, v.97(1), p.256–261. 2014.

CAVALCANTE, A.C.C.; MANDRO, M.E.A.; PAES, E.R.; MORAES, G.J. *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Acari: Phytoseiidae) a candidate for biological control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) in Brazil. **International Journal of Acarology**, v.43, p.10–15. 2016.

CHAN, E.; ELEVITCH, C.R. *Cocos nucifera* (coconut), In: Elevitch CR (ed.) **Species profiles for Pacific Island agroforestry, permanent agriculture resources (PAR)**, Holualoa, p.1–27. 2006.

CHAVAN, I.; PRADEEP, S.; SRIDHARA, S.; ASHRITH, K.N. Evaluation of entomopathogenic fungi against *Raoiella indica* (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). **Entomon**, v.44(3) p. 219–224. 2019.

COELHO, C.R.; SANTOS, M.C.; VITERI-JUMBO, L.; SENA-FILHO, J.G.; CASTRO, K.N.C.; CANUTO, K.M.; BRITO, E.S.; SOUZA, A.S.Q.; TEODORO, A.V. Bioactividad de *Spilanthus acmella* (Asteraceae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) y selectividad al depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). **Revista de Protección Vegetal**, v.34(1), p.1–11. 2019.

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. A cultura do coqueiro no Brasil. 3ed. Brasília- DF, Embrapa, 508p. 2018.

DEBACH, P. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Editora Continental, S.A., México. 927p. 1968.

DEMITE, P.R., MORAES, G.J. DE, MCMURTRY, J.A., DENMARK, H.A. & CASTILHO, R. C. (2020) **Phytoseiidae Database**. Disponível em: www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso em: 23 ago. 2020.

DOMINGOS, C.A.; OLIVEIRA, O.L.; MORAIS, E.G.F.; NAVIA, D.; MORAES, G.J.; GONDIM JR, M.G.C. Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.60, p.83-93. 2013.

ELGAR, M.A., CRESPI, B.J. 1992. Cannibalism: Ecology and Evolution Among Diverse Taxa. Oxford University Press, UK.

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

FAOSTAT. 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: 28 nov. 2019.

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

FERREIRA NETO, M.; HOLANDA, J.S.; DIAS, N.S.; GHEYI, H.R.; FOLEGATTI, M.V. Crescimento e produção de coqueiro Anão verde fertigado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.657–664, 2011.

FIDELIS, E.G.; REIS, M.A.S.; NEGRINI, M.; NAVIA, D. 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**, v.78, p.535–546. 2019.

FONTES, E.M.G.; PIRES, C.S.S.; SUJII, E.R. Estratégias de uso e histórico. In: FONTES, E.M.G.; VALADARES-INGLIS, M.C. Controle biológico de pragas da agricultura. Embrapa, Brasília-DF. 2020. 510p.

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.; GOMDIM JR, M.G.C.; MORAES, G.J.; MORAIS, E.G.F. Effect of relative humidity on the biology of the predatory mite *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, v.44, p.400–411. 2018.

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

HAGHANI, S.; ZAHEDI-GOLPAYEGANI, A.; SABOORI, A.; ALLAHYARI, H. The effect of con/heterospecific diet on predation, oviposition and longevity of *Amblyseius swirskii*, *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic & Applied Acarology**, v.24(11), p.2240–2252. 2019.

HIRST, S. On some new species of red spider. *Annals and magazine of natural history*, v.9(14), p.522–527. 1924.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: 10 Jan de 2020.

KANE, E.C.; OCHOA, R.; MATHURIN, G.; ERBE, E.F. 2005. *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): An island-hopping mite pest in the Caribbean. 2005. Disponível em: <http://www.sel.barc.usda.gov/acari/PDF/Raoiella%20indica-Kane%20et%20al.pdf>. Acesso em: 10 Jan de 2020.

LARANJEIRAS, F.F.; SILVA, S.X.B.; ANDRADE, E.C.; ALMEIDA, D.O.; SILVA, T.S.M.; SOARES, A.C.; FREITAS-ASTUA, J.F. Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. **Experimental and Applied Acarology**, v.66(4), p.491–508. 2015.

LIU, M.X.; CHUI, W.Q.; XU, C.; ZHENG, Q.M.; SONG, W.B.; LI, Y.Y.; LIU, H. Extraguild prey availability reduced cannibalism and reciprocal intraguild predation of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) and *Scolothrips takahashii* (Thysanoptera: Thripidae). **Systematics and Applied Acarology**, v.25(5), p.775–786. 2020.

MARCOSSI, I.; FONSECA, M.M.; CARBAJAL, P.A.F.; CARDOSO, A.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. High-quality alternative food reduces cannibalism in the predatory mite *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, v.81, p.189–200. 2020.

MARTINS, C.R.; CUENCA, M.A.G. **Panorama da produção e comércio mundial**. In: FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N.; SIQUEIRA, L.A. A cultura do coqueiro no Brasil. 3ed. Brasília- DF, Embrapa, 508p. 2018.

MARTINS, C. B.; JESUS JUNIOR, L. A. **Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional- Panorama 2014**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros. 51p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 184). 2014.

MASSARO, M.; MARTINS, J.P.I.; MORAES, G.J. Facititious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, v.70, p.411–420. 2016.

MASSARO, M.; MORAES, J.G. Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Acarologia**, v.59(1), p.120–128. 2019.

MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J.; SOURASSOU, F.N. 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.; 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.; GONDIM JR, M.C.G.; MORAIS, E.F.; GODOY, M.S.; SANTO, J.R.; SILVA, R.I.R.; SILVA, V.B.; NORTE, R.F.; OLIVA, A.B.; SANTOS, R.D.P.; DOMINGO, 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(4-5):146–149. 2018.

MENDES, J.A.; LIMA, D.B.; SOUSA NETO, E.P.; GONDIM JR, 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.; FLECHMANN, C.H.W. ***Raoiella indica* Hirst (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae), o ácaro vermelho das palmeiras: uma ameaça para as Américas**. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 37p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Documentos, 146). 2005.

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

MORAES, G. J. Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In: PARRA J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S (eds.). **Controle biológico: parasitoides e predadores**. São Paulo, Manole, v.4, p.225–237. 2002.

MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. 2008. **Manual de Acarologia, Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto. 308 p.

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

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

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

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

NAVIA, D.; MARSARO JR, A.L.; GONDIM JR, M.G.C.; MENDONÇA, R.S.; PEREIRA PRVS. Recent mite invasions in South America, pp. 251–287 In Peña J [ed.], Potential Invasive Pests of Agricultural Crops. CAB International, Boston, Massachusetts, USA. 2013.

NAVIA D, MORAIS EGF, MENDOÇA RS, GONDIM JR MGC. 2015. Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst, pp. 418–452 In Vilela EF, Zucchi RA [eds.], Pragas In-troduzidas no Brasil: Insetos e Ácaros. ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, Brazil.

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

NUSANTARA A, TRISYONO, Y.A.; SUPUTA; MARTONO, E. Current status and distribution of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut crops in Java, Indonesia. **International Journal of Acarology**, v.43(2), p.137–141, DOI: 10.1080/01647954.2016.1264470. 2016.

NUSANTARA A, TRISYONO, Y.A.; SUPUTA; MARTONO, E. Biology of Red Palm Mite, *Raoiella indica*, on Different Coconut. **Journal Perlindungan Tanaman Indonesia**, v.21(1), p.23–29. 2017. DOI: 10.22146/jpti.16635. 2017.

PEÑA, J.E.; MANNION, C.M.; HOWARD, F.W.; HOY, M.A. *Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae): the red palm mite: a potential invasive pest of palms and bananas and other tropical crops in Florida. University of Florida IFAS Extension. Publication #ENY-837. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. (online). 2006. Disponível em: <http://ufdc.ufl.edu/IR00002847/00001>. Acesso em: 02 Abr 2020.

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.; RODA, A.; CARRILLO, D.; ORBORNE, L. **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. 2009

PRITCHARD, A.E.; BAKER, E.W. The false spider mites. Univ. Calif. **Pub. Entomology**, v.14(3), p.1–274. 1958.

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

REUS, M.G.; RAMOS, M. Plantas hospedantes de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) em el Municipio de Santiago de Cuba. **Revista de Protección Vegetal**, v.25, p.5–6. 2010.

RODA, A.; DOWLING, A.; WELBORN, C.; PEÑA, J.; 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(1), 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**, v.57, p.309–316. 2012.

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

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

SANTOS, MC.; TEODORO, A.V.; MENEZES, M.S.; PINTO-ZEVALLOS, D.M.; ARIGONI-BLANK, M.F.; OLIVEIRA, E.M.C.; SAMPAIO, T.S.; FARIAS, A.P.; COELHO, C.R.; BLANK, A.F. Bioactivity of essential oil from *Lippia gracilis* Schauer against two major coconut pest mites and toxicity to a non-target predator. **Crop Protection**, v.126, p. 2019.

SABINO, A. R. **Utilização de nematoides entomopatogênicos (Nematoda: Rhabditida) e inseticidas botânicos visando ao controle de adultos de *Rhynchophorus palmarum* L. 1764 (Coleoptera: Curculionidae)**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado) -

SIQUEIRA, L.A., ARAGÃO, W.M.; TUPINAMBÁ, E.A.W.M. **A introdução do coqueiro no Brasil, importância histórica e agrônômica**. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 24p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros, Documentos, 47). 2002.

SILVA, R.S.; FIDELIS, E.G.; AMARO, G.; RAMOS, R.S.; SANTANA, P.A.; PICANÇO, M.C. Climate-based seasonal Dynamics of the invasive red palm mite *Raoiella indica*. 2020. DOI: 10.1002/ps.5936.

TIXIER, M.S. Predatory Mites (Acari: Phytoseiidae) in Agro-Ecosystems and Conservation Biological Control: A Review and Explorative Approach for Forecasting Plant-Predatory Mite Interactions and Mite Dispersal. **Frontier in Ecology and Evolution**, v.6, p.192. 2018.

VÁSQUEZ, C.; DE QUIRÓS, G.M.; APONTE, O.; SANDOVAL, D.M.F. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. **Neotropical Entomology**, v.37, p.739–740. 2008.

VILASMIL, R.; VALERA, N.; VASQUEZ, C. Efecto del riego sobre la abundancia de *Raoiella indica* en plantas de *Cocos nucifera* L. **Investigación Agraria**, v.16(2), p.107–112. 2014.

VITERI-JUMBO, L.O.; TEODORO, A.V.; RÊGO, A.S.; HADDIL, 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, p.1–18. 2019.

WALDE, S.J.; NYROP, J.P.; HARDMAN, J.M. Dynamics of *Panonychus ulmi* and *Typhlodromus pyri*: factors contributing to persistence. **Experimental & Applied Acarology**, v.14, p.261–291. 1992. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01200568>.

CAPÍTULO 2

Potencial predatório e reprodutivo de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae)

sobre *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*International Journal of Acarology*”

**Potencial predatório e reprodutivo de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae)
sobre *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)**

Resumo: O ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em cultivos de coqueiro no Brasil em associação com *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), no entanto seu potencial como agente de controle biológico desta praga é desconhecido. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial predatório e reprodutivo de *A. tamatavensis* sobre *R. indica*. Portanto, a resposta funcional e numérica deste predador sobre densidades crescentes (5, 10, 20, 30, 40, 50 e 100) de ovos de *R. indica* foram avaliadas sob condições controladas de temperatura $27,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$, umidade relativa $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo natural. *Amblyseius tamatavensis* apresentou resposta funcional do tipo II e alto potencial reprodutivo quando alimentado com ovos de *R. indica*, o que sugere a eficiência deste predador, principalmente em baixas e moderadas densidades de presas.

Palavras-chave: predação, controle biológico, ácaro-vermelho-das-palmeiras, fitoseídeos

Abstract: The predatory mite *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) is found in coconut crops in Brazil in association with *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), however its potential as a biological control agent for this pest is unknown. This study aimed to evaluate the predation and reproductive potential of *A. tamatavensis* on *R. indica*. Therefore, the functional and numerical response of this predator on increasing densities (5, 10, 20, 30, 40, 50 and 100) of eggs of *R. indica* was evaluated under controlled conditions of temperature $27.0 \pm 3.0^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ relative humidity and natural photoperiod. *Amblyseius tamatavensis* showed a type II functional response and high reproductive potential when fed with eggs of *R. indica*, which suggests the efficiency of this predator, especially in low and moderate prey densities.

Keywords: predation, biological control, red palm mite, phytoseiids

Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), é uma espécie polífaga que pode se alimentar de uma variedade de hospedeiros, incluindo espécies das famílias Arecaceae, Cannaceae, Cycadaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (Carrillo et al. 2012). Dentre as plantas

hospedeiras, o coqueiro, *Cocos nucifera* L., pode ter perdas superiores a 50% ocasionadas por *R. indica* em altas densidades (Roda et al. 2008, Peña et al. 2009). *Raioella indica* é umas das principais pragas do coqueiro em vários países do mundo e no Brasil (Roda et al. 2008; Peña et al. 2012; Nusantara et al. 2017; Melo et al., 2018). O potencial biótico, a diversidade de hospedeiros e os problemas associados ao controle químico de *R. indica* tornam o controle biológico uma promissora estratégia de manejo desta praga (Roda et al., 2008; Moraes et al., 2012; Coelho et al., 2019).

