

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

IASMYM DE CÁSSIA ALMEIDA RODRIGUES

POTENCIAL DE *Ceraeochrysa cubana* (HAGEN) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) NO
CONTROLE DE *Raoiella indica* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE)

SÃO LUÍS

2026

IASMYM DE CÁSSIA ALMEIDA RODRIGUES

POTENCIAL DE *Ceraeochrysa cubana* (HAGEN) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) NO
CONTROLE DE *Raoiella indica* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE)

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

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Soares Rêgo

SÃO LUÍS

2026

Rodrigues, Iasmym de Cássia Almeida.

Potencial de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) no controle de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) / Iasmym de Cássia Almeida Rodrigues. - São Luís - MA, 2026.
62 f.

Dissertação (Mestrado em Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2026.

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro.

1. Ácaro-vermelho-das-palmeiras. 2. Coqueiro-anão-verde. 3. Controle biológico. 4. Crisopídeo. 5. Resposta funcional. I. Título.

CDU: 632.937.1

POTENCIAL DE *Ceraeochrysa cubana* (HAGEN) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) NO
CONTROLE DE *Raoiella indica* HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE)

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

Orientador: Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Soares Rêgo

APROVADA EM: 13/02/2026

COMISSÃO JULGADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ADENIR VIEIRA TEODORO**
Data: 11/05/2026 08:20:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro – EMBRAPA Tabuleiros Costeiros

Orientador

Documento assinado digitalmente
 **ESTER AZEVEDO DO AMARAL**
Data: 07/05/2026 13:12:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Ester Azevedo do Amaral – UEMA

Documento assinado digitalmente
 **WENNER VINICIUS ARAUJO SARAIVA**
Data: 07/05/2026 09:13:33-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Wenner Vinícius Araujo Saraiva – UFMA

“Para que todos vejam, e saibam, e considerem, e juntamente entendam que a mão do Senhor fez isto, e o Santo de Israel o criou”.

(Isaías 41:20)

DEDICO

À minha mãe, Ivone Almeida Ferreira;

À minha irmã, Ingrid de Kássia Almeida Rodrigues;

Ao meu padrasto, Adriano Bezerra da Silva;

Ao meu avô, Raimundo Ferreira (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela condução dos meus passos para que eu pudesse alcançar cada propósito em minha vida.

À minha mãe, Ivone Almeida Ferreira, expresso minha profunda gratidão por todo amor, cuidado e dedicação.

À minha irmã, Ingrid de Kássia Almeida Rodrigues, agradeço pelo companheirismo e apoio incondicionais.

Ao meu avô, Raimundo Ferreira (*in memoriam*), pela inspiração que despertou em mim o amor pela natureza e a sensibilidade necessária para buscar compreendê-la.

Ao meu padrasto, Adriano Bezerra da Silva, pelo incentivo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adenir Vieira Teodoro e coorientador, Prof. Dr. Adriano Soares Rêgo, manifesto sincero reconhecimento pelo comprometimento, orientações consistentes e apoio inestimável prestado ao longo do desenvolvimento deste estudo.

Às professoras Ester Azevedo do Amaral, Gislane da Silva Lopes e Raimunda Nonata de Lemos Araújo, agradeço pelas contribuições, que foram fundamentais para a construção da minha formação científica.

Aos amigos, Aline Vieira Mascarenhas, Anne Caroline Bezerra dos Santos, Luís Carlos Ferreira Reis, Vanessa Cristine Serra Pereira, agradeço a parceria, colaboração e presença constante em todas as etapas desta jornada, que a tornaram muito mais agradável. Aos queridos colegas Asafe Cerveira, Ricardo Sousa Brito e Walterlan Santos Ravete de Lima por todo suporte prestado.

À Fazenda Sergipana, pela disponibilização da área experimental e pelo apoio logístico que viabilizou a condução das atividades de pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo à formação acadêmica e pela concessão da bolsa de mestrado.

À secretária do PPGCIAG, Rayanne Cristine C. Ewerton Ferreira, pela atenção, suporte administrativo e prontidão no atendimento às demandas ao longo de todo o curso.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCIAG), pelo acolhimento e pela oportunidade de desenvolver a presente pesquisa.

À Universidade Estadual do Maranhão, pela disponibilidade de recursos, infraestrutura de pesquisa e laboratórios fundamentais para a execução desta dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I.....	xv
1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 A CULTURA DO COQUEIRO (<i>Cocos nucifera</i> L.)	17
3 O Ácaro-Vermelho-das-Palmeiras <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari: Tenuipalpidae)	19
3.1 Classificação Taxonômica e Biologia de <i>Raoiella indica</i>	19
3.2. Distribuição Geográfica e Histórico de Invasão de <i>Raoiella indica</i>	20
3.3 Danos Causados por <i>Raoiella indica</i> à Cultura do Coqueiro	20
3.4 Métodos de Controle de <i>Raoiella indica</i>	21
4. CONTROLE BIOLÓGICO DE <i>Raoiella indica</i>	22
4.1 Principais Grupos de Inimigos Naturais de <i>Raoiella indica</i>	22
4.2 Crisopídeos como Agentes de Controle Biológico de <i>Raoiella indica</i>	23
5 CRISOPÍDEOS (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE).....	24
5.1 A Família Chrysopidae	24
5.2 Ciclo de Vida e Comportamento Predatório	25
5.3 <i>Ceraeochrysa</i> Adams (Neuroptera: Chrysopidae).....	26
6 RESPOSTA FUNCIONAL	27
7 POTENCIAL DE CRISOPÍDEOS EM PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS.....	28
7.1 Desafios e Perspectivas Futuras para o Uso de Crisopídeos no Controle de <i>Raoiella indica</i>	28
Referências.....	30
CHAPTER II: PREDATORY POTENTIAL OF <i>Ceraeochrysa cubana</i> (HAGEN) (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE) AGAINST <i>Raoiella indica</i> HIRST (ACARI: TENUIPALPIDAE).....	42
ABSTRACT.....	43
INTRODUCTION	45

MATERIAL AND METHODS	46
Stock colony of <i>Ceraeochrysa cubana</i>	47
Predatory capacity of <i>Ceraeochrysa cubana</i>	48
Statistical analysis	48
RESULTS	50
DISCUSSION.....	51
ACKNOWLEDGMENTS	53
REFERENCES	54

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 2

- Figura 1.** Functional response of first (A), second (B), and third-instar (C) larvae of the predator *Ceraeochrysa cubana* consuming *Raoiella indica* females during a 24-hour period. Each point represents the mean ($\pm$ SD) of replicates for a given prey density, and solid lines represent the fitted functional response curves for each instar 58
- Figura 2.** Proportion (N_e/N_o) *Raoiella indica* females consumed by first (A), second (B), and third (C) larval instars of *Ceraeochrysa cubana* at varying prey densities during a 24-hour period. Symbols represent mean values ($\pm$ SD)..... 59
- Figura 3.** Average maximum consumption ($\pm$ SD) of *Raoiella indica* females by first, second, and third larval instars of *Ceraeochrysa cubana* on the major density offered. **** ($P < 0.0001$) and n.s. (no significative) according Tukey test ($P < 0.05$)..... 60

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Tabela 1. Results of logistic regression analyses of the proportion of females of <i>Raoiella indica</i> consumed by first, second and third larval instars of <i>Ceraeochrysa cubana</i> during 24 hours	56
Tabela 2. Estimates (mean $\pm$ SE and confidence intervals) for the parameters attack rate (a'), handling time (Th) and consumption peak ($1/Th$) of larval instars of <i>Ceraeochrysa cubana</i> on females of <i>Raoiella indica</i> during 24 hours (1440 min) of exposure	57

RESUMO

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) é uma praga exótica que tem atacado cultivos de coqueiros em países tropicais. Estratégias de controle ecologicamente adequadas têm sido buscadas para essa praga; no entanto, o controle biológico utilizando crisopídeos para controlar *R. indica* ainda é pouco investigado. Portanto, o presente estudo foi conduzido para avaliar a capacidade de predação de *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) no controle de fêmeas de *R. indica*. A predação de fêmeas de *R. indica* por imaturos de *C. cubana* foi avaliada em laboratório por meio de estudos de resposta funcional. As unidades experimentais (arenas) foram compostas por placas de Petri contendo uma seção de folíolo de coqueiro coberta com uma camada de ágar solidificado. Em seguida, a epiderme do folíolo foi exposta com auxílio de um vazador de 4 cm de diâmetro, permitindo a transferência de densidades crescentes de fêmeas de *R. indica* às arenas. As densidades variaram entre 5 a 160 fêmeas de *R. indica* para larvas de 1º instar de *C. cubana*; 50 a 600 para o 2º instar; e 100 a 700 para o 3º instar. A análise de regressão logística resultou em resposta funcional do Tipo II para o 1º instar de *C. cubana*; contudo, o 2º e 3º instar de *C. cubana* apresentaram resposta funcional do Tipo III. Entre os estágios do predador, o 2º apresentou maior taxa de ataque, indicando maior eficiência na captura de presas. O tempo de manipulação foi maior para o 1º e 2º instar e o pico de consumo ocorreu no 3º instar de *C. cubana*. O consumo total de *C. cubana* diferiu entre os estágios larvais do predador quando expostos às maiores densidades de fêmeas de *R. indica*. Os resultados indicam que *C. cubana* tem potencial como agente de controle biológico de fêmeas de *R. indica*.

Palavras-chave: Ácaro-Vermelho-das-Palmeiras, Coqueiro-anão-verde; Controle Biológico, Crisopídeo, Resposta Funcional.

ABSTRACT

Raoiella indica Hirst (Acari: Tenuipalpidae) is an exotic pest that has been attacking coconut crops in tropical countries. Ecologically sound control strategies have been sought for this pest; however, biological control using lacewings to control *R. indica* remains under-investigated. Therefore, the present study was conducted to investigate the predatory capacity of *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) in the control of *R. indica* females. The predation of *R. indica* females by immature *C. cubana* was evaluated in the laboratory. The experimental units (arenas) consisted of Petri dishes containing a section of coconut leaflet covered with a layer of solidified agar. Subsequently, the leaflet epidermis was exposed using a 4 cm diameter punch, allowing the transfer of increasing densities of *R. indica* females to the arenas. Densities ranged from 5 to 160 *R. indica* females for 1st instar *C. cubana* larvae; 50 to 600 for the 2nd instar; and 100 to 700 for the 3rd instar. Logistic regression analysis resulted in a Type II functional response for the 1st instar of *C. cubana*; however, the 2nd and 3rd instars of *C. cubana* exhibited a Type III functional response. Among the predator stages, the 2nd instar showed the highest attack rate, indicating greater efficiency in prey capture. Handling time was higher for the 1st and 2nd instars, and peak consumption occurred in the 3rd instar of *C. cubana*. The total consumption of *C. cubana* differed between the larval stages of the predator when exposed to the highest densities of *R. indica* females. The results indicate that *C. cubana* has potential as a biological control agent for *R. indica* females.

Keywords: Biological control, coconut, functional response, lacewing, red palm mite.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

1 INTRODUÇÃO GERAL

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma frutífera originária do Sudeste Asiático, pertencente à família Arecaceae, subfamília Cocoideae, que inclui 27 gêneros e cerca de 600 espécies (Junior *et al.*, 2024). Caracteriza-se como uma das frutíferas mais difundidas em todo o mundo, presente em quase todos os continentes (Martins e Júnior, 2011). Em virtude de sua alta capacidade de adaptação, o cultivo e a utilização dessa palmeira ocorrem de maneira expressiva e variada, onde os frutos podem ser comercializados tanto em sua forma *in natura* quanto processados e industrializados (Martins e Cuenca, 2018).

Diversas espécies de organismos fitófagos têm sido relatadas atacando o coqueiro em diferentes regiões produtoras no mundo (Ferreira *et al.*, 2016). Esses organismos podem causar danos desde a fase de viveiro até todo o período de vida adulta da planta (Ferreira *et al.*, 2018). Dentre as pragas que atacam a cultura do coqueiro, destaca-se o ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) (Moraes; Castilho; Flechtmann, 2024). *Raoiella indica* é um fitófago polífago que afeta diversas famílias de plantas, tais como: Musaceae, Heliconiaceae, Strelitziaceae e Arecaceae (Holtz *et al.*, 2024). Entre os tenuipalpeos, *R. indica* é o mais importante para as Arecaceae, pois dissemina-se com facilidade e causa diversos danos econômicos (Ochaeta, 2018).

A ampla capacidade de adaptação e colonização de *R. indica* tem resultado em perdas expressivas para a agricultura, sobretudo pelo impacto negativo em culturas de elevada importância econômica, como bananeira, coqueiro e outras espécies de palmeiras, além de plantas ornamentais (Freitas *et al.*, 2021). O manejo eficaz desta praga ainda constitui um desafio em ambientes tropicais, onde estão concentradas cerca de 40% das espécies da família Arecaceae (Mendonça, Návia e Flechtmann, 2005).

Em coqueiros, as colônias deste ácaro desenvolvem-se na região abaxial das folhas e os indivíduos se alimentam nos estômatos, danificando as células do mesófilo, o que promove o amarelecimento gradual dos folíolos, seguido de bronzeamento e necrose foliar (Carrillo *et al.*, 2012). A infestação pode comprometer o desenvolvimento das plantas e causar redução na produtividade em até 90% (Santos *et al.*, 2020a; Teodoro *et al.*, 2023).

O controle químico por meio do uso de acaricidas tem sido a estratégia mais adotada no manejo de *R. indica* (Agrofit, 2026). No entanto, a utilização inadequada de agrotóxicos pode resultar em sérias implicações sociais, econômicas e ecológicas (Rodrigues *et al.*, 2024). O uso intensivo e indiscriminado desses produtos tende a favorecer a ressurgência da praga ou a seleção de populações resistentes, bem como a redução de inimigos naturais, comprometendo

o equilíbrio dos agroecossistemas (Carriço *et al.*, 2023). Adicionalmente, essa prática pode provocar intoxicação de trabalhadores rurais e de organismos não alvo (Ferreira *et al.*, 2018).

Diante das crescentes preocupações ambientais associadas ao uso de inseticidas e acaricidas na cultura do coqueiro, especialmente quanto aos impactos sobre organismos não alvo, as pesquisas voltadas ao desenvolvimento de métodos alternativos de controle de pragas têm se intensificado (Ferreira, Cunha e Zafra-Lemos, 2025). Nesse contexto, estratégias de controle ecologicamente adequadas vêm sendo investigadas para o manejo de populações de artrópodes fitófagos, com destaque para o uso de óleos essenciais e óleos fixos vegetais (Almeida *et al.*, 2021; Barreto *et al.*, 2022; Brito *et al.*, 2021; Coelho *et al.*, 2019; Farias *et al.*, 2018; Farias *et al.*, 2020; Freitas *et al.*, 2018; Freitas *et al.*, 2019; Jesus *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2019; Saraiva *et al.*, 2020; Teodoro *et al.*, 2017; Teodoro *et al.*, 2020; Teodoro *et al.*, 2021; Vieira *et al.*, 2021), bem como para a adoção de agentes de controle biológico, incluindo crisopídeos (Batista *et al.*, 2017a; Batista *et al.*, 2017b; Coelho *et al.*, 2020; Lira *et al.*, 2021; Santana *et al.*, 2023; Jumbo *et al.*, 2019; Freitas *et al.*, 2021). Entretanto, o potencial do controle biológico com crisopídeos nativos no manejo de *R. indica* em cultivos de coqueiro no estado do Maranhão permanece pouco explorado.

Diversos estudos têm evidenciado o potencial dos crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae) como agentes de controle biológico de *R. indica* (Peña *et al.*, 2009; Carrillo *et al.*, 2012; Contreras-Bermúdez *et al.*, 2017; Jumbo *et al.*, 2019; Palomarez-Pérez *et al.*, 2020). Representantes da família Chrysopidae apresentam elevada capacidade de busca, alta voracidade na fase larval, expressivo potencial reprodutivo, resistência a uma ampla gama de inseticidas e facilidade de criação em laboratório. Essas características que favorecem sua utilização em programas de manejo integrado de pragas (Souza *et al.*, 2015; Sato *et al.*, 2022).

