



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

EDUARDO PEREIRA DE SOUSA NETO

**UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE *Neoseiulus californicus* E *Neoseiulus idaeus*,
DOIS IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS DE *Tetranychus urticae***

FORTALEZA

2019

EDUARDO PEREIRA DE SOUSA NETO

UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE *Neoseiulus californicus* E *Neoseiulus idaeus*, DOIS
IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS DE *Tetranychus urticae*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Orientador: Prof. D. Sc. José Wagner da Silva
Melo
Coorientadora: Profa. D. Sc. Debora Barbosa
de Lima

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S696e Sousa Neto, Eduardo Pereira de.
Um estudo comparativo entre *Neoseiulus californicus* e *Neoseiulus idaeus*, dois importantes inimigos naturais de *Tetranychus urticae* / Eduardo Pereira de Sousa Neto. – 2019.
53 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. José Wagner da Silva Melo.
Coorientação: Profa. Dra. Debora Barbosa de Lima.
1. Ácaros. 2. Phytoseiidae. 3. Controle biológico. 4. Resposta funcional. I. Título.

CDD 630

EDUARDO PEREIRA DE SOUSA NETO

UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE *Neoseiulus californicus* E *Neoseiulus idaeus*, DOIS
IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS DE *Tetranychus urticae*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia/Fitotecnia. Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Aprovada em: 18/02/2019.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. D. Sc. José Wagner da Silva Melo (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

D. Sc. Marcos Roberto Bellini (Examinador)
Topbio - Insumos Biológicos Industria e Comercio LTDA

D. Sc. Vaneska Barbosa Monteiro (Examinadora)
Universidade Federal Rural do Pernambuco (UFRPE)

In memoriam, ao amigo Geraldo M. Silvério.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Maria Leni Ferino Cabral; meu pai Benedito Pereira de Sousa; aos meus irmãos Thiago Pereira de Sousa e Delfina Ferino de Sousa; aos meus sobrinhos Hugo Gabriel e Ícaro Gabriel pelo apoio e pela ajuda motivacional. Por essa razão, dedico e reconheço a vocês, minha imensa gratidão e amor.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudo.

Ao meu orientador José Wagner da Silva Melo, pela oportunidade, orientação, apoio e confiança, pela amizade e pelos ensinamentos sempre visando amadurecimento profissional.

À minha coorientadora Debora Barbosa de Lima, pelos ensinamentos e ajuda.

Aos amigos Jairo Mendes e Rosenya Michely pela ajuda na condução dos experimentos e pela amizade;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia da UFC, pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos Wesley Michael, Sandro Dias, Felipe Luciano, Geraldo Silvério, Thiago Pereira, Elias Francisco, Hugo Costa e Renato Vaz por todos os momentos de felicidade compartilhados, pela cumplicidade e apoio motivacional em todos os momentos;

Aos amigos de república, Gerffeson Mota, Falkner Santana, Wilame Cavalcante, Edilson Bieh por ter compartilhado moradia durante este período, pela amizade, por todos os momentos de alegria e ajuda nos momentos em que precisei.

Aos amigos Talita Camila e Gualberto Agamez, pela ajuda e incentivo em todos os momentos que precisei.

Aos meus amigos do Laboratório de Manejo de Ácaros e Insetos, Jairo Mendes, Rosenya Michely, Josiane Alfaia, Maria Neurilan, Maria Edvânia, Neville Monteiro, Adson Ávila por terem me acolhido desde o primeiro dia no laboratório, pelo companheirismo, pelo apoio, pelos momentos de descontração, pela ajuda, e principalmente pela amizade.

Aos membros da banca examinadora Marcos Roberto Bellini e Vaneska Barbosa Monteiro pelas valorosas contribuições.

Por fim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que esse momento fosse possível. Obrigado!

“Não ande atrás de mim, talvez eu não sabia liderar. Não ande na minha frente, talvez eu não queira segui-lo. Ande ao meu lado, para caminharmos juntos.” (Provérbio Ute)

“Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara.”
(José Saramago)

RESUMO

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch é um dos principais artrópodes-praga no Mundo. Trata-se de uma praga cosmopolita que vem atacando diferentes espécies botânicas, principalmente plantas cultivadas e ornamentais. O ataque do ácaro-rajado causa a dessecação e queda de folhas, podendo levar a morte das plantas. O principal método de controle desta praga é o controle químico. No entanto, devido a suas características biológicas, esta praga já desenvolveu resistência a alguns dos principais acaricidas utilizados no seu controle. Além disso, o uso incorreto de pesticidas na agricultura pode causar a eliminação de inimigos naturais e polinizadores, desenvolvimento de populações de pragas resistentes, acúmulo de resíduos em alimentos de consumo humano, contaminação do solo, rios e lençol freático. Desta forma, o controle biológico tem sido estudado e utilizado como uma alternativa ao controle químico do ácaro-rajado. O principal grupo de inimigos naturais do ácaro-rajado são os ácaros predadores da família Phytoseiidae. Atualmente, algumas espécies de fitoseídeos têm sido comercializadas para controle do ácaro-rajado ao redor do mundo, principalmente em ambientes protegidos, sendo *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) uma das principais. Este predador apresenta comprovada eficácia em ambientes temperados, sob temperaturas amenas e umidade relativa alta. Entretanto, em ambientes áridos e semiáridos a utilização desse agente de controle biológico é impossibilitada. Dessa forma, faz-se necessário que o potencial de outras espécies de fitoseídeos sejam testadas, especialmente daquelas de ocorrência natural em ambientes semiáridos. Dentro desse contexto destaca-se como um potencial agente de controle do ácaro-rajado o ácaro predador *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma, 1973, espécie frequentemente relatada em associação com ácaros tetraniquídeos, e com ampla distribuição em países da região Neotropical, especialmente em regiões onde predomina o clima semiárido.

Palavras-chave: Ácaros. Phytoseiidae. Controle biológico. Resposta funcional. Semiárido.

ABSTRACT

The two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch is one of the major arthropod-pest in the world. It is a cosmopolitan that has been attacking different botanical species, mainly cultivated and ornamental plants. The attack of making a decision on desiccation and leaf fall can lead to a death to the plants. The main method of controlling pressure is chemical control. However, this pest is already resistant to the carriers used in its control. In addition, incorrect use of pesticides in agriculture can cause the elimination of natural waste and pollinators, the development of resistance variables, the accumulation of residues in food for human consumption, contamination of soil, rivers and groundwater. In this way, the biological control was studied and used as an alternative to the chemical control of the mite. The main group of natural enemies of the tow spotted spider mite is the predatory mites of the family Phytoseiidae. Currently, some species of phytoseiid have been commercialized to control the mite in which the field is protected, with *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) being one of the main species. The predator presents a proven measure in temperate and semi-thermal environments under the influence of this biological control agent is impossible. Thus, it is necessary that the potential of other phytoseiid species be tested, be especially natural occurring in semi-arid environments. *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma, 1973, often found in association with tetranychid mites, and widely distributed in countries of the Neotropical region, especially in regions where the semiarid climate prevails.

Keywords: Mites. Phytoseiidae. Biological control. Functional response. Semiárid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número médio de ovos de <i>T. urticae</i> (A) e proporção de ovos de <i>T. urticae</i> (B) consumidos por <i>N. idaeus</i> e <i>N. californicus</i>	49
Figura 2 – Oviposição de fêmeas de <i>N. idaeus</i> e <i>N. californicus</i> em função do número de ovos de <i>T. urticae</i> consumidos/24h	50
Figura 3 – Relação entre a ECI de <i>N. idaeus</i> e <i>N. californicus</i> e diferentes densidades de ovos de <i>T. urticae</i>	51
Figura 4 – Eficiência de busca de presas por <i>N. idaeus</i> e <i>N. californicus</i> em diferentes densidades de ovos de <i>T. urticae</i>	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de regressão determinados para o número de ovos de <i>T. urticae</i> consumidos por <i>N. idaeus</i> e <i>N. californicus</i>	53
Tabela 2 – Equação de disco de Holling e tipo de resposta funcional de <i>N. idaeus</i> e <i>N. californicus</i> predando ovos de <i>T. urticae</i>	54
Tabela 3 – Parâmetros (\pm EP) de respostas funcionais de <i>N. idaeus</i> e <i>N. californicus</i> predando ovos de <i>T. urticae</i>	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE <i>Neoseiulus californicus</i> E <i>Neoseiulus idaeus</i>, DOIS IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS DE <i>Tetranychus urticae</i>	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	27
3.1	Coleta e criação de ácaros	27
3.2	Resposta funcional e numérica	28
3.3	Análise estatística	28
4	RESULTADOS	30
5	DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS	39
	ANEXO A – FIGURA 1	49
	ANEXO B – FIGURA 2	50
	ANEXO C – FIGURA 3	51
	ANEXO D – FIGURA 4	52
	ANEXO E – TABELA 1	53
	ANEXO F – TABELA 2	54
	ANEXO G – TABELA 3	55

1 INTRODUÇÃO

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) é um dos principais artrópodes-praga no mundo (HELLE; SABELIS, 1985; MORAES; FLECHTMANN, 2008). A Eurásia tem sido referida como provável centro de origem deste ácaro em função de sua elevada ocorrência e da grande variedade de plantas hospedeiras (NAVAJAS, 1998). Acredita-se que a ação dos ventos tenha contribuído para dispersão do ácaro-rajado nas regiões temperadas, e que o transporte de plantas pelo homem tenha levado esse ácaro para as demais regiões do mundo (NAVAJAS, 1998). Atualmente, este ácaro-praga é encontrado em diversas partes do mundo atacando diferentes espécies botânicas, quer sejam cultivadas ou espontâneas (BOLLAND et al., 1998; MIGEON; DORKELD, 2018).

Um indivíduo de *T. urticae* passa pelos estágios de ovo, larva, protoninfa e deutoninfa antes de se tornar adulto (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Uma única fêmea adulta pode colocar, sob condições ambientais e planta hospedeira adequadas, mais de 100 ovos e produzir uma grande quantidade de teias, sob as quais a colônia se estabelece e completa seu ciclo de vida. Essas teias servem de proteção contra a ação de inimigos naturais, condições adversas de clima e tem papel importante no processo de dispersão (SABELIS, 1981; GERSON; WEINTRAUB, 2012; FATHIPOUR; MALEKNIA, 2016).

As condições ambientais adequadas para o desenvolvimento do ácaro-rajado são as de climas quentes e secos (SABELIS, 1985). O desenvolvimento ocorre entre 12 e 40°C. O tempo de desenvolvimento de ovo a adulto diminui com o aumento da temperatura e é menor que uma semana sob condições ideais de temperaturas (30-32°C). Os machos desenvolvem-se ligeiramente mais rápido que as fêmeas (ZHANG, 2003).

Devido as suas características biológicas, o ácaro-rajado pode rapidamente superexplorar seu hospedeiro, sendo o processo de dispersão essencial para sua sobrevivência (ELLNER et al., 2001). O processo de dispersão deste ácaro em condições de campo ocorre principalmente pelo processo chamado de “balonismo”, no qual indivíduos adultos se aglomeram sobre as teias produzidas na parte superior das plantas. Essas teias contendo número elevado de ácaros são carregadas pelo vento à grandes distâncias e/ou altitudes elevadas (MORAES; FLECHTMANN, 2008). Em cultivos de ambientes protegidos, a dispersão do ácaro-rajado ocorre principalmente por caminhamento ou de forma passiva através de atividades humanas (GERSON; WEINTRAUB, 2012).