Neste sentido, ácaros da família Phytoseiidae, tem se destacado como potenciais agentes de controle biológico de *R. indica* em estudos de resposta funcional (Carrillo et al. 2012, Coelho et al. 2020, Filgueiras et al. 2020a, Filgueiras et al. 2020b, Filgueiras et al 2020c, Lira et al. 2021). A resposta funcional avalia a taxa de predação em relação a densidade de presas (Solomon 1949), enquanto a resposta numérica estima a variação na densidade populacional do predador em resposta a mudança nas densidades das presas (Holling 1959). Entre os ácaros predadores, *Amblyseius largoensis* Muma 1955 e *Neoseiulus barkeri* Hughes 1948 (Acari: Phytoseiidae) apresentaram resposta funcional do tipo II sobre ovos de *R. indica* (Carrillo e Peña 2012; Coelho et al. 2020; Filgueiras et al. 2020a, Mendes et al. 2018; Lira et al. 2021), sugerindo sua eficiência, principalmente em baixas densidades da praga.

Outro predador também associado a colônias de *R. indica* em coqueiros é *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae), o qual apresentou potencial biótico quando alimentado com *R. indica* (Gondim Jr et al. 2012; Barroso et al. 2019; Barroso 2019). Este predador é classificado como generalista do tipo III-b, que pode se alimentar de outros ácaros, pólenes, substâncias açucaradas e pequenos artrópodes (McMurtry et al. 2013). E, portanto, é um potencial candidato ao controle biológico aplicado, uma vez que se multiplica satisfatoriamente em substratos contendo ácaros astigmatas como alimento (Massaro et al. 2016; Massaro e Moraes 2019).

Apesar disso, o potencial de controle de *R. indica* por *A. tamatavensis* não é conhecido. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de predação e reprodutivo de *A. tamatavensis* sobre *R. indica* por meio de estudos de resposta funcional e numérica.

Material e Métodos

Criação de A. tamatavensis

A população inicial de *A. tamatavensis* foi obtida de indivíduos coletados de folhas de *Citrus* spp. no município de Paço do Lumiar - MA (02° 29' 39,7" S, 44° 08' 41,4" O) e

mantidas sob sucessivas gerações no laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros Costeiros, em Aracaju - SE, sob condições controladas (temperatura de $27,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo natural).

Os ácaros predadores foram mantidos em arenas confeccionadas com pedaços de PVC preto (23cm de comprimento x 14cm de largura) sobre uma espuma de poliuretano (24cm de comprimento x 15cm de largura x 3,3cm de espessura), circundado por uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada, e posteriormente colocadas em uma bandeja plástica saturada com água destilada (McMurtry e Scriven 1965, adaptado). Fios de algodão recobertos com uma lamínula (1,8 x 1,8cm) foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. As colônias de *A. tamatavensis* foram alimentadas com um substrato contendo levedo de cerveja e ácaros astigmatas (todos os estádios) e pedaços de folíolos de coqueiro infestados com *R. indica* (todas as fases de desenvolvimento), substituídos duas vezes por semana.

Resposta funcional e numérica de *A. tamatavensis*

As arenas utilizadas para os bioensaios de resposta funcional e numérica foram confeccionadas com discos de pvc (6cm de diâmetro) sobre uma espuma de poliuretano (6cm de diâmetro x 3,3cm de profundidade) saturada com água destilada dentro de um recipiente plástico (6,2cm de diâmetro x 5cm de profundidade) contendo uma abertura na tampa (1,4cm x 1,4cm). Uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada foi adicionada ao redor do disco de pvc para evitar a fuga do ácaro predador. Para cada arena, foram transferidos 5, 10, 20, 30, 50 e 100 ovos de *R. indica* em pedaços de folíolo com aproximadamente 1cm^2 e em seguida foi colocada uma fêmea adulta do predador (8 a 10 dias de idade). Os ovos oferecidos aos predadores (1 a 3 dias) foram provenientes de folíolos de coqueiro não pulverizados localizados na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE ($10^{\circ}57'03,3''\text{S}$, $37^{\circ}03'07,4''\text{O}$). Foram realizadas 14 repetições para cada densidade de ovos de *R. indica* e as avaliações do número de ovos consumidos e oviposição de cada predador foram realizadas a cada 24 horas durante 2 dias com reposição de presas ao final do primeiro dia. Os dados de oviposição do primeiro dia foram excluídos para minimizar o efeito de dietas anteriores (Carrillo e Peña 2012).

Análises estatísticas

O tipo da curva de resposta funcional foi determinado por meio de regressão logística segundo o protocolo de Juliano (1993), usando o Proc CATMOD do programa SAS (SAS Institute 2002). O sinal do termo linear da equação gerada a partir da proporção de presas consumidas em relação à densidade original de presas foi utilizado para determinar o

tipo de resposta funcional (Holling 1959). O termo linear quando não significativo indica resposta funcional tipo I, quando negativo indica resposta funcional tipo II e quando positivo resposta funcional tipo III. A resposta funcional é baseada nos parâmetros de tempo de manipulação (Th), que envolve a morte e ingestão da presa, e a taxa de ataque (a'), que é a eficiência na busca das presas (Holling 1959; Fan e Petitt 1994). Esses parâmetros foram subsequentemente estimados por meio da regressão não linear usando o método dos mínimos quadrados (PROC NLIN SAS) (SAS Institute 2002). Como os experimentos foram realizados sem reposição de presas, a equação do predador aleatório foi utilizada para descrever a resposta funcional do tipo II (Rogers 1974).

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

Onde N_e é o número de presas consumidas, N_0 é a densidade inicial de presas, T é o intervalo de tempo (24 horas), α é a taxa de ataque, T_h é o tempo de manipulação. O pico de consumo foi calculado com base na fórmula de $Th \left(\frac{1}{Th}\right)\left(\frac{1}{Th}\right)$. A taxa de oviposição dos ácaros predadores no segundo dia, foi analisada por meio de análise de regressão do número de ovos em função da densidade de presas oferecidas, utilizando o Proc REG do programa SAS (SAS Institute 2002).

Resultados

O coeficiente linear foi negativo e significativo, indicando uma resposta funcional do tipo II (Tabela 1). O número médio de ovos de *R. indica* consumidos por *A. tamatavensis* aumentou com a densidade de presas (Figura 1), enquanto a proporção de ovos consumidos diminuiu com a densidade de ovos da presa (Figura 2). *Amblyseius tamatavensis* consumiu mais de 45% dos ovos de *R. indica* (Figura 2) na maior densidade de presas. *Amblyseius tamatavensis* apresentou taxa de ataque (a') de 0.1189 ± 0.0129 presas e tempo de manipulação (Th) de 0.0218 ± 0.0006 h e a máxima taxa de consumo (pico de consumo em 24 horas) $1/Th=1/0.0218=45.87$ presas/h enquanto a oviposição/fêmea do predador aumentou com a densidade de presas ($P < 0.001$, $R^2=0.9049$), acima de 2.0 ovos/dia a partir da densidade de 20 presas, atingindo o pico (2,8) com 100 presas (Figura 3).

Discussão

A predação de *R. indica* por *A. tamatavensis* aumentou com a densidades de ovos da presa até alcançar um platô, característico de uma resposta funcional do tipo II. Ácaros fitoseídeos comumente apresentam resposta funcional do tipo II (Sabelis 1985). Como observado por Barbosa et al. 2019 em *A. tamatavensis* alimentados com ovos de *B. tabaci*.

O mesmo tipo de resposta foi obtido por *A. largoensis*, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma 1972, *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* Denmark and Muma 1973 e *N. barkeri* sobre ovos de *R. indica* (Carrillo e Peña 2012, Mendes et al. 2018; Coelho et al. 2020; Lira et al. 2021).

Na resposta do tipo II, a proporção de presas consumidas diminui com o aumento da densidade de presas (Fadamiro et al. 2013). Portanto, esses predadores são mais eficientes no controle de presas em baixas ou moderadas densidades (Coelho et al. 2020). De fato, fêmeas de *A. tamatavensis* consumiram mais de 80% de presas em baixas densidades (<30 ovos/dia), o que pode sugerir uma alta capacidade de busca do predador (Carrillo e Peña 2012), pois quanto menos tempo o predador precisa para encontrar e manipular a presa, maior vai ser a taxa de ataque, caso o mesmo não esteja saciado.

O número médio de ovos postos/fêmeas de *A. tamatavensis* aumentou com a densidade de presas, similarmente a outros fitoseídeos, como *A. largoensis*, *T. ornatus* e *N. barkeri* (Carrillo e Peña 2012; Coelho et al. 2020; Filgueiras et al. 2020a). No entanto, fêmeas de *A. tamatavensis* ovipositaram em média 2 ovos /dia a partir da densidade de 20 ovos de *R. indica*, enquanto fêmeas de *A. largoensis* alcançaram essa oviposição somente a partir das densidades 50 (Coelho et al. 2020). Assim, *A. tamatavensis* parece ser mais eficiente reprodutivamente que *A. largoensis*, pois oviposita mais consumindo um menor número de presas. De fato, ovos de *R. indica* são adequados para a reprodução de *A. tamatavensis*, pois a taxa média de oviposição é superior a outros alimentos como ovos de *B. tabaci*, pólen de mamona (*R. communis* L) e imaturos de *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) 1781 (Massaro et al. 2016).

Os resultados indicaram que o predador *A. tamatavensis* pode contribuir no controle de *R. indica*, principalmente em baixas ou moderadas densidades da praga, portanto, *A. tamatavensis* possui capacidade predatória similar a *A. largoensis*, principal predador associado a *R. indica* no mundo (Gondim Jr et al. 2012, Carrillo et al. 2012) com a vantagem de maior eficiência reprodutiva, tanto em baixas como em altas densidades de ovos de *R. indica*.

Referências

Barbosa MFC, Poletti M, Poletti ECC. 2019. Functional response of *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Mesostigmata: Phytoseiidae) to eggs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) on five host plants. *Bio Control*. 138:1–5.

Barroso GSP, Rocha CM, Moreira GF, Hata FT, Roggia S, Ventura MU, Pasini A, Silva JEP, Holtz AM, Moraes GJ. 2019. What is the southern limit of the distribution of red palm

mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in agricultural lands in Brazil. Flo Entomol. 102:581–585.

Carrillo D, Peña JE, Hoy MA, Howard FJ. 2012. Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and others microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. Exp Appl Acarol. 52:119–129.

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

Carrillo D, Hoy MA, Peña JE. 2014. Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by Predator Exclusion and Predator Release Techniques. Flo Entomol. 97:256–261.

Coelho CR, Galvão AS, Santos MC, Farias AP, Teodoro AV. 2020. Effectiveness of three species of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) for controlling *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Rev de Protec Veg. 35:1–9.

Fadamiro HY, Akotsen-Mensah C, Xião Y, Anikwe J. 2013. Field evaluation of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) for biological control of citrus red mite, *Panonychus citri* (Trombidiformes: Tetranychidae). Flo Entomol. 96:80–91.

Fan Y, Pettitt FL. 1994. Biological control of broad mite, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), by *Neoseiulus barkeri* Hughes on pepper. Bio Control. 4:390–395.

FAOSTAT. 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: 28 nov. 2019.

Filgueiras RMC, Mendes JÁ, Silva FWB, Sousa Neto EP, Melo JWS. 2020a. Prey stage preference and functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) to eggs of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Syst Appl Acarol. 25(6):1147–1157.

Filgueiras RMC, Silva BWR, Souza Neto EP, Mendes JA, Melo JWS. 2020b. Can the prey species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) support the development and reproduction of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)? Syst App Acarol. 25:1485–1494.

Filgueiras RMC, Mendes JA, Souza Neto EP, Monteiro NV, Melo JWS. 2020c. *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent for *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Syst App Acarol. 25:593–606.

Flechtmann CHW, 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.

Gondim Jr MGC, Castro TMN, Massaro Jr AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, J.G. Moraes JG. 2012. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? *Syst Biodivers.* 10:527–535.

Holling CS. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can Entomol.* 9:385–396.

Juliano SA. 1993. Nonlinear Curve Fitting: Predation and functional response curves. In.: Scheiner SM, Gurevitch J. *Design and Analysis of Ecological Experiments*, New York: Chapman & Hall.

Lira VA, Viteri Jumbo LO, Freitas GS, Rêgo AS, Galvão AS, Teodoro AV. 2021. Efficacy of *Amblyseius largoensis* (Muma) as a biocontrol agent of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Phytoparasitica*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00875-8>.

Massaro M, Moraes JG. 2019. Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). *Acarol.* 59:120–128.

Massaro M, Martins JPI, Moraes JG. 2016. Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. *Exp Appl Acarol.* 70:411–420.

McMurtry JA, Moraes JG, Sourassou FN. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Syst Appl Acarol.* 8:297–320.

Melo JW, Navia D, Mendes JA, Filgueiras RMC, Teodoro AV, Ferreira JMS, Guzzo EC, Souza IV, Mendonça RS, Calvet EC, Paz Neto A, 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. *Int J Acarol.* 44:146–149.

Mendes JA, Lima DB, Sousa Neto EP, Gondim Jr MGC, Melo JWS. 2018. Functional response of *Amblyseius largoensis* to *Raoiella indica* eggs is mediated by previous feeding experience. *Syst Appl Acarol.* 23:1907–1914.