As espécies do gênero *Ceraeochrysa*, encontram-se amplamente distribuídas pelas Américas. No Brasil, são encontradas 28 espécies registradas em diversas culturas, onde são frequentemente utilizadas no controle biológico. Dentre os representantes desse gênero, encontra-se *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), um promissor agente de controle biológico de artrópodes fitófagos, com ocorrência em diversos cultivos de importância econômica (Oliveira *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2020c). Essa espécie já foi relatada predando diferentes pragas agrícolas como pulgões, cochonilhas, lagartas, tripses, ovos e larvas de artrópodes e ácaros (Oliveira *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2017; Venzon *et al.*, 2021), evidenciando sua plasticidade alimentar. Portanto, investigar seu potencial como agente de controle de *R. indica* pode gerar informações relevantes para a implementação

de estratégias de controle biológico mais sustentáveis, especialmente em sistemas de cultivo de coqueiro em regiões tropicais.

A resposta funcional, que descreve a relação entre a taxa de consumo do predador e a densidade de presas, é um conceito fundamental para compreender o potencial de inimigos naturais como agentes de controle biológico (Barraquand, 2025). As curvas de resposta funcional podem ser identificadas pela avaliação de diferentes parâmetros, como a taxa de ataque e o tempo de manipulação (tempo gasto para atacar, matar, subjugar e digerir a presa) (Holling, 1965; Holling, 1966; Abdel-Hameid, 2024; Vacari *et al.*, 2025).

A capacidade de predação de crisopídeos sobre artrópodes fitófagos tem despertado crescente interesse em programas de manejo integrado de pragas, especialmente em culturas tropicais. Nesse contexto, espécies do gênero *Ceraeochrysa* têm se destacado pela eficiência no controle do ácaro-vermelho *R. indica* (Carrillo *et al.*, 2012; Jumbo *et al.*, 2019; Palomarez-Pérez *et al.*, 2020). Portanto, o presente estudo foi conduzido para investigar a capacidade de predação de *C. cubana* no controle de fêmeas de *R. indica*.

2 A CULTURA DO COQUEIRO (*Cocos nucifera* L.)

O coqueiro é uma planta originária da Região Asiática, especialmente das ilhas situadas entre os oceanos Índico e Pacífico. Durante o período das Grandes Navegações, foi levado para a Índia. Com o descobrimento do Cabo da Boa Esperança, a espécie foi introduzida na Região Oeste da África, o que possibilitou sua posterior disseminação pelas Américas e por toda a zona tropical do planeta (Pinto, Silva e Arantes, 2023). Essa palmeira apresenta ampla versatilidade de uso, uma vez que praticamente todas as suas estruturas, raízes, caule, folhas, inflorescências e frutos, podem ser aproveitadas para fins artesanais, alimentícios, nutricionais, agroindustriais, medicinais e biotecnológicos, evidenciando seu elevado potencial econômico (Santos *et al.*, 2020b).

A cultura do coqueiro desempenha um papel significativo na economia de diversos países, sendo os principais produtores Índia, Filipinas e Indonésia, que juntos detêm aproximadamente 74% da produção mundial (Junior *et al.*, 2024). Nesse cenário, o Brasil consolida sua importância como o quinto maior produtor global do fruto (IBGE, 2023).

No Brasil, a cocoicultura tem apresentado crescimento contínuo, impulsionada por avanços tecnológicos, progresso científico e maior acesso à informação, aliados ao uso intensivo de capital e mão-de-obra (Rocha, Ferreira e Garcia, 2022). Além de sua relevância produtiva, a cultura do coqueiro desempenha papel expressivo na economia nacional,

contribuindo para a geração de empregos diretos e indiretos e para a renda ao longo de toda a cadeia produtiva (Ferreira *et al.*, 2018).

A nível nacional, os maiores produtores de coco estão concentrados na região Nordeste, que representa 79% da produção com destaque aos estados do Ceará, Bahia e Pernambuco (Junior *et al.*, 2024). Segundo o IBGE (2023), no ano de 2023, o Brasil produziu 1.932.282 de frutos de coco-da-baía, colhidos em 186.712 hectares com um rendimento médio de 10.349 frutos por hectare, sendo o Ceará o maior produtor do país.

Nos últimos anos, a produção e a comercialização de coco no Brasil tiveram um crescimento expressivo de quase 10% ao ano (IBGE, 2023). Esse crescimento resultou do empenho de toda a cadeia produtiva, que tem aprimorado os processos produtivos e agroindustriais para atender às exigências de competitividade e à crescente demanda, impulsionando o avanço científico e tecnológico em todos os segmentos da cultura (Neves *et al.*, 2022).

O coqueiro é uma rica fonte de alimento para várias espécies de insetos e ácaros, que se alojam e se desenvolvem em diferentes partes da planta, como folhas, flores, frutos, estipe e raízes. Esses organismos podem causar danos de intensidade variável, dependendo da densidade populacional da praga, da ação de inimigos naturais e dos fatores abióticos característicos da região (Ferreira e Filho, 2016).

De acordo com Ferreira *et al.* (2018), diversas espécies de insetos têm sido relatadas atacando o coqueiro em diferentes regiões produtoras no mundo. Esses insetos podem causar danos desde a fase de viveiro até todo o período de vida adulta da planta. O impacto das pragas está diretamente relacionado ao aumento dos custos de produção, ao risco de contaminação e desequilíbrio ecológico, além da intoxicação de trabalhadores e animais, causada pelo uso indiscriminado de produtos químicos para proteger o capital investido.

Raoiella indica é atualmente uma praga de grande importância econômica no Brasil. Esse ácaro alimenta-se por meio da inserção de seu estilete nos estômatos localizados na superfície dos folíolos, extraindo o conteúdo das células da epiderme. Esse hábito alimentar provoca lesões significativas nos tecidos foliares, resultando em sintomas como clorose intensa, necrose e subsequente ressecamento das folhas, comprometendo a capacidade fotossintética da planta e sua produtividade (Teodoro *et al.*, 2019).

3 O ÁCARO-VERMELHO-DAS-PALMEIRAS *Raoiella indica* HIRST (Acari: Tenuipalpidae)

3.1 Classificação Taxonômica e Biologia de *Raoiella indica*

A família Tenuipalpidae (Acari: Prostigmata) é composta por ácaros fitófagos, reunindo aproximadamente 1.080 espécies distribuídas em 39 gêneros. Dentre esses, o gênero *Raoiella* tem despertado crescente interesse científico, especialmente devido à rápida disseminação da espécie, *R. indica*, uma praga que tem causado danos significativos a diversas culturas de importância econômica (Palma *et al.*, 2021).

O ácaro-vermelho-das-palmeiras, *R. indica* é uma praga polífaga que afeta diversas famílias de plantas, como, Musaceae, Heliconiaceae, Strelitziaceae e preferencialmente Arecaceae (Holtz *et al.*, 2024). *Raoiella indica* é, entre os tenuipalpídeos, a praga mais importante das Arecaceas, pois dissemina-se com facilidade e causa diversos níveis de danos (Ochaeta, 2018).

O ciclo de vida do ácaro-vermelho-das-palmeiras compreende os estágios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. Os estágios de protocrisálida, deutocrisálida e teliocrisálida são períodos de imobilidade que antecedem as protoninfas, deutoninfas e adultos. Todas as fases do desenvolvimento dessa espécie possuem coloração vermelha, característica que facilita sua identificação (Queiroz *et al.*, 2021).

O ovo do ácaro-vermelho-das-palmeiras apresenta formato ovalado, superfície brilhante e uma haste na extremidade, medindo entre 95 e 120 µm de comprimento. A larva, possui três pares de pernas e seu tamanho pode variar de 90 a 130 µm. A protoninfa, primeiro estágio ninfal, mede de 170 a 190 µm e assim como os estágios seguintes, apresenta quatro pares de pernas. A deutoninfa tem formato ovalado e comprimento entre 240 e 250 µm (Teodoro *et al.*, 2016).

As fêmeas adultas medem de 230 a 320 µm, enquanto os machos são menores, com tamanho entre 150 e 200 µm. As fases ativas do ácaro excretam pequenas gotículas de fluido através das setas, substância que possivelmente desempenha função defensiva (Teodoro *et al.*, 2016). Uma característica distintiva entre os sexos é o formato da extremidade do idiossoma: nos machos, essa região é triangular, enquanto nas fêmeas é arredondada (Nora, Hickel e Zambonim, 2019).

A biologia de *R. indica* foi estudada na Índia, sob condições laboratoriais de temperatura variável entre 23,9 e 25,7 °C e umidade relativa média de 59,8%, com criações em folhas de coqueiro. Esse ácaro se reproduz de forma sexuada ou por partenogênese

arrenótoca, onde os óvulos não fecundados originam machos e os fecundados, fêmeas. O ciclo de vida médio das fêmeas fertilizadas foi de 24,5 dias, e o dos machos, 20,6 dias. Fêmeas fertilizadas apresentaram períodos médios de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição de 5,9; 46,9 e 6 dias, respectivamente, enquanto fêmeas não fertilizadas apresentaram 2,07; 40,07 e 6,5 dias. A longevidade foi de 50,9 dias para fêmeas fertilizadas, 48,6 para não fertilizadas e 21,6 dias para machos (Mendonça, Navia e Flechtmann, 2005).

3.2 Distribuição Geográfica e Histórico de Invasão de *Raoiella indica*

Raoiella indica foi registrado pela primeira vez em 1924, infestando coqueiros no Sul da Índia. Posteriormente, foi relatado em países da África e do Oriente Médio. Em 2004, foi registrado no Caribe, em Martinica, disseminando-se por várias outras ilhas da região, e desde então se expandiu para todas as ilhas do Caribe, Flórida (EUA), México, Venezuela, Colômbia e Brasil (Ochaeta, 2018; Marsaro Júnior *et al.*, 2009). Esse ácaro é encontrado em toda a Região Neotropical, onde causa danos principalmente em coqueiro e bananeira (Pinheiro e Vasconcelos, 2020).

Essa praga era considerada quarentenária ausente no Brasil até o primeiro semestre de 2009. Entretanto, no segundo semestre deste mesmo ano, *R. indica* foi encontrada em três municípios do Estado de Roraima, (Boa Vista, Cantá e Mucajaí), infestando folhas de bananeira, coqueiro e outras palmeiras (Marsaro Júnior *et al.*, 2009).

A capacidade de sobreviver em condições adversas, aliada à elevada taxa reprodutiva e à rápida disseminação e adaptação a novos hospedeiros, favoreceu a invasão de *R. indica* no continente americano. Esses fatores resultaram em um impacto econômico significativo nos países produtores de coco (Freitas *et al.*, 2021).

3.3 Danos Causados por *Raoiella indica* às Palmáceas

A ampla capacidade de adaptação e colonização de *R. indica* resulta em perdas expressivas para a agricultura, sobretudo pelo impacto negativo em culturas de elevada importância econômica, como bananeira, coqueiro e outras espécies de palmáceas, além de plantas ornamentais (Freitas *et al.*, 2021).

Em coqueiros, o ataque de *R. indica* provoca o surgimento de manchas cloróticas na face superior dos folíolos. A infestação pode comprometer o desenvolvimento das plantas e causar redução na produtividade (Teodoro *et al.*, 2023).

As colônias de *R. indica* se desenvolvem predominantemente na face abaxial das folhas, onde os indivíduos se alimentam nos estômatos, causando danos às células do mesofilo (Santos *et al.*, 2020a). Esse hábito alimentar especializado interfere nos processos de fotossíntese, respiração celular, abertura e fechamento dos estômatos e equilíbrio hídrico da planta hospedeira, conferindo inicialmente à folha um aspecto bronzeado e, posteriormente, provocando a necrose dos tecidos vegetais (Holtz *et al.*, 2024). Em casos extremos, promove a morte de plantas jovens, além de reduzir significativamente a produtividade de plantas adultas (Piffer *et al.*, 2023).

Os danos mais severos são observados durante a fase de viveiro, podendo ocasionar morte das mudas. Em plantas adultas, os prejuízos concentram-se principalmente nas folhas mais maduras, que apresentam amarelecimento progressivo e podem secar completamente. Esse comprometimento foliar reduz a taxa fotossintética da planta e provoca o aborto floral, impactando diretamente a produtividade (Palomarez-Pérez *et al.*, 2020).

Há registros de que infestações severas de *R. indica* diminuem a produção de coqueiros em mais de 50% (Ferreira, Pimenta e Fontes, 2019). A dinâmica populacional desse ácaro é favorecida por condições climáticas quentes e secas, apresentando declínio durante o período chuvoso em decorrência do aumento das precipitações. As condições climáticas de diversas regiões do Brasil são extremamente favoráveis ao desenvolvimento do ácaro-vermelho-das-palmeiras, incluindo as principais regiões produtoras de coco do país (Teodoro *et al.*, 2016).

3.4 Métodos de Controle de *Raoiella indica*

O manejo do ácaro-vermelho-das-palmeiras é realizado, basicamente, por meio do controle químico sintético (Holtz *et al.*, 2024). No Brasil, ainda há apenas quatro produtos comerciais (Acanein 18 EC, Devamectin 18 EC, Fujimite 50 SC, Ortus 50 SC) autorizados pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) para o controle químico de *R. indica*, além do ácaro predador *Neoseiulus barkeri* (Hughes, 1948) (Mesostigmata: Phytoseiidae), registrado como agente de controle biológico (Agrofit, 2026).

Embora amplamente empregado, o controle químico apresenta importantes limitações, exigindo aplicações frequentes e envolvendo riscos à saúde humana, contaminação ambiental e seleção de populações resistentes. Ademais, essa estratégia de controle apresenta eficácia limitada contra *R. indica*, devido à localização do ácaro nas plantas hospedeiras, o que restringe sua exposição aos acaricidas aplicados. Além disso, as palmeiras podem ultrapassar 10 metros

de altura, o que dificulta ainda mais o controle químico eficaz por pulverização (Jumbo *et al.*, 2019).

A utilização de agentes de controle biológico naturalmente presentes no ambiente constitui uma estratégia promissora para o manejo de *R. indica*. Diversos estudos têm evidenciado o potencial de diferentes espécies de ácaros e insetos predadores na predação desse ácaro-praga. Dentre os ácaros predadores, destacam-se espécies do gênero *Amblyseius* (Acari: Phytoseiidae), notáveis por sua abundância ao longo de todo o ano e pela capacidade de se alimentar de todos os estágios de desenvolvimento de *R. indica*. Quanto aos insetos predadores, já foram relatadas doze espécies pertencentes a cinco famílias com potencial predatório sobre *R. indica*, entre as quais se destacam *Oligota* sp. (Coleoptera: Staphylinidae) (Somchoudhury & Sarkar, 1987), *Aleurodothrips fasciapennis* (Thysanoptera: Phlaeothripidae) e *Ceraeochrysa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) (Jumbo *et al.*, 2019).

Além disso, óleos vegetais fixos são utilizados no controle de pragas agrícolas, por apresentarem diversas vantagens, como baixa toxicidade aos inimigos naturais, menor risco ao meio ambiente e à saúde humana, facilidade de obtenção e aplicação, baixo custo e possibilidade de preparo caseiro da solução para uso imediato (Teodoro *et al.*, 2019).

Dentre as estratégias de manejo, destaca-se a adoção de práticas culturais que aumentam o vigor das plantas, o que eleva sua tolerância ao ataque de pragas e reduz a densidade populacional desses organismos. Entre essas práticas estão a adubação equilibrada, especialmente a nitrogenada, com base em análises foliares e de solo, a irrigação adequada, conforme as necessidades hídricas da cultura, a limpeza periódica da copa das plantas, e a utilização exclusiva de mudas com procedência comprovada, a fim de evitar a introdução de materiais contaminados (Queiroz *et al.*, 2021).

4 CONTROLE BIOLÓGICO DE *Raoiella indica*

4.1 Principais Grupos de Inimigos Naturais de *Raoiella indica*

A dinâmica populacional de *R. indica* no agroecossistema está diretamente relacionada à presença de inimigos naturais (Mendonça, Navia e Flechtmann, 2005). Os fungos patogênicos *Simplicillium* sp. (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Lecanicillium lecanii* (Hypocreales: Cordycipitaceae) e *Hirsutella thompsonii* (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae), têm sido registrados infectando o ácaro-vermelho-das-palmeiras. Entre os inimigos naturais mais relevantes de *R. indica* na Ásia, África e Américas destacam-se os ácaros predadores da família

Phytoseiidae *Amblyseius caudatus* Berlese, *A. channabasavanni* Gupta e *A. largoensis*, além das joaninhas *Stethorus keralicus* Kapur e *Telsimia ephippiger* Chapin (Teodoro *et al.*, 2016).

No Brasil, especialmente no estado de Roraima, diversas espécies de fitoseídeos têm sido registradas em associação a *R. indica*, destacando-se *A. largoensis*, *A. tamatavensis* Blommers, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma e *Euseius concordis* (Chant), reconhecidas como os principais predadores do ácaro-vermelho-das-palmeiras na região.