No Brasil, o ataque do ácaro-rajado tem sido observado em diversas culturas, incluindo hortaliças (alface, batata, berinjela, melancia, pepino, pimentão e tomate), grandes culturas (algodão, amendoim, fava, feijão, fumo, mamona, mandioca, milho e soja), fruteiras (maçã, mamão, melão, morango, nectarina, pêssego e uva), e plantas ornamentais (FLECHTMANN, 1985; SOUZA FILHO et al., 1994; GALLO et al., 2002; MORAES; FLECHTMANN, 2008; MIGEON; DORKELD, 2018). Plantas atacadas pelo ácaro-rajado apresentam na face inferior das folhas desenvolvidas manchas branco-prateadas e uma quantidade considerável de teia (JEPPSON et al., 1975; FLECHTMANN, 1985). Na face superior das folhas atacadas podem ser observadas áreas inicialmente cloróticas que posteriormente tornam-se bronzeadas (JEPPSON et al., 1975; FLECHTMANN, 1985). Como consequência de seu ataque as folhas normalmente se desidratam e caem, podendo levar à morte da planta e conseqüentemente perdas na produção (JEPPSON et al., 1975; VAN DE VRIE, 1985; BOLLAND et al., 1998; MIGEON; DORKELD, 2018).

Apesar dos danos ocasionados pelo ácaro-rajado serem observados e relatados em diversas culturas, a quantificação das perdas tem sido realizada apenas para algumas destas. Em algodão, por exemplo, o ataque do ácaro-rajado pode não só reduzir a produtividade como também reduzir a qualidade das fibras e das sementes (CANNERDAY; ARANT, 1964; OLIVEIRA, 1972; OLIVEIRA; CALCANHOTO, 1975). Nesta cultura vários parâmetros têm sido quantificados para ilustrar as perdas ocasionadas pelo ácaro-rajado, incluindo: a produção (redução de até 25%), o número de sementes (redução de 12%), o teor de matéria graxa (redução de 4%), o peso das fibras (redução de 17%), perda de peso do algodão (redução de 25%) e da resistência da planta (redução de 4%) (CANNERDAY; ARANT, 1964; OLIVEIRA, 1972; OLIVEIRA; CALCANHOTO, 1975). Segundo Reis (1972) quando o ataque se dá em plantas novas, logo após a germinação, o ácaro pode causar a perda total da cultura. Perdas bastantes expressivas são também observadas em plantas ornamentais, nestas plantas os ácaros podem ocasionar alterações de cor, redução ou malformação de estruturas vegetais comercializadas (ex.: flores) e conseqüentemente levar ao comprometimento da comercialização (DE VIS; BARRERA, 1999; MORAES; TAMAI, 1999).

O principal método de controle do ácaro-rajado é o controle químico (OPIT et al., 2009; WANG et al., 2016). Este método é geralmente considerado como a maneira mais fácil de proteger as culturas do ataque de pragas. No entanto, no caso do ácaro-rajado, o controle químico pode ser ineficaz, devido ao curto ciclo biológico desta praga, sua alta fecundidade e reprodução partenogenética que facilitam o rápido desenvolvimento de resistência a acaricidas

(FEYEREISEN, 1999; VAN LEEUWEN et al., 2010). Além disso, o uso frequente e incorreto de acaricidas pode impor uma alta pressão de seleção à resistência, aumentando a frequência de mutações e selecionando indivíduos para a resistência (PIRANEO et al., 2015). Há relatos de casos de populações de ácaro-rajado resistentes a alguns dos acaricidas mais utilizados, como por exemplo a abamectina (ex.: SATO et al., 2005; AY; KARA, 2011; GERSON; WEINTRAUB, 2012; VASSILIOU; KITSIS, 2013; FERREIRA et al., 2015).

Devido aos principais problemas associados ao controle químico (resistência de pragas, riscos à saúde humana, impactos negativos sobre inimigos naturais e meio ambiente), o controle biológico é globalmente assumido como um método fundamental e alternativo para reduzir a quantidade de pesticidas usados na agricultura e mitigar os riscos associados ao uso destes produtos (CULLEN et al., 2008; OPIT et al., 2009).

O controle biológico vem sendo amplamente estudado como uma promissora alternativa ao controle químico do ácaro-rajado. O principal grupo de inimigos naturais do ácaro-rajado são os ácaros predadores da família Phytoseiidae (MORAES, 2002), e por esse motivo vários estudos têm sido feitos visando o emprego desses inimigos naturais (ex.: FAN; PETITT, 1994; GARCÍA-MARÍ et al., 1999; DÖKER et al., 2016; GIGON et al., 2016; ZHENG et al., 2017). Algumas dessas espécies de Phytoseiidae vêm sendo multiplicadas de forma massal e comercializadas como agentes de controle do ácaro-rajado ao redor do mundo, com destaque para *Neoseiulus californicus* McGregor, *Galendromus occidentalis* (Nesbitt), *Phytoseiulus longipes* Evans, *Phytoseiulus macropilis* (BANKS, 1904), *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot e *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans, 1930) (MCMURTRY et al., 2013; HELYER et al., 2014). No Brasil, os predadores *Neoseiulus californicus* e *Phytoseiulus macropilis* estão comercialmente disponíveis e são registrados para controle do ácaro-rajado (AGROFIT, 2018).

Neoseiulus californicus se destaca como um dos principais inimigos naturais utilizados no controle biológico do ácaro-rajado no mundo (MCMURTRY et al., 2013; HELYER et al., 2014). Esse predador ocorre em regiões de clima temperado (MCGREGOR, 1954; MCMURTRY, 1977) onde predominam baixas temperaturas e umidade relativa alta. Devido as exigências climáticas, *N. californicus* tem sido utilizado como agente de controle biológico do ácaro-rajado sobretudo em cultivos protegidos (Ex.: cultivos de morango (FRAULO; LIBURD, 2007); roseiras (*Rosa* sp.) (BLÜMEL; WALZER, 2002; SOUZA-PIMENTEL et al., 2014)) ou em locais com condições climáticas que se assemelham aos locais onde este predador ocorrem naturalmente (MARAFELI et al., 2014).

Phytoseiulus macropilis ocorre em associação com ácaros tetraniquídeos em diferentes regiões do mundo (DEMITE et al., 2018). No Brasil já foi relatado em diferentes regiões, principalmente naquelas onde predominam condições de temperaturas amenas e umidade alta (ex.: FURTADO et al., 2006; CASTRO; MORAES, 2010; SILVA et al., 2010; EICHELBERGER et al., 2011; MORAES et al., 2013; CASTRO et al., 2014; FERLA et al., 2011). Trata-se de um ácaro predador com hábito alimentar especialista, predando exclusivamente ácaros pertencentes ao gênero *Tetranychus* (MCMURTRY; CROFT, 1997). Em casos específicos (alta infestação de ácaro-rajado) *P. macropilis* é considerado como a espécie mais adequada para ser utilizada. Neste caso seu uso é justificado pela necessidade de rápida supressão da população da praga. Em comparação, *N. californicus* deve ser empregado em condições de baixas infestações de ácaro-rajado ou deve ser liberado logo no início da infestação, para suprimir o aumento populacional desta praga (BARBOSA et al., 2017).

Apesar da consolidação de programas de controle biológico a nível mundial, de todas as suas vantagens em relação a outros métodos de controle de pragas e do crescente interesse de pesquisadores e produtores, antes de se iniciar um programa de controle biológico vários aspectos devem ser levados em consideração. Um dos aspectos mais importantes são as condições climáticas requeridas para o desenvolvimento e estabelecimento do agente de controle biológico a ser utilizado (GHAZY et al., 2016). A negligência desse aspecto é uma das causas de insucesso em programas de controle biológico (STILING, 1993).

Embora um número considerável de ácaros predadores venha sendo comercializados para controle do ácaro-rajado (VAN LENTEREN, 2012), a eficiência dessas espécies é baixa sob condições de climas áridos e semiáridos (WALZER et al., 2007). Desta forma, a utilização desses inimigos naturais em programas de controle biológico do ácaro-rajado em regiões onde as condições climáticas predominantes são temperaturas elevadas e umidade relativa baixa (clima árido e semiárido) é impossibilitada. Essas condições representam limitações ao estabelecimento (HART et al., 2002), parâmetros biológicos (GOTOH et al., 2004) e predatórios (DÖKER et al., 2016) desses inimigos naturais. Assim, diante deste cenário de escassez de agentes de controle biológico do ácaro-rajado em regiões áridas e semiáridas, há a necessidade de se buscar e estudar o potencial de espécies de fitoseídeos que, preferencialmente, ocorram nessas regiões.

Dentre os métodos utilizados na avaliação do potencial e predição da eficiência de inimigos naturais, as respostas funcional e numérica são as interações predador-presa mais estudadas (SEPÚLVEDA; CARRILLO, 2008). A resposta funcional é a relação entre a predação

(número de indivíduos consumidos, mortos, parasitados, etc.) e a densidade de presas/hospedeiros disponíveis (HOLLING, 1959, 1965). A resposta numérica corresponde a variação na taxa de oviposição de um predador em resposta a mudanças na densidade de presas (CARRILLO; PEÑA, 2012). Segundo modelo proposto por Holling (1966), há três tipos de respostas funcionais: tipo I, aumento linear no número de presas atacadas até atingir um platô; tipo II, relação curvilínea entre o número de presas consumidas e a densidade de presas tendendo a um platô (saciação do predador); e tipo III, caracterizado por uma curva sigmoide, onde a taxa de procura aumenta com o aumento da densidade de presa e se estabiliza no platô sob a influência do tempo de manipulação ou saciedade. Os estudos de resposta funcional e numérica são ferramentas de extrema importância para prever a eficácia de inimigos naturais a serem usados em programas de controle biológico (RIECHERT; LOCKLEY, 1984; SEPÚLVEDA; CARRILLO, 2008).

O ácaro predador *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma é uma espécie de Phytoseiidae com ampla ocorrência em países da região Neotropical (MORAES et al., 2004; DEMITE et al., 2018), sendo frequentemente encontrado na região Nordeste do Brasil (predominância de clima semiárido) em associação com ácaros tetraniquídeos (DOMINGOS et al., 2014). Este predador possui hábito alimentar do tipo II: predadores que se alimentam ácaros da família Tetranychidae, podendo se alimentar de diferentes espécies de todos os gêneros desta família. (MCMURTRY et al., 2013). Em função dessas características, *N. idaeus* foi introduzido em Benim na África com o objetivo de implementar um programa de controle biológico de *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) (YANINEK et al., 1991). Além disso, desde a sua introdução em Benim, *N. idaeus* foi liberado em Gana, Zaire, Zâmbia, Burundi, Quênia e Uganda (YANINEK et al., 1991). Diante destes fatos, fica evidenciado que este predador pode ser um potencial inimigo natural a ser utilizado no controle biológico do ácaro-rajado em regiões áridas e semiáridas.

A presente dissertação tem como objetivo avaliar a eficiência de *N. idaeus* em laboratório através da comparação direta de sua resposta funcional e parâmetros associados com *N. californicus*, uma das principais espécies utilizadas para controle do ácaro-rajado no Brasil e no mundo.

REFERÊNCIAS

AGROFIT - Sistema de Agrotróxicos Fitossanitários - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS (2018). http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons (Acesso em: 11 nov. 2018).

AY, R.; KARA, F.E. Toxicity, inheritance of fenpyroximate resistance, and detoxification-enzyme levels in a laboratory-selected fenpyroximate-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Crop Protection**, [s.l.], v. 30, p. 605–610, 2011.