Morais EGF, Oliveira JP, Gondim Jr MGC, Moraes GJ. 2016. *Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions. *Pesq Agropec Bras.* 51:67–675.

Nusantara A, Trisyono YA, Suputa, Martono E. 2016. Current status and distribution of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on coconut crops in Java, Indonesia. *Int J Acarol.* 43(2):137–141. DOI: 10.1080/01647954.2016.1264470.

Peña JE, Mannion CM, Howard FW, Hoy MA. 2006. *Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae): the red palm mite: a potential invasive pest of palms and bananas and other tropical crops in Florida. University of Florida IFAS Extension. Publication #ENY-837. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. (online). Disponível em: <http://ufdc.ufl.edu/IR00002847/00001>. Acesso em: 02 Abr 2020.

Peña JE, Rodrigues JC, Roda A, Carrillo D, Orbone L. 2009. 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. 69–79.

Peña JE, Bruin J, Sabelis MW. 2012. Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. *Exp Appl Acarol.* 57:211–213.

Roda A, Dowling A, Welborn C, Peña J, Rodrigues JCV, Hoy MA, Ochoa R, Duncan RA, De Chi W. 2008. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. Proceedings of the Caribbean Food Crop Soc. 44.

Rogers D. Random search and insect population models. *J An Ecol.* 1972;41:353–360.

Sabelis MW. 1985. Predator-prey interaction: predation on spider mites. In: Sabelis MW, Helle W (eds). *Spider mites: their biology, natural enemies and control*. Elsevier, Amsterdam, 103–29.

SAS Institute 2002 SAS/STAT Users guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS. Institute Inc., Cary, North Carolina.

Silveira EC, Reis PR, Siqueira MF, Toledo MA, Liska GR, Cirillo MA. 2020. Functional response of *Euseius concordis* feeding on *Oligonychus ilicis* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Exp Appl Acarol.* 80:215–226.

Solomon ME. 1949. The Natural Control of Animal Populations. *J Animal Ecol.* 18:1–35. DOI: <https://doi.org/10.2307/1578>

Tabela 1. Parâmetros estimados da regressão logística da proporção de ovos de *Raoiella indica* consumidos por fêmeas de *Amblyseius tamatavensis* por um período de 24 h.

Parâmetros	Valor (\pm EP)	Df	χ^2	P
Intercepto	9.7100 \pm 1,3012	1	55.69	<0. 0001
Linear	-0.4678 \pm 0.0845	1	30.66	<0. 0001
Quadrática	0.00776 \pm 0.0016	1	21.77	<0. 0001
Cúbica	-0.00004 \pm 9.5E-6	1	18.33	<0. 0001

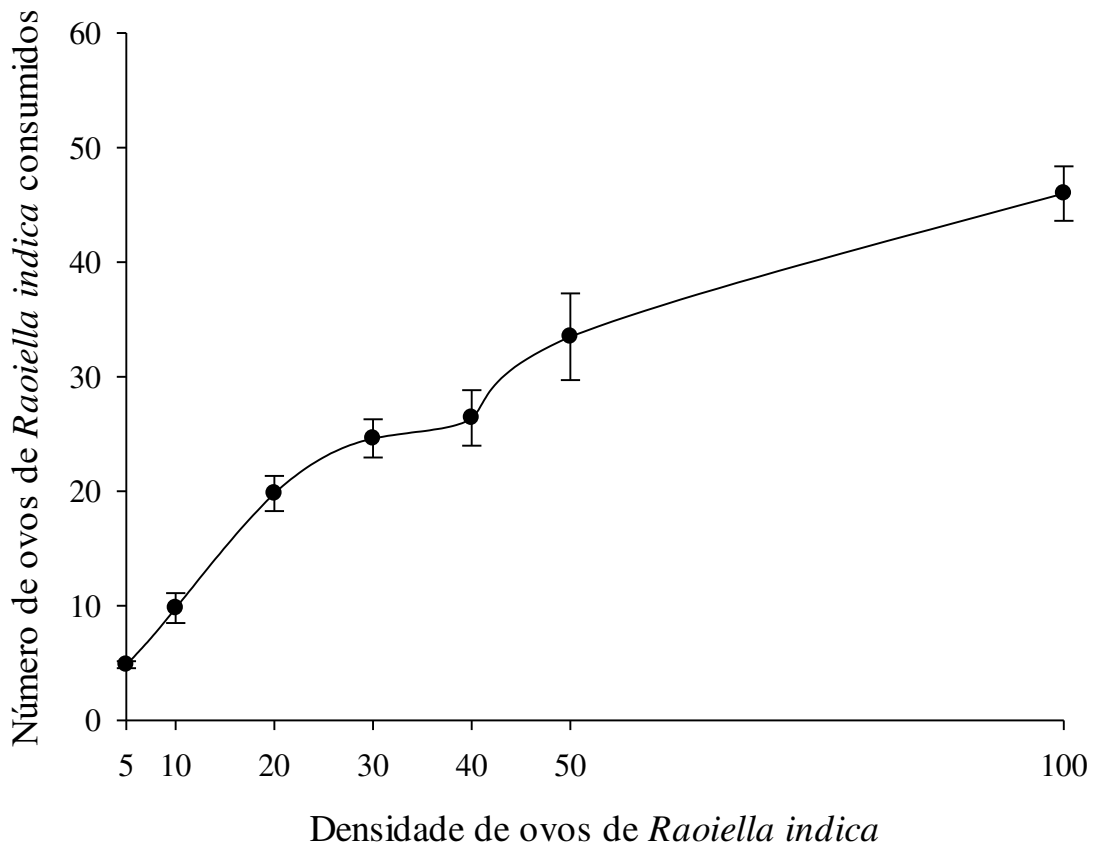


Figura 1 Número médio (\pm EP) de ovos de *Raiiella indica* consumidos por fêmeas de *Amblyseius tamatavensis* em função da densidade de presas por um período de 24 h.

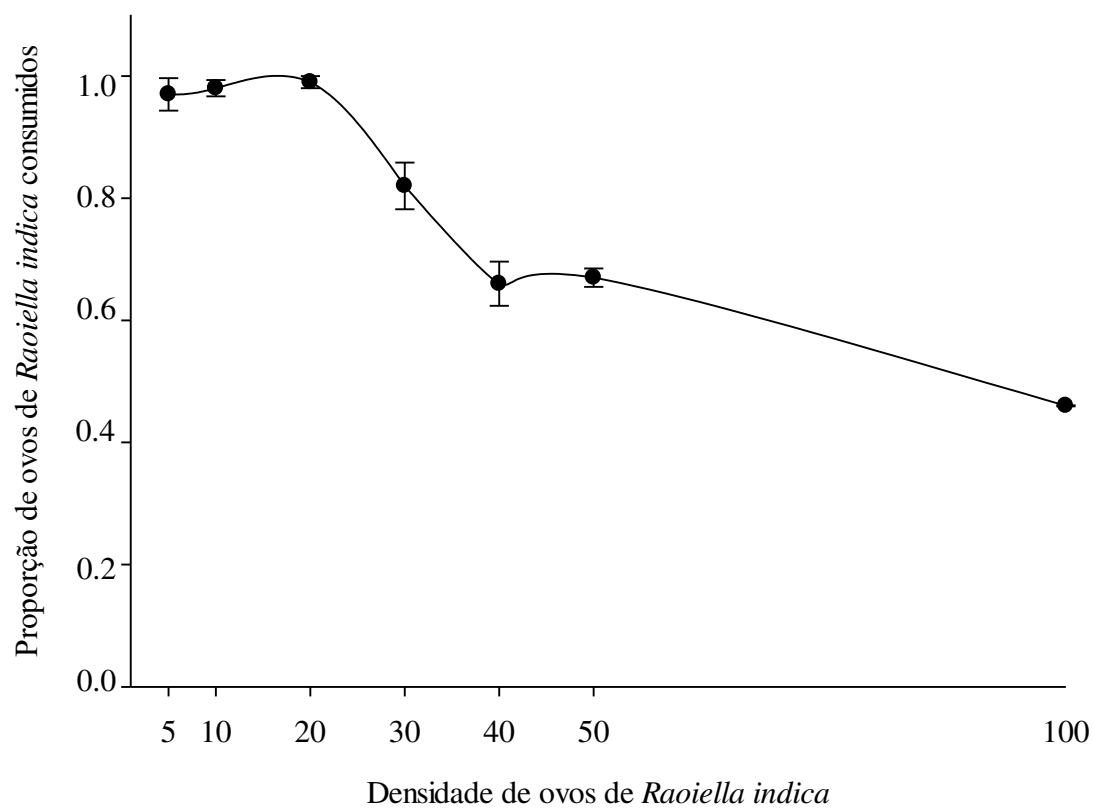


Figura 2 Proporção média (\pm EP) de ovos de *Raiella indica* consumidos por fêmeas de *Amblyseius tamatavensis* em função da densidade de presas por um período de 24 h.

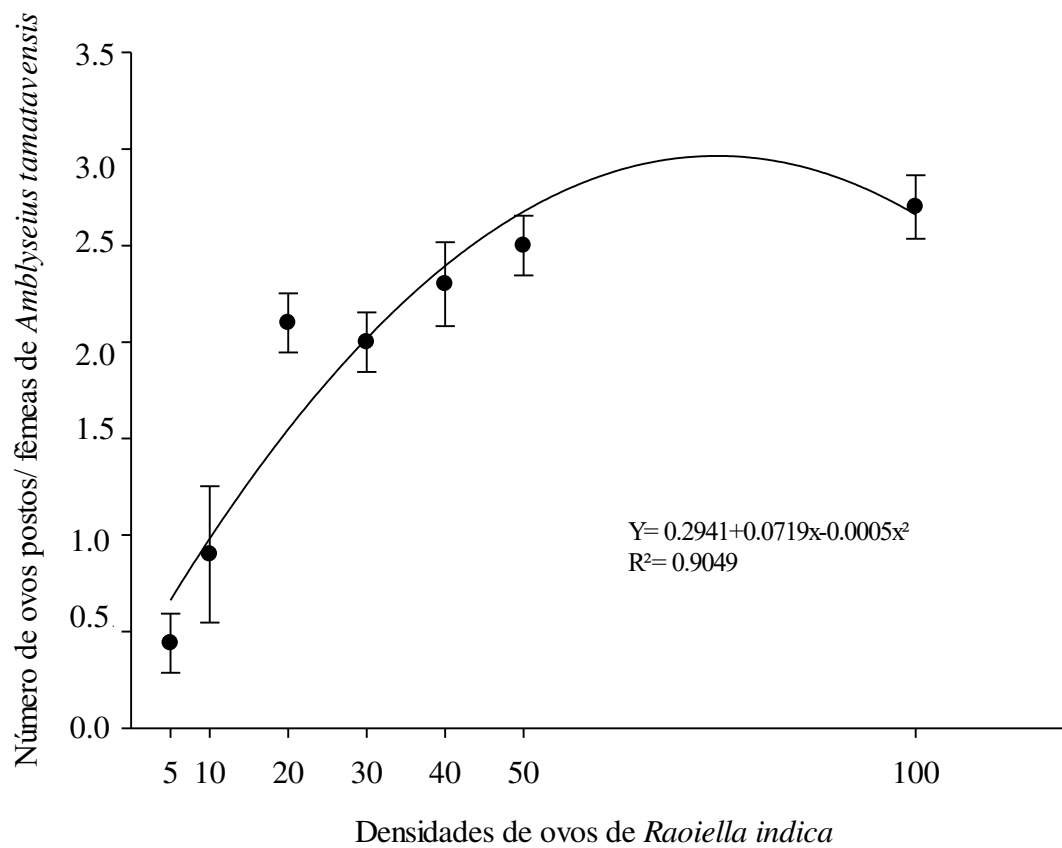


Figura 3 Número médio (\pm EP) de ovos postos por fêmeas de *Amblyseius tamatavensis* em função da densidade de ovos de *R. indica* em um período de 24 h.

CAPÍTULO 3

Ovos de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) reduzem o canibalismo de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae)

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*International Journal of Acarology*”

Ovos de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) reduzem o canibalismo de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae)

Resumo: O ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) é um potencial agente de controle biológico do ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae). Contudo, o canibalismo comum entre ácaros predadores pode influenciar a estrutura e dinâmica populacional desse agente de controle. Assim, objetivou-se avaliar a influência de *R. indica* como presa heteroespecífica no canibalismo e reprodução de *A. tamatavensis*. Para tal, avaliou-se a influência da presença de ovos de *R. indica* no canibalismo de fêmeas e imaturos de *A. tamatavensis* bem como na sua capacidade de reprodução. Fêmeas e imaturos de *A. tamatavensis* canibalizaram coespecíficos e pouco ovipositaram na ausência de ovos de *R. indica*. No entanto, o canibalismo diminuiu e a oviposição aumentou na presença de ovos de *R. indica* como presas heteroespecíficas. Assim, conclui-se que a presença de ovos de *R. indica* reduz o canibalismo de *A. tamatavensis* e aumenta sua capacidade reprodutiva. Estudos futuros deverão avaliar se alimentos suplementares podem contribuir para a diminuição do canibalismo de *A. tamatavensis*.

Palavras-chave: predação, coespecíficos, ácaro-vermelho-das-palmeiras, fitoseídeos.