Esses inimigos naturais desempenham papel estratégico no manejo biológico da praga, pois demonstram potencial para reduzir suas populações em condições de campo, constituindo uma alternativa sustentável ao uso intensivo de acaricidas químicos (Moraes *et al.*, 2012).

O sucesso do controle biológico de *R. indica* depende da presença de inimigos naturais e da compreensão de suas interações ecológicas. Além disso, fatores ambientais como temperatura, umidade, disponibilidade de presas alternativas e a composição da comunidade de artrópodes influenciam diretamente a eficiência de predadores e patógenos. A consideração integrada dessas variáveis permite potencializar a atuação dos agentes de controle biológico e reduzir a dependência de intervenções químicas, favorecendo um manejo mais sustentável e ecologicamente equilibrado (Fontes e Valadares-Inglis, 2020).

Portanto, para otimizar o controle biológico de *R. indica*, é essencial considerar essas variáveis ambientais e biológicas, ajustando as estratégias de manejo para as condições específicas de cada agroecossistema (Mendonça, Navia e Flechtmann, 2005).

4.2 Crisopídeos como Agentes de Controle Biológico de *Raoiella indica*

Os representantes da família Chrysopidae (Neuroptera), comumente conhecidos como crisopídeos, são importantes agentes de controle biológico de diversos artrópodes-praga (Ramírez-Ahuja *et al.*, 2020). Os crisopídeos são inimigos naturais polípagos, cujas larvas são predadoras e os adultos possuem alimentação variada (Venzon *et al.*, 2021).

Representantes dessa família possuem grande capacidade de busca, voracidade das larvas e alto potencial reprodutivo. Além disso, possuem resistência a uma ampla gama de inseticidas, ampla distribuição geográfica, potencial de adaptação em diferentes cultivos e facilidade de criação em laboratório, o que favorece o uso desses insetos em diversos programas manejo integrado (Souza *et al.*, 2014; Sato *et al.*, 2022).

Ceraeochrysa cubana e *Chrysoperla externa* destacam-se como as principais espécies de crisopídeos com relevância para o controle biológico de pragas nos Neotrópicos. Assim como a maioria das espécies desse grupo, o estágio larval de ambas apresenta comportamento

predador generalista, atuando de forma eficaz no controle de diversas pragas agrícolas, como pulgões, cochonilhas, lagartas, tripses, ovos e larvas de artrópodes, além de ácaros fitófagos (Venzon *et al.*, 2021).

Os crisopídeos têm se destacado como importantes agentes de controle biológico do ácaro *R. indica*. Esses insetos apresentam características favoráveis ao controle biológico, como voracidade e capacidade de predação de ovos, imaturos e fêmeas de *R. indica* (Jumbo *et al.*, 2019). No entanto, a maior parte das evidências disponíveis até o momento é derivada de estudos laboratoriais ou observacionais, enquanto as demonstrações de eficácia em campo permanecem limitadas (Carrillo *et al.*, 2012).

Palomares-Pérez *et al.* (2020) demonstraram que *Ceraeochrysa claveri* Navás (Neuroptera: Chrysopidae) é capaz de completar todo o seu ciclo de desenvolvimento alimentando-se exclusivamente de *R. indica*. De acordo com os autores *C. claveri* apresentou desempenho biológico satisfatório mesmo quando se alimentou exclusivamente de *R. indica* como presa.

Em levantamentos realizados em Colima, no México, Contreras-Bermúdez *et al.* (2017) identificaram a presença de diversas espécies de crisopídeos associadas a palmeiras infestadas por *R. indica*, evidenciando que esses predadores ocorrem naturalmente em ambientes afetados pela praga. O estudo registrou espécies como *Ceraeochrysa cincta* (Schneider, 1851) (Neuroptera: Chrysopidae) e *C. claveri* em coletas sistemáticas ao longo de quase um ano, indicando que os crisopídeos utilizam o agroecossistema ocupado por *R. indica* e podem atuar como inimigos naturais em condições de campo.

Apesar desses estudos promissores, a literatura destaca a necessidade de pesquisas adicionais em condições de campo para validar a efetividade prática dos crisopídeos e determinar quais espécies apresentam maior potencial no controle biológico de *R. indica* (Carrillo *et al.*, 2012; Jumbo *et al.*, 2019).

5 CRISOPÍDEOS (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)

5.1 A Família Chrysopidae

De acordo com Albuquerque *et al.* (2012), a família Chrysopidae é integrante de Neuroptera (ou Planipennia), um dos holometábolos (insetos de metamorfose completa) mais antigos, com evidências fósseis a partir do final da era Paleozóica (período Permiano, há cerca de 270 milhões de anos). Das mais de 6.000 espécies de Neuroptera conhecidas,

aproximadamente 1.200 pertencem à Chrysopidae, o que a torna a segunda maior família dessa ordem (Myrmeleontidae, a maior, contém cerca de 2.100 espécies) (Breithreuz *et al.*, 2022).

Atualmente, Chrysopidae encontra-se dividida em três subfamílias: Nothochrysinæ, Apochrysinæ e Chrysopinæ, sendo que a última contém 97% das espécies conhecidas (Tian *et al.*, 2023). Os representantes dessa família encontram-se distribuídos em todos os continentes, com exceção da Antártida (Machado *et al.*, 2022).

Os insetos pertencentes à família Chrysopidae são comumente conhecidos no Brasil como crisopídeos ou bichos-lixeiros, o segundo nome oriundo do comportamento que as larvas de muitas espécies apresentam, ao carregar detritos em seu dorso (Albuquerque *et al.*, 2012). Esses detritos protegem as larvas contra o ataque de inimigos naturais por meio de camuflagem ou de barreira física (escudo protetor) (Garzón-Orduña *et al.*, 2019).

5.2 Ciclo de Vida e Comportamento Predatório

Os crisopídeos são insetos holometábolos, ou seja, suas larvas diferem das formas adultas, tanto na aparência quanto nos hábitos, fator que lhes confere grande vantagem evolucionária, visto que exploram diferentes nichos ecológicos (Bezerra *et al.*, 2009).

As fêmeas colocam ovos esféricos depositados no topo de longos pedúnculos com comprimento que varia entre 0,7 e 2,3 mm (Neuenfeldt e Scheibe, 2017). A coloração varia de amarelo a verde azulada quando ovipositado, mas torna-se escuro à medida em que o embrião se desenvolve (Freitas, 2001).

As larvas passam por três instares, a duração de cada instar é influenciada pela disponibilidade e qualidade do alimento, umidade relativa e pela temperatura. As larvas têm formato alongado, com pontas mais estreitas, e podem atingir até 8 mm. O primeiro instar varia de 2 a 7 dias, o segundo varia de 2 a 5 dias e o terceiro pode se estender em até 10 dias (Soares, Nascimento e Silva, 2007). O aparelho bucal das larvas é constituído por mandíbulas e maxilas bem desenvolvidas que formam uma estrutura especializada que permite sugar o alimento (Tauber, Tauber, e Albuquerque, 2009).

Os estágios imaturos dos crisopídeos alimentam-se de uma ampla variedade de pequenos artrópodes fitófagos, com destaque para psilídeos, pulgões, cochonilhas, ácaros, tripses, moscas-brancas, tingídeos, além de ovos e larvas de lepidópteros e inúmeros outros pequenos artrópodes com tegumento facilmente perfurável (Albuquerque; Tauber; Tauber, 2012; Ataíde e Silva Filho, 2019; Machado *et al.*, 2024). Ao final do desenvolvimento larval, o

inseto procura um abrigo onde tece um casulo esférico de seda, do qual posteriormente emergirão os adultos.

Na fase adulta, a dieta desses inimigos naturais é glico-polinívora, composta por produtos de origem vegetal (pólen e néctar) e “*honeydew*” (substância açucarada excretada por alguns Sternorrhyncha) (Pappas *et al.*, 2011). Os adultos são facilmente reconhecidos por possuírem coloração esverdeada, olhos de tonalidade cobre e asas membranosas e transparentes, com nervuras fortemente marcadas (Harterreiten-Souza *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2015).

5.3 *Ceraeochrysa* Adams (NEUROPTERA: CHRYSOPIDAE)

Ceraeochrysa Adams é o maior gênero neotropical de crisopídeos da tribo Chrysopini (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysopinae), compreendendo 62 espécies distribuídas por todo o Novo Mundo (Sosa-Duque e Tauber, 2021). No Brasil, onde são encontradas 28 espécies registradas em diversas culturas, destaca-se como um importante gênero de Chrysopidae utilizado em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), devido ao seu alto potencial reprodutivo, resistência a diversos inseticidas e ao comportamento predatório voraz de suas larvas (Santos *et al.*, 2020c; Tomacheski *et al.*, 2025).

Esse gênero tem espécies com potencial para produção massal eficiente e uso no controle biológico (Tauber *et al.*, 2000; Albuquerque *et al.*, 2001). Espécies do gênero *Ceraeochrysa* têm demonstrado potencial para o manejo de pragas agrícolas em diferentes agroecossistemas (Albuquerque *et al.*, 2001).

Durante os últimos quarenta anos, o gênero *Ceraeochrysa* tem sido o foco de numerosos estudos, visando descrever os adultos e larvas de novas espécies, resolver problemas taxonômicos, elucidar a biologia e a história natural de suas espécies e fornecer ferramentas sistemáticas para identificação e uso de suas espécies no manejo de pragas (Sosa-Duque e Tauber, 2021).

Dentre os representantes de *Ceraeochrysa*, destaca-se *C. cubana* por ser um promissor agente de controle de artrópodes fitófagos, incluindo pulgões, cochonilhas, lagartas, tripes, ovos e larvas de artrópodes e ácaros (Oliveira *et al.*, 2014; Nunes *et al.*, 2017; Venzon *et al.*, 2021). Trata-se de um predador generalista, com ampla distribuição na região Neotropical (Martins *et al.*, 2025; Porto *et al.*, 2025).

As larvas de *C. cubana* apresentam o hábito comportamental de confeccionar “pacotes de lixo” a partir de exúvias de presas, fragmentos vegetais e outros detritos presos em seu dorso

por numerosas cerdas dorsais e tubérculos laterais. Além disso, secreções anais são expelidas pelas larvas e fluido fétido das glândulas protorácicas pelos adultos, como um repelente. Esse comportamento confere à *C. cubana* camuflagem e proteção física contra predadores (Martins *et al.*, 2021; Venzon *et al.*, 2021).

Embora a presença de recursos vegetais seja imprescindível para manter as populações de *C. cubana*, a incompatibilidade entre o manejo químico convencional e a biologia desse predador evidencia a necessidade de práticas agrícolas que priorizem a seletividade e a conservação de inimigos naturais (Venzon *et al.*, 2021; Ono *et al.*, 2017).

6 RESPOSTA FUNCIONAL

A resposta funcional, que descreve a relação entre a taxa de consumo do predador e a densidade de presas, é um conceito fundamental para compreender o comportamento de forrageamento e suas consequências na dinâmica das comunidades (Barraquand, Barbier e Uszko, 2025). A resposta funcional é considerada um critério importante para avaliar o potencial de um predador como agente de controle biológico em programas de manejo de pragas (Bustamante *et al.*, 2022).

As curvas de resposta funcional são caracterizadas a partir da estimativa de parâmetros que descrevem o comportamento predatório, destacando-se a taxa de ataque e o tempo de manipulação (Hameid, 2024). A taxa de ataque expressa a proporção de presas capturadas por cada predador por unidade de tempo de forrageamento, refletindo sua eficiência de busca no ambiente. Por sua vez, o tempo de manipulação corresponde ao intervalo necessário para capturar, subjugar, matar e digerir a presa, representando uma limitação direta à quantidade máxima de presas que pode ser consumida. Além desses parâmetros, a resposta funcional do predador também é influenciada pelo tempo de exposição da presa, que determina a probabilidade de encontro e, conseqüentemente, de consumo (Bustamante *et al.*, 2022). A resposta funcional dos inimigos naturais pode ser dividida em três tipos I, II e III. Em predadores com resposta funcional do tipo I, a taxa de ataque permanece constante, sendo independente da densidade de presas. Na resposta do tipo II, a taxa de ataque diminui gradualmente à medida que a densidade de presas aumenta, apresentando uma relação inversa entre essas variáveis. Já na resposta funcional do tipo III, a taxa de ataque aumenta com o crescimento da densidade de presas até um ponto de saturação, após o qual ocorre uma redução gradual na taxa de consumo (Silva Neto *et al.*, 2024).

O tempo de manipulação e a taxa de ataque são inversamente proporcionais: quanto maior o tempo de manipulação, menor será a taxa de ataque, pois o predador gasta mais tempo

com cada presa, reduzindo o número de ataques por unidade de tempo. Por outro lado, altas taxas de ataque estão associadas a curtos tempos de manipulação, permitindo ao predador atacar e consumir mais presas em menos tempo (Bustamante *et al.*, 2022).

7 POTENCIAL DE CRISOPÍDEOS EM PROGRAMAS DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS

O controle biológico é um dos componentes base do Manejo Integrado de Pragas (MIP), fundamentando-se no princípio da autorregulação dos agroecossistemas, por intermédio da maximização dos benefícios trazidos pela interação entre inimigos naturais e pragas (Venzon *et al.*, 2021). Dentre os inimigos naturais, que atuam como agentes de mortalidade biótica incluem-se organismos muito diversificados, como insetos, ácaros, fungos, vírus, bactérias, nematoides e protozoários (Parra *et al.*, 2023).

A preservação e manutenção de inimigos naturais nos agroecossistemas são imprescindíveis para o estabelecimento do controle biológico natural, evitando-se efeitos indesejáveis como seleção de populações de insetos-praga resistentes aos agrotóxicos, aparecimento de pragas secundárias e ressurgência de pragas. Permite redução na dependência de pesticidas, acarretando menor contaminação do solo, água, fauna e do próprio homem, além da diminuição dos custos de produção (Cosme *et al.*, 2009).

Chrysopidae é atualmente a família de Neuroptera mais utilizada em programas de controle biológico de pragas agrícolas, pois possuem elevado potencial reprodutivo, resistência a diversos inseticidas e larvas muito vorazes, bem como várias de suas espécies, particularmente os representantes dos gêneros *Chrysoperla* Steinmann e *Ceraeochrysa* Adams, são facilmente criadas para produção em massa em ambientes controlados (Machado *et al.*, 2024).

7.1 Desafios e Perspectivas Futuras para o Uso de Crisopídeos no Controle de *Raoiella indica*

Raoiella indica é uma praga de grande importância para palmeiras, especialmente o coqueiro, e seu manejo eficaz ainda constitui um desafio em ambientes tropicais. Diversos estudos têm evidenciado o potencial dos crisopídeos como agentes de controle biológico dessa espécie (Peña *et al.*, 2009; Carrillo *et al.*, 2012; Contreras-Bermúdez *et al.*, 2017; Jumbo *et al.*, 2019).

O uso desses predadores representa uma alternativa promissora para o manejo sustentável do coqueiro; contudo, sua aplicação em larga escala ainda enfrenta limitações. Um

dos principais entraves é a escassez de estudos de campo que avaliem a eficiência predatória dessas espécies em condições naturais, uma vez que a maioria das pesquisas se concentra em experimentos laboratoriais (Carrillo *et al.*, 2012; Jumbo *et al.*, 2019). Este fator dificulta a transferência dos resultados para sistemas agrícolas complexos, onde fatores ambientais, interações ecológicas e disponibilidade de presas podem influenciar significativamente o desempenho dos predadores.

Outro desafio refere-se à criação massal e à liberação desses inimigos naturais. Embora crisopídeos apresentem características favoráveis, como alta fecundidade, resistência e facilidade de adaptação, os custos de produção e a necessidade de dietas artificiais adequadas ainda representam limitações para sua utilização comercial (Loru *et al.*, 2014). O desenvolvimento de técnicas eficientes e economicamente viáveis de criação em larga escala, bem como o aprimoramento de métodos de liberação e estabelecimento em campo, são etapas fundamentais para consolidar o uso desses insetos em programas de MIP.

Além disso, o sucesso do controle biológico depende da compatibilidade dos crisopídeos com outros agentes de controle, como fungos entomopatogênicos (Dias *et al.*, 2020) e acaricidas seletivos (Villela *et al.*, 2010). Nesse contexto, também é fundamental avaliar a seletividade dos produtos vegetais, pois, embora sejam considerados de baixo impacto ambiental, é necessário compreender seus efeitos sobre os inimigos naturais, como os crisopídeos (Gastelbond-Pastrana *et al.*, 2025).