BARBOSA, M.F.C.; DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; POLETTI, M. Controle biológico com ácaros predadores e seu papel no manejo integrado de pragas. **Promip Holding S.A.**, 70 p., 2017.

BOLLAND, H.R.; GUTERREZ, J. FLECHTMANN, C.H.W. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae), with references to taxonomy, synonymy, host plants and distribution. Leyden, The Netherlands: **Brill Academic Publishers**. 392 p., 1998.

CANERDAY, T.D.; ARANT, F.S. The effect of spider mite populations on yield and quality of cotton. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 57, p. 553–556, 1964.

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

CASTRO, B.M.C.; SOARES, M.A.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; FADINI, M.A.M.; FERREIRA, J.A.M.; MORAES, G.J. The predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) occurring on sweet potato (*Ipomoea batatas*) plants in Diamantina, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 74, p. 685–686, 2014.

CASTRO, T.M.M.G.; MORAES, G.J. DE. Diversity of phytoseiid mites (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae) in the Atlantic Forest of São Paulo. **Systematics and Biodiversity**, [s.l.], v. 8, p. 301–307, 2010.

CULLEN, R.; WARNER, K.D.; JONSSON, M.; WRATTEN, S.D. Economics and adoption of conservation biological control. **Biological Control**, [s.l.], v. 45, p. 272–280, 2008.

DE VIS, R.; BARRERAV, A.J. Use of two predators *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) and *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) for the biological control of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in roses in the Bogota plateau. In: Fischer G, Angarita A (orgs.), Proceedings of the International Symposium on Cut Flowers in the Tropics, Bogotá. **Acta Horticulturae**, [s.l.], v. 482, p. 259–268, 1999.

DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; MCMURTRY J.A.; DENMARK, H.A., CASTILHO, R.C. Phytoseiidae Database. www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso: 05 dec. 2018.

- DÖKER, I.; KAZAK, C.; KARUT, K. Functional response and fecundity of a native *Neoseiulus californicus* population to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at extreme humidity conditions. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 21, p. 1463–1472, 2016.
- DOMINGOS, C.A.; MELO, J.W.S.; OLIVEIRA, J.E.M.; GONDIM, M.G.C. Mites on grapevines in northeast Brazil: Occurrence, population dynamics and within-plant distribution. **International Journal of Acarology**, [s.l.], v. 40, p. 145-151, 2014.
- EICHELBERGER, C.R.; JOHANN, L.; MAJOLO, F.; FERLA, N.J. Mites fluctuation population on peach tree (*Prunus persica* (L.) Batsch) and in associated plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 765–773, 2011.
- ELLNER, S.; MCCAULEY, E.; KENDALL, B.E.; BRIGGS, C.J.; HOSSEINI, P.R.; ET AL. Habitat structure and population persistence in an experimental community. **Nature**, [s.l.], v. 412, p. 538–43, 2001.
- FAN, Y.; PETITT, F.L. Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 18, p. 613–521, 1994.
- FARIAS, A.R.N.; FLECHTMANN, C.H.W.; MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A. Predadores do ácaro verde da mandioca, no nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, p. 313–317, 1982.
- FATHIPOUR, Y.; MALEKNIA, B. Mite Predators. In: Omkar (ed) **Ecofriendly Pest Management for Food Security**. Academic Press. pp. 329–366, 2016.
- FERLA, N.J. Mites fluctuation population on peach tree (*Prunus persica* (L.) Batsch) and in associated plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 765–773, 2011.
- FERREIRA, C.B.S.; ANDRADE, F.H.N.; RODRIGUES, A.R.S.; SIQUEIRA, H.A.A.; GONDIM, JR. M.G.C. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. **Crop Protection**, [s.l.], v. 67, p. 77–83, 2015.
- FEYEREISEN, R. Insect P450 enzymes. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 44, p. 507–533, 1999.
- FIABOE, K.K.M.; GONDIM, JR. M.G.C.; DE MORAES, G.J.; OGOL, C.K.P.O.; KNAPP, M. Surveys for natural enemies of the tomato red spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in northeastern and southeastern Brazil. **Zootaxa**, [s.l.], v. 1395, p. 33–58, 2017.
- FLECHTMANN, C.H.W. (1985). **Ácaros de importância agrícola**. São Paulo: Nobel, 189 p.

FRAULO, A.B.; LIBURD, O.E. Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. **Experimental and Applied Acarology**. v. 43, n. 2, p. 109, 2007.

FURTADO, I. P. et al. Plant mites (Acari) from Northeastern Brazil, with descriptions of two new species of the family Phytoseiidae (Mesostigmata). **Acarologia**, Montpellier, v. 45, n. 2/3, p. 131-143, 2005.

FURTADO, I.P.F.; TOLEDO, S.; DE MORAES, G.J.; KREITER, S.; KNAPP, M. Search for effective natural enemies of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in northwest Argentina. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 121-127, 2007.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; APTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920p, 2002.

GARCÍA-MARÍ, F.; GONZÁLEZ-ZAMORA, J.E. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valenica, Spain. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 23, n. 6, p. 487-495, 1999.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P.G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 57, p. 229-247, 2012.

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

GIGON, V.; CAMPS, C.; CORFF, J.L. Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 68, n. 1, p. 55-70, 2016.

GOTOH, T.; YAMAGUCHI, K.; MORI, K. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius* (*Neoseiulus*) *californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 32, n. 1-2, p. 15-30, 2004.

HART, A.J.; BALE, J.S.; TULLETT, A.G.; WORLAND, M.R.; WALTERS, K.F.A. Effects of temperature on the establishment potential of the predatory mite *Amblyseius californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) in the UK. **Journal of Insect Physiology**, [s.l.], v. 48, n. 6, p. 593-599, 2002.

HELLE, W.; SABELIS, M.W. **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. World Crop Pests. vol. 1A & 1B, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1985.

HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. Arthropod biological control agentes. In: HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. (eds) **Biological Control in Plant Protection: A Color Handbook**. Broken Sound Parkway, New York, 276 p., 2014.

- JEPPSON, L.R.; KEIFER, H.H.; BAKER, E.W. (1975) **Mites injurious to economic plants**. Berkeley: University of California Press. 614 p.
- MARAFELI, P.P.; REIS, P.R.; SILVEIRA, E.C.; SOUZA-PIMENTEL, G.C.; TOLEDO, M.A. Life history of *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) fed with castor bean (*Ricinus communis* L.) pollen in laboratory conditions. **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 74, n. 3, p. 691-697, 2014.
- MCGREGOR, E.A. Two new mites in the genus *Typhlodromus* (Acarina: Phytoseiidae). **Bulletin, Southern California Academy of Sciences**, [s.l.], v. 53, p. 89–92, 1954.
- MCMURTRY, J.A. Some predaceous mites (Phytoseiidae) on citrus in the Mediterranean Region. **Entomophaga**, [s.l.], v. 22, p. 19–30, 1977.
- MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J.; SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 297-321, 2013.
- MIGEON, A.; DORKELD, F. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. Available from: <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>. Acesso: set. 2018.
- MORAES, G.J.; ALENCAR, J.A.; LIMA, J.L.S.; YANINEK, J.S.; DELALIBERA, I.Jr. Alternative plant habitats for common phytoseiid predators of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in northeast Brazil. **Experimental & Applied Acarology**, [s.l.], v. 17, n. 1-2, p. 77-90, 1993.
- MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia – Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto. 2008. 308p.
- MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalog of mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, [s.l.], v. 434, n. 1, p. 1-494, 2004.
- MORAES, G.J.; TAMAI, M.A. Biological control of *Tetranychus* spp. on ornamental plants. In: Fischer G, Angarita A (orgs.) **Proceedings of the International Symposium on Cut Flowers in the Tropics**. Bogota, Acta Hort. 1997. p. 247-252.
- MORAES, G.J.; BARBOSA, M.F.C.; CASTRO, T.M.M.G. Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) from natural ecosystems in the State of São Paulo, Brazil. **Zootaxa**. v. 3700, n. 3, p. 301-347, 2013.
- NAVAJAS, M. Host plant associations in the spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): insights from molecular phylogeography. **Experimental & Applied Acarology**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 201-214, 1998.
- OLIVEIRA, C.A.L. Ação dos ácaros *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) e *Tetranychus (T.) urticae* Koch, 1836 na depreciação quantitativa e qualitativa da produção algodoeira. Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1972. 150 p.

- OLIVEIRA, C.A.L.; CALCANHOTO, G. Ação do ácaro “rajado” *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) na depreciação quantitativa da produção algodoeira. **O Biológico**, [s.l.], v. 41, p. 307-327, 1975.
- OPIT, G.P.; PERRET, J.; HOLT, K.; NECHOLS, J.R.; MARGOLIES, D.C.; WILLIAMS, K.A. Comparing Chemical and Biological Control Strategies for Twospotted Spider Mites (Acari: Tetranychidae) in Commercial Greenhouse Production of Bedding Plants. **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 102, n. 1, p. 336-346, 2009.
- PIRANEO, T.G.; BULL, J.; MORALES, M.A.; LAVINE, L.C.; WALSH, D.B.; ZHU, F. Molecular mechanisms of *Tetranychus urticae* chemical adaptation in hop fields. **Scientific reports**, [s.l.], v. 5, p. 17090, 2015.
- REICHERT, M.B.; DA SILVA, G.L.; ROCHA, M.D.S.; JOHANN, L.; FERLA, N.J. Mite fauna (Acari) in soybean agroecosystem in the northwestern region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 123-137, 2014.
- REIS, P.R. Efeito do ácaro *Tetranychus (T.) urticae* Koch, 1836 (Acarina – Tetranychidae) na produção e qualidade da fibra do algodoeiro, variedade IACRM3. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1972. 76 p.
- RIECHERT, S.E.; LOCKLEY, T. Spiders as Biological Control Agents. **Annual review of Entomology**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 299-320, 1984.
- SABELIS, M.W. **Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I.** Pudoc, Wageningen. 1981.
- SABELIS, M.W. **Life History: Development.** In: HELLE, W.; SABELIS, M.W. (ed) Spider mites: their biology, natural enemies and control. Elsevier, Amsterdam. 1985. pp. 43-53.
- SATO, M.E.; SILVA, M.Z.D.; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F.D. Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): Selection, Cross-Resistance and Stability of Resistance. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 991-998, 2005.
- SEPÚLVEDA, F.; CARRILLO, R. Functional response of the predatory mite *Chileseius camposi* (Acarina: Phytoseiidae) on densities of its prey, *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). **Revista de Biologia Tropical**, [s.l.], v. 56, n. 3, p. 1255-1260, 2008.
- SILVA, E.A.; REIS, P.R.; ZACARIAS, M.S.; MARAFELI, P.P. Fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) associados a cafezais e fragmentos florestais vizinhos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 34, p. 1146–1153, 2010.
- SOLOMON, M.E. The natural control of animal populations. **The Journal of Animal Ecology**, [s.l.], p. 1-35, 1949.
- SOUZA FILHO, M.F.; SUPPLY FILHO, N.; SATO, M.E.; TAKEMATSU, A.P. Suscetibilidade do ácaro rajado proveniente de videiras de Pilar do Sul, SP, a diversos acaricidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1187-1192, 1994.

STILING, P. Why do natural enemies fail in classical biological control programs? **American Entomologist**, [s.l.], v. 39, n. 1, p. 31-37, 1993.