Abstract: The predatory mite *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) is a potential biological control agent for the red palm mite *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae). However, the common cannibalism among predatory mites can influence the structure and population dynamics of this control agent. Thus, the influence of the presence of *R. indica* eggs on the cannibalism of females and immature *A. tamatavensis*, as well as on their ability to reproduce, was evaluated. Therefore, we evaluated the influence of the presence of *R. indica* eggs on the cannibalism of females and immatures of *A. tamatavensis*, as well as on the reproductive capacity of this predator. Females and immatures of *A. tamatavensis* cannibalized conspecifics and oviposited little in the absence of *R. indica* eggs. However, cannibalism decreased and oviposition increased in the presence of *R. indica* eggs as heterospecific prey. Thus, it is concluded that the presence of eggs of *R. indica* reduces the cannibalism of *A. tamatavensis* and increases its reproductive capacity. Future studies should assess whether supplementary foods can contribute to the reduction of *A. tamatavensis* cannibalism.

Keywords: predation, conspecifics, red palm mite, phytoseiids

Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), é uma importante praga do coqueiro, *Cocos nucifera* L., (Roda et al. 2008, Carrillo et al. 2012, Melo et al. 2018) e de diversas espécies de plantas, incluindo espécies das famílias Arecaceae, Cannaceae, Cycadaceae, Heliconiaceae, Musaceae, Pandanaceae, Strelitziaceae e Zingiberaceae (Carrillo et al. 2012). Altas densidades populacionais de *R. indica* em coqueiro podem reduzir a produção em mais de 50% (Peña et al., 2009, Roda et al., 2008). Devido ao alto potencial biótico de *R. indica* e aos problemas associados ao uso de agrotóxicos, o controle biológico é uma das principais estratégias estudadas (Roda et al. 2008, Carrillo et al. 2012, Carrillo e Peña 2012, Coelho et al. 2020, Filgueiras et al. 2020a, Filgueiras et al. 2020b, Filgueiras et al. 2020c, Lira et al. 2021).

Ácaros predadores da família Phytoseiidae são importantes agentes de controle biológico, e podem controlar eficientemente ácaros-praga (Sabelis 1985, Moraes 2002, Fadamiro et al. 2013, Filgueiras et al. 2020c). O ácaro predador *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) é encontrado em associação com *R. indica* no Brasil (Gondim Jr et al. 2012, Barroso et al. 2019) e demonstra potencial predatório e reprodutivo quando alimentado de ovos de *R. indica* (Capítulo 2). *Amblyseius tamatavensis* é classificado como ácaro generalista do tipo III-b e pode se alimentar de uma ampla gama de presas, pólen e substâncias açucaradas (McMurtry et al. 2013), o que pode favorecer sua persistência nos agroecossistemas.

Contudo, o canibalismo, a morte e o consumo de coespecíficos, é comum e generalizado no reino animal (Schausberger 2003), e agravado pela escassez de presas. Para os ácaros fitoseídeos, o risco de canibalismo representa um importante estressor ambiental, principalmente, nos primeiros estádios de vida (Ghazy et al. 2016), o que pode afetar as densidades destes inimigos naturais e interferir na sua eficiência como agente de controle biológico (Schausberger 2003, Marcossi et al. 2020). O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de *R. indica* como presa heteroespecífica no canibalismo e reprodução de *A. tamatavensis*.

Material e Métodos

Criação massal de *A. tamatavensis*

A população inicial de *A. tamatavensis* foi obtida de indivíduos coletados de folhas *Citrus* spp. no município de Paço do Lumiar - MA (02° 29' 39,7" S, 44° 08' 41,4" O) e mantidas sob sucessivas gerações no laboratório de Entomologia da Embrapa Tabuleiros

Costeiros, em Aracaju - SE, sob condições controladas (temperatura de $27,0 \pm 3,0^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo natural).

Os ácaros predadores foram mantidos em arenas confeccionadas com pedaços de PVC preto (23cm de comprimento x 14cm de largura) sobre uma espuma de poliuretano (24cm de comprimento x 15cm de largura x 0,33cm de espessura), circundado por uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada, e posteriormente colocadas em uma bandeja plástica saturada com água destilada (McMurtry e Scriven 1965, adaptado). Fios de algodão recobertos com uma lamínula (1,8 x 1,8cm) foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. As colônias de *A. tamatavensis* foram alimentadas com um substrato contendo levedo de cerveja e ácaros da família Acaridae contendo todos os estádios e pedaços de folíolos de coqueiro infestados com *R. indica* em todas as fases de desenvolvimento foram substituídos duas vezes por semana.

Canibalismo de *A. tamatavensis*

As arenas utilizadas para os bioensaios foram confeccionadas com discos de PVC (6cm de diâmetro) sobre uma espuma de poliuretano (6cm de diâmetro x 3,3cm de profundidade) saturada com água destilada dentro de um recipiente plástico (6,2cm de diâmetro x 5cm de profundidade). Uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada foi adicionada ao redor do disco de pvc para evitar a fuga do ácaro predador. Os ovos de *R. indica* (1 a 3 dias) oferecidos aos predadores foram provenientes de folíolos de coqueiro não pulverizados e foram colocados com o auxílio de um pincel em pedaços de PVC com aproximadamente 1cm^2 .

Para a obtenção das fêmeas grávidas com 8 a 10 dias de idade, ovos de predadores foram coletados das arenas de criação e colocados em uma nova arena conforme descrita anteriormente até a emergência dos adultos fêmeas e machos. Cinco dias após a transferência dos ovos, machos foram transferidos das arenas de criação para a nova arena, a fim de aumentar a probabilidade de fertilização das fêmeas. Para a obtenção de ninfas e protoninfas, ovos de predadores também foram coletados das arenas de criação e colocados em uma nova arena por 2 a 3 dias.

Seguindo a metodologia de Mendes et al. (2017), os seguintes tratamentos foram utilizados: i) 10 imaturos do predador; ii) 10 imaturos do predador + 60 ovos de *R. indica* (presa heteroespecífica); iii) Uma fêmea do predador + 10 imaturos do predador; iv) Uma fêmea do predador + 10 imaturos do predador + 60 ovos de *R. indica*; v) Uma fêmea do predador; vi) Uma fêmea do predador + 60 ovos de *R. indica*. Os tratamentos foram replicados 20 vezes. O número de presas mortas (imaturos do predador e/ou presas) foram determinadas depois de 24 horas, enquanto o número de ovos postos por cada predador foram determinados após 24 e 48

horas. Os dados de oviposição do primeiro dia foram excluídos para minimizar o efeito de dietas anteriores (Carrillo e Peña 2012).

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade quando necessário, os valores foram transformados com $(\sqrt{x} + 0.5)$. A mortalidade e a oviposição dos predadores foram analisadas usando modelos lineares generalizados de 2 fatores (GLM) com distribuição normal de erros usando SAS (SAS Institute 2002). Para analisar a mortalidade de predadores imaturos, os dados obtidos em tratamentos com este estágio (i, ii, iii e iv) foram incluídos nos modelos, e as variáveis explicativas foram “presença de adultos” (SIM ou NÃO) e “presença de presa” (SIM ou NÃO). Para analisar a oviposição, apenas os dados de tratamentos com o predador adulto foram incluídos nos modelos (iii, iv, v, vi) e as variáveis explicativas foram “presença de predadores imaturos” (SIM ou NÃO) e “presença de presa” (SIM ou NÃO). As diferenças entre as médias de mortalidade e de oviposição foram determinadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$) usando Sigma Plot v.12.0 (Systat Software, San Jose, CA, EUA). Os procedimentos estatísticos foram realizados de acordo com Guzman et al. 2016.

Resultados

A mortalidade de imaturos de *A. tamatavensis* foi afetada pela presença de ovos de *R. indica* ($F= 76.43$ gl 1, $P < 0.001$) e fêmea do ácaro predador ($F= 6.85$, gl= 1, $P= 0.013$), sem interação entre esses fatores ($F= 0.64$, gl= 1, $P= 0,4261$); entretanto, a oviposição foi afetada pela presença de ovos de *R. indica* ($F= 36.58$, gl= 1, $P < 0.001$) e a interação deste com imaturos de *A. tamatavensis* ($F= 14.59$, gl= 1, $P= 0.0003$). A mortalidade de imaturos de *A. tamatavensis* foi maior na ausência de fêmeas de *A. tamatavensis* e ovos de *R. indica* ($>3,9$ imaturos) que na presença de fêmeas de *A. tamatavensis* e ausência de ovos de *R. indica* ($>2,6$) e na presença de ambos (Figura 1; $H = 44.75$, gl = 3, $P < 0.001$). As fêmeas de *A. tamatavensis* ovipositaram mais na presença de ovos de *R. indica* e ausência de imaturos, que na presença de ambos (Figura 2; $H = 17,05$, gl = 2, $P < 0,001$); não foi observada postura no tratamento com ausência de ovos de *R. indica* e imaturos de *A. tamatavensis*.

Discussão

Ninfas de *A. tamatavensis* foram canibalizadas tanto por imaturos quanto por fêmeas adultas coespecíficas. O canibalismo foi reduzido e a oviposição foi maior na presença de ovos de *R. indica* como presas heteroespecíficas.

Similarmente, o canibalismo de *A. largoensis* e *Neoseiulus barkeri* (Hughes) 1948 diminuíram quando ovos de *R. indica* estavam presentes (Mendes et al. 2017) e fases de desenvolvimento de *Panonychus citri* (McGregor) 1916 (Acari: Tetranychidae) (Liu et al. 2020) respectivamente. O consumo de presas heteroespecíficas pode apresentar mais benefícios que outros recursos (Liu et al. 2020). Por exemplo, ovos de *R. indica* podem ser consumidos mais facilmente que ninfas de presas coespecíficas, uma vez que são imóveis e não oferecem resistência ao ataque.

A oviposição de fêmeas de *A. tamatavensis* aumentou com a presença de ovos de *R. indica* como presas heteroespecíficas, isso porque, ovos de *R. indica* podem ser uma fonte de alimento mais adequada nutricionalmente e energeticamente que presas coespecíficas para *A. tamatavensis*. Pois, é possível que a captura de imaturos de *A. tamatavensis* leve a um alto dispêndio energético por parte do predador (Schausberger 2003), o que pode interferir na sua taxa de oviposição. Mendes et al. (2017) também demonstraram que a oviposição de fêmeas de *A. largoensis* foi menor quando alimentadas de imaturos coespecíficas que de ovos de *R. indica*. Fêmeas de *Neoseiulus californicus* (McGregor) 1954 e *Typhlodromus bagdasarjani* Wainstein & Arutunjan 1967, no entanto, não ovipositaram quando canibalizaram presas coespecíficas (Farazmand et al. 2014).

Segundo McMurty et al. (2013), o fitoseídeo *A. tamatavensis* é um ácaro generalista do Tipo III, subtipo III-b, e pode se alimentar de pequenos artrópodes, nematoides, fungos, exsudatos de plantas e pólen. Na ausência de alimento, predadores generalistas canibalizam para superar situações extremas (Liu et al. 2020). Em caso de escassez de presas, alimentar-se de presas coespecíficas pode ser uma opção de recurso alimentar para garantir sobrevivência e reprodução (Farazmand et al. 2014), o que é corroborado pela baixa oviposição de *A. tamatavensis* na ausência de ovos de *R. indica*. No entanto, a ocorrência de canibalismo em campo pode variar e interagir com outros estressores ambientais, como por exemplo, a disponibilidade de alimentos, a presença de ácaros competidores heteroespecíficos, ou condições abióticas (Ghazy et al. 2016).

As informações presentes neste estudo podem contribuir para um melhor entendimento do papel de *A. tamatavensis* no controle biológico de *R. indica* em condições de disponibilidade ou ausência de presas. Estudos futuros deverão avaliar se fontes alimentares suplementares podem contribuir para a diminuição do canibalismo e

manutenção ou aumento do potencial reprodutivo de *A. tamatavensis* em laboratório e em campo.

Referências

Barroso GSP, Rocha CM, Moreira GF, Hata FT, Roggia S, Ventura MU, Pasini A, Silva JEP, Holtz AM, Moraes GJ. 2019. What is the southern limit of the distribution of red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in agricultural lands in Brazil. *Flo Entomol.* 102:581–585.

Carrillo D, Peña JE, Hoy MA, Howard FJ. 2012. 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.

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

Coelho CR, Galvão AS, Santos MC, Farias AP, Teodoro AV. 2020. Effectiveness of three species of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) for controlling *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Rev de Protec Veg.* 35:1–9.

Fadamiro HY, Akotsen-Mensah C, Xião Y, Anikwe J. 2013. Field evaluation of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) for biological control of citrus red mite, *Panonychus citri* (Trombidiformes: Tetranychidae). *Flo Entomol.* 96:80–91.

FAOSTAT. 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: 28 nov. 2019.

Farzmand A, Fathipour Y, Kamali K. 2014. Cannibalism in *Scolothrips longicornis* (Thysanoptera: Thripidae), *Neoseiulus californicus* and *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae). *Syst App Acarol.* 19(4):471–480.

Filgueiras RMC, Mendes JÁ, Silva FWB, Sousa Neto EP, Melo JWS. 2020a. Prey stage preference and functional and numerical responses of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) to eggs of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Syst Appl Acarol.* 25(6):1147–1157.