Futuras pesquisas devem aprofundar a biologia, ecologia e comportamento de crisopídeos no coqueiro, especialmente sua interação com *R. indica* e outros artrópodes, utilizando ferramentas moleculares e modelagem ecológica para otimizar estratégias de liberação. Ademais, políticas públicas e incentivos a práticas sustentáveis podem fortalecer o uso desses agentes biológicos, reduzindo o emprego de acaricidas químicos e promovendo a sustentabilidade da cultura do coqueiro (Fontes e Valadares-Inglis, 2020).

REFERÊNCIAS

- ABDEL-HAMEID, N. F. Functional Response Estimations of *Chrysoperla carnea* to Different Densities of *Aphis craccivora* and *Gynaikothrips ficorum* nymphs. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.268066>. Acessado em: 09 mar. 2025.
- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília: MAPA, 2025. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em: 01 jan. 2026.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the New World tropics and subtropics. In: MCEWEN, P. K.; NEW, T. R.; WHITTINGTON, A. E. (eds), **Lacewings in the crop environment**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001, p. 408-423.
- ALBUQUERQUE, G. S.; TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J. Green Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): Predatory Lifestyle. In: PANIZZU, A. R.; PARRA, J. R. P. (org.). **Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management**. Boca Raton: CRC Press, 2012, p. 594-631.
- ALMEIDA, Raul Porfirio de. Aspectos Biológicos e Etológicos de *Chrysoperla externa* Hagen, 1861 (Neuroptera: Chrysopidae). Campina Grande: **Embrapa Algodão**, 2020. 19 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 105).
- ALMEIDA, Anderson Soares de; COELHO, Caroline Rabelo; SÁ, Mirele Santana de; BENTO, Edson de Souza; WISNIEWSKI JUNIOR, Alberto; TEODORO, Adenir Vieira; XAVIER, Haroudo Sátiro; SENA FILHO, Jose Guedes de. Biomonitoring the *Vitex gardneriana* Shauer (Lamiaceae) Toxic Effects to Shed Light on Bioactive Compounds against a Major Coconut Pest Mite. **American Journal of Plant Sciences**, v. 12, p. 1601-1612, 2021.
- ALVES, Robert Rodrigues; SILVA, Meirielly Kellya Holanda da; BATALHA, Mariana de Macedo Costa; ROCHA, Camila Bianca Ferreira da. Produção De Quitosana a Partir do *Rhynchophorus Palmarum*: Uma Prospecção Tecnológica. **Revista Humanidades e Inovação**. Palmas, v. 8, n. 49, p. 343-353, 2024.
- AMARO, George Correa; FIDELIS, Elisangela Gomes; MEDEIROS, Cristian Madeira de; SILVA, Ricardo Siqueira da. **Distribuição Geográfica Atual e Potencial do Ácaro-vermelho-das-palmeiras (*Raoiella indica* Hirst) no Brasil**. Embrapa, Boa Vista, 2021.
- ATAIDE, Julielson Oliveira; SILVA FILHO, Gilson. Estudo Comparativo da Abundância da Família Chrysopidae da Floresta Nacional de Pacotuba – ES Capturados nas Distintas Fases Lunares. **Nucleus**. Ituverava, v. 16, n. 2, p. 476-486, 2019.
- BARRAQUAND, Frédéric. Revising behavioural assumptions leads to a new appreciation of an old functional response model. **Peer Community in Ecology**, [S. l.], 100702, 7 fev. 2025. Recomendação do artigo: NOVAK, Mark; COBLENTZ, Kyle Edward; DELONG, John P. In defense of the original Type I functional response: the frequency and population-dynamic effects of feeding on multiple prey at a time. Disponível em: <https://doi.org/10.24072/pci.ecology.100702>. Acessado em: 13 fev. 2025.

BARRETO, Ighor Costa; COSTA, Salvana Priscylla Manso; SANTOS, Adriana de Jesus; FARIAS, Adriano Pimentel; SARMENTO, Victor Hugo Vitorino; TEODORO, Adenir Vieira; NUNES, Rogéria de Souza; SENA FILHO, José Guedes de. Incorporation of essential oil from *Vitex gardneriana* (Lamiaceae) in microemulsions systems based on mineral and cottonseed oils increased its bioactivity against a coconut pest mite. **Industrial Crops and Products**, v. 183, n. 114963, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114963>. Acessado em: 02 jan. 2025.

BARROSO, Geovanny; ROCHA, Claudiane Martins da; MOREIRA, Grazielle Furtado; HATA, Fernando Teruhiko; ROGGIA, Samuel; VENTURA, Mauricio Ursi; PASINI, Amarildo; SILVA, José Eduardo Poloni da; HOLTZ, Anderson Mathias; MORAES, Gilberto José de. What Is the Southern Limit of the Distribution of Red Palm Mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), in Agricultural Lands in Brazil? **Florida Entomologist Journal**, v. 102, n. 3, p. 580-585, 2019.

BATISTA, Michela Costa; FONSECA, Maira Christina Marques; TEODORO, Adenir Vieira; MARTINS, Elem Fialho; PALLINI, Angelo; VENZON, Madelaine. Basil (*Ocimum basilicum* L.) attracts and benefits the green lacewing *Ceraeochrysa cubana* Hagen. **Biological Control**, v. 110, p. 98-106, 2017a.

BATISTA, D. P. C.; OLIVEIRA, I. N. de; RIBEIRO, A. R. B.; FONSECA, E. J. S.; SANTOS-MAGALHÃES, N. S.; SENA-FILHO, J. G. de; TEODORO, A. V.; GRILLO, L. A. M.; ALMEIDA, R. S. de; DORNELAS, Camila B. Encapsulation and release of *Beauveria bassiana* from alginate-bentonite nanocomposite. **RSC Advances**, v. 7, p. 26468-26478, 2017b. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/c7ra02185b>. Acessado em: 03 nov. 2024.

BEZERRA, Carlos Eduardo Souza; NOGUEIRA, Carlos Henrique Feitosa; SOMBRA, Karla Diana da Silva; DEMARTELAERE, Andréa Celina Ferreira; ARAUJO, Elton Lucio de. Crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae): Aspectos Biológicos, Potencial de Utilização e Perspectivas Futuras. **Revista Caatinga**. Mossoró, v. 22, n. 3, p. 1-5, 2009.

BREITKREUZ, L. C. V.; GARZÓN-ORDUÑA, I. J.; WINTERTON S. L.; ENGEL, M. S. Phylogeny of Chrysopidae (Neuroptera), with Emphasis on Morphological Trait Evolution. **Zoological Journal of the Linnean Society**, Oxford, v. 194, n. 4, p. 1374-1395, 2022.

BRITO, Dalton R. B.; PINTO-ZEVALLOS, Delia M.; SENA FILHO, José G. de; COELHO, Caroline R.; NOGUEIRA, Paulo C. L.; CARVALHO, Helio W. L. de; TEODORO, Adenir V. Bioactivity of the essential oil from sweet orange leaves against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and selectivity to a generalist predator. **Crop Protection**, v. 148, 105737, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105737>. Acessado em: 05 fev. 2025.

BROCHADO, Lucas Neves; PINTO, Jailson Mauricio; SILVA, Marcelo Barreto da. Controle da Lixa do Coqueiro. **Agriculturae**, São José dos Pinhais, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2023.

BUSTAMANTE, Carlos Brochero; CARDONA, Angela M. Arcila; URQUIZA, Gloria P. Castillo; KONDO, Takumasa. Functional Responses of *Novius punicus* (Gordon) and *Novius cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera:Coccinellidae) to *Crypticerya multicatrides* Kondo and Unruh (Hemiptera: Monophlebidae). **Revista de Protección Vegetal**. vol. 37, n. 2, p. 1-7, 2022.

CAJAES, Edirlan Rosa; REZENDE, Enio Antunes. Mapeamento e análise da cadeia produtiva do coco verde (*Cocos nucifera* L.) no sul da Bahia: limites e oportunidades. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 6, n. 4, p. 1-21, 2024.

CARRIÇO, Eduarda; MARCHIORI, Johnatan Jair de Paula; HOLTZ, Anderson Mathias; BOLSONI, Evellyn Zuqui; PIFFER, Ana Beatriz Mamedes; AGUIAR, Ronilda Lana; FONTES, Patrícia Soares Furno; MOREIRA, Raphael Magalhães Gomes. Eruca Vesicaria (Arugula) Extract: Possible Acaricidal Effect Against Red Palm Mite. **Revista de Gestão Social e Ambiental**. Miami, v. 18, n. 3, p. 1-10, 2023.

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

COELHO, Caroline Rabelo; SANTOS, Maria Clezia dos; VITERI-JUMBO, Luis; SENA FILHO, José Guedes de; CASTRO, Karina Neoob de Carvalho; CANUTO, Kirley Marques; BRITO, Edy Sousa de; SOUZA, Ana Sheila de Queiroz; TEODORO, Adenir Vieira. Bioactividad de *Spilanthus acmella* (Asteraceae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) y selectividad al depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). **Revista de Protección Vegetal**, v. 34, n. 1, 2019.

COELHO, Caroline Rabelo; GALVÃO, Andreia Serra; SANTOS, Maria Clezia; FARIAS, Adriano Pimentel; TEODORO, Adenir Vieira. Effectiveness of three species of predatory mites (Acari: Phytoseiidae) for controlling *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Revista de Protección Vegetal**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2020.

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

COSME, L. V.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P.; PARREIRA, D. S. Toxicidade do Óleo de Nim para Pupas e Adultos de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo*, v. 76, n. 2, p. 233-238, 2009.

DIAS, P. M.; LOUREIRO, A. S.; PESSOA, L. G. A.; DEVOZ, G. L. R.; BARBOSA JUNIOR, G., B.; WERNER, A. M.; NAVARRETE, A. A.; TEODORO, P. E. Selectivity of Entomopathogenic Fungi to *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae). **Insects**, v. 11, p. 716, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects11100716>. Acessado em: 11 mai. 2025.

FARIAS, Adriano Pimentel; TEODORO, Adenir Vieira; PASSOS, Eliana Maria dos; SENA-FILHO, José Guedes de; SANTOS, Maria Clezia dos; COELHO, Caroline Rabelo; VITERI-JUMBO, Luis. Bioactividad de aceites vegetales a *Orthezia praelonga* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Orthezidae) y selectividad a su predador *Ceraeochrysa caligata* (Neuroptera: Chrysopidae). **Revista de Protección Vegetal**, v. 33, n. 3, 2018. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1106489>. Acessado em: 09 jan. 2025.

FARIAS, Adriano Pimentel; SANTOS, Maria Clezia dos; JUMBO, Luis Oswaldo Viteri; OLIVEIRA, Eugênio E.; NOGUEIRA, Paulo César de Lima; SENA FILHO, José Guedes de; TEODORO, Adenir Vieira. Citrus essential oils control the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa*, and induce higher predatory responses by the lacewing *Ceraeochrysa caligata*. **Industrial Crops and Products**, v. 145, n. 112151, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112151>. Acessado em: 17 mar. 2025.

FERREIRA, Joana Maria Santos; FILHO, Miguel Michereff. **A Cultura do Coqueiro**. Embrapa, 2016.

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

FERREIRA, Joana Maria Santos; PIMENTA, Letícia Ribeiro; FONTES, Humberto Rollemberg. **Infestação de Ácaros-Praga em Coqueiros Adubados com Diferentes Fontes de Nitrogênio**. Embrapa. Aracaju, 2019.

FERREIRA, Ludmila Malaquias Alves; CUNHA, Mariana Amorim da; ZAFRA-LEMONS, Layon. Exposição a agroquímicos e seus impactos na saúde humana e no meio ambiente: uma revisão de literatura. **Revista Puxirum**, v. 1, n. 1, 13 p., 2025.

FONTES, Eliana Maria Gouveia; VALADARES-INGLIS, Maria Cleria. **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 510 p.

FONTES, Humberto Rollemberg; RANGEL, José Henrique Albuquerque; CINTRA, Fernando Luis Dutra. **Práticas Sustentáveis de Manejo e Aproveitamento de Resíduos para Cultura do Coqueiro (*Cocos nucifera* L.) da Variedade Gigante e Híbridos**. Embrapa. Aracaju, 2022.

FREITAS, S. de. **O uso de crisopídeos no controle biológico de pragas em laboratório**. Embrapa hortaliças, Jaboticabal, p. 66, 2001.

FREITAS, Giselle Santos de; SANTOS, Maria Clezia dos; LIRA, Vanessa de Araujo; GALVÃO, Andreia Serra; OLIVEIRA, Eugenio Eduardo; SENA FILHO, José Guedes de; TEODORO, Adenir Vieira. Acute and non-lethal effects of coconut oil on predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 23, n. 7, p. 1333-1341, 2018.

FREITAS, Giselle Santos de; SENA FILHO, José Guedes de; SARAIVA, Wenner Vinícius Araujo; VIEIRA, Isadora Gomes; OLIVEIRA, Eugenio Eduardo; GALVÃO, Andreia Serra; AMARAL, Ester Azevedo do; TEODORO, Adenir Vieira. Acaricidal Activity of Palm Oil on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and a Nontarget Predator. **Journal of Entomological Science**, v. 54, n. 2, p. 60-68, 2019.

FREITAS, Gisele Santos de; LIRA, Vanessa de Araújo; JUMBO, Luis Oswaldo Viteri; SANTOS, Francisco José dos; RÊGO, Adriano Soares; TEODORO, Adenir Vieira. The Potential of *Beauveria bassiana* to control *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) and its Compatibility with Predatory Mites. **Crop Protection**, v. 149, 105776, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105776>. Acessado em: 02 fev. 2025.

GARZÓN-ORDUÑA, I. J.; WINTERTON S. L.; JIANG, Y.; BREITKREUZ, L. C. V.; DUELLI, P.; ENGEL, M. S.; PENNY, N. D.; TAUBER, C. A.; MOCHIZUKI, A.; LIU, X. Evolution of Green Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): A Molecular Supermatrix Approach. **Systematic Entomology**, Londres, v. 44, n. 3, p. 499-513, 2019.

GASTELBONDO-PASTRANA, B.; SANTORUM, M.; SCUDELER, E. L.; FERNANDES, F. H.; ALVIS, E. M.; CHAMS-CHAMS, L.; SANTOS, D. C. Azadirachtin-Based Biopesticide Affects Fitness and Ovarian Development of the Natural Enemy *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae). **Plants**, v. 14, n.3, 416. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/plants14030416>. Acessado em: 30 jul. 2025.

HARTERREITEN-SOUZA, Érica Sevilha; PIRES, Carmen Silvia Soares; CARNEIRO, Roberto Guimarães; SUJII, Edison Ryoiti. Predadores e Parasitoides: Aliados do Produtor Rural no Processo de Transição Agroecológica. Brasília, DF: Emater, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, CNPq, 2011.

HOLLING, C. S. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 97, n. 45, p. 5-60, 1965.

HOLLING, C. S. The functional response of invertebrate predators to prey density. **Memoirs of the Entomological Society of Canada**, v. 98, n. S48, p. 5-86, 1966.

HOLTZ, Filipe Garcia; SALOMÃO, Leonardo Kirk de Oliveira Silva; HOLTZ, Anderson Mathias; MARCHIORI, Johnatan Jair de Paula; PIFFER, Ana Beatriz Mamedes; AGUIAR, Ronilda Lana; ASSIS, Caio Henrique Binda de; STEIN, Gustavo Pazolini. Efficiency of *Citrus limon* L. Ripe Peel Extract in the Control of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Prostigmata: Tenuipalpidae). **Revista de Gestão Social e Ambiental**. Miami, v. 18, n.9, p. 1-16, 2024.

IBGE. Coco-da-baía. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/coco-da-baia/br>. Acesso em: 24 maio 2025.

JESUS, Alex S. de; COELHO, Caroline R.; BARRETO, Ighor C.; SENA FILHO, José G.; NOGUEIRA, Paulo Cesar de L.; TEODORO, Adenir V.; SILVA, Ana Veruska C. da. Composition and Bioactivity of Essential Oil From the Leaves of *Genipa americana* Against the Coconut Mite *Aceria guerreronis*. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 18, p. 197-205, 2019.

JUMBO, Luis O. Viteri; TEODORO, Adenir V.; RÊGO, Adriano S.; HADDI, Khalid; GALVÃO, Andréia S.; OLIVEIRA, Eugênio Eduardo de. The Lacewing *Ceraeochrysa caligata* as a Potential Biological Agent for Controlling the Red Palm Mite *Raoiella indica*. **PeerJ**, v. 7, e7123, 2019. Disponível em: <http://doi.org/10.7717/peerj.7123>. Acessado em: 22 jan. 2025.