VAN DE VRIE, M. **Apple**. In: Helle, W.; Sabelis, M.W. (Eds) Spider mites: their biology, natural enemies and control: World Crop Pests, v. 1B, cap. 3.2.4. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publisher. 1985. pp. 311-325.

VAN LEEUWEN, T.; VONTAS, J.; TSAGKARAKOU, A.; DERMAUW, W.; TIRRY, L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. **Insect biochemistry and molecular biology**, [s.l.], v. 40, n. 8, p. 563-572, 2010.

VAN LENTEREN, J.C. The state of commercial augmentative biological control: Plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.

VASSILIOU, V.A.; KITSIS, P. Acaricide Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) Populations From Cyprus. **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 106, n. 4, p. 1848-1854, 2013.

WALZER, A.; CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S.; LIGUORI, M.; PALEVSKY, E.; SCHAUSBERGER, P. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: Survival, development and reproduction. **Biological Control**, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 42-52, 2007.

WANG, L.; ZHANG, Y.; XIE, W.; WU, Q.; WANG, S. Sublethal effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Pesticide biochemistry and physiology**, [s.l.], v. 132, p. 102-107, 2016.

YANINEK, J.S.; MÉGEVAND, B.; DE MORAES, G.J.; BAKKER, F.; BRAUN, A.; HERREN, H.R. Establishment of the neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. **Biocontrol Science and Technology**, [s.l.], v. 1, n. 4, p. 323-330, 1991.

ZHANG, Z.Q. **Mites in greenhouse: identification, biology and control**. Cambridge: CABI. 2003. 244 p.

ZHENG, Y.; DE CLERCQ, P.; SONG, Z.W.; LI, D.S.; ZHANG, B.X. Functional response of two *Neoseiulus* species preying on *Tetranychus urticae* Koch. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 22, n. 7, p. 1059-1069, 2017.

2 UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE *Neoseiulus californicus* E *Neoseiulus idaeus*, DOIS IMPORTANTES INIMIGOS NATURAIS DE *Tetranychus urticae*

RESUMO

O ácaro-rajado, *Tetranychus urticae* Koch, é uma das principais espécies de ácaros pragas no Mundo. Uma alternativa para o controle dessa praga é a utilização de ácaros predadores. Algumas poucas espécies de ácaros predadores podem ser encontradas comercialmente, no entanto estas apresentam reduzida eficácia em ambientes áridos. Dessa forma, o presente estudo avaliou as habilidades predatórias (resposta funcional) e reprodutivas (resposta numérica) de *N. idaeus* (espécie de ocorrência natural em regiões áridas) alimentado com ovos de *T. urticae*, comparando-as com aquelas obtidas para *N. californicus* (uma das principais espécies utilizadas no controle do ácaro-rajado). Ambos os predadores apresentaram o mesmo tipo de resposta funcional (tipo II), não diferiram quanto a taxa de ataque e tempo de manipulação, apresentaram tendências semelhantes para a resposta numérica, para eficiência de busca e de conversão de alimento em biomassa de ovos. Tais resultados sugerem performances biológicas semelhantes para *N. idaeus* e *N. californicus* quando alimentados com *T. urticae*.

Palavras-chave: Ácaros predadores. Resposta funcional. Controle biológico. Phytoseiidae.

ABSTRACT

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, is one of the major species of pest mites in the world. An alternative to control this pest is the use of predatory mites. A few predatory mite species can be found commercially, but they have poor efficacy in arid environments. Thus, this study evaluated the predatory (functional response) and reproductive (numerical response) abilities of *N. idaeus* (naturally occurring species in arid regions) fed on *T. urticae* eggs and compared them with those obtained for *N. californicus* (the most frequently used species against the two-spotted spider mite). Both predators showed the same type of functional response (type II), did not differ in the attack rate and handling time, showed similar trends for numerical response, search efficiency and feed conversion in egg biomass. These results suggest similar biological performance for *N. idaeus* and *N. californicus* when fed on *T. urticae*.

Keywords: Predatory mites. Functional response. Biological control. Phytoseiidae.

Introdução

Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae), também conhecido como ácaro-rajado, é uma das principais espécies de ácaros pragas no Mundo (HELLE; SABELIS, 1985; MORAES; FLECHTMANN, 2008). O ataque do ácaro-rajado tem sido observado em diversas culturas, incluindo hortaliças, grandes culturas, fruteiras, e plantas ornamentais (FLECHTMANN, 1985; MORAES; FLECHTMANN, 2008; MIGEON; DORKELD, 2018). Como consequência de seu ataque as folhas normalmente secam e caem, o que normalmente compromete a produção (JEPPSON et al., 1975; VAN DE VRIE, 1985; BOLLAND et al., 1998; MIGEON; DORKELD, 2018).

A principal estratégia utilizada para controle do ácaro-rajado tem sido o emprego de acaricidas (VAN LEEUWEN et al., 2010). Entretanto, o uso exclusivo do controle químico nem sempre reduz as populações a níveis aceitáveis, podendo ser ainda a causa de problemas relacionados à contaminação ambiental, presença de resíduos nos frutos e em outras partes vegetais, além da possibilidade de desenvolvimento de resistência nas populações e eliminação de inimigos naturais (VAN LEEUWEN et al., 2010; GUEDES et al., 2016). Tais problemas associados à grande pressão da sociedade por alimentos mais saudáveis têm impulsionado pesquisadores a buscarem alternativas mais sustentáveis para o manejo do ácaro-rajado.

O controle biológico do ácaro-rajado, embora ainda pouco utilizado, já é uma realidade em muitas culturas, especialmente em ambientes protegidos (VAN LENTEREN 2000, 2012). O principal grupo de inimigos naturais do ácaro-rajado é formado por ácaros predadores da família Phytoseiidae (MORAES, 2004), sendo algumas destas produzidas de forma massal e liberadas em cultivos protegidos e em campo para controle do ácaro-rajado (VAN LENTEREN, 2012).

Apesar de algumas espécies de fitoseídeos estarem disponíveis comercialmente (e.g., *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, *Phytoseiulus longipes* Evans, *Phytoseiulus macropilis* (Banks), *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Neoseiulus fallacis* (Garman) e *Galendromus occidentalis* (Nesbitt)) (MCMURTRY; CROFT, 1997; VAN LENTEREN, 2012), estas apresentam reduzida eficácia em ambientes áridos (WALZER et al., 2007). Dessa forma, faz-se necessário que o potencial de outras espécies de fitoseídeos sejam testadas, especialmente daquelas de ocorrência natural em ambientes áridos.

De acordo com Walzer et al. (2007), o fitoseídeo ideal para ser utilizado em regiões áridas além de ser adaptado ao clima árido (prevalência em ambiente de baixa umidade), deve

atender outros critérios como apresentar elevada capacidade de predação, rápido crescimento populacional permitindo a supressão da população da praga, ser de fácil multiplicação (criação massal) e ser capaz de se estabelecer no agroecossistema permitindo o controle a longo prazo e sustentável da praga. Tais características são encontradas em fitoseídeos do tipo II, ácaros predadores generalistas mas com marcada preferência por tetraniquídeos (McMURTRY; CROFT 1997; McMURTRY et al., 2013), especialmente naqueles pertencentes ao gênero *Neoseiulus* os quais são capazes de persistir em plantas com baixa densidade de presas (McMURTRY; CROFT, 1997; SCHAUSBERGER; WALZER, 2001; BLÜMEL; WALZER, 2002). Dentro desse contexto destaca-se o ácaro predador *Neoseiulus idaeus* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae), espécie descrita no Brasil (Piracicaba-SP) mas com ampla distribuição na América do Sul, especialmente em regiões onde predomina o clima semiárido.

O ácaro predador *N. idaeus* tem sido encontrado em associação com tetraniquídeos em algumas culturas como mamão (MORAES et al., 1994; COLLIER et al., 2007), mandioca (MORAES et al., 1993; BELLOTTI et al., 1999), videira (DOMINGOS et al., 2014) e soja (REICHERT et al., 2014). Um estudo recente demonstrou que *N. idaeus* é capaz de se desenvolver e reproduzir tendo tetraniquídeos como fonte exclusiva de alimento (*Mononychellus planki* McGregor, *Tetranychus ludeni* Zacher ou *T. urticae*) (REICHERT et al., 2017). É válido ressaltar ainda que populações de *N. idaeus* provenientes de uma das regiões mais áridas do Brasil (sertão nordestino) foram introduzidas com sucesso na África (Benim), como parte de um programa de controle biológico clássico para o ácaro-verde-da-mandioca, *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) (YANINEK et al., 1991). Desde então, *N. idaeus* passou a ser uma das espécies numericamente dominantes em plantas de mandioca em Benim (YANINEK et al., 1991; BELLOTTI et al., 1999), as perdas ocasionadas por *M. tanajoa* foram reduzidas significativamente (BELLOTTI et al., 1999) e em condições de baixa densidade de *M. tanajoa*, *N. idaeus* é encontrado em plantas esporádicas colonizadas por *Oligonychus gossypii* Zacher (Acari: Tetranychidae) o que possibilita sua persistência no agroecossistema (YANINEK et al., 1991).

Compreender a taxa de ingestão de um ácaro predador em função da densidade de presas (resposta funcional) é necessário para aumentar a eficácia dos programas de controle biológico. No entanto, a resposta funcional de um ácaro predador pode variar dependendo de muitos fatores, incluindo a presa (tipo, estágio de desenvolvimento e distribuição espacial) (SANTOS, 1975; RYOO 1986; CARRILO; PEÑA 2012), experiência anterior de alimentação do predador (MENDES et al., 2018), as espécies de plantas sobre as quais a interação ocorre (SKIRVIN;

FENLON 2001), as condições do ambiente (SKIRVIN; FENLON 2003; DÖKER et al., 2016), e também com os métodos (com ou sem substituição de presa) e modelos (equações diferentes). Assim, para comparar a resposta funcional de dois predadores, é necessário realizar experimentos nas mesmas condições. Este estudo tem como objetivo compreender melhor as habilidades predatórias e reprodutivas de *N. idaeus* alimentados com ovos de *T. urticae* em comparação com as mesmas habilidades de *N. californicus* (principal espécie utilizada como agente de controle biológico de *T. urticae*).

Material e Métodos

Coleta e criação de ácaros

Indivíduos de *T. urticae* foram coletados em folhas de mamão (*Carica papaya* L.), na cidade de Fortaleza (CE), Brasil (3°44'S, 38°34'W), e multiplicados em plantas de *Canavalia ensiformis* L. As plantas de *C. ensiformis* foram cultivadas em vasos (5 L) e acondicionadas em sala climatizada (25 ± 1 °C, umidade relativa 70 ± 10% e fotoperíodo 12:12 L: D) e irrigadas a cada 2 dias. Plantas velhas foram substituídas por novas uma vez por semana.