Filgueiras RMC, Silva BWR, Souza Neto EP, Mendes JA, Melo JWS. 2020b. Can the prey species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) support the development and

reproduction of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)? Syst App Acarol. 25:1485–1494.

Filgueiras RMC, Mendes JA, Souza Neto EP, Monteiro NV, Melo JWS. 2020c. *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent for *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Syst App Acarol. 25:593–606.

Ghazy NA, Osakabe M, Negm MMW, Schausberger P, Gotoh T, Amano H. 2016. Phytoseiid mites under environmental stress. Bio Control. 96:120–134.

Gondim Jr MGC, Castro TMN, Massaro Jr AL, Navia D, Melo JWS, Demite PR, J.G. Moraes JG. 2012. Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? Syst Biodivers. 10:527–535.

Guzman C, Sahúm RM, Montserrat M. 2016. Intraguild predation between phytoseiid mite species might not be so common. Exp Appl Acarol. 68:441–453.

Lira VA, Viteri Jumbo LO, Freitas GS, Rêgo AS, Galvão AS, Teodoro AV. 2021. Efficacy of *Amblyseius largoensis* (Muma) as a biocontrol agent of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Phytoparasitica. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00875-8>.

Liu MX, Chui WQ, Xu, C, Zheng QM, Song WB, Li YY, Liu H. 2020. Extraguild prey availability reduced cannibalism and reciprocal intraguild predation of *Neoseiulus barkeri* (Acari: Phytoseiidae) and *Scolothrips takahashii* (Thysanoptera: Thripidae). Syst Appl Acarol. 25(5):775–786.

Marcossi I, Fonseca MM, Carbajal PAF, Cardoso A, Pallini A, Janssen A. 2020. High-quality alternative food reduces cannibalism in the predatory mite *Amblyseius herbicolus* (Acari:Phytoseiidae). Exp Appl Acarol. 81:189–200.

McMurtry JA, Scriven GT. 1965. Insectary production of phytoseiid mites. J Econ Entomol. 58:282–284.

McMurtry JA, Moraes JG, Sourassou FN. 2013. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. Syst Appl Acarol.8:297–320.

Melo JW, Navia D, Mendes JA, Filgueiras RMC, Teodoro AV, Ferreira JMS, Guzzo EC, Souza IV, Mendonça RS, Calvet EC, Paz Neto A, Gomdim 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. Int J Acarol. 44:146–149.

Mendes JA, Barros MEN, Lima DB, Melo JWS. 2017. Cannibalism in *Amblyseius largoensis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae), an important natural enemy of coconut mite pests. *Int J Acarol.* 43:387–392.

Moraes GJ. 2002. Controle biológico de ácaros fitófagos com predadores. In: PARRA J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S (eds.). Controle biológico: parasitoides e predadores. São Paulo, Manole. 4:225–237.

Peña JE, Rodrigues JC, Roda A, Carrillo D, Orbone L. 2009. 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. 69–79.

Peña JE, Bruin J, Sabelis MW. 2012. Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. *Exp Appl Acarol.* 57:211–213.

Roda A, Dowling A, Welborn C, Peña J, Rodrigues JCV, Hoy MA, Ochoa R, Duncan RA, De Chi W. 2008. Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. Proceedings of the Caribbean Food Crop Soc. 44.

Sabelis MW. 1985. Predator-prey interaction: predation on spider mites. In: Sabelis MW, Helle W (eds). Spider mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam, 103–29.

SAS Institute 2002 SAS/STAT Users guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS. Institute Inc., Cary, North Carolina.

Systat Software Inc. 2011. Version 12.5. San Jose California.

Schausberger P. 2003. Cannibalism among phytoseiid mites: a review. *Exp Appl Acarol.* 29:173–191.

Vangansbeke D, Nguyen DT, Audenaert J, Verhoeven R, Deforce K, Bruno Gobin B, Luc Tirry L, Clercq P. 2014. Diet-dependent cannibalism in the omnivorous phytoseiid mite *Amblydromalus limonicus*. *Bio Control.* 74:30–35.

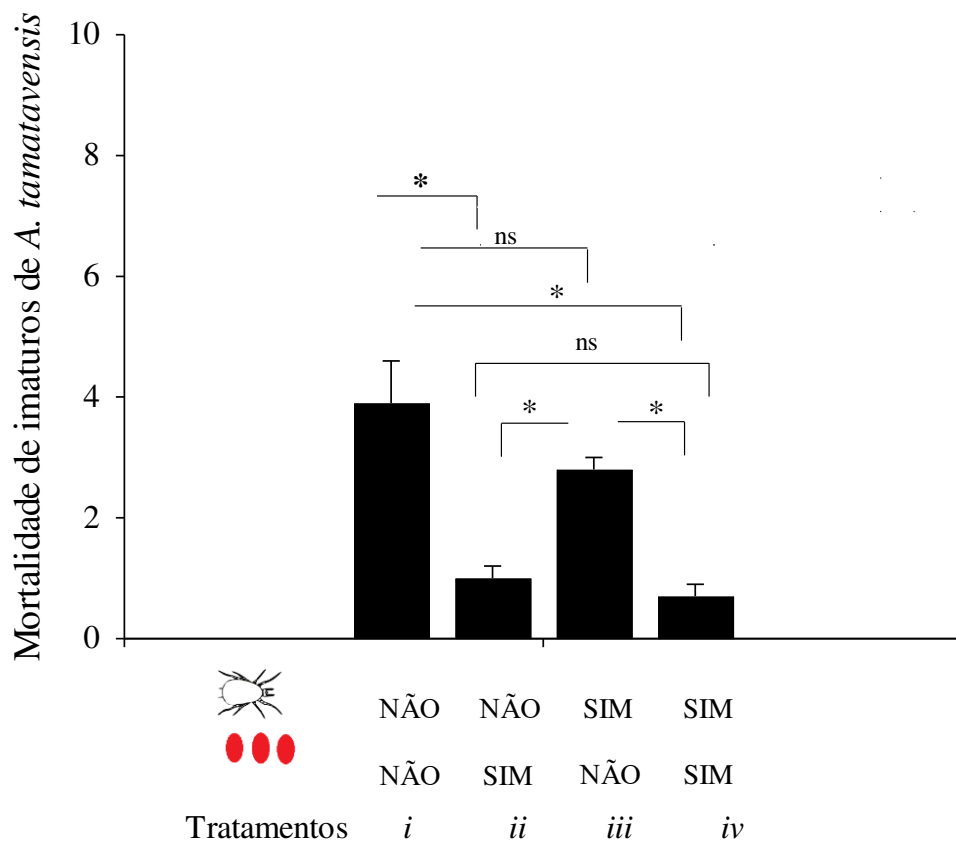


Figura 1. Mortalidade diária (média ± EP) de imaturos de *Amblyseius tamatavensis* na presença e/ou ausência de fêmeas adultas de *A. tamatavensis* e ovos de *Raoiella indica*. A figura do ácaro representa a fêmea adulta de *A. tamatavensis*, enquanto as elipses representam ovos de *R. indica*. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$) e ns, não significativo.

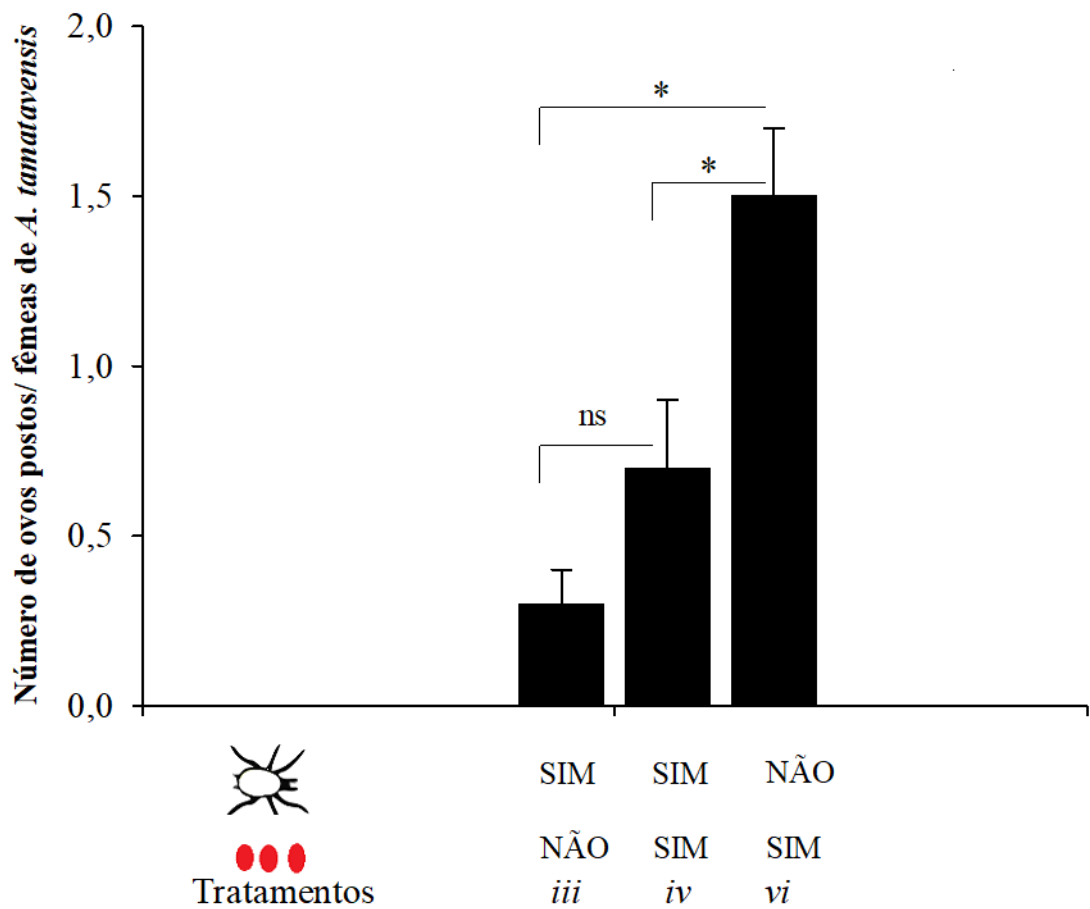


Figura 2. Oviposição diária (média \pm EP) por fêmeas de *Amblyseius tamatavensis* na presença e/ou ausência de ninfas de *A. tamatavensis* e ovos de *Raoiella indica*. A figura do ácaro representa ninfas de *A. tamatavensis* enquanto as elipses representam ovos de *R. indica*. Os asteriscos indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0,05$). ns: não significativo.

CAPÍTULO 4

Eficiência de *Amblyseius largoensis* e *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) no controle de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) em campo

Artigo escrito de acordo com as normas da revista “*Biological Control*”

**Eficiência de *Amblyseius largoensis* e *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae)
no controle de *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae)**

Resumo: Os ácaros predadores *Amblyseius largoensis* (Muma) 1955 e *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) estão associados ao controle biológico natural de *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae) em diversos países do mundo, inclusive o Brasil, no entanto, desconhece-se a eficiência relativa desses predadores em campo. O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de liberações massais de ambos os predadores no controle de *R. indica* assim como o papel de variáveis ambientais como fatores explicativos adicionais. Foram avaliados os efeitos de liberações mensais de ambos os predadores sobre *R. indica*, liberados separadamente na taxa de aproximadamente (ca.) 300 indivíduos/planta (ca. 80% fêmeas) durante 13 meses bem como de variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa, precipitação). Liberações de *A. tamatavensis* apresentaram eficiência superior na redução das densidades de *R. indica*, quando comparadas às de *A. largoensis*. Adicionalmente, baixa umidade relativa e baixa precipitação favorecem o aumento populacional de *R. indica*, principalmente durante o período de transição da estação seca para a estação chuvosa. Conclui-se que *A. tamatavensis* apresenta eficiência na redução de densidades de *R. indica*, inclusive no período de aumento populacional da praga. Estudos adicionais devem investigar a eficiência do predador em diferentes densidades de liberação massal (ex. média, alta) em cultivos comerciais de coqueiro sobretudo em períodos de maior densidade populacional da praga.

Palavras-chave: ácaro-vermelho-das-palmeiras, controle biológico aumentativo, liberação massal, *Amblyseius*

Abstract: The predatory mites *Amblyseius largoensis* (Muma) 1955 and *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) are associated with the natural biological control of *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae) in several countries around the world, including Brazil. if the relative efficiency of these predators in the field. The present work aimed to evaluate the efficiency of mass releases of both predators in the control of *R. indica* as well as the role of environmental variables as additional explanatory factors. The effects of monthly releases of both predators on *R. indica*, released separately at the rate of 300 individuals/plant (ca. 80% females) for 13 months, as well as climatic variables (temperature,

relative humidity, precipitation) were evaluated. Releases of *A. tamatavensis* showed superior efficiency in reducing densities of *R. indica*, when compared to *A. largoensis*. Additionally, low relative humidity and low precipitation favor the population increase of *R. indica*, mainly during the transition period from the dry to the rainy season. It is concluded that *A. tamatavensis* is efficient in reducing *R. indica* densities, even during the period of pest population increase. Additional studies should investigate the predator efficiency at different mass release densities (eg medium, high) in commercial coconut crops, especially in periods of higher pest population density.