JUNIOR, Francisco Jorge Carlos de Souza; ASSUNÇÃO, Mayara Castro; FREIRE, Vanessa Emanuele Beserra; COSTA, José William Paiva; LUCAS, Sávio Santos Gomes. Prospecção de Fitonematoides na Cultura do Coco em Limoeiro do Norte, Ceará. In: JUNIOR, Francisco Jorge Carlos de Souza; ASSUNÇÃO, Mayara Castro. **Avanços da Pesquisa e Inovação em Sistemas Agrícolas: Conjunturas da Ciências Agrárias**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2024. cap. 8, p. 123-133.

LIRA, Vanessa de Araujo; RÊGO, Adriano Soares; JUMBO, Luis Oswaldo Viteri; GALVÃO, Andréia Serra; FREITAS, Giselle Santos de; TEODORO, Adenir Vieira. Efficacy of *Amblyseius largoensis* (Muma) as a biocontrol agent of the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Phytoparasitica**, v. 49, n. 3, p. 445-453, 2021.

LORU, L., FOIS, X.; RAMASANI, S. V.; FADDA, L. M.; PANTALEONI, R. A. An innovative, low-cost, small-scale rearing method for green lacewings (Neuroptera Chrysopidae). **Biodiversity Journal**. v. 5, p. 221-224, 2014.

MACHADO, R. J. P.; MARTINS, C. C.; FREITAS, S.; PENNY, N. D. Neuroptera Linnaeus, 1758. In: RAFAEL, J. A. et al. (ed.). Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia. 2. ed. Manaus: Ed. INPA, 2024. p. 552-567.

MACHADO, R. J. P.; MARTINS, C. C.; The Extant Fauna of Neuroptera (Insecta) from Brazil: Diversity, Distribution and History. **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 66, e20220083, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2022-0083>. Acesso em: 22 jan. 2022.

MARSARO JÚNIOR, Alberto Luiz; SOUZA, G. W.; SOUZA, J. V. B.; BARBOSA, R. N. C. Ácaro vermelho das palmeiras (*Raoiella indica*): uma ameaça para a agricultura brasileira. Boa Vista: **Embrapa Roraima**, 2009. (Folder). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/526462/1/FolderAcaroVermelho.pdf>. Acessado em: 1 fev. 2026.

MARTINS, Carlos Roberto; JESUS JÚNIOR, Luciano Alves de. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional**: panorama 2010. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011. 28 p.

MARTINS, Carlos Roberto; CUENCA, Manuel Alberto Gutiérrez. Panorama da Produção e Comércio Mundial. In: FERREIRA, Joana Maria Santos; Warwick, Dulce Regina Nunes; Siqueira, Luiz Alberto. **A Cultura do Coqueiro no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, 2018. cap. 1, p. 13-24.

MARTINS, E. F.; FRANZIN, M. L.; PEREZ, A. L.; SCHMIDT, J. M.; VENZON, M. Is *Ceraeochrysa cubana* a coffee leaf miner predator? **Biological Control**, v. 160, p. 104691, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104691>. Acessado em: 22 dez. 2025.

MENDONÇA, R. S.; NAVIA D.; FLECHTMANN, C. W. *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae), O Ácaro-Vermelho-das-Palmeiras – Uma Ameaça para as Américas. **Embrapa**. Brasília, 2005.

MORAES, Gilberto José de; CASTRO, Tatiane Marie Martins Gomes de; KREITER, Serge; QUILICI, Serge; GONDIM JUNIOR, Manoel Guedes Correa; SÁ, Luiz Alexandre Nogueira de. Search for natural enemies of *Raoiella indica* Hirst in Réunion Island (Indian Ocean). **Acarologia**, Montpellier, v. 52, n. 2, p. 129-134, 2012.

MORAES, Gilberto José de; CASTILHO, Raphael de Campos; FLECHTMANN, Carlos Holger Wenzel. **Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil**. 1. ed. Piracicaba: Fealq, 2024. 485p.

NETA, Palmira L. dos Santos; FÁVARO, Carla F.; MACEDO, Sarah O.; MOURA, José Inácio L.; BELLO, Jan E.; SANTOS, Rândilla R. C.; ZARBIN, Paulo H. G. Octadecanal as the Male-Produced Aggregation Pheromone of the Coconut Weevil, *Amerrihinus ynca* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**. Campinas, v. 32, n. 10, p. 2017-2021, 2021.

NEUENFELDT, M.; SCHEIBEL, T. Sequence identification, recombinant production, and analysis of the self-assembly of egg stalk silk proteins from lacewing *Chrysoperla carnea*. **Biomolecules**, Bayreuth, Germany, v. 7, p. 43, 2017.

NEVES, Rafael Dantas; REIS, José Newton Pires; CRUZ, Marcos Paulo Mesquita da; CRUZ, Caroline Mesquita da. Análise da Comercialização do Coco-verde no Estado do Ceará nos Anos de 2013 a 2019. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 1-23, 2022.

NORA, Idelbrando; HICKEL, Eduardo Rodrigues; ZAMBONIM, Fábio Martinho. Primeiro Registro do Ácaro-Vermelho-das-Palmeiras, *Raoiella indica*, em Santa Catarina, Brasil. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 43-45, 2019.

NUNES, Gilmar da Silva *et al.* Biological aspects and predation behavior of *Ceraeochrysa cubana* against *Spodoptera frugiperda*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 1, p. 20-25, 2017.

OCHAETA, José García. Primer registro de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae) en Guatemala. *Insecta Mundi*, 2018.

OLIVEIRA, Robério de *et al.* Capacidade predatória de *Ceraeochrysa cubana* sobre *Aleurocanthus woglumi*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 177-182, jul./set. 2014. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237132104020>. Acesso em: 28 jan. 2026.

OLIVEIRA, Natália N. F. C.; GALVÃO, Andreia S.; AMARAL, Ester A.; SANTOS, Auderes W. O.; SENA-FILHO, José G.; OLIVEIRA, Eugenio E.; TEODORO, Adenir V. Toxicity of vegetable oils to the coconut mite *Aceria guerreronis* and selectivity against the predator *Neoseiulus baraki*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 72, n. 1, p. 23-34, 2017.

ONO, Éric Kodi; ZANARDI, Odimar Zanuzo; SANTOS, Quênia Fernanda Aguiar; YAMAMOTO, Pedro Takao. Suscetibilidade de larvas e adultos de *Ceraeochrysa cubana* a seis inseticidas reguladores de crescimento de insetos. **Chemosphere**, v. 168, p. 49-57. 2017.

PALMA, Antonella Di; BEARD, Jenifer J.; BAUCHAN, Gary R.; OCHOA, Ronald; SEEMAN, Owen D.; KITAJIMA, Elliot W. Dorsal Setae in *Raoiella* (Acari: Tenuipalpidae): Their Functional Morphology and Implication in Fluid Secretion. **Arthropod Structure & Development**. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asd.2020.101023>. Acessado em: 15 mar. 2025.

PALOMAREZ-PÉREZ, Martín; CONTRERAS-BERMÚDEZ, Yadira; GRIFALDO-ALCÁNTARA, Pedro Fabián; GARCÍA-GARCÍA, Rosa Elia; BRAVO-NÚÑEZ, Manuel; ARREDONDO-BERNAL, Hugo Cesar. Predation Capacity and Larval Development of *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae) Fed with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**. v. 53, n. 2, p. 225-231, 2020.

PAPPAS, M. L., E B.; KOVEOS, D. S. Chrysopid Predators and their Role in Biological Control. **Journal of Entomology**. São Paulo, v. 8, n. 3, p. 301-26, 2011.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. **Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), Piracicaba, 2023.

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

PIFFER, Ana Beatriz Mamedes; BOLSONI, Evellyn Zuqui; FORNACIARI, Isabella Merlo; HOLTZ, Anderson Mathias; MARCHIORI, Johnatan Jair de Paula; CARVALHO, José Romário de; AGUIAR, Ronilda Lana; FONTES, Patrícia Soares Furno; MAGNANI, Bruna de Oliveira. Palm Red Mite Management with Soursop Seed Plant Residue Extracts. **Agricultural Sciences**. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/as.2023.144036>. Acessado em: 15 set. 2025.

PINHEIRO, Esmael Cunha; VASCONCELOS, Geraldo José Nascimento de. Efeito Letal de Extratos de Piperáceas ao Ácaro-vermelho-das-palmeiras, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Revista Verde**. Pombal, v. 15, n. 3, p. 229-238, 2020.

PINTO, Jailson Mauricio; SILVA, Marcelo Barreto da; ARANTES, Sara Dousseau. Controle da *Camarotella torrendiella* e *Camarotella acrocomiae* no cultivo do *Cocos nucifera* L. **Natural Resources**, São José dos Pinhais, v. 13, n. 4, p. 1-26, 2023.

QUEIROZ, Dalva Luiz de; FERREIRA, Joana Maria Santos; TEODORO, Adenir Vieira; NAVIA, Denise. Ácaros em Palmeiras. In: LEMES, Pedro Guilherme; ZANUNCIO, José Cola. **Novo Manual de Pragas Florestais Brasileiras**. Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, 2021. cap. 15, p. 717-740.

RAHMAN, A.; HANDIQUE, G.; ROY, E. S. Comparative biology, predation capacity and effect of an artificial diet on reproductive parameters of green lacewing *Mallada boninensis* (Neuroptera: Chrysopidae). **Agricultural and Forest Entomology**. Assam, Índia, v. 19, p. 418–423, 2017.

RAMÍREZ-AHUJA, M. L.; GARZA-GONZALÉZ, E.; TALAMAS, E. J.; GÓMES-GOVEA, M. A.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, M. A.; ZAMBRANO-ROBLEDO, P.; REBOLLAR-TELLEZ, E.; RODRÍGUEZ-SANCHEZ, I. Parasitoids of Chrysopidae Eggs in Sinaloa Mexico. **Insects**, Basiléia, v. 11, n. 12, 849, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects11120849>. Acessado em: 03 mar. 2025.

ROCHA, Keli Daiane Camargo; FERREIRA, Marcela Santos; GARCIA, Carlos Eduardo Rocha. Produção e Produtos à Base de Coco (*Cocos nucifera* L.): Uma Revisão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 5, p. 41476-41491, 2022.

RODRIGUES, S. V.; SILVA, A. V.; MEDRADO, C. L.; QUINTANILHA, K. C. S.; NETO, O. C. Impactos do Uso de Agrotóxicos na Saúde Humana e Ambiental. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, Timóteo, v. 9, n. 1, 2024.

SANTANA, S. F.; SANTOS, F. J.; FARIAS, A. P.; TEODORO, A. V. Potencial do Fungo *Beauveria bassiana* no Controle do Ácaro-da-necrose *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **Scientia Plena**. São Cristóvão, v. 19, n. 9, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2023.080204>. Acessado em: 04 ago. 2025.

SANTOS, Maria Clezia dos; TEODORO, Adenir Vieira; MENEZES, Mariana Santos; PINTO-ZEVALLOS, Delia M.; ARRIGONI-BLANK, Maria de Fátima; OLIVEIRA, Elizangela Mércia Cruz; SAMPAIO, Taís Santos; FARIAS, Adriano Pimentel; COELHO, Caroline Rabelo; BLANK, Arie Fitzgerald. Bioactivity of essential oil from *Lippia gracilis* Schauer against two major coconut pest mites and toxicity to a non-target predator. **Crop Protection**, v. 125, 104913, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104913>. Acessado em: 31 abr 2025.

SANTOS, Jailma Rodrigues dos; SILVA, Lucivânio Domingos da; CARNEIRO, Kalline Silveira; GODOY, Maurício Sekiguchi de; MELO, José Wagner da Silva; SOUZA, Brígida. Mortalidade de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae) Sob Ação, *In Vitro*, de Acaricidas. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 9, p. 1-20, 2020a.

SANTOS, Jailma Rodrigues dos; FREITAS, Raimunda Valdenice da Silva; SOUZA, Pahlevi Augusto de; UCHÔA, Cleilson do Nascimento; SILVA, Álvaro Gustavo Ferreira da; COSTA, Franciscleudo Bezerra da; SALES, Giuliana Naiara Barros; SARMENTO, Diogenes Henrique Abrantes; SANTOS, Saint Clair Lira. Avaliação da Qualidade de Frutos e Água de Coco de Diferentes Cultivares. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 9, n. 8, p. 1-17, 2020b.

SANTOS, Amanda de Faria; BARBOSA, Nara C. Chiarini Pena; THOMAZINI, Thaís Coelho; MORALES, Adriana Coletto. Variabilidade genética de populações de *Ceraeochrysa cincta*, *Ceraeochrysa claveri* e *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) em agroecossistemas do sudeste do Brasil. **Environmental Entomology**, v. 49, n. 3, p. 765-775, 2020c.

SARAIVA, Wenner V. A.; VIEIRA, Isadora G.; GALVÃO, Andréia S.; AMARAL, Ester A.; RÊGO, Adriano S.; TEODORO, Adenir V.; DIAS-PINI, Nívia S. Lethal and sublethal effects of babassu and degummed soybean oils on the predatory mite *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, v. 46, n. 3, p. 141-147, 2020.

SATO, Mário Eidi; MATIOLI, André Luís; MINEIRO, Jeferson Luiz de Carvalho; QUEIROZ, Maria Cristina Vitelli; CHAGAS, Rafaelly Cristina Mendonça; HESKETH Patrícia Magnaboschi; NOVELLI, Valdenice Moreira. Controle biológico do Ácaro-da-leprose (Acari: Tenuipalpidae) em Citros com Ênfase em Ácaros Predadores da Família Phytoseiidae e Influência de Plantas Espontâneas. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 43, n. 2922, p. 1-15, 2022.

SENA FILHO, José G. de; BARRETO, Ighor C.; SOARES FILHO, Avaldo O.; NOGUEIRA, Paulo C. L.; TEODORO, Adenir V.; CRUZ DA SILVA, Ana V.; XAVIER, Haroudo S.; RABBANI, Allison R. C.; SPAKOWICZ, Daniel J.; DURINGER, Jennifer M. Volatile

Metabolomic Composition of *Vitex* Species: Chemodiversity Insights and Acaricidal Activity. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 1931, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.33872/puxirum.v1n1>. Acessado em: 02 jun. 2025.

SENA FILHO, Jose Guedes de; ALMEIDA, Anderson Soares de; PINTO-ZEVALLOS, Delia; BARRETO, Ighor Costa; CAVALCANTI, Sócrates Cabral de Holanda; NUNES, Rogeria; TEODORO, Adenir Vieira; XAVIER, Haroudo Sátiro; BARBOSA FILHO, José Maria; GUAN, Leluo; NEVES, Andre L. A.; DURINGER, Jennifer M. From plant scent defense to biopesticide discovery: Evaluation of toxicity and acetylcholinesterase docking properties for Lamiaceae monoterpenes. **Crop Protection**, v. 164, 106126, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.106126>. Acessado em: 22 jan. 2025.

SILVA, Thayná Teles da; MULDER, Alessandra Pinheiro; SANTANA, Isabelle. **Coqueiro (*Cocos nucifera* L.) e Produtos Alimentícios Derivados: Uma Revisão Sobre Aspectos de Produção, Tecnológicos e Nutricionais**. Tecnologia de Alimentos: Tópicos Físicos, Químicos e Biológicos. 1. ed. Guarujá: Editora Científica, 2020.

SILVA, Emanuel Júnior Pereira da; SOUZA, Ademária Aparecida de; OLIVEIRA, Anderson Castro Soares de; NEVES, Jhonatan David Santos das; NETO, Antônio Lucrécio dos Santos; Junior, Aldomario Santo Negrisola; MACIEL, Aline das Graças Souza. Distribuição Espacial da Broca-do-estipe-do-coqueiro. In: MELO, Júlio Onésio Ferreira; SILVA, Ana Paula Coelho Madeira; GARCIA, Eric Marsalha; TAROCO, Hosane Aparecida; REINA, Luisa Del Carmen Barrett. **Ciências Agrárias: Tecnologia, Sustentabilidade e Inovação**. Guarujá: Científica Digital, 2024. cap. 7, p. 87-103.

SILVA NETO, J. G.; SILVA, T. G. F.; SALUSTINO, A. S.; LEITE, E. L.; ABREU, K.G.; SILVA, A. S.; BATISTA, J. L.; BRITO, C. H.; ARAÚJO, E. K.; CÂNDIDO, B. A. P.; SILVA, I. V. I.; VIAGEM, C. R. S. M.; BUENAVENTURA RAMÍREZ, I. M.; CORREIA NETO, D. F.; MALAQUIAS, J. B. Estimation of Predation Rate and Handling Time of Boll Weevil Larvae by *Marava arachidis* (Dermaptera: Labiidae) Using Different Mathematical Methods. **Brazilian Journal of Biology**. v. 84, p. 1-5, 2024.