Colônias de ambos os predadores *N. californicus* e *N. idaeus* foram estabelecidas separadamente e iniciadas com aproximadamente 100 indivíduos de cada espécie. Indivíduos de *N. californicus* foram coletados em cultivos de roseiras (*Rosa* sp.) na cidade de Ubajara (CE), Brasil (3°50'S, 41°4'W) enquanto que indivíduos de *N. idaeus* foram coletados em cultivos de mamão (*Carica papaya* L.), na cidade de Fortaleza (CE), Brasil (3°44'S, 38°34'W). As colônias de ambos os predadores foram estabelecidas utilizando-se o mesmo tipo de unidade de criação, mesmo alimento e mantidas sob as mesmas condições de temperatura (25 ± 1 °C), umidade relativa (70 ± 10%) e fotoperíodo (12:12 L: D). As unidades de criação consistiam de bandejas plásticas retangulares (18 cm x 10 cm x 3,5 cm) contendo espuma de polietileno (1 cm de espessura), sobre a qual foi colocado papel de filtro que por sua vez recebeu uma folha de *C. ensiformis* infestada com *T. urticae*, servindo de alimento para os predadores. A borda da folha foi coberta com algodão umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros. Sempre que necessário (~ a cada 2 dias), fragmentos de folha de *C. ensiformis* (~ 4 cm²) infestados com *T. urticae* em seus diferentes estágios vida (ovos, ninfas e adultos) foram ofertados aos predadores.

Resposta funcional e numérica

Os ensaios foram conduzidos nas mesmas condições ambientais utilizadas para criação dos predadores. As unidades experimentais consistiam de placas de Petri (1,5 cm de altura, Ø 9 cm) contendo espuma de polietileno (1 cm de espessura e Ø 8 cm), sobreposto por um disco de papel de filtro (Ø 7 cm) e um fragmento de folha de *C. ensiformis* (4 x 4 cm). Em cada unidade, a borda do fragmento de folha foi coberta com algodão umedecido com água destilada para evitar a fuga dos ácaros. Fêmeas de *T. urticae* foram liberadas nas unidades experimentais e mantidas por um período de 24h para obtenção de ovos. Após esse período, as arenas foram observadas sob estereomicroscópio, e as fêmeas bem como o excesso de ovos foram removidos. As seguintes densidades de ovos foram testadas: 5, 10, 15, 20, 25 e 30 ovos/unidade experimental.

Para cada uma das espécies de predadores, fêmeas grávidas foram retiradas das unidades de criação e mantidas em privação alimentar durante 4 horas em arenas iguais aquelas utilizadas na criação dos predadores. Após o período de privação alimentar, fêmeas de cada uma espécie dos predadores foram isoladas nas unidades experimentais (1 predador/unidade experimental). Para cada uma das densidades foram testadas 20 fêmeas de cada espécie de predador, cada fêmea correspondendo a uma repetição. Após um período de 24 h da transferência das fêmeas, foram contados o número de ovos de *T. urticae* remanescentes na arena sendo o número de presas consumidas obtido por subtração. Adicionalmente, foi também registrado o número de ovos depositados por fêmea de cada predador em cada repetição.

Análise estatística

Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando-se o software SAS (SAS Institute 2002).

Para cada espécie de predador as proporções de presas consumidas foram submetidas a regressões logísticas tendo a densidade de presa ofertada como variável independente, seguindo-se o protocolo proposto por Juliano (1993). O tipo de resposta funcional dos predadores foi determinado a partir da observação da significância dos coeficientes de regressão e do sinal do coeficiente linear das equações obtidas. Segundo modelo proposto por Holling (1959a, 1959b, 1961), há três tipos de resposta funcional: Tipo I – onde a taxa de consumo cresce linearmente com a densidade de presas (caracterizado pela não significância do

coeficiente linear da equação de Holling); Tipo II - onde a taxa de consumo de presas aumenta com a densidade de presas, mas desacelera gradualmente até alcançar um platô (saciação do predador) (caracterizado pelo coeficiente linear negativo e significativo da equação de Holling); e Tipo III – assemelha-se a resposta tipo II, no entanto em baixas densidades de presas é observado uma fase de aceleração da taxa de consumo de presa que leva a um aumento mais do que linear na taxa de consumo (resposta sigmóide) (caracterizado pelo coeficiente linear positivo e significativo da equação de Holling).

Uma vez que não houve reposição de presas os parâmetros taxa de ataque (a') e tempo de manipulação de presa (Th) foram calculados pela equação de Rogers: $N_e = N_0 \{1 - \exp[-a'(Th N_e - T)]\}$ (Rogers 1972). Nessa equação, N_e é o número de presas consumidas por cada predador durante o tempo T , N_0 é a densidade inicial das presas, a' é o coeficiente de taxa de ataque (proporção de presa capturada por cada predador por unidade de tempo de forrageamento) e Th é o tempo de manipulação (tempo gasto pelo predador para identificar, perseguir, matar, consumir e digerir uma presa). Os valores de a' e Th foram comparados através de seus respectivos intervalos de confiança de 95%.

A resposta numérica dos predadores foi estimada através de análises de regressões polinomiais, submete.

A eficiência de conversão de alimentos ingeridos (ECI) (em número) em biomassa de ovos em diferentes densidades de presas foi calculada para as duas espécies de predador através da equação: $ECI = (N_o \times 100) / N_c$; onde N_o corresponde ao número médio de ovos depositados por fêmea em cada densidade e N_c corresponde ao número médio de presas consumidas por cada fêmea em cada densidade (OMKAR; PERVEZ, 2004). Em seguida, os dados foram submetidos a análises de regressões polinomiais tendo a densidade de presas consumidas como variável independente.

A eficiência de busca dos predadores foi calculada através da equação: $E = a' / (1 + a'ThN_0)$, onde: a' corresponde a taxa de ataque; Th corresponde ao tempo de manipulação; e N_0 corresponde ao número inicial de presas (BEDDINGTON, 1975). Em seguida, os dados foram submetidos à análise de regressão polinomial tendo a densidade de presas como variável independente.

Resultados

Uma tendência semelhante no consumo de presas foi observada para ambos os predadores, o consumo de presas aumentou em função do aumento da densidade de presas estabilizando nas maiores densidades (~15 ovos consumidos nas maiores densidades) (Figura 1a). Os dados ajustaram-se a um mesmo modelo de regressão, sendo 92 e 89% das variações observadas para *N. idaeus* e *N. californicus* explicadas pelos respectivos modelos (Tabela 1). Em termos de proporção de presas consumidas, para ambos os predadores é observada uma redução na proporção de presas consumidas com o aumento da densidade de presas, sendo 100% das presas consumidas na menor densidade (5 ovos) e aproximadamente 50% das presas consumidas nas maiores densidades (30 ovos) (Figura 1b). As duas espécies de predadores apresentaram uma resposta funcional do tipo II, sendo o coeficiente linear (b) da equação de Holling para os modelos estabelecidos significativo e negativo (Tabela 2).

Os valores dos coeficientes de taxa de ataque (a') e tempo de manipulação de presa (Th) de *N. idaeus* e *N. californicus* são mostrados na Tabela 3. Para ambos os parâmetros é observada sobreposição de seus respectivos intervalos de confiança, não havendo, portanto, diferença entre estes parâmetros para ambos os predadores.

Para ambos os predadores foram observadas tendências semelhantes de oviposição, o número médio de ovos/fêmea aumentou conforme o aumento de densidade de presas, estabilizando quando nas maiores densidades (20, 25 e 30 ovos ofertados; com oviposição média de 3 ovos/fêmea) (Fig. 2). Os dados ajustaram-se a um mesmo modelo de regressão ($y = a + b/x$), sendo 94 e 96% das variações observadas para *N. idaeus* e *N. californicus* explicadas pelos respectivos modelos. Houve sobreposição dos erros padrões para todas as densidades testadas (Fig. 2).

Tendências semelhantes de ECI foram observadas para os predadores, foi observado um decréscimo dos valores de ECI em função do aumento de presas consumidas (Fig. 3). Os dados se ajustaram a um mesmo modelo ($y = ax^2 + bx + c$), sendo 31 e 23% das variações observadas para *N. idaeus* e *N. californicus* explicadas pelos respectivos modelos.

Tendências semelhantes na eficiência de busca dos predadores foram observadas, houve um decréscimo da eficiência em função do aumento de presas consumidas (Fig. 4). Os dados se ajustaram a um mesmo modelo ($y = ax^2 + bx + c$) para ambos os predadores, sendo pelo menos 99% das variações observadas explicadas pelos modelos ($R^2 = 0.99$). Apesar de

apresentarem a mesma tendência e mesmo modelo, a eficiência de busca de presas por *N. idaeus* foi maior em todas as densidades quando comparado com *N. californicus* (Fig. 4).

Discussão

Os resultados do presente estudo demonstraram que: *N. idaeus* e *N. californicus* apresentaram o mesmo tipo de resposta funcional, não diferiram quanto a taxa de ataque e tempo de manipulação, apresentaram tendências semelhantes para a resposta numérica e para eficiência de busca e de conversão de alimento em biomassa de ovos. Tais resultados sugerem performances biológicas semelhantes para *N. idaeus* e *N. californicus* quando alimentados com *T. urticae*.

Vários estudos têm avaliado a resposta funcional de ácaros fitoseídeos utilizando *T. urticae* como presa e uma grande variedade de respostas tem sido observada. No entanto, o tipo de resposta mais frequente tem sido o tipo II (ex.: TAKAFUJI; CHANT, 1976; SABELIS, 1985A; SHIPP; WHITFIELD, 1991; FAN; PETIT, 1994; BADI et al., 1999; LESTER; HARMSSEN, 2002). Esse tipo de resposta foi anteriormente observado tanto para *N. idaeus* alimentando-se exclusivamente de adultos de *T. urticae* (CÉDOLA; BOTTO, 1996), quanto para *N. californicus* alimentando-se de diferentes estágios de *T. urticae* (ZHENG et al., 2017) ou exclusivamente de ovos de *T. urticae* (DÖKER et al., 2016). A resposta funcional tipo II sugere que ambos os predadores apresentam elevado potencial de regulação da presa em baixas densidades e tornam-se progressivamente menos efetivos com o aumento da densidade de presas. De acordo com Koehler (1999) e Krebs (1978) tais predadores podem atuar como agentes de controle biológico, especialmente em condições de baixa densidade de presas. Os resultados do presente estudo reforçam esse potencial para *N. idaeus*, entretanto para *N. californicus* esse potencial já foi confirmado não só através dos inúmeros estudos relatando o sucesso do seu emprego (GRECO et al., 2005; WEINTRAUB; PALEVSKY, 2008; PIMENTEL et al., 2014; FATHIPOUR; MALEKNIA, 2016), mas também através de sua comercialização em diversos países como agente de controle biológico de *T. urticae* (GOTOH; TSUCHIYA, 2009; MCMURTRY et al., 2013; HELYER et al., 2014; SONG et al., 2016).

Ambos os predadores consumiram 100% das presas nas menores densidades (5 ovos). Nestas densidades, a reduzida quantidade de ovos de *T. urticae* exigia que os predadores gastassem mais tempo e energia no forrageamento. Nas maiores densidades (30 ovos) ambos os predadores consumiram aproximadamente 50% dos ovos. Nestas densidades, as maiores

quantidades de ovos tornaram os encontros mais facilitados e frequentes fazendo com que os predadores continuassem a alimentação até a saciação, que foi alcançada após o consumo de 15 ovos para ambos os predadores. Tais resultados explicam a ausência de diferença na taxa de ataque (a') e tempo de manipulação de presa (Th). A taxa de ataque determina a capacidade de um predador em capturar presas dentro de uma determinada área, enquanto que o tempo de manipulação indica o tempo que um predador gasta para identificar, subjugar, atacar e consumir uma determinada presa (HOLLING, 1959a).