Keywords: red palm mite, augmentative biological control, mass release, *Amblyseius*

1. Introdução

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* Hirst 1924 (Acari: Tenuipalpidae), é uma importante praga do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) em vários países do mundo (Roda et al., 2008; Peña et al., 2012), e inclusive no Brasil (Melo et al., 2018), que é o quinto maior produtor mundial de coco e primeiro produtor de água de coco (FAOSTAT, 2019). Em altas densidades, *R. indica* pode causar o amarelecimento das folhas dos coqueiros, seca das pontas dos folíolos e posterior necrose (Flechtman e Etienne 2004), que pode ocasionar mais de 50% de perdas na produção (Peña et al. 2009).

Em outros países, o controle químico é a principal estratégia adotada para controlar a *R. indica* (Rodrigues e Peña 2012; Assis et al. 2012). Contudo, devido ao porte alto das plantas de coqueiro, aos elevados custos de controle (Hoy, Peña e Nguyen 2006), e a ausência de produtos registrados, como ocorre no Brasil, outras formas de controle vêm sendo estudadas (Rodrigues e Irish 2012; Nusantara et al. 2017; Coelho et al. 2019; Santos et al. 2019) e o controle biológico se apresenta como opção em larga escala (Roda et al. 2008). Entre os agentes de controle biológico, pesquisas tem avaliado o potencial de patógenos e predadores no controle desta espécie (Carrillo et al., 2012; Carrillo et al., 2014; Morais et al., 2016; Viteri-Jumbo et al., 2018, Chavan et al., 2019; Coelho et al., 2020; Filgueiras et al., 2020; Lira et al., 2021). Ácaros predadores da família Phytoseiidae são comumente encontrados em associação a colônias de *R. indica* nos cultivos de coqueiro (Carrillo et al., 2012; Gondim et al., 2012, Barroso et al., 2019) e desempenham um papel fundamental na dinâmica herbívoros (Ghazy et al., 2016).

Amblyseius largoensis (Muma) 1955 (Acari: Phytoseiidae) é frequentemente encontrado associado a *R. indica* em vários países do mundo e no Brasil (Peña et al., 2009; Gondin Jr et al., 2012) e há indícios de que pode controlar populações sobretudo em baixas densidades desta praga (Carrillo e Peña, 2012; Carrillo et al., 2014; Mendes et al., 2018; Coelho et al., 2020; Lira et al., 2021). Além disso, este ácaro predador pode se desenvolver e se

reproduzir quando alimentado apenas de *R. indica* (Carrillo et al., 2010; Domingos et al., 2013). Outro ácaro predador associado a colônias de *R. indica* no Brasil é *Amblyseius tamatavensis* Blommers 1974 (Acari: Phytoseiidae) (Gondim Jr et al., 2012; Barroso et al., 2019). Este predador é considerado um promissor candidato ao controle biológico, uma vez que pode ser multiplicado comercialmente usando ácaros astigmatas como alimento (Massaro et al., 2016), o que pode favorecer sua produção massal para fins de controle biológico aplicado (Massaro e Moraes, 2019).

Além da predação por inimigos naturais, a dinâmica populacional de ácaros-praga pode ser influenciada por variáveis climáticas (Chavan et al., 2020; Amaral et al., 2020) como a umidade relativa, temperatura e precipitação (Taylor et al., 2011; Gondim Jr et al., 2012; Laranjeira et al., 2015, Vasquez et al., 2019). Assim, esses fatores bióticos e abióticos podem atuar conjuntamente de forma a diminuir ou aumentar as densidades de *R. indica* em campo (Taylor et al., 2011; Gondim Jr et al., 2012).

O presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de liberações massais em coqueiro de ambos os predadores no controle de *R. indica* assim como o papel de variáveis ambientais como fatores explicativos adicionais.

2. Material e Métodos

2.1. Criações de *A. largoensis* e *A. tamatavensis*

A população inicial de *A. tamatavensis* foi obtida de indivíduos coletados de folhas de citros (*Citrus* spp.) no município de Paço do Lumiar - MA (02°29'39,7"S, 44°08'41,4"O) e mantidos sob sucessivas gerações na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE, enquanto a colônia inicial de *A. largoensis* foi iniciada com indivíduos coletados de folíolos de coqueiro na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju – SE (10°57'03,3"S, 37°03'07,4"O). As colônias dos ácaros predadores foram mantidas em laboratório (temperatura de 27,0 ± 3,0°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotoperíodo natural).

Os ácaros predadores *A. tamatavensis* e *A. largoensis* foram mantidos em arenas confeccionadas com pedaços de PVC preto (23cm de comprimento x 14cm de largura) sobre uma espuma de poliuretano (24cm de comprimento x 15cm de largura x 3,3cm de espessura), circundado por uma camada de algodão hidrófilo umedecido com água destilada, e posteriormente colocadas em uma bandeja plástica saturada com água destilada (McMurtry e Scriven, 1965, adaptado). Fios de algodão recobertos com uma lamínula (1,8 x 1,8cm) foram colocados sobre as arenas para servir de abrigo e local de oviposição. As colônias de *A. largoensis* foram alimentadas com pólen de mamona (*Ricinus communis* L.)

e taboa (*Typha dominguensis*) (Figura 1A) enquanto as colônias de *A. tamatavensis* foram alimentadas com ácaros astigmatas (todos os estágios) oferecidos em um substrato de levedo de cerveja (Figura 1B). Pedacos de folíolos de coqueiro infestados com todas as fases de *R. indica* foram substituídos duas vezes por semana para as duas espécies.

Liberações massais

As liberações massais de *A. largoensis* e *A. tamatavensis* foram realizadas mensalmente, entre outubro de 2018 a novembro de 2019, em plantas não pulverizadas de coqueiros Anão-Verde-do-Brasil-de-Jiqui (ca. 3 anos de idade) infestadas naturalmente por *R. indica*, localizadas na Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju - SE (10°57'03,3"S, 37°03'07,4"O). Nove plantas de tamanho e número de folhas (ca. 8 folhas completas) similares foram selecionadas. Aos sete dias antes da primeira liberação dos ácaros predadores, foi realizada uma pré-contagem dos números de fases ativas (larvas, protoninfas, deutoninfas e adulto) e imóveis (ovos, protocrisálidas, deutocrisálidas e teliocrisálidas) de *R. indica* e de ácaros predadores presentes nas plantas de coqueiro selecionadas. Para tal, dois folíolos foram aleatoriamente coletados de cada planta e a área (cm²) de cada folíolo foi estimada por meio da fórmula: $\text{Área} = \frac{b \cdot h}{2}$, onde b= largura da base do folíolo, h= comprimento do folíolo. Não foram encontrados predadores nas plantas avaliadas. Os dados obtidos na pré-contagem não assumiram normalidade, pelo teste de ShapiroWilk e, portanto foram submetidos ao teste não paramétrica de Kruskal Wallis usando o pacote `kruskal.test` (software R versão 4.1.0 (R Development Core Team 2016)). Como não houve diferença no número tanto de fases ativas ($\chi^2 = 5,109$, gl= 2, $P > 0,05$) quanto de fases imóveis ($\chi^2 = 2,240$, gl= 2, $P > 0,05$) de *R. indica* entre as plantas, considerou-se que a liberação dos predadores poderia ser realizada de forma homogênea entre as plantas.

Aproximadamente (ca.) 150 predadores adultos (ca. 80% fêmeas) de cada espécie foram transferidos das unidades de criação para arenas provisórias (Figura 1C) para facilitar a contagem e padronização dos ácaros. Estas arenas foram confeccionadas com discos de pvc (4cm de diâmetro) colocados sobre um disco de papel filtro (5cm de diâmetro) e uma espuma de poliuretano (6cm de diâmetro x 0,33cm de profundidade) dentro de um recipiente plástico (6,2cm de diâmetro x 5cm de profundidade) saturada com água destilada. Fios de algodão e uma lamínula (3cm x 3cm) foram colados sobre o disco para servir como abrigo para os predadores na transferência para as unidades de liberação (Figura 1D). Pólen de *R. comunis* foi fornecido *ad libitum* como alimento. Em seguida,

com ajuda de uma pinça, os discos de pvc contendo os predadores foram transferidos para as unidades de liberação compostas de sacos de TNT (10cm de largura x 12cm de comprimento) contendo serragem triturada. As unidades de liberação contendo os predadores foram vedadas com o auxílio de fita dupla face, e colocadas em uma caixa térmica ($18 \pm 3^\circ \text{C}$) para uso imediato.

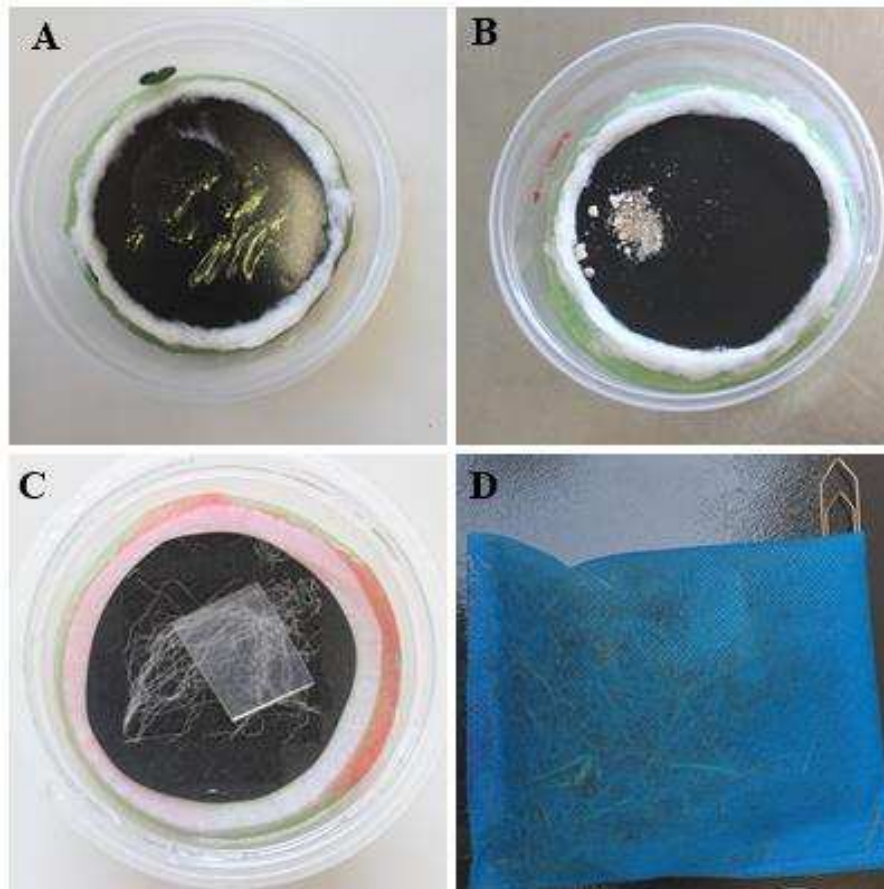


Figura 1 Arenas de criação para *Amblyseius largoensis* (A) e *Amblyseius tamatavensis* (B), arena provisória (C) e unidade liberação (D).

Duas unidades de liberação para cada espécie de predador foram mensalmente fixadas em cada planta, separadamente, por meio de um clip (n° 15), totalizando 300 predadores/planta, com 3 repetições. No tratamento controle, não houve liberação de predadores. As avaliações foram realizadas usando a mesma metodologia da pré-contagem descrita acima.

Os dados de temperatura média ($^\circ\text{C}$), precipitação (mm^3) e umidade relativa (%) da área experimental foram obtidos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia: <https://bdmep.inmet.gov.br/>), com base em dados da superfície automática de Aracaju (A-

409: latitude -10,952413°; longitude -37,054330°; altitude 4,0 metros), localizada a uma distância de aproximadamente 300m da área experimental.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade de ShapiroWilk e homocedasticidade de Levene para verificação dos pressupostos da análise de variância (ANOVA), usando o pacote (car). Posteriormente, por meio do pacote (lme4), modelos lineares generalizados de efeitos mistos (GLMEs) com distribuições de erros de Poisson (variáveis discretas) (Crawley, 2007) foram usados para avaliar a eficiência das liberações dos predadores em função do tempo nas densidades de fases ativas e imóveis de *R. indica*. Os modelos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), usando o pacote (Phia), e contrastes *a posteriori* foram usados para avaliar as diferenças entre as médias (Crawley, 2007). Análises de regressão em árvore foram conduzidas para avaliar a influência de variáveis climáticas e das liberações dos predadores nas densidades populacionais de *R. indica*, usando os pacotes rpart e rpart.plot. Temperatura, umidade relativa, pluviosidade e tratamentos (predadores) foram consideradas como variáveis explicativas, enquanto as densidades de *R. indica* (todas as fases de desenvolvimento somadas) foram consideradas como variável resposta. A análise resulta na origem de um nó raiz que representa a amostragem total, o qual se divide em dois ou mais conjuntos chamados de nós de decisão e em subnós e/ou nós terminais. Todas as análises foram realizadas com o software R versão 4.1.0 (R Development Core Team 2016) sujeito a análises residuais para avaliar a adequação dos modelos e distribuições de erro (Crawley, 2007).