SOARES, José Janduí; NASCIMENTO, Antonio Rogério Bezerra do; SILVA, Moisés Vitorio da. Informações Sobre *Chrysoperla externa*. Campina Grande: **Embrapa Algodão**, 2007. 25 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 175).

SOSA-DUQUE, Francisco José; TAUBER, Catherine A. The Neotropical green lacewing genus *Ceraeochrysa* Adams (Neuroptera: Chrysopidae) – new synonymies and combinations, a new species, and an updated key to species. **Zootaxa**, Auckland, v. 4970, n. 1, p. 1-52, 13, 2021.

SOUZA, J. C.; MAIA, W. J. M. S.; GALVÃO, J. R.; FILHO, P. P. C. A.; PINHEIRO, D. P. Aspectos Biológicos e Exigências Térmicas da Fase Larval de *Ceraeochrysa caligata* Alimentada com *Brevicoryne Brassicae*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 9, n. 2, p. 1-5, 2014.

SOUZA, Joel Corrêa de; GALVÃO, Jessivaldo Rodrigues; MAIA, Wilson José de Melo e Silva; FILHO, Pedro Paulo da Costa Alves; BARBOSA, Antonio Vinicius Corrês. Resposta Funcional e Capacidade Predatória da Fase Larval de *Ceraeochrysa caligata* Alimentada com *Brevicoryne Brassicae*. **Revista Verde**. Pombal, v. 10, n. 3, p. 61 - 65, 2015.

SOUZA, Maria Eduarda Santos de; SILVA, José Ramon Afonso da; SANTOS, Carlos Christiano Lima dos; SILVA, Henrique Cesar da; LIMA, Poliana Sousa Epaminondas. Obtenção de celulose a partir do aproveitamento de resíduos de coco (*Cocos nucifera* Linnaeus, 1753) para a produção de papel. **Revista Principia**, João Pessoa, v. 60, n. 1, p. 1-20, 2023.

TAUBER, C. A.; de LEÓN, T.; PENNY, N. D.; TAUBER, M. J. The genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: larvae, adults, and comparative biology. **Annals of the Entomological Society of America**. São Paulo, v. 93, p. 1195– 1221, 2000.

TAUBER, C. A.; TAUBER, M. J.; ALBUQUERQUE, G. S. Neuroptera: (lacewings, antlions). In: (eds). **Encyclopedia of Insects**, São Paulo, p. 695-707, 2009.

TEODORO, Adenir Vieira; SILVA, Maria De Jesus De Sousa; SENA FILHO, José Guedes; OLIVEIRA, Eugenio Eduardo De; GALVÃO, Andréia Serra; SILVA, Shênia Santos. Bioactivity of cottonseed oil against the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae) and side effects on *Typhlodromus ornatus* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 22, n. 7, p. 1037-1047, 2017.

TEODORO, Adenir Vieira; OLIVEIRA, Natália Nicolle Furtado Costa de; GALVÃO, Andreia Serra; SENA FILHO, Jose Guedes de; PINTO-ZEVALLOS, Delia M. Interference of plant fixed oils on predation and reproduction of *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) feeding on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **Biological Control**, v. 143, n. 104204, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104204>. Acessado em 28 ago. 2025.

TEODORO, Adenir Vieira; PINTO-ZEVALLOS, Delia M.; MENEZES, Mariana Santos; ARRIGONI-BLANK, Maria de Fátima; OLIVEIRA, Elizangela Mércia Cruz; SAMPAIO, Taís Santos; VASCONCELOS, Jéssica Fontes; BLANK, Arie Fitzgerald. Toxicity and repellency of the essential oil from *Lippia gracilis* to the coconut mite *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **International Journal of Acarology**, v. 47, n. 5, p. 414-417, 2021.

TEODORO, Adenir Vieira; COSTA, Emiliano Fernandes Nassau; GUZZO, Elio Cesar; VASCONCELOS, Jéssica Fontes. Suscetibilidade de Híbridos de Coqueiro *Cocos nucifera* (Arecaceae) ao Ácaro-vermelho-das-palmeiras *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Embrapa**. Aracaju, 2023.

TEODORO, Adenir Vieira; RODRIGUES, José Carlos Verle; SILVA, Jéssica Fonseca da; NAVIA, Denise; SILVA, Shênia Santos. Ácaro-Vermelho-das-Palmeiras *Raoiella indica*: Nova Praga de Coqueiro no Brasil. **Embrapa**. Aracaju, 2016.

TEODORO, Adenir Vieira; FILHO, José Guedes de Sena; FERREIRA, Joana Maria Santos; COELHO, Caroline Rabelo; BRITO, Dalton Rodrigues Barros. Uso de Óleos Vegetais no Controle de Pragas em Plantas de Jardins, Hortas e Pomares Domésticos. **Embrapa**. Aracaju, 2019.

TIAN, S.; JIANG, Y.; LAI, Y.; WANG, S.; LIU, X.; WANG Y. New Mitogenomes of the Green Lacewing Tribe Ankylopterygini (Neuroptera: Chrysopidae: Chrysopinae) and Phylogenetic Implications of Chrysopidae. **Insects**, Basiléia, v. 14, n. 11, 878, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects14110878>. Acessado em: 03 abr. 2025.

TOMACHESKI, Jefferson Fogaça; GARCIA, Ana Silvia Gimenes; NAKAJIMA, Rafael Takahiro; PATRONI, Fábio Malta de Sá; SCUDELER, Elton Luiz; NÓBREGA, Rafael Henrique; SANTOS, Daniela Carvalho dos. Intake of Pyriproxyfen Through Contaminated Food by the Predator *Ceraeochrysa claveri* Navás, 1911 (Neuroptera: Chrysopidae): Evaluation of Long-Term Effects on Testes via Transcriptome Analysis. **Insects**, v. 16, n. 6, p. 567, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/insects16060567>. Acessado em: 28 mai. 2025.

VACARI, Alessandra Marieli; SANTOS, Jéssica Aniele dos; CABRAL, Edivan de Oliveira; QUEIROZ, Karine Soares de; ALVES, Flavio Boni; LIMA, Vinicius de Oliveira; BRAGHINI, Aline. The functional response of the predator *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) is influenced by the developmental stage of its prey, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae). **CABI Agriculture and Bioscience**, v. 6, n. 53, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/ab.2025.0053>. Acessado em: 27 jan. 2025.

VENZON, M.; PALLINI, A.; NEVES, W. S.; JÚNIOR, T. J. P.; BETTIOL, W.; VILELA, E. F. Controle Alternativo de Pragas e Doenças: Opção ou Necessidade? Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Belo Horizonte, 2021.

VIEIRA, Isadora G.; SARAIVA, Wenner V. A.; FREITAS, Giselle S.; GALVÃO, Andreia S.; AMARAL, Ester A.; RÊGO, Adriano S.; TEODORO, Adenir V. Compatibility of degummed soybean and babassu oils with the generalist predatory mite *Typhlodromus (Anthoseius) ornatus* (Acari: Phytoseiidae) preying on *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae). **International Journal of Acarology**, v. 47, n. 3, p. 235-239, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1892824>. Acessado em: 15 set. 2025.

VILELA, M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; VILAS BOAS, M. A.; LEITE, M. I. S. Seletividade de acaricidas utilizados em cafeeiro para larvas de crisopídeos. **Revista Ceres**, v. 57, p. 621-628, 2010.

CAPÍTULO II

Predatory potential of *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) against *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)

Artigo submetido à Acarologia

Predatory potential of *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) against *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)

Rodrigues, Iasmym de Cássia A.^a  <https://orcid.org/0009-0002-7418-5995>

Rêgo, Adriano S.^a  <https://orcid.org/0000-0001-5950-0104>

Viteri, Luis O.^b  <https://orcid.org/0000-0002-0164-505X>

Amaral, Ester A.^a  <https://orcid.org/0000-0001-6680-0498>

Araujo, Raimunda N.L.^a  <https://orcid.org/0000-0003-4926-5862>

Teodoro, Adenir V.^{a,c*}  <https://orcid.org/0000-0001-9490-0832>

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

^bPrograma de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins (UFT), 77402-970, Gurupi, Tocantins, Brazil

^cEmbrapa Tabuleiros Costeiros, Av. Gov. Paulo Barreto de Menezes, 3250, 49025-040, Aracaju, Sergipe, Brazil

*Corresponding author: Teodoro, Adenir V.

Corresponding author email: adenir.teodoro@embrapa.br

ABSTRACT

The red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae), is a serious pest of coconut plantations in tropical countries. Ecologically sound control strategies have been sought for this pest; however, biological control using native lacewings against *R. indica* remains poorly investigated. The present study evaluated the predatory capacity of *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) to control adult females of *R. indica*. To this end, the predation capacity of first-, second-, and third-instar larvae of *C. cubana* on adult females of *R. indica* was evaluated under laboratory conditions. Prey densities varied from 5 to 160 females of *R. indica* for first-instar *C. cubana*; 50 to 600 for second instars; and 100 to 700 for third instars. Logistic regression analysis of the number of prey consumed yielded a negative linear coefficient for the first instar (indicating a type II functional response); however, the second and third instars showed a positive linear coefficient (indicating a type III functional response). The second instar of *C. cubana* exhibited the highest attack rate, indicating the most efficient prey capture, whereas the lower handling time of the third instar resulted in the greatest maximum consumption rate (1/Th) and efficiency. The first-instar larvae of

39 *C. cubana* exhibited a significantly lower consumption of adult *R. indica* females compared to the
40 latter instars. In conclusion, *C. cubana* shows strong potential as a biological control agent of *R.*
41 *indica*, as the high voracity of its later instars maximizes predatory efficiency and may contribute to
42 the effective suppression of this pest.

43

44 **Keywords** coconut; biological control; functional response; lacewing; red palm mite

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68 **Introduction**

69 The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), is a major pest of coconut
70 plantations in tropical regions (Melo *et al.* 2018). In invaded areas, *R. indica* has expanded its host
71 range to more than 120 plant species and is widely distributed across the Neotropical region,
72 threatening economically important crops such as coconut, banana, palm species, and ornamental
73 plants (Gomez-Moya *et al.* 2017; Melo *et al.* 2018; Amaro *et al.* 2021; Leite *et al.* 2024). Feeding
74 by *R. indica* on its host plants results in leaf yellowing and tissue necrosis (Melo *et al.* 2018). In
75 tropical countries, pesticides remain the most common control measure against *R. indica* (Rodrigues
76 and Peña 2012), which can lead to environmental contamination, increased production costs, risks
77 to human and animal health, and the development of pest resistance (Rodrigues and Peña 2012;
78 Jumbo *et al.* 2019; Raja *et al.* 2025).

79 Biological control is a cornerstone of sustainable agriculture, providing environmentally
80 sound alternatives for pest management. Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) are widely
81 recognized for their effectiveness in suppressing populations of a variety of pest arthropods (Jumbo
82 *et al.* 2019; Martins *et al.* 2021; Barbosa *et al.* 2025; Porto *et al.* 2025; Viteri *et al.* 2026). Lacewing
83 larvae are highly voracious predators, that feed primarily on soft-bodied arthropods, including scale
84 insects, aphids, whiteflies, psyllids, psocids, thysanopterans, as well as eggs and early instars of
85 lepidopterans and mites (McEwen *et al.* 2001; Albuquerque *et al.* 2012; Machado and Martins
86 2022). Adults of only a few lacewings genera are predators, most are glyco-pollenophagous,
87 feeding on nectar, pollen, and/or honeydew (Albuquerque *et al.* 2012; Villa *et al.* 2016; Villa *et al.*
88 2019). In addition, lacewings possess strong searching ability, high voracity, substantial
89 reproductive potential, tolerance to certain insecticides, and are relatively easy to rear in mass-
90 production systems (McEwen *et al.* 2001; Albuquerque *et al.* 2012), traits that enhance their
91 suitability for biological control programs. Owing to the predatory habits of their immature stages,
92 lacewings play a strategic role in maintaining the stability of agroecosystems (McEwen *et al.* 2001;
93 Dami *et al.* 2023).

Within this family, species of the genus *Ceraeochrysa* Adams represent an important group of Neotropical lacewings with potential for biological control. This genus is the largest within the tribe Chrysopini and comprises 62 species distributed throughout the New World (Sosa-Duque and Tauber 2021). Species of *Ceraeochrysa* exhibit several traits that may enhance their effectiveness as biological control agents, including defensive strategies against natural enemies such as larval camouflage using debris such as prey remains, waxy secretions, exuviae, and plant material, as well as chemical protection of eggs and behavioral adaptations in adults that facilitate escape from spider webs (López-Arroyo et al. 1999; Albuquerque et al. 2001). Furthermore, representatives of this genus include species with potential for mass production and application in biological control programs (Tauber et al. 2000; Albuquerque et al. 2001).

Despite the recognized potential of lacewings as biological control agents, the literature addressing their application in the management of *R. indica* remains limited (Carrillo et al. 2012; Jumbo et al. 2019; Palomares-Pérez et al. 2021ab; Viteri et al. 2026). *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) stands out as a widely distributed lacewing in the Americas, ranging from South to North America and commonly occurring in Brazilian agroecosystems, where it has been frequently associated with pest suppression (Tauber et al. 2000; Albuquerque et al. 2001; Freitas and Penny 2001; Rugno et al. 2021). Nevertheless, information on its predatory performance against *R. indica* has not yet been evaluated. Accordingly, this study investigates the predatory capacity of *C. cubana* to control *R. indica*.

Materials and methods

Obtaining and identification of *Ceraeochrysa cubana* and *Raoiella indica*

Adult and immature stages of *C. cubana* were collected in a commercial plantation of the green dwarf coconut (*Cocos nucifera* L.) variety located in Paço do Lumiar (02° 29' 02.5" S; 044° 06' 29.8" W), Maranhão state, Brazil. The plantation was treated with commercial insecticides and acaricides recommended for coconut cultivation [e.g., fenpyroximate and abamectin (Agrofit

2026)]. Larvae and adults of lacewings were collected in the field and individually placed in glass test tubes (8.0 cm × 2.0 cm) sealed with hydrophilic cotton plugs at the opening. The specimens were then transported to the Entomology Laboratory of the Maranhão State University (UEMA) (02° 34' 58.2" S; 044° 12' 29.6" W), in São Luís city, Maranhão state, Brazil, for sorting, taxonomic identification, and the establishment of a stock colony.

Lacewing specimens were identified using dichotomous keys (Freitas and Penny 2001; Freitas *et al.* 2009; Sosa-Duque and Tauber 2021) based on external morphological characters and genitalia structures. Additionally, coconut palm leaflets infested with *R. indica* were collected from the same plantations described above. Adult females of *R. indica* were mounted on microscope slides using Hoyer's medium and left to dry for seven days. Identification was carried out using a phase-contrast microscope (Axio Scope A1, Carl Zeiss, Germany) and relevant dichotomous keys. Voucher specimens of *C. cubana* (deposit number: 20) and *R. indica* (deposit number: 88) were deposited in the Iraci Paiva Coelho Entomological Collection (CIPC) at UEMA. The stock colony of *C. cubana* was maintained, and all experiments were conducted under laboratory conditions (25 ± 2°C, a 12:12 h (L:D) photoperiod, and 70 ± 10% relative humidity).

Stock colony of *Ceraeochrysa cubana*

Adults of *C. cubana* were sexed and placed in 12-L plastic cages (36 × 25 × 23 cm) with a mesh-covered (white voile fabric) lid and a lateral opening (9 cm in diameter) fitted with a 5-cm voile sleeve to allow handling of the insects (Santos *et al.* 2022). Inside each cage, a 100-mL plastic container holding a flexible polyurethane sponge and hydrophilic cotton - both saturated with distilled water - was provided. Sheets of white A4 paper were attached to the inner side walls of the cages to serve as an oviposition substrate for *C. cubana* females. Additionally, Parafilm M® strips coated with an artificial diet composed of honey, brewer's yeast, and fructose (1:1:1) were affixed to the inner cage surfaces using adhesive tape (Santos *et al.* 2022). The stock colony was maintained every two days by replacing the diet and distilled water and removing dead adults. The sex ratio was kept at 1:2 (male:female), totaling 10 males and 20 females per cage.

During the oviposition period, the eggs obtained were individually placed in covered Petri dishes (9 cm in diameter $\times$ 1.5 cm deep) containing cotton moistened with distilled water and eggs of *Ephestia (Anagasta) kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) ad libitum for larval feeding, which were replenished every two days. The prepupal and pupal stages were maintained under the same conditions until adult emergence. After emergence, adults of the same age were placed in cages, as described above. Approximately five days after emergence, males and females were distinguished, allowing the establishment of new cages at a density of one male to two females, as described above.