A oviposição dos predadores aumentou de maneira curvilínea com a densidade de presas até atingir um platô nas maiores densidades (20, 25 e 30 ovos, com aproximadamente 3 ovos/fêmea). Um aumento rápido e significativo na oviposição nas menores densidades de ovos foi observado, mas a taxa diminuiu gradualmente nas maiores densidades, possivelmente devido a saciedade das exigências nutricionais para a produção de ovos. De acordo com Sabelis (1985 a, b), a produção de ovos por ácaros fitoseídeos requer muito de sua alimentação não apenas devido a quantidade de ovos que serão produzidos mas também pela quantidade de recurso investido por ovo. O número de ovos/fêmea/dia obtido nas maiores densidades podem ser considerados elevados para as espécies estudadas (CANLAS et al., 2006; REICHERT et al., 2017). Inúmeros estudos tem demonstrado a adequabilidade dos ovos de *T. urticae* como presa para esses predadores (VAN DINH et al., 1988; EL-LAITHY; EL-SAWI, 1998; MORAES et al., 1994; GOTOH et al., 2006; COLLIER et al., 2007; TOLDI et al., 2016; REICHERT et al., 2016; REICHERT et al., 2017; KHANAMANI et al., 2017).

Acredita-se que apenas parte da energia obtida a partir da biomassa da presa é convertida em ovos sendo o restante alocado para manutenção das funções vitais. As tendências de ECI observadas revelam que, para ambos os predadores, existe uma relação inversa entre a eficiência na conversão de biomassa em ovos e o consumo de presas. Tais resultados sugerem que em baixas densidades de presas a maior parte da energia obtida pelos predadores é destinada a produção de ovos e conseqüentemente menos é destinado para sua manutenção e atividades metabólicas. Tais resultados reforçam a sugestão de Gotoh et al. (2006) onde os ácaros podem direcionar recursos que seriam destinados para a oviposição e estender sua longevidade.

Para ambos os predadores foi observado que a eficiência de busca decresceu com o aumento das densidades de presa. Uma possível explicação para estes resultados é que em baixas densidades de presa o tempo gasto pelo predador para encontrar uma presa é maior. Resultados semelhantes foram observados por Zheng et al. (2017) para *N. californicus* e *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) para os diferentes estágios de *T. urticae*.

6 CONCLUSÃO

A similaridade dos resultados para ambos os predadores sugere que *N. idaeus* pode ser tão eficiente quanto *N. californicus* no controle de *T. urticae*. No entanto, mais estudos são necessários especialmente em condições de campo e casa de vegetação. Assim, o potencial de *N. idaeus* pôde ser confirmado como agente de controle biológico de *T. urticae*. Devido à ocorrência natural de *N. idaeus* em ambientes áridos, este predador poderia ser uma alternativa para o controle de *T. urticae* em tais ambientes, onde espécies comercializáveis de fitoseídeos têm uma eficiência reduzida.

REFERÊNCIAS

- BADII, M. H.; HERNÁNDEZ-ORTIZ, E.; FLORES, A. E.; LANDEROS, J. Prey stage preference and functional response of *Euseius hibisci* to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 34, p. 263, 2004.
- BEDDINGTON, J. R. John R. Mutual interference between parasites or predators and its effect on searching efficiency. **The Journal of Animal Ecology**, [s.l.], p. 331-340, 1975.
- BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, S.L. Stephen L. Recent advances in cassava pest management. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 44, p. 343-370, 1999.
- BLÜMEL, S.; WALZER, A. Efficacy of different release strategies of *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Acari: Phytoseiidae) for the control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on greenhouse cut roses. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 7, p. 35-49, 2002.
- BOLLAND H. R.; GUTIERREZ, J.; FLECHTMANN, C.H.W. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). **Leiden, Brill Academic Publishers**. 1998, 392 pp.
- CANLAS, L.J.; AMANO, H.; OCHIAI, N.; TAKEDA, M. Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 11, p. 141-157, 2006.
- CARRILLO, D.; PENA, J.E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 57, p. 361-372, 2012.
- CÉDOLA, C.; BOTTO, E. Evaluación de la respuesta funcional de *Amblyseius idaeus* Moraes y McMurtry, 1983 y *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1905) (Acarina: Phytoseiidae) en condiciones de laboratorio. **Revista Chilena de Entomología**, [s.l.], v. 23, p. 15-18, 1996.
- COLLIER, K.F.; ALBUQUERQUE, G.S.; LIMA, J.O.; PALLINI, A.; MOLINA-RUGAMA, A.J. *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential biocontrol agent of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in papaya: performance on different

prey stage–host plant combinations. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 41, p. 27-36, 2007.

COLLIER, K.F.S.; DE LIMA, J.O.G.; ALBUQUERQUE, G.S. Predacious mites in papaya (*Carica papaya* L.) orchards: in search of a biological control agent of phytophagous mite pests. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 33, p. 799-803, 2004.

DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CASTILHO, R.C. (2018) Phytoseiidae Database. www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. acesso em 05 Novembro 2018.

DENMARK, H. A. Phytoseiid mites of Brazil (Acarina: phytoseiidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos-SP, v. 33, p. 235-276, 1973.

DÖKER, İ.; KAZAK, C.; KARUT, K. Functional response and fecundity of a native *Neoseiulus californicus* population to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at extreme humidity conditions1. **Systematic and applied acarology**, [s.l.], v. 21, p. 1463-1473, 2016.

DOMINGOS, C. A.; MELO, J. W.; OLIVEIRA, J. E.; GONDIM Jr., M. G. Mites on grapevines in northeast Brazil: occurrence, population dynamics and within-plant distribution. **International journal of acarology**, [s.l.], v. 40, p. 145-151, 2014.

EL-LAITHY, A. Y. M.; EL-SAWI, S. A. Biology and life table parameters of the predatory mite *Neoseiulus californicus* fed on different diet. **Journal of Plant Diseases and Protection**, [s.l.], v. 105, p. 532-537, 1998.

FAN, Y.; PETITT, F. L. Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental & Applied Acarology**, [s.l.], v. 18, p. 613-621, 1994.

FATHIPOUR, Y.; MALEKNIA, B. Mite Predators. In OMKAR (eds.) **Ecofriendly Pest Management for Food Security**. Academic Press, pp. 329–366, 2016.

FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. 6ª. Ed, São Paulo, Nobel. 169p., 1985.

GOTOH, T.; TSUCHIYA, A. Food scarcity reduces female longevity of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 47, p. 249, 2009.

GOTOH, T.; TSUCHIYA, A.; KITASHIMA, Y. Influence of prey on developmental performance, reproduction and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 40, p. 189-204, 2006.

GRECO, N. M.; SÁNCHEZ, N. E.; LILJESTHRÖM, G. G. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 37, p. 57-66, 2005.

GUEDES, R. N. C.; Smaghe, G.; Stark, J. D.; Desneux, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 61, p. 43-62, 2016.

HELLE, W.; SABELIS, M. W. **Spider mites. Their Biology, Natural Enemies and Control**. Elsevier Amsterdam, 458p. 1985.

HELYER, N.; CATTILIN, N. D.; BROWN, K. C. **Biological control in plant protection: a colour handbook**. CRC Press, New York, 276p. 2014.

HOLLING, C. S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist**, [s.l.], v. 91, n. 7, p. 385-398, 1959a.

HOLLING, C.S. The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. **The Canadian Entomologist**, [s.l.], v. 91, n. 5, p. 293-320, 1959b.

HOLLING, C. S. Principles of insect predation. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 163-182, 1961.

JEPPSON, L. R.; KEIFER, H. H.; BAKER, E. W. **Mites for injurious to economic plants**. Berkeley, University of California Press, 614p. 1975.

JULIANO, S. A. Nonlinear Curve Fitting: predation and functional response curves. In SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. (eds). **Design And Analysis of Ecological Experiments**. Chapman and Hall, New York, NY. pp. 159–182. 1993.

KHANAMANI, M.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A. A.; MEHRABADI, M. K. Linking pollen quality and performance of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in two-spotted spider mite management programmes. **Pest management science**, [s.l.], v. 73, n. 2, p. 452-461, 2017.

KOEHLER, H. H. Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], 74: 395–410, 1999.

KREBS, C. J. **Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance**, [s.l.], 2nd ed. Harper and Row, New York, 801pp. 1978.

LESTER, P. J.; HARMSEN, R. Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: an analysis of two predators in a two-prey system. **Journal of Applied Ecology**, [s.l.], v. 39, n. 3, p. 455-468, 2002.

McMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 42, n. 1, p. 291-321, 1997.

McMURTRY, J. A.; MORAES, G. J.; SOURASSOU, N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 297-321, 2013.

MENDES, J. A.; LIMA, D. B.; SOUSA NETO, E. P.; GONDIM JR., M. G. C.; MELO, J. W. S. Functional response of *Amblyseius largoensis* to *Raoiella indica* eggs is mediated by

previous feeding experience. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 23, n.10, p. 1907-1915, 2018.

MIGEON, A.; DORKELD, F. **Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae**. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>. Accessed 25 September 2018.

MORAES, G. J.; ALENCAR, J. A.; LIMA, J. L. S.; YANINEK, J. S.; DELALIBERA, I. Alternative plant habitats for common phytoseiid predators of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in northeast Brazil. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 17, n. 1-2, p. 77-90, 1993.

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

MORAES, G. J.; McMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CAMPOS, C. A. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, [s.l.], v. 434, n. 1, p. 1-494, 2004.

MORAES, G. J.; DA SILVA, C. A. D.; MOREIRA, A. N. Biology of a strain of *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) from Southwest Brazil. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 213-220, 1994.

OMKAR; PERVEZ, A. Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology**, [s.l.], v. 128, n. 2, p. 140-146, 2004.

PIMENTEL, G. C. S.; REIS, P. R.; SILVEIRA, E. C.; MARAFELI, P. P.; SILVA, E. A.; ANDRADE, H. B. Biological control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) on rosebushes using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and agrochemical selectivity. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 40, n. 1, p. 80-84, 2014.

REICHERT, M. B.; DA SILVA, G. L.; ROCHA, M. D. S.; JOHANN, L.; FERLA, N. J. Mite fauna (Acari) in soybean agroecosystem in the northwestern region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 123-137, 2014.

REICHERT, M. B.; TOLDI, M.; FERLA, N. J. Feeding preference and predation rate of *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) feeding on different preys. **Systematic and applied acarology**, [s.l.], v. 21, n. 12, p. 1631-1641, 2016.

REICHERT, M. B.; TOLDI, M.; RODE, P. A.; FERLA, J. J.; FERLA, N. J. Biological performance of the predatory mite *Neoseiulus idaeus* (Phytoseiidae): a candidate for the control of tetranychid mites in Brazilian soybean crops. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 2, p. 361-366, 2017.

ROGERS, D. Random search and insect population models. **The Journal of Animal Ecology**, [s.l.], p. 369-383, 1972.

RYOO, M. Studies on the basic components of the predation of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). **Population Ecology**, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 17-26, 1986.

SABELIS, M. W. Predator-prey interaction: predation on spider mites. In HELLE, W.; SABELIS, M. W. (eds.) **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Elsevier, Amsterdam, pp 103–129. 1985a.

SABELIS, M. W. Life History: Development. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (eds.) **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Elsevier, Amsterdam, pp 43-53. 1985b.

SANTOS, M. A. Functional and numerical responses of the predatory mite, *Amblyseius fallacis*, to prey density. **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 4, n. 6, p. 989-992, 1975.

SAS Institute (2002) SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

SCHAUSBERGER, P.; WALZER, A. Combined versus single species release of predaceous mites: predator–predator interactions and pest suppression. **Biological Control**, [s.l.], v. 20, n. 3, p. 269-278, 2001.

SHIPP, J. L.; WHITFIELD, G. H. Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 20, n. 2, p. 694-699, 1991.