3. Resultados

A interação entre os tratamentos de liberações massais de *A. largoensis*, *A. tamatavensis* e controle entre os meses de liberação foi significativa para as fases ativas ($\chi^2= 1267,5$, gl= 35, $P <0,001$) e imóveis de *R. indica* ($\chi^2= 2335,1$, gl= 35, $P <0,001$). As liberações massais de *A. tamatavensis* e de *A. largoensis* reduziram o número de fases ativas e imóveis de *R. indica* em comparação com o controle. No entanto, as liberações de *A. tamatavensis* foram mais eficientes que as liberações de *A. largoensis*, tanto para fases ativas ($\chi^2= 250,69$, gl= 12, $P <0,001$), como para imóveis ($\chi^2= 880,61$, gl= 12, $P <0,001$) de *R. indica* (Figura 2). Houve diferença significativa na interação entre os tratamentos e os meses durante todo o período de avaliação para fases ativas ($\chi^2= 1266,0$ gl= 32, $P <0,001$) exceto entre os meses de agosto e setembro ($\chi^2 = 1,4402$, gl= 3, $P >0,05$) e julho e outubro para fases ativas (χ^2

= 29,834, gl = 3, $P > 0,005$). Resultados semelhantes foram obtidos para fases imóveis de *R. indica* em que a interação entre os meses e tratamentos foi significativa ($\chi^2 = 2335,1$, gl = 35, $P < 0,001$), exceto para os meses de julho, agosto e setembro ($\chi^2 = 11,217$, gl = 6, $P > 0,005$), em que não houve diferença significativa entre os meses e os tratamentos.

A análise de regressão em árvore revelou 3 níveis de profundidade e 7 nós, sendo 3 nós de decisão e 4 nós terminais. Foram formados 2 grupos de acordo com a umidade relativa (Figura 3). No primeiro grupo, uma média de 0,12 *R. indica*/cm² foram encontradas em 38% das amostras quando a umidade relativa foi $\geq 68\%$, enquanto no segundo grupo mais de 62% das amostras foram encontradas quando a umidade relativa foi $< 68\%$. As maiores densidades de *R. indica*/cm² foram encontradas quando a pluviosidade foi ≥ 35 mm³ e a umidade relativa $< 66\%$.

Discussão

Os ácaros predadores *A. largoensis* e *A. tamatavensis* reduziram o número de fases ativas e imóveis de *R. indica* em condições de campo. No entanto, *A. tamatavensis* foi mais eficiente, tanto para fases ativas, como para imóveis de *R. indica*. Liberações de *A. largoensis* em diferentes densidades de *R. indica* também contribuíram para a diminuição das densidades de fases ativas e imóveis de *R. indica* em casa de vegetação (Carrillo et al., 2014). Além disso, a liberação de diferentes populações de *A. largoensis* também contribuíram para a redução de *R. indica* (todas as fases de desenvolvimento) em condições de semi-campo (Morais et al., 2016). Nosso estudo corrobora com os resultados descritos acima para *A. largoensis* além de demonstrar, pela primeira vez, o potencial de *A. tamatavensis* no controle de *R. indica* em condições de campo. Os fitoseídeos podem ser eficientes no controle de *R. indica* quando consomem uma grande proporção de ovos, reduzindo o acúmulo de estádios móveis da praga (Carrillo et al., 2014). Aqui, liberações de *A. largoensis* e *A. tamatavensis* reduziram a densidade de fases imóveis de *R. indica*, o que pode ter contribuído para uma redução de mais de 36% das fases ativas de *R. indica*. O mesmo percentual de redução de fases ativas de *R. indica* foi obtido quando foram aplicados óleo de algodão e azadiractina em coqueiros, o que enfatiza o potencial desses predadores (Filgueiras et al., 2020).

Ocorreu uma redução de 37% e 38,5% no número de fases ativas de *R. indica* nas plantas que receberam as liberações de *A. largoensis* e *A. tamatavensis* durante todo o período do experimento. Ademais, houve uma redução de 28% e 29% no número de fases

imóveis nas plantas que receberam a liberação de *A. largoensis* e *A. tamatavensis*, respectivamente. Liberações de *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) em densidades de 2 a 3 vezes maiores que as utilizadas para os predadores neste trabalho, também reduziram em 37% e 46%, respectivamente, as densidades de fases ativas de *R. indica* em um período de 60 dias, em um plantio comercial de coqueiro (Filgueiras et al., 2020).

As densidades de *R. indica* foram afetadas pela interação entre as liberações dos predadores e os meses de avaliação. Essa interação pode ter sido influenciada pelas variáveis climáticas. Por exemplo, com a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa, as densidades de *R. indica* diminuíram drasticamente durante o período chuvoso (junho e julho) e se mantiveram baixas durante o período de transição da estação chuvosa para a estação seca (agosto e setembro). Além disso, a regressão em árvore mostrou que existem intervalos de umidade relativa e precipitação que podem favorecer o aumento populacional de *R. indica*. Assim, umidade relativa <68% e precipitações $\geq 35\text{mm}^3$, encontradas durante o período de transição da estação seca para a chuvosa, representam o período de maior crescimento populacional de *R. indica* na região de estudo. Essas condições favoráveis de umidade relativa e precipitação para o aumento populacional de *R. indica* são corroboradas por diversos estudos (Taylor et al. 2011, Gondim Jr et al. 2012, Aaro e Morais, 2013; Silva et al., 2020; Fidelis et al., 2019).

A densidade inicial da presa e a taxa de liberação de predadores são fatores importantes que podem afetar a habilidade dos predadores em controlar eficientemente a praga (Fadamiro et al., 2013; Tiftikci et al., 2020). Além disso, informações precisas sobre os efeitos de variáveis climáticas sobre o desenvolvimento e a reprodução de *R. indica* são fundamentais para a definição de medidas de prevenção e controle (Fidelis et al., 2019). Assim, associada à densidade inicial da praga, a estratégia de liberação dos predadores pode levar em consideração as condições ambientais que podem favorecer o potencial biótico da espécie alvo (temperaturas elevadas, baixa umidade relativa e baixa precipitação), dirigindo assim, as liberações para os períodos que podem anteceder os prováveis picos populacionais, uma vez que em determinados períodos a população da praga se mantém baixa, mesmo nas plantas que não tiveram liberação de predadores.

Nossos resultados demonstraram que as liberações mensais de *A. tamatavensis* a taxas de 300 predadores/planta apresentou eficiência superior a *A. largoensis* na redução de

populações de *R. indica* em cultivo jovem de coqueiro, principalmente no período de maior potencial biótico da praga. Pesquisas posteriores são necessárias para avaliar a eficiência da liberação de *A. tamatavensis* em diferentes densidades de liberação massal (ex. média, alta) em pomares comerciais de coqueiro bem como avaliar a possível interação de liberações mistas de *A. largoensis* e *A. tamatavensis* no controle de *R. indica*, principalmente em períodos de maior densidade populacional da praga.

4. Referências

Amaral et al., 2020 I. Amaral, L.G. Matta, D.J. Andrade

Population dynamics of *Aceria litchii* (Keifer) (Acari: Eriophyidae) reveals differential responses of lychee varieties. Syst. Appl. Acarol., 25(2020): pp.214-224

Assis et al., 2012 C.P.O Assis, E.G.F. Morais, M.G.C. Gondim Jr

Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). Exp. Appl. Acarol., 60(2012), pp.357-365.

Barroso et al., 2019 G.S.P. Barroso, C.M. Rocha, G.F. Moreira, F.T. Hata, S. Roggia, M.U. Ventura, A. Pasini, J.E.P. Silva, A.M. Holtz, G.J. Moraes

What is the southern limit of the distribution of red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in agricultural lands in Brazil. Flo. Entomol., 102(2019), pp.581-585

Carrillo et al. 2010 D. Carrillo, J.E. Peña, M.A. Hoy, F.J. Howard

Development and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) feeding on pollen, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), and others microarthropods inhabiting coconuts in Florida, USA. Exp. Appl. Acarol., 52(2010), pp.119-129

Carrillo and Peña, 2012 D. Carrillo, J.E. Peña

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

Carrillo et al., 2012 D. Carrillo, D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R.E. Duncan, J.E. Peña

Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. Exp. Appl. Acarol., 57(2012), pp.271-289

Carrillo et al., 2014 D. Carrillo, M.A. Hoy, J.E. Peña

Effect of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) by Predator Exclusion and Predator Release Techniques. Flo. Entomol., 97(2014), pp.256-261

- Chavan et al., 2019 I. Chavan, S. Pradeep, S. Sridhara, K.N. Ashrith
Evaluation of entomopathogenic fungi against *Raoiella indica* (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). Entomon., 44(2019), pp.219-224
- Chavan et al., 2020 I. Chavan, S. Pradeep, M. Manjunatha, H. Narayanaswamy, S. Sridhara
Seasonal Incidence of *Raoiella indica* Hirst and its Natural Enemies on Arecanut. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 9(2020), pp.2664-2672
- Coelho et al., 2019 C.R. Coelho, M.C. Santos; L. Viteri-Jumbo, J.G. Sena-Filho, K.N.C. Castro, K.M. Canuto, E.S. Brito, A.S.Q. Souza, A.V. Teodoro
Bioactividad de *Spilanthus acmella* (Asteraceae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) y selectividad al depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). Rev. Protec. Veg., 34(2019), pp.1-11
- Coelho et al., 2020 C.R. Coelho, A.S. Galvão, M.C. Santos, A.P. Farias, A.V. Teodoro.
Effectiveness of three species of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) for controlling *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Rev. Protec. Veg., 35(2020), pp.1-9
- Crawley 2007 M.J. Crawley
The R book. John Wiley & Sons Ltd, Wests Sussex.
- Domingos et al., 2013 C.A. Domingos, O.L. Oliveira, E.G.F. Morais, D. Navia, J.G. Moraes, M.C.G. Gondim Jr
Comparison of two populations of the pantropical predator *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) for biological control of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Exp. Appl. Acarol., 60(2013), pp.83-93
- Fadamiro et al., 2013 H.Y. Fadamiro, C. Akotsen-Mensah, Y. Xião, J. Anikwe
Field evaluation of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) for biological control of citrus red mite, *Panonychus citri* (Trombidiformes: Tetranychidae). Flo. Entomol., 96(2013), pp.80-91
- FAOSTAT. 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: 28 nov. 2019.
- Fidelis et al., 2019 E.G. Fidelis, M.A.S. Reis, M. Negrini, D. Navia
Life table parameters of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) at various temperatures and for sexual and asexual reproduction. Exp. Appl. Acarol., 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10493-019-00407-y>

Filgueiras et al., 2020 R.M.C Filgueiras, J.A. Mendes, E.P. Souza Neto, N.V. Monteiro, J.W.S. Melo.

***Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent for *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae).** Syst. App. Acarol., 25(2020), pp.593-606

Filgueiras et al., 2020 R.M.C. Filgueiras, B.W.R. Silva, E.P. Souza Neto, J.A. Mendes, J.W.S. Melo.

Can the prey species *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) support the development and reproduction of *Neoseiulus barkeri* Hughes (Acari: Phytoseiidae)? Syst. Appl. Acarol., 25(2020), pp.1485-1494

Flechtmann e Etienne 2004 C.H.W. Flechtmann, J. Etienne.

The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). Syst Appl Acarol., 9(2004), pp.109-110

Ghazy et al., 2016 N.A. Ghazy, M. Osakabe, M.W. Negm, P. Schausberger, T. Gotoh, H. Amano

Phytoseiid mites under environmental stress. Bio. Control., 96(2016), pp.120-134

Gondim Jr et al., 2012 M.G.C. Gondim Jr, T.M.N. Castro, A.L. Massaro Jr, D. Navia, J.W.S. Melo, P.R. Demite, J.G. Moraes

Can the red palm mite threaten the amazon vegetation? Syst. Biodivers., 10(2012), pp.527-535

Hoy, Peña e Nguyen 2006 M.A Hoy, J.E. Peña, R.U. Nguyen

Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae). University of Florida. (2006)EENY-397

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 23 ago. 2020.

Laranjeira et al., 2015 F.F. Laranjeira, S.X.B. Silva, E.C. Andrade, D.O. Almeida, T.S.M. Silva, J. Freitas-Astua

Infestation dynamics of *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) in citrus orchards as affected by edaphic and climatic variables. Exp. Appl. Acarol., 66(2015), pp.491-508

Lira et al., 2021 V.A. Lira, L.O. Viteri Jumbo, G.S. Freitas, A.S. Rêgo, A.S. Galvão, A.V. Teodoro.

Efficacy of *Amblyseius largoensis* (Muma) as a biocontrol agent of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Phytoparasitica. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00875-8>

Massaro e Moraes, 2019 M. Massaro, J.G. Moraes

Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). Acarol., 59(2019), pp.120-128

Massaro et al., 2016 M. Massaro, J.P.I. Martins, J.G. Moraes

Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. Exp. Appl. Acarol., 70(2016), pp.411-420

Melo et al., 2018 J.W. Melo, D. Navia, J.A. Mendes, R.M.C. Filgueiras, A.V. Teodoro, J.M.S. Ferreira, E.C. Guzzo, I.V. Souza, R.S. Mendonça, E.C. Calvet, A. Paz Neto, M.G.C. Gondim Jr, E.F. Morais, M.S. Godoy, J.R. Santos, R.I.R. Silva, V.B. Silva, R.F. Norte, A.B. Oliva, R.D.P. Santos, C.A. Domingos

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(2018), pp.146-149

Mendes et al., 2018 J.A. Mendes, D.B. Lima, E.P. Sousa Neto, M.G.C. Gondim Jr, J.W.S. Melo

Functional response of *Amblyseius largoensis* to *Raoiella indica* eggs is mediated by previous feeding experience. Syst. Appl. Acarol., 23(2018), pp.1907-1914

Moraes et al., 2012 G.J. Moraes, T.M.M.G Castro, S. Kreiter, S. Quilici, M.G. Gondim Jr, L.A.N. Sá

Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). Acarol, 52(2012), pp.129-134

Morais et al., 2016 E.G.F. Morais, J.P. Oliveira, M.G.C, Gondim Jr, G.J. Moraes ***Amblyseius largoensis* in controlling red palm mite under semi-field conditions.** Pesq. Agropec. Bras., 51(2016), pp.671-675

Nusantara et al., 2017 A. Nusantara, Y.A. Trisyono, Y. Suputa, E. Martono

Biology of Red Palm Mite, *Raoiella indica*, on Different Coconut. J Perl Tanam Ind., 21(2017), pp.23-29

Peña et al., 2006 J.E. Peña, C.M. Mannion, F.W. Howard, M.A. Hoy.