Predatory capacity of *Ceraeochrysa cubana*

Predation by first-, second-, and third-instar larvae of *C. cubana* to adult females of *R. indica* was evaluated under laboratory conditions using experimental procedures described by Jumbo *et al.* (2019). Petri dishes (10 cm in diameter) containing a cleaned 12-cm² section of coconut leaflet, forming a 4-cm-diameter arena, were placed upside-down on a layer of solidified agar. Adult females of *R. indica* were carefully transferred to the exposed leaflet surface using a fine, soft-bristle brush.

Prey densities were 5, 10, 20, 30, 40, 50, 80, 120, and 160 females of *R. indica* for first-instar *C. cubana*; 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, and 600 for second instars; and 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, and 700 for third instars. The minimum and maximum prey densities for each *C. cubana* instar were established in preliminary tests. Newly hatched *C. cubana* larvae were starved for 24 h before being individually introduced into the experimental arenas. Predators were added to the experimental arenas 30 min after prey transfer. Each arena was covered with perforated Parafilm® to prevent predators from escaping. The number of prey consumed was recorded 24 h after predator release, and prey were not replaced. Each prey density was replicated 10 times per larval instar.

Statistical analyses

171 The functional response was estimated based on logistic regression of the proportion of prey
 172 consumed as a function of prey density, using the CATMOD procedure of the SAS statistical
 173 software (SAS 2008). In this analysis, the cubic model (Juliano 2001) with the polynomial function
 174 was fitted:
$$\frac{N_e}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1 N_0 + P_2 N_0^2 + P_3 N_0^3)} \quad (1),$$

175 where N_e and N_0 are the number prey attacked and the initial prey density respectively; the P_0 is the
 176 intercept and the coefficients P_1 (linear), P_2 (quadratic), and P_3 (cubic) are associated with the slope
 177 of the curve. The type of functional response is determined by the signs of P_1 and P_2 ; thus, a
 178 significantly negative linear coefficient ($P_1 < 0$) indicates a type II functional response (the
 179 proportion of prey consumed declines monotonically with increasing initial prey density). A
 180 significantly positive ($P_1 > 0$) linear coefficient indicates a type III functional response (density-
 181 dependent consumption) (Juliano 2001).

182 Because experiments were conducted without prey replacement for 24 h, the random
 183 predator equation (Juliano 2001) was used to describe type II and type III functional responses, as
 184 follows:

185
$$N_e = N_0 \{1 - \exp[\alpha(T_h N_e - T)]\} \quad (2),$$

186
$$N_e = N_0 \{1 - \exp[(d + b N_0)(T_h N_e - T)/(1 + c N_0)]\}, \quad (3),$$

187 where N_e = number of prey attacked, T = exposure time (24 h), N_0 = initial prey density, α = attack
 188 rate, defined as the instantaneous rate at which encounters with prey lead to successful attacks, and
 189 reflects the predator's searching efficiency, and T_h = handling time, representing the total time a
 190 predator spends locating, attacking, subduing, consuming, and digesting prey. The coefficients α , b ,
 191 c , and d are constants associated with the attack rate. The maximum consumption rate was
 192 estimated based on the reciprocal of T_h ($1/T_h$) and compared using 95% confidence intervals.
 193 Subsequently, the parameters T_h (handling time) and α (attack rate) of the functional response were
 194 estimated using nonlinear least-squares regression with the PROC NLIN procedure in SAS (2008),

as described by Juliano (2001). Differences in α and T_h among instars were considered significant when their 95% confidence intervals did not overlap. Furthermore, differences in prey consumption among predator larval stages were determined by Tukey's test ($P < 0.05$) using GraphPad Prism 8.1 software (GraphPad Software Inc. 2019).

Results

The predatory behavior of *C. cubana* in response to increasing densities of *R. indica* females was dependent on prey density and predator instar. The logistic regression analysis of prey consumed yielded a negative linear coefficient for the first instar, indicating a type II functional response; however, the second and third instars showed positive linear coefficients, typical of a type III functional response (Table 1).

The first instar of *C. cubana* reached maximum consumption at a prey density of 120, consuming 94.4 ± 0.42 adult females of *R. indica* (Figure 1A). The second instar consumed 392 ± 8.43 individuals when offered 500 prey, with a tendency toward reduced consumption at higher densities (Figure 1B). A similar trend was observed in the third instar, which consumed 395 ± 5.83 prey when offered 400 individuals (Figure 1C).

Furthermore, the functional response types observed in our study were further supported by the proportion of *R. indica* consumed (N_e/N_0) by the three instars of *C. cubana*. Data on the proportion consumed indicated an approximately linear trend for the first instar (Figure 2A), whereas a declining trend was observed for the second (Figure 2B) and third instars (Figure 2C) as prey density increased; these patterns are consistent with type II and type III functional responses, respectively.

The total consumption of *C. cubana* also differed among the predator's larval instars when exposed to higher prey densities. The first larval instar consumed approximately one quarter of the *R. indica* females eaten by the second and third instars, which did not show significant differences between themselves (Figure 3).

Estimates of the attack rate (α) and handling time (T_h) revealed significant differences among the larval instars of *C. cubana*. Among the three instars, the second instar exhibited the highest attack rate, indicating greater capture efficiency (Table 2). Although handling time was longer in the first and second instars, the third instar achieved the highest maximum consumption rate ($1/T_h$), demonstrating the greatest overall predatory efficiency (Table 2).

Discussion

The predatory capacity of *C. cubana* on *R. indica* adult females is influenced by both larval instar and prey density, affecting the functional response type and the key parameters that define predatory efficiency. Also, all larval instars of *C. cubana* are capable of preying upon adult females of *R. indica*, with consumption increasing progressively with predator development.

The potential of natural enemies as biological control agents is commonly assessed through functional response studies (Holling 1959; Barbosa *et al.* 2025; Porto *et al.* 2025). The number of prey attacked by a predator as a function of prey density defines its functional response, which may exhibit three patterns in relation to prey density: linear (type I), decelerating to a plateau (type II), or sigmoid (type III) (Holling 1959, 1965). Type II functional responses, as observed in the first-instar larvae of *C. cubana*, are commonly associated with limited prey-handling capacity and reduced searching efficiency at higher prey densities, which may limit their regulatory potential under outbreak conditions (Jumbo *et al.* 2019; Viteri *et al.* 2026). In contrast, the type III functional responses exhibited by second- and third-instar larvae of *C. cubana* are considered more stabilizing in predator–prey dynamics, as consumption rates increase disproportionately at intermediate prey densities (Viteri *et al.* 2026). Such responses are particularly desirable in biological control agents, as they enhance the predator’s ability to suppress pest populations when prey densities rise, thereby reducing the likelihood of pest resurgence.

Among biological control agents, lacewings are regarded as promising regulators of *R. indica* populations (Jumbo *et al.* 2019; Viteri *et al.* 2026). Jumbo *et al.* (2019) demonstrated that

247 *Ceraeochrysa caligata* (Banks) (= *Ceraeochrysa cornuta* Navás) (Neuroptera: Chrysopidae) preys
 248 upon eggs, immature stages, and adult females of *R. indica*. In contrast to the present study, first-,
 249 second-, and third-instar larvae of *C. caligata* exhibited a type II functional response when exposed
 250 to increasing densities of *R. indica* females, characterized by inverse density-dependence prey
 251 mortality. Similarly, Viteri *et al.* (2026) evaluated the consumption of increasing densities of *R.*
 252 *indica* adult females by the three larval instars of *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera:
 253 Chrysopidae). Their results indicated that first- and third-instar larvae of *C. externa* exhibited a type
 254 II functional response, reflecting high predation efficiency at low prey densities, whereas third-
 255 instar larvae displayed a type III functional response (Viteri *et al.* 2026).

256 Dami *et al.* (2023) emphasize that the main factors determining a predator's functional
 257 response include the attack rate (α), handling time (Th), and the duration of prey exposure to the
 258 predator. Regarding the attack rate, *C. cubana* exhibited higher values in second-instar larvae than
 259 in the first and third instars, indicating enhanced searching efficiency at this developmental stage. In
 260 contrast, Jumbo *et al.* (2019) reported no significant variation in attack rate among larval instars of
 261 *C. caligata* when preying on *R. indica* females, suggesting a more uniform searching efficiency
 262 across developmental stages. Viteri *et al.* (2026) reported relatively elevated attack rates in the early
 263 instars of *C. externa*, particularly at low prey densities, reinforcing that attack rate is highly species-
 264 and instar-dependent.

265 The handling time (Th) is one of the most critical components in determining the success of
 266 a natural enemy. The reduction in Th observed for second- and third-instar larvae of *C. cubana*
 267 larvae indicates that, as the predator develops, it becomes capable of processing prey more quickly,
 268 allowing a larger fraction of its time to be dedicated to active searching. In contrast, Jumbo *et al.*
 269 (2019) reported no significant differences in handling time among larval instars of *C. caligata* when
 270 feeding on *R. indica* females, suggesting similar handling performance across developmental stages.
 271 Likewise, reduced handling times in advanced instars of *C. externa* have been documented,

reinforcing the general pattern that predator maturation enhances prey-handling efficiency (Viteri *et al.* 2026).

The higher average maximum consumption of *R. indica* females by second- and third-instar larvae of *C. cubana* (Figure 3) reflects an increased predatory capacity associated with larval development, particularly due to larger body size, enhanced mobility, and higher nutritional requirements prior to pupation (McEwen *et al.* 2001; Viteri *et al.* 2026). Similar increases in predation rates during the final instar have been reported in other studies (Cuello *et al.* 2019; Luna-Espino *et al.* 2020).

From an applied perspective, our results indicate that *C. cubana* is most effective at high prey densities, owing to the strong density-dependent predation by second- and third-instar larvae. These findings support their potential role in integrated pest management programs and highlight the importance of predator stage structure, as later instars contribute disproportionately to pest suppression. Management practices that enhance lacewing survival and development, such as the reduced use of broad-spectrum pesticides and habitat management, may further enhance the capacity of *C. cubana* to effectively suppress *R. indica* populations.

Our results indicate that *C. cubana* has potential as a biological control agent capable of targeting the adult female stage of *R. indica*. The functional response patterns suggest that second- and third-instar larvae are particularly effective at regulating *R. indica* populations at higher prey densities. Future studies should investigate the life table parameters of this predator when preying on *R. indica*.

Acknowledgements

We thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES), Brazil, for providing a scholarship to the first author. We also thank the coconut producers for granting access to the areas used for the collection of *C. cubana* and *R. indica*.

References

- Albuquerque G.S., Tauber C.A., Tauber M.J. 2001. *Chrysoperla externa* and *Ceraeochrysa* spp.: potential for biological control in the New World tropics and subtropics. In: McEwen P.K., New T.R., Whittington A.E. (Eds). *Lacewings in the crop environment*. Cambridge: Cambridge University Press. p. 408–423.
- Albuquerque G.S., Tauber C.A., Tauber M.J. 2012. Green Lacewings (Neuroptera: Chrysopidae): Predatory Lifestyle. In: Panizzi A.R., Parra J.R.P. (Eds). *Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management*. Boca Raton: CRC Press. p. 594-631.
- Agrofit. 2026. Database of information on agrochemical and related products registered with the Ministry of Agriculture and Livestock (MAPA). Available from: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Amaro G., Fidelis E.G., Silva R.S., Medeiros C.M. 2021. Current and potential geographic distribution of red palm mite (*Raoiella indica* Hirst) in Brazil. *Ecol. Inform.*, 65: 101396. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101396>
- Barbosa E.P., dos Santos J.A., de Oliveira Cabral E., Dami B.G., Alves F.B., Lima V.O., Braghini A., Vacari A.M. 2025. Functional response of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) to two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): Implications for biological control. *Bull. Entomol. Res.*, 115(5): 545-549. <https://doi.org/10.1017/S0007485325000343>
- Carrillo D., Howard J.F., Verle-Rodrigues J., Peña J.E. 2012. A review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 57: 347-360. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9499-4>
- Cuello E.M., Andorno A.V., Hernandez C.M., Lopez S.N. 2019. Prey consumption and development of the indigenous lacewing *Chrysoperla externa* feeding on two exotic Eucalyptus pests. *Biocontrol Sci. Technol.*, 29: 1159-1171. <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1660958>
- Dami B.G., Santos J.A., Barbosa E.P., Rodriguez-Saona C., Vacari A.M. 2023. Functional response of 3 green lacewing species (Neuroptera: Chrysopidae) to *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *J. Insect Sci.*, 23(3): 1-8. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead038>
- Freitas S., Penny N.D. 2001. The green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) of Brazilian agroecosystems. *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 52: 245–395.
- Freitas S., Penny N.D., Adams P.A. 2009. A revision of the New World genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae). *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 60: 503-610.
- GraphPad Software Inc. 2019. GraphPad Prism 8.1. La Jolla, CA, USA.
- Gómez-Moya C.A., Lima T.P.S., Morais E.G.F., Gondim Júnior M.G.C., Moraes G.J. 2017. Hosts of *Raoiella Indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) native to the Brazilian Amazon. *J. Agric. Sci.*, 9: 86–94. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n4p86>
- Holling C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.*, 91: 385–398. <https://doi.org/10.4039/Ent91385-7>

- Holling C.S. 1965. The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. *Mem. Entomol. Soc. Can.*, 97(Suppl S45): 5–60. <https://doi.org/10.4039/entm9745fv>
- Juliano S.A. 2001. Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves. In: Scheiner S.M., Gurevitch J. (Eds). *Design and analysis of ecological experiments*, vol 2. New York: Chapman and Hall. p. 178–196.
- Jumbo L.O.V., Teodoro A.V., Rêgo A.S., Haddi K., Galvão A.S., Oliveira E.E. 2019. The lacewing *Ceraeochrysa caligata* as a potential biological agent for controlling the red palm mite *Raoiella indica*. *PeerJ*, 7: e7123. <https://doi.org/10.7717/peerj.7123>
- Leite R.A., dos Santos C.G., de Souza I.V., Ledo C.A.S., Guzzo E.C. 2024. Resistance of dwarf *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) cultivars to *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Exp. Appl. Acarol.*, 92: 203–215. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00890-4>
- López-Arroyo J.I., Tauber C.A., Tauber M.J. 1999. Comparative Life Histories of the Predators *Ceraeochrysa cincta*, *C. cubana*, and *C. smithi* (Neuroptera: Chrysopidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 92(2): 208–217. <https://doi.org/10.1093/aesa/92.2.208>
- Luna-Espino H.M., Jiménez-Pérez A., Castrejón-Gómez V.R. 2020. Assessment of *Chrysoperla comanche* (Banks) and *Chrysoperla externa* (Hagen) as biological control agents of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) on tomato (*Solanum lycopersicum*) under glasshouse Conditions. *Insects*, 11(2): 87. <https://doi.org/10.3390/insects11020087>
- McEwen P.K., New T.R., Whittington A.E. 2001. *Lacewings in the crop environment*. Cambridge: Cambridge University Press. pp. 564 <https://doi.org/10.1017/CBO9780511666117>
- Machado R.J.P., Martins C.C. 2022. The extant fauna of Neuroptera (Insecta) from Brazil: diversity, distribution and history. *Rev. Bras. Entomol.*, 66(spe): e20220083. <https://doi.org/10.1590/1806-9665-RBENT-2022-0083>
- Martins F.M., Franzin M.L., Perez A.L., Schmidt J.M., Venzon M. 2021. Is *Ceraeochrysa cubana* a coffee leaf miner predator? *Biol. Control.*, 160, 104691. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104691>
- Melo J.W.S., Navia D., Mendes J.A., Filgueiras R.M.C., Teodoro A.V., Ferreira J.M.S., Guzzo E.C., Souza I.V., Mendonça R.S., Calvet É.C., Neto A.A., Gondim M.G.C., Morais E.G.F., Godoy M.S., Santos J.R., Silva R.I.R., Silva V.B., Norte R.F., Oliva A.B., Santos R.D.P., Domingos C.A. 2018. The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *Int. J. Acarol.*, 44: 146–149. <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1474945>
- Palomares-Pérez M., Contreras-Bermúdez Y., Grifaldo-Alcántara F., García-García R.E., Bravo-Núñez M., Arredondo-Bernal H.C. 2021a. Development of *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Int. J. Trop. Insect Sci.*, 41: 1169–1176. <https://doi.org/10.1007/s42690-020-00302-9>