SKIRVIN, D. J.; FENLON, J. S. Plant species modifies the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): implications for biological control. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 91, n. 1, p. 61-67, 2001.

SKIRVIN, D. J.; FENLON, J. S. The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 31, n. 1-2, p. 37, 2003.

SONG, Z. W.; ZHENG, Y.; ZHANG, B. X.; LI, D. S. Prey consumption and functional response of *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 21, n. 7, p. 936-946, 2016.

TAKAFUJI, A.; CHANT, D. A. Comparative studies of two species of predacious phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae), with special reference to their responses to the density of their prey. **Population Ecology**, [s.l.], v. 17, n. 2, p. 255-310, 1976.

TOLDI, M.; REICHERT, M. B.; RODE, P. D. A.; JOHANN, L.; FERLA, N. J. Influence of various preys in soybean and the biological performance of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae). **Systematic and applied acarology**, [s.l.], v. 21, n. 12, p. 1662-1670, 2016.

VAN DE VRIE, M. Greenhouse ornamentals. In HELLE, W.; SABELIS, M. W. (eds.) **World crop pests: Spider mites. Their biology, natural enemies, and control**. vol. 1b. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp. 273–283. 1985.

VAN DINH, N.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Reproductive success of *Amblyseius idaeus* and *A. anonymus* on a diet of two-spotted spider mites. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 41-51, 1988.

VAN LEEUWEN, T.; VONTAS, J.; TSAGKARAKOU, A.; DERMAUW, W.; TIRRY, L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. **Insect biochemistry and molecular biology**, [s.l.], v. 40, n. 8, p. 563-572, 2010.

VAN LENTEREN, J. C. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy?. **Crop protection**, [s.l.], v. 19, n. 6, p. 375-384, 2000.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.

WALZER, A.; CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S.; LIGUORI, M.; PALEVSKY, E.; SCHAUSBERGER, P. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: survival, development and reproduction. **Biological Control**, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 42-52, 2007.

WEINTRAUB, P.; PALEVSKY, E. Evaluation of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper under hot arid field conditions. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 45, n. 1-2, p. 29-37, 2008.

YANINEK, J. S.; MÉGEVAND, B.; MORAES, G. J.; BAKKER, F.; BRAUN, A.; HERREN, H. R. Establishment of the neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. **Biocontrol Science and Technology**, [s.l.], v. 1, n. 4, p. 323-330, 1991.

ZHENG, Y.; DE CLERCQ, P.; SONG, Z. W.; LI, D. S.; ZHANG, B. X. Functional response of two *Neoseiulus* species preying on *Tetranychus urticae* Koch. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 22, n. 7, p. 1059-1069, 2017.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS (2018). http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons (Acesso em: 11 nov. 2018).
- AY, R.; KARA, F.E. Toxicity, inheritance of fenpyroximate resistance, and detoxification-enzyme levels in a laboratory-selected fenpyroximate-resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). **Crop Protection**, [s.l.], v. 30, p. 605–610, 2011.
- BADII, M. H.; HERNÁNDEZ-ORTIZ, E.; FLORES, A. E.; LANDEROS, J. Prey stage preference and functional response of *Euseius hibisci* to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 34, p. 263, 2004.
- BARBOSA, M.F.C.; DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; POLETTI, M. Controle biológico com ácaros predadores e seu papel no manejo integrado de pragas. **Promip Holding S.A.**, 70 p., 2017.
- BEDDINGTON, J. R. John R. Mutual interference between parasites or predators and its effect on searching efficiency. **The Journal of Animal Ecology**, [s.l.], p. 331-340, 1975.
- BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, S.L. Stephen L. Recent advances in cassava pest management. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 44, p. 343-370, 1999.
- BLÜMEL, S.; WALZER, A. Efficacy of different release strategies of *Neoseiulus californicus* McGregor and *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Acari: Phytoseiidae) for the control of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) on greenhouse cut roses. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 7, p. 35-49, 2002.
- BOLLAND H. R.; GUTIERREZ, J.; FLECHTMANN, C.H.W. World catalogue of the spider mite family (Acari: Tetranychidae). **Leiden, Brill Academic Publishers**. 1998, 392 pp.
- CANERDAY, T.D.; ARANT, F.S. The effect of spider mite populations on yield and quality of cotton. **Journal of Economic Entomology**, [s.l.], v. 57, p. 553–556, 1964.
- CANLAS, L.J.; AMANO, H.; OCHIAI, N.; TAKEDA, M. Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 11, p. 141-157, 2006.
- CARRILLO, D.; PEÑA, J.E. Prey-stage preferences and functional and numerical responses of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) to *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 57, p. 361–372, 2012.
- CASTRO, B.M.C.; SOARES, M.A.; ANDRADE JÚNIOR, V.C.; FADINI, M.A.M.; FERREIRA, J.A.M.; MORAES, G.J. The predatory mite *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) occurring on sweet potato (*Ipomoea batatas*) plants in Diamantina, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 74, p. 685–686, 2014.

- CASTRO, T.M.M.G.; MORAES, G.J.DE. Diversity of phytoseiid mites (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae) in the Atlantic Forest of São Paulo. **Systematics and Biodiversity**, [s.l.], v. 8, p. 301–307, 2010.
- CÉDOLA, C.; BOTTO, E. Evaluación de la respuesta funcional de *Amblyseius idaeus* Moraes y McMurtry, 1983 y *Phytoseiulus macropilis* (Banks, 1905) (Acarina: Phytoseiidae) en condiciones de laboratorio. **Revista Chilena de Entomología**, [s.l.], v. 23, p. 15-18, 1996.
- COLLIER, K.F.; ALBUQUERQUE, G.S.; LIMA, J.O.; PALLINI, A.; MOLINA-RUGAMA, A.J. *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential biocontrol agent of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) in papaya: performance on different prey stage–host plant combinations. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 41, p. 27-36, 2007.
- COLLIER, K.F.S.; DE LIMA, J.O.G.; ALBUQUERQUE, G.S. Predacious mites in papaya (*Carica papaya* L.) orchards: in search of a biological control agent of phytophagous mite pests. **Neotropical Entomology**, [s.l.], v. 33, p. 799-803, 2004.
- CULLEN, R.; WARNER, K.D.; JONSSON, M.; WRATTEN, S.D. Economics and adoption of conservation biological control. **Biological Control**, [s.l.], v. 45, p. 272–280, 2008.
- DE VIS, R.; BARRERAV, A.J. Use of two predators *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) and *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) for the biological control of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in roses in the Bogota plateau. In: Fischer G, Angarita A (orgs.), Proceedings of the International Symposium on Cut Flowers in the Tropics, Bogotá. **Acta Horticulturae**, [s.l.], v. 482, p. 259–268, 1999.
- DEMITE, P.R.; MORAES, G.J.; MCMURTRY J.A.; DENMARK, H.A., CASTILHO, R.C. Phytoseiidae Database. www.lea.esalq.usp.br/phytoseiidae. Acesso: 05 dec. 2018.
- DENMARK, H. A. Phytoseiid mites of Brazil (Acarina: phytoseiidae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos-SP, v. 33, p. 235-276, 1973.
- DÖKER, İ.; KAZAK, C.; KARUT, K. Functional response and fecundity of a native *Neoseiulus californicus* population to *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) at extreme humidity conditions1. **Systematic and applied acarology**, [s.l.], v. 21, p. 1463-1473, 2016.
- DOMINGOS, C. A.; MELO, J. W.; OLIVEIRA, J. E.; GONDIM Jr., M. G. Mites on grapevines in northeast Brazil: occurrence, population dynamics and within-plant distribution. **International journal of acarology**, [s.l.], v. 40, p. 145-151, 2014.
- EICHELBERGER, C.R.; JOHANN, L.; MAJOLO, F.; FERLA, N.J. Mites fluctuation population on peach tree (*Prunus persica* (L.) Batsch) and in associated plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 765–773, 2011.
- EL-LAITHY, A. Y. M.; EL-SAWI, S. A. Biology and life table parameters of the predatory mite *Neoseiulus californicus* fed on different diet. **Journal of Plant Diseases and Protection**, [s.l.], v. 105, p. 532-537, 1998.

- ELLNER, S.; MCCAULEY, E.; KENDALL, B.E.; BRIGGS, C.J.; HOSSEINI, P.R.; ET AL. Habitat structure and population persistence in an experimental community. **Nature**, [s.l.], v. 412, p. 538–43, 2001.
- FAN, Y.; PETITT, F. L. Functional response of *Neoseiulus barkeri* Hughes on two-spotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental & Applied Acarology**, [s.l.], v. 18, p. 613–621, 1994.
- FARIAS, A.R.N.; FLECHTMANN, C.H.W.; MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A. Predadores do ácaro verde da mandioca, no nordeste do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 16, p. 313–317, 1982.
- FATHIPOUR, Y.; MALEKNIA, B. Mite Predators. In OMKAR (eds.) **Ecofriendly Pest Management for Food Security**. Academic Press, pp. 329–366, 2016.
- FERLA, N.J. Mites fluctuation population on peach tree (*Prunus persica* (L.) Batsch) and in associated plants. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, p. 765–773, 2011.
- FERREIRA, C.B.S.; ANDRADE, F.H.N.; RODRIGUES, A.R.S.; SIQUEIRA, H.A.A.; GONDIM, JR. M.G.C. Resistance in field populations of *Tetranychus urticae* to acaricides and characterization of the inheritance of abamectin resistance. **Crop Protection**, [s.l.], v. 67, p. 77–83, 2015.
- FEYEREISEN, R. Insect P450 enzymes. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 44, p. 507–533, 1999.
- FIABOE, K.K.M.; GONDIM, JR. M.G.C.; DE MORAES, G.J.; OGOL, C.K.P.O.; KNAPP, M. Surveys for natural enemies of the tomato red spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in northeastern and southeastern Brazil. **Zootaxa**, [s.l.], v. 1395, p. 33–58, 2017.
- FLECHTMANN, C. H. W. **Ácaros de importância agrícola**. 6ª. Ed, São Paulo, Nobel. 169p., 1985.
- FRAULO, A.B.; LIBURD, O.E. Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. **Experimental and Applied Acarology**. v. 43, n. 2, p. 109, 2007.
- FURTADO, I. P. et al. Plant mites (Acari) from Northeastern Brazil, with descriptions of two new species of the family Phytoseiidae (Mesostigmata). **Acarologia**, Montpellier, v. 45, n. 2/3, p. 131–143, 2005.
- FURTADO, I.P.F.; TOLEDO, S.; DE MORAES, G.J.; KREITER, S.; KNAPP, M. Search for effective natural enemies of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in northwest Argentina. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 43, n. 2, p. 121–127, 2007.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; APTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 920p, 2002.

GARCÍA-MARÍ, F.; GONZÁLEZ-ZAMORA, J.E. Biological control of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with naturally occurring predators in strawberry plantings in Valenica, Spain. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 23, n. 6, p. 487-495, 1999.

GERSON, U.; WEINTRAUB, P.G. Mites (Acari) as a factor in greenhouse management. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 57, p. 229-247, 2012.

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

GIGON, V.; CAMPS, C.; CORFF, J.L. Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 68, n. 1, p. 55-70, 2016.

GOTOH, T.; TSUCHIYA, A. Food scarcity reduces female longevity of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 47, p. 249, 2009.

GOTOH, T.; TSUCHIYA, A.; KITASHIMA, Y. Influence of prey on developmental performance, reproduction and prey consumption of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 40, p. 189-204, 2006.