***Raoiella indica* (Prostigmata: Tenuipalpidae): the red palm mite: a potential invasive pest of palms and bananas and other tropical crops in Florida.** University of Florida IFAS Extension. Publication #ENY-837. University of Florida, Gainesville, Florida, USA. (online). (2006) Disponível em: <http://ufdc.ufl.edu/IR00002847/00001>. Acesso em: 02 Abr 2020.

Peña et al., 2009 J.E. Peña, J.C. Rodrigues, A. Roda, D. Carrillo, L. Orbone

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, (2009), pp.69-79

Peña et al., 2012 J.E. Peña, J. Bruin, M.W. Sabelis

Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. Exp. Appl. Acarol., 57(2012), pp.211-213

Roda et al., 2008 A. Roda, A. Dowling, C. Welborn, J. Peña, J.C.V. Rodrigues, M.A. Hoy, R. Ochoa, R.A. Duncan, W. De Chi

Red palm mite situation in the Caribbean and Florida. Proceedings of the Caribbean Food Crop. Soc.,44(2008), pp.80-87

R Core Team 2016

R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <https://www.R-project.org/>.pp.80-87

Rodrigues e Irish 2012 J.C.V Rodrigues, B.M. Irish

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

Rodrigues e Peña 2012 J.C.V Rodrigues, J.E. Peña

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

Rodrigues e Antony 2011 J.C.V Rodrigues, L.M.K Antony

First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Amazonas State, Brazil. Flo. Entomol., 4(2011), pp.1073-1074

Santos et al. 2019 M.C. Santos, A.V. Teodoro, M.S. Menezes, D.M. Pinto-Zevallos, M.F. Arigoni-Blank, E.M.C. Oliveira, T.S. Sampaio, A.P Farias, CR. Coelho, A.F. Blank

Bioactivity of essential oil from *Lippia gracilis* Schauer against two major coconut pest mites and toxicity to a non-target predator. Crop Protec., 126, (2019)

Silva et al., 2020 R.S. Silva, E.G. Fidelis, G. Amaro, R.S. Ramos, P.A. Santana Junior, M.C. Picanço

Climate-based seasonal Dynamics of the invasive red palm mite *Raoiella indica*.

DOI: 10.1002/ps.5936.

Taylor et al., 2011 B. Taylor, P.M. Rahman, S.T. Murphy

Within-season Dynamics of red palm mite (*Raoiella indica*) and phytoseiids predators on two host palm species in south-west India. Exp. Appl. Acarol., 57(2011), pp.331-345

Titikçia et al., 2020 P. Tiftikçia, S. Kokb, I. Kasap

Biological control of twospotted spider mites [*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)] using *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari:Phytoseiidae) at different ratios of release on field-grown tomatos. Bio. Control., 151(2020). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104404>

Vásquez et al., 2019 C. Vásquez, J. Dlouhy, H. Castillo, B. Gómez, and J. Lorbes

Intra-Plant Distribution and Population Fluctuation of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) on Coconuts in the State of Falcón, Venezuela. Afr. Entomol., 27(2019), pp.49-57. DOI: <https://doi.org/10.4001/003.027.0049>

Viteri-Jumbo et al., 2019 L.O Viteri-Jumbo, A.V. Teodoro, A.S., Rêgo, K. Haddil, A.S. Galvão, E.E. Oliveira

The lacewing *Ceraeochrysa caligata* as a potential biological agent for controlling the red palm mite *Raoiella indica*. PeerJ., 7(2019), pp.1-18.

Figura 2a

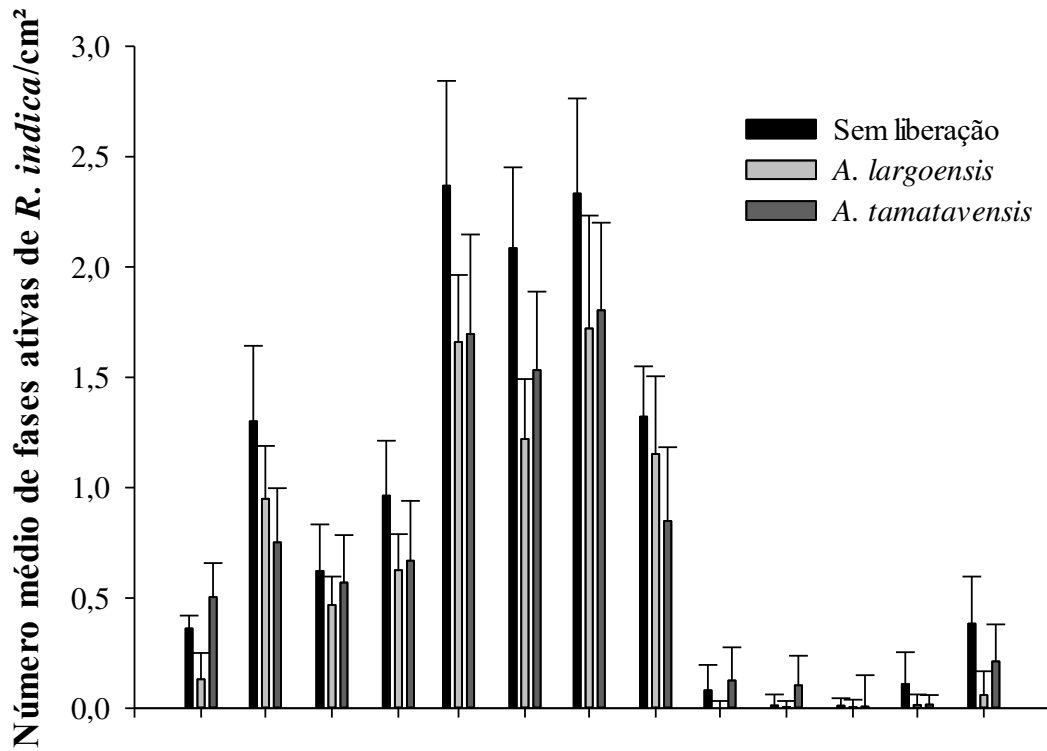


Figura 2b

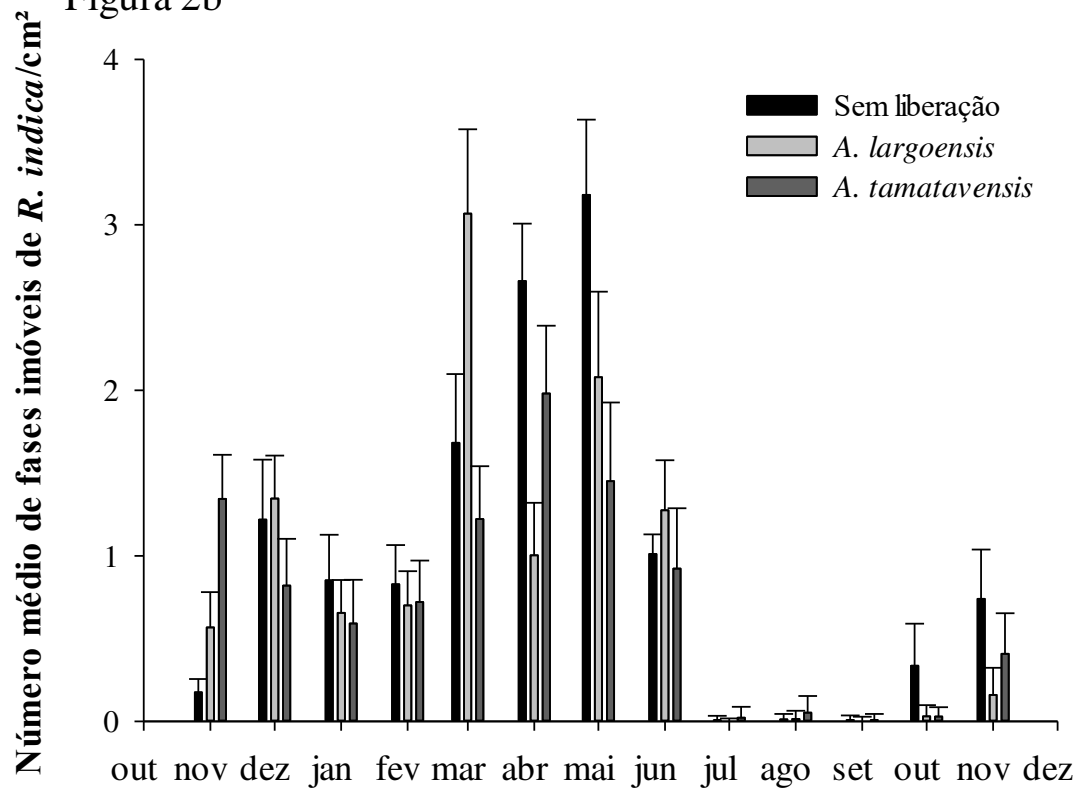


Figura 2 Número médio (\pm EP) de fases ativas e imóveis de *Raoiella indica*/cm² em plantas de coqueiro (*Cocos nucifera* L.) com liberações mensais de *Amblyseius largoensis*, *Amblyseius tamatavensis* e sem liberação de predador (controle).

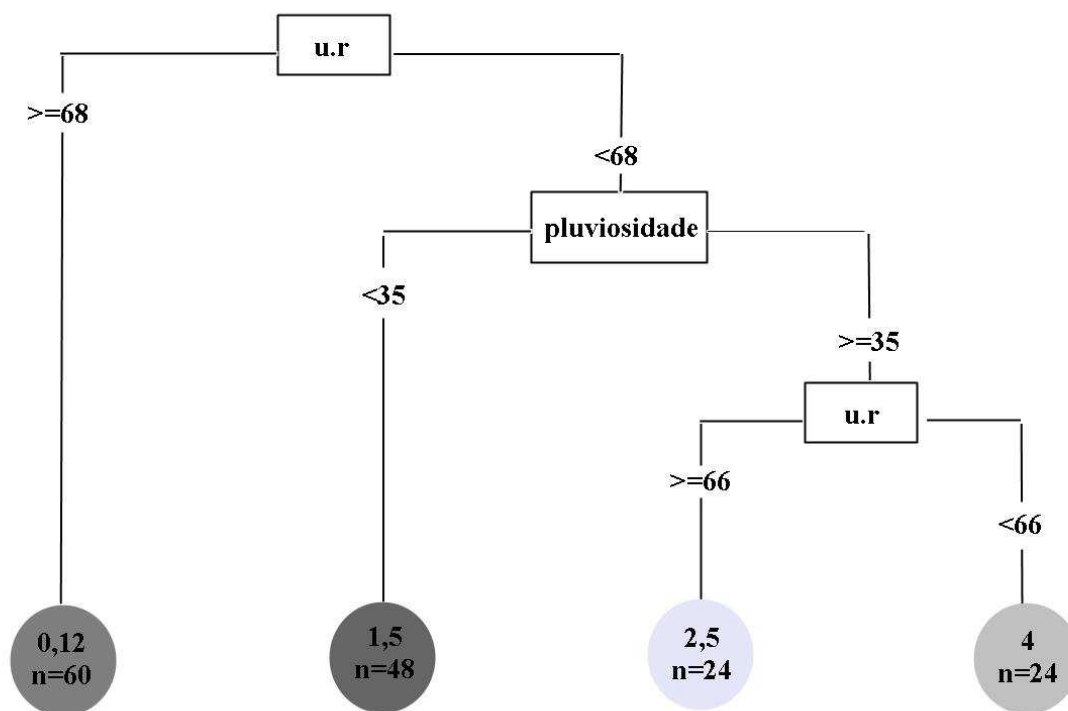


Figura 3 Modelo da árvore de regressão das densidades de *Raoiella indica*/cm² influenciadas pela umidade relativa (%) e pluviosidade (mm³). O comprimento dos galhos verticais da árvore é proporcional à variabilidade explicada pelas variáveis explicativas usadas em cada partição.

4. CONCLUSÃO GERAL

O predador *A. tamatavensis* é um promissor agente de controle biológico de *R. indica*, sobretudo em baixas e moderadas densidades da praga.

Em condições de escassez da praga, o potencial reprodutivo diminui e o consumo de presas coespecíficas aumenta, o que pode impactar na sua eficiência do controle.

Liberações massais de *A. tamatavensis* são mais eficientes na redução de populações de *R. indica* em campo que as de *A. largoensis*, inclusive no período de aumento populacional da praga.