- Palomares-Pérez M., Contreras-Bermúdez Y., Grifaldo-Alcántara P.F., García-García R.E., Bravo-Núñez M., Arredondo-Bernal H.C. 2021b. Predation capacity and larval development of *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Rev. FCA UNCuy., 53(2): 225-231. <https://doi.org/10.48162/rev.39.055>
- Porto D.P., Marucci R.C., dos Santos A., Palhari N.B., Abreu C.S., de Souza B. 2025. Potential of lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) as predators of the red gum lerp psyllid *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera: Aphalaridae) in Eucalyptus. Neotrop. Entomol., 54(85). <https://doi.org/10.1007/s13744-025-01295-1>
- Raja R.K., Kumar S.P., Balasubramani G., Sankaranarayanan C., Liu B., Hazir S., Narayanan M. 2025. An updated review on green synthesized nanoparticles to control insect pests. J. Pest. Sci., 98: 31–50. <https://doi.org/10.1007/s10340-024-01863-1>
- Rodrigues J.C.V., Peña J.E. 2012. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. Exp. Appl. Acarol., 57: 317–329. <https://doi.org/10.1007/s10493-011-9493-x>
- Rugno G.R., Cuervo J.G.B., Garcia A.G., Qureshi J., Yamamoto P.T. 2021. Abundance and diversity of lacewings in grower operated organic and conventional pest management programs for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Crop Prot., 146: 105682. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105682>
- SAS. 2008. SAS/STAT User's guide, 9.2. edn., Cary, North Carolina
- Santos A.C.B., Rêgo A.S., Lemos R.N.S., Dias G.S., Lopes G.S. 2022. Biological aspects of *Ceraeochrysa everes* (Neuroptera: Chrysopidae) fed on pink hibiscus mealybug. Rev. Caatinga, 35(2): 363-370. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n212rc>
- Sosa-Duque F.J., Tauber C.A. 2021. The Neotropical green lacewing genus *Ceraeochrysa* Adams (Neuroptera: Chrysopidae)—new synonymies and combinations, a new species, and an updated key to species. Zootaxa, 4970(1): 001–052. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4970.1.1>
- Tauber C.A., De Leon T., Penny N.D., Tauber M.J. 2000. The Genus *Ceraeochrysa* (Neuroptera: Chrysopidae) of America North of Mexico: Larvae, Adults, and Comparative Biology. Ann. Entomol. Soc. Am., 93: 1195–1221. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2000\)093\[1195:TGCNCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2000)093[1195:TGCNCO]2.0.CO;2)
- Villa M., Santos S.A.P., Benhadi-Marín J., Mexia A., Albino A., Pereira J.A. 2016. Life-history parameters of *Chrysoperla carnea* s.l. fed on spontaneous plant species and insect honeydews: importance for conservation biological control. BioControl, 61: 533–543. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9735-2>
- Villa M., Somavilla I., Santos S.A.P., López-Sáez J.A., Pereira J.A. 2019. Pollen feeding habits of *Chrysoperla carnea* s.l. adults in the olive grove agroecosystem. Agric. Ecosyst. Environ., 283:106573. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106573>
- Viteri L.O., Lira V.A., Freitas G.S., Farias A.P., Rêgo A.S., Oliveira E.E., Teodoro A.V. 2026. *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) as a potential biological control agent of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). Entomol. Exp. Appl., <https://doi.org/10.1111/eea.70059>

Table 1. Results of logistic regression analyses of the proportion of females of *Raoiella indica* consumed by first-, second-, and third-instar larvae of *Ceraeochrysa cubana* during a 24-h period.

<i>Ceraeochrysa cubana</i> stage	Estimate parameter				
	Parameter	Estimate	SE	x^2	p
1st instar	Intercept (P ₀)	5.047	0.424	141.59	<0.0001
	Linear (P₁)	-0.123	0.016	57.16	<0.0001
	Quadratic (P ₂)	1.2x10 ⁻³	1.8x10 ⁻⁴	48.27	<0.0001
	Cubic (P ₃)	4.2x10 ⁻⁶	6.1x10 ⁻⁷	47.71	<0.0001
2nd instar	Intercept (P ₀)	0.968	0.340	8.12	0.0044
	Linear (P₁)	0.053	0.004	182.37	<0.0001
	Quadratic (P ₂)	-1.8x10 ⁻⁴	1.2x10 ⁻⁵	225.11	<0.0001
	Cubic (P ₃)	1.4x10 ⁻⁷	1x10 ⁻⁸	201.57	<0.0001
3rd instar	Intercept (P ₀)	1.997	0.2792	51.13	<0.0001
	Linear (P₁)	0.032	0.002	190.90	<0.0001
	Quadratic (P ₂)	-1x10 ⁻⁴	5.7x10 ⁻⁶	349.05	<0.0001
	Cubic (P ₃)	8.1x10 ⁻⁸	4.2x10 ⁻⁹	373,90	<0.0001

Negative and positive linear terms (P₁) denote types II and III functional responses, respectively

Table 2. Estimates (mean $\pm$ SE and confidence intervals) for the parameters attack rate (a'), handling time (Th), and maximum consumption rate ($1/Th$) of larval instars of *Ceraeochrysa cubana* preying on females of *Raoiella indica* during a 24-h (1440 min) exposure period.

Preys	Predator stage	$a' \pm SE$ (95%CI)	$Th \pm SE$ (95%CI)	$(1/Th) \pm SE$ (95%CI)
Females of <i>Raoiella indica</i>	1 st	0.0013 $\pm$ 0.000044 a	5.0705 $\pm$ 0.0116 a	0.197 a
		(0.00125 - 0.00142)	(5.0475 - 5.0935)	(0.196 - 0.198)
	2 nd	0.0022 $\pm$ 0.000083 b	1.3858 $\pm$ 0.00834 b	0.721 b
		(0.0021 - 0.00239)	(1.3692 - 1.4024)	(0.713 - 0,730)
	3 rd	0.0016 $\pm$ 0.000083 c	1.1564 $\pm$ 0.0025 c	0.864 c
		(0.00145 - 0.00178)	(1.1514 - 1.1614)	(0.861 - 0.868)

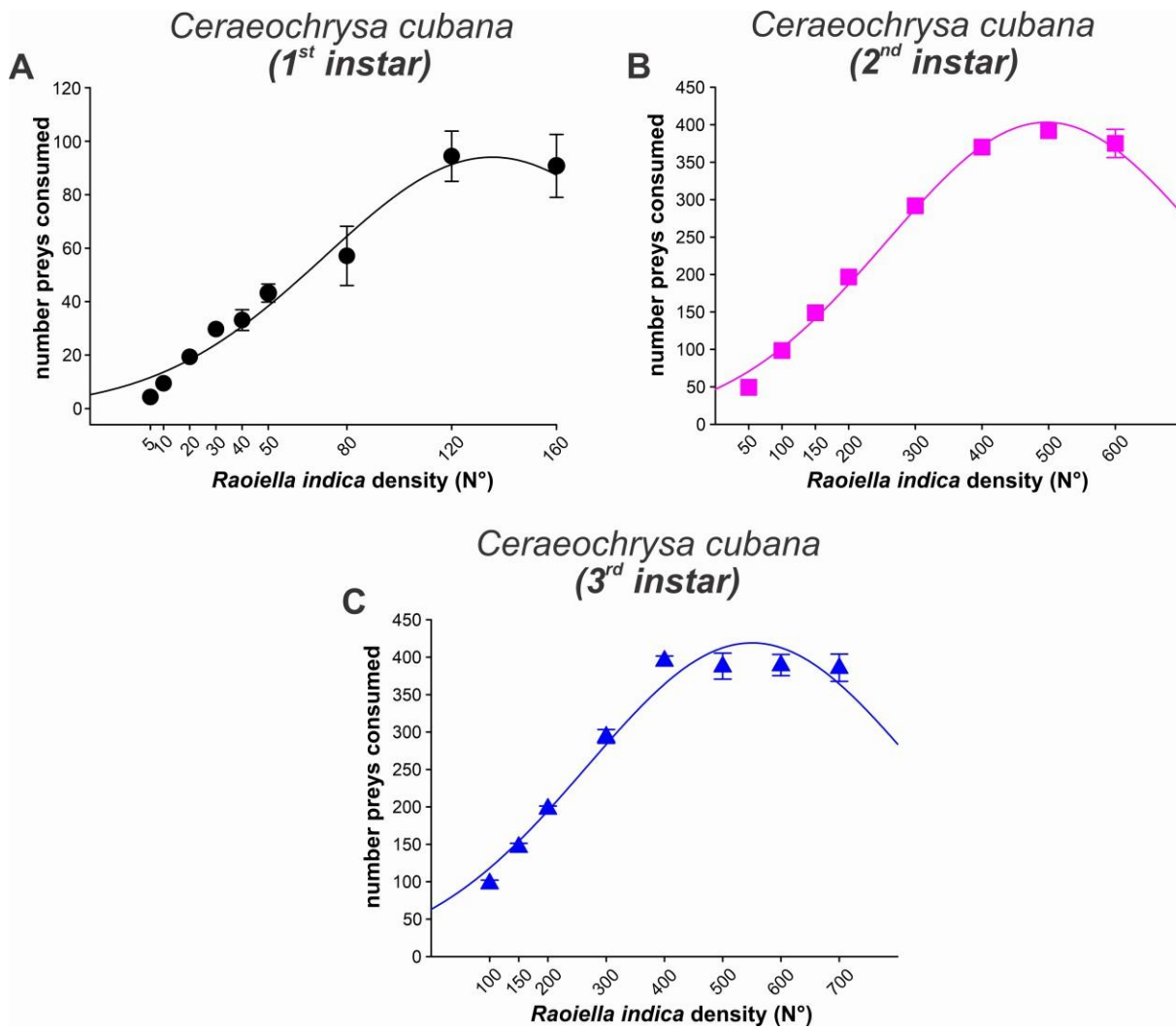
Different lowercase letters within the same parameter indicate statistically significant differences based on the 95% confidence interval.

Figure captions

Figure 1. Functional response of first (A), second (B), and third (C)-instar larvae of the predator *Ceraeochrysa cubana* consuming *Raoiella indica* females during a 24-h period. Each point represents the mean ($\pm$ SD) of ten replicates for a given prey density, and the solid lines represent the fitted functional response curves for each instar.

Figure 2. Proportion (N_e/N_o) of *Raoiella indica* females consumed by first (A), second (B), and third (C) larval instars of *Ceraeochrysa cubana* at varying prey densities during a 24-h period. Symbols represent mean values ($\pm$ SD).

Figure 3. Average maximum consumption ($\pm$ SD) of *Raoiella indica* females by first-, second-, and third-instar larvae of *Ceraeochrysa cubana* at the highest prey density tested. **** ($P < 0.0001$) and n.s. (not significant) according to the Tukey test ($P < 0.05$).

**Figure 1**

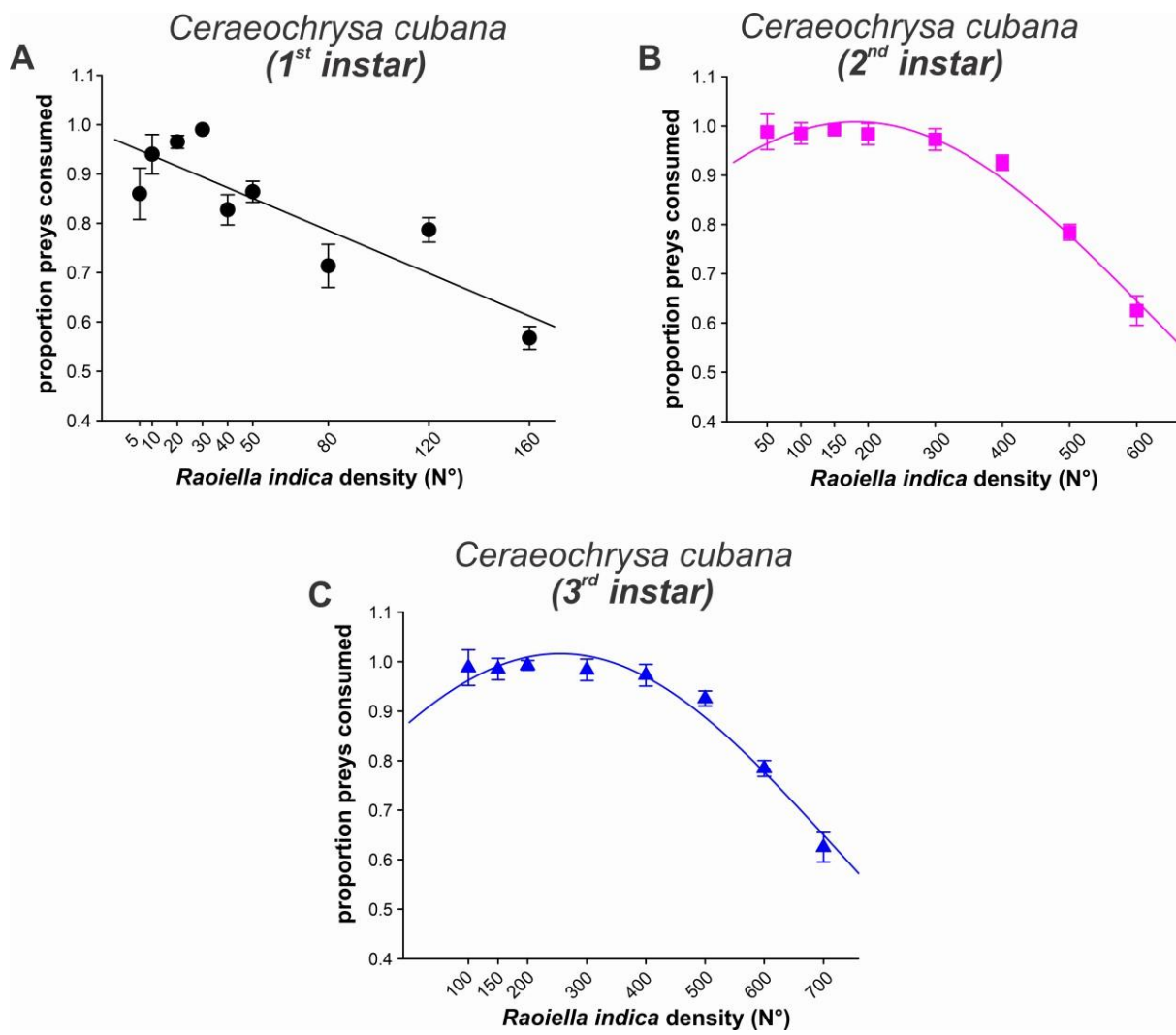


Figure 2

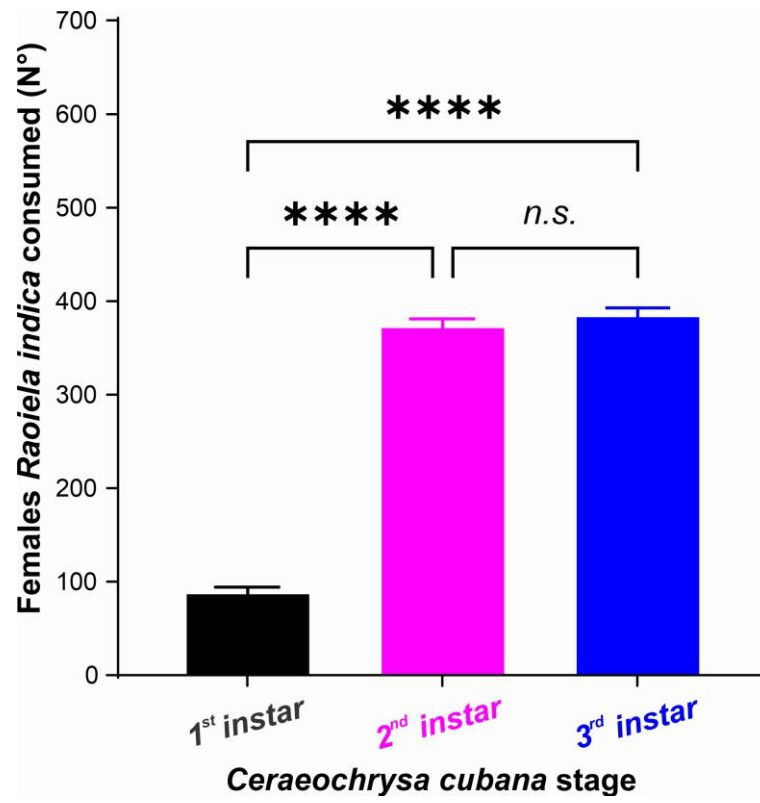


Figure 3