GOTOH, T.; YAMAGUCHI, K.; MORI, K. Effect of temperature on life history of the predatory mite *Amblyseius (Neoseiulus) californicus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 32, n. 1-2, p. 15-30, 2004.

GRECO, N. M.; SÁNCHEZ, N. E.; LILJESTHRÖM, G. G. *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) as a potential control agent of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): effect of pest/predator ratio on pest abundance on strawberry. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 37, p. 57-66, 2005.

GUEDES, R. N. C.; Smagghe, G.; Stark, J. D.; Desneux, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, [s.l.], v. 61, p. 43-62, 2016.

HART, A.J.; BALE, J.S.; TULLETT, A.G.; WORLAND, M.R.; WALTERS, K.F.A. Effects of temperature on the establishment potential of the predatory mite *Amblyseius californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae) in the UK. **Journal of Insect Physiology**, [s.l.], v. 48, n. 6, p. 593-599, 2002.

HELLE, W.; SABELIS, M.W. **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. World Crop Pests. vol. 1A & 1B, Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publishers, 1985.

HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. Arthropod biological control agents. In HELYER, N.; CATTILIN, N.D.; BROWN, K.C. (eds.) **Biological Control in Plant Protection: A Color Handbook**. Broken Sound Parkway, New York, 276 p., 2014.

HOLLING, C. S. Principles of insect predation. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 163-182, 1961.

HOLLING, C. S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **The Canadian Entomologist**, [s.l.], v. 91, n. 7, p. 385-398, 1959a.

HOLLING, C.S. The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. **The Canadian Entomologist**, [s.l.], v. 91, n. 5, p. 293-320, 1959b.

JEPPSON, L. R.; KEIFER, H. H.; BAKER, E. W. **Mites for injurious to economic plants**. Berkeley, University of California Press, 614p. 1975.

JULIANO, S. A. Nonlinear Curve Fitting: predation and functional response curves. In SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. (eds). **Design And Analysis of Ecological Experiments**. Chapman and Hall, New York, NY. pp. 159–182. 1993.

KHANAMANI, M.; FATHIPOUR, Y.; TALEBI, A. A.; MEHRABADI, M. K. Linking pollen quality and performance of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) in two-spotted spider mite management programmes. **Pest management science**, [s.l.], v. 73, n. 2, p. 452-461, 2017.

KOEHLER, H. H. Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata). **Agriculture, Ecosystems & Environment**, [s.l.], 74: 395–410, 1999.

KREBS, C. J. **Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance**, [s.l.], 2nd ed. Harper and Row, New York, 801pp. 1978.

LESTER, P. J.; HARMSSEN, R. Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: an analysis of two predators in a two-prey system. **Journal of Applied Ecology**, [s.l.], v. 39, n. 3, p. 455-468, 2002.

MARAFELI, P.P.; REIS, P.R.; SILVEIRA, E.C.; SOUZA-PIMENTEL, G.C.; TOLEDO, M.A. Life history of *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) fed with castor bean (*Ricinus communis* L.) pollen in laboratory conditions. **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 74, n. 3, p. 691-697, 2014.

MCGREGOR, E.A. Two new mites in the genus *Typhlodromus* (Acarina: Phytoseiidae). **Bulletin, Southern California Academy of Sciences**, [s.l.], v. 53, p. 89–92, 1954.

MCMURTRY, J. A.; CROFT, B. A. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual review of entomology**, [s.l.], v. 42, n. 1, p. 291-321, 1997.

MCMURTRY, J.A. Some predaceous mites (Phytoseiidae) on citrus in the Mediterranean Region. **Entomophaga**, [s.l.], v. 22, p. 19–30, 1977.

MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J.; SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 297-321, 2013.

MENDES, J. A.; LIMA, D. B.; SOUSA NETO, E. P.; GONDIM JR., M. G. C.; MELO, J. W. S. Functional response of *Amblyseius largoensis* to *Raoiella indica* eggs is mediated by previous feeding experience. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 23, n.10, p. 1907-1915, 2018.

MIGEON, A.; DORKELD, F. **Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae**. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>. Accessed 25 September 2018.

MORAES, G. J.; ALENCAR, J. A.; LIMA, J. L. S.; YANINEK, J. S.; DELALIBERA, I. Alternative plant habitats for common phytoseiid predators of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in northeast Brazil. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 17, n. 1-2, p. 77-90, 1993.

MORAES, G. J.; DA SILVA, C. A. D.; MOREIRA, A. N. Biology of a strain of *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) from Southwest Brazil. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 213-220, 1994.

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

MORAES, G. J.; McMURTRY, J. A.; DENMARK, H. A.; CAMPOS, C. A. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, [s.l.], v. 434, n. 1, p. 1-494, 2004.

MORAES, G.J.; ALENCAR, J.A.; LIMA, J.L.S.; YANINEK, J.S.; DELALIBERA, I.Jr. Alternative plant habitats for common phytoseiid predators of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in northeast Brazil. **Experimental & Applied Acarology**, [s.l.], v. 17, n. 1-2, p. 77-90, 1993.

MORAES, G.J.; BARBOSA, M.F.C.; CASTRO, T.M.M.G. Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata) from natural ecosystems in the State of São Paulo, Brazil. **Zootaxa**. v. 3700, n. 3, p. 301-347, 2013.

MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de acarologia – Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Holos Editora, Ribeirão Preto. 2008. 308p.

MORAES, G.J.; MCMURTRY, J.A.; DENMARK, H.A.; CAMPOS, C.B. A revised catalog of mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, [s.l.], v. 434, n. 1, p. 1-494, 2004.

MORAES, G.J.; TAMAI, M.A. Biological control of *Tetranychus* spp. on ornamental plants. In: Fischer G, Angarita A (orgs.) **Proceedings of the International Symposium on Cut Flowers in the Tropics**. Bogota, Acta Hort. 1997. p. 247-252.

NAVAJAS, M. Host plant associations in the spider mite *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): insights from molecular phylogeography. **Experimental & Applied Acarology**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 201-214, 1998.

OLIVEIRA, C.A.L. Ação dos ácaros *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) e *Tetranychus (T.) urticae* Koch, 1836 na depreciação quantitativa e qualitativa da produção

algodoeira. Tese Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1972. 150 p.

OLIVEIRA, C.A.L.; CALCANHOTO, G. Ação do ácaro “rajado” *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) na depreciação quantitativa da produção algodoeira. **O Biológico**, [s.l.], v. 41, p. 307-327, 1975.

OMKAR; PERVEZ, A. Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology**, [s.l.], v. 128, n. 2, p. 140-146, 2004.

OPIT, G.P.; PERRET, J.; HOLT, K.; NECHOLS, J.R.; MARGOLIES, D.C.; WILLIAMS, K.A. Comparing Chemical and Biological Control Strategies for Twospotted Spider Mites (Acari: Tetranychidae) in Commercial Greenhouse Production of Bedding Plants. **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 102, n. 1, p. 336-346, 2009.

PIMENTEL, G. C. S.; REIS, P. R.; SILVEIRA, E. C.; MARAFELI, P. P.; SILVA, E. A.; ANDRADE, H. B. Biological control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) on rosebushes using *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae) and agrochemical selectivity. **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 40, n. 1, p. 80-84, 2014.

PIRANEO, T.G.; BULL, J.; MORALES, M.A.; LAVINE, L.C.; WALSH, D.B.; ZHU, F. Molecular mechanisms of *Tetranychus urticae* chemical adaptation in hop fields. **Scientific reports**, [s.l.], v. 5, p. 17090, 2015.

REICHERT, M. B.; TOLDI, M.; FERLA, N. J. Feeding preference and predation rate of *Neoseiulus idaeus* (Acari: Phytoseiidae) feeding on different preys. **Systematic and applied acarology**, [s.l.], v. 21, n. 12, p. 1631-1641, 2016.

REICHERT, M. B.; TOLDI, M.; RODE, P. A.; FERLA, J. J.; FERLA, N. J. Biological performance of the predatory mite *Neoseiulus idaeus* (Phytoseiidae): a candidate for the control of tetranychid mites in Brazilian soybean crops. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 77, n. 2, p. 361-366, 2017.

REICHERT, M.B.; DA SILVA, G.L.; ROCHA, M.D.S.; JOHANN, L.; FERLA, N.J. Mite fauna (Acari) in soybean agroecosystem in the northwestern region of Rio Grande do Sul State, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 19, n. 2, p. 123-137, 2014.

REIS, P.R. Efeito do ácaro *Tetranychus (T.) urticae* Koch, 1836 (Acarina – Tetranychidae) na produção e qualidade da fibra do algodoeiro, variedade IACRM3. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1972. 76 p.

RIECHERT, S.E.; LOCKLEY, T. Spiders as Biological Control Agents. **Annual review of Entomology**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 299-320, 1984.

ROGERS, D. Random search and insect population models. **The Journal of Animal Ecology**, [s.l.], p. 369-383, 1972.

RYOO, M. Studies on the basic components of the predation of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acarina: Phytoseiidae). **Population Ecology**, [s.l.], v. 28, n. 1, p. 17-26, 1986.

SABELIS, M. W. Life History: Development. In: HELLE, W.; SABELIS, M. W. (eds.) **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Elsevier, Amsterdam, pp 43-53. 1985b.

SABELIS, M. W. Predator-prey interaction: predation on spider mites. In HELLE, W.; SABELIS, M. W. (eds.) **Spider mites: their biology, natural enemies and control**. Elsevier, Amsterdam, pp 103–129. 1985a.

SABELIS, M.W. **Biological control of two-spotted spider mites using phytoseiid predators. Part I**. Pudoc, Wageningen. 1981.

SANTOS, M. A. Functional and numerical responses of the predatory mite, *Amblyseius fallacis*, to prey density. **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 4, n. 6, p. 989-992, 1975.

SAS Institute (2002) SAS/STAT User's guide, version 8.02, TS level 2 MO. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.

SATO, M.E.; SILVA, M.Z.D.; RAGA, A.; SOUZA FILHO, M.F.D. Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae): Selection, Cross-Resistance and Stability of Resistance. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 991-998, 2005.

SCHAUSBERGER, P.; WALZER, A. Combined versus single species release of predaceous mites: predator–predator interactions and pest suppression. **Biological Control**, [s.l.], v. 20, n. 3, p. 269-278, 2001.

SEPÚLVEDA, F.; CARRILLO, R. Functional response of the predatory mite *Chileseius camposi* (Acarina: Phytoseiidae) on densities of its prey, *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). **Revista de Biología Tropical**, [s.l.], v. 56, n. 3, p. 1255-1260, 2008.

SHIPP, J. L.; WHITFIELD, G. H. Functional response of the predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae), on western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). **Environmental Entomology**, [s.l.], v. 20, n. 2, p. 694-699, 1991.

SILVA, E.A.; REIS, P.R.; ZACARIAS, M.S.; MARAFELI, P.P. Fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) associados a cafezais e fragmentos florestais vizinhos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 34, p. 1146–1153, 2010.

SKIRVIN, D. J.; FENLON, J. S. Plant species modifies the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): implications for biological control. **Bulletin of Entomological Research**, [s.l.], v. 91, n. 1, p. 61-67, 2001.

SKIRVIN, D. J.; FENLON, J. S. The effect of temperature on the functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 31, n. 1-2, p. 37, 2003.

SOLOMON, M.E. The natural control of animal populations. **The Journal of Animal Ecology**, [s.l.], p. 1-35, 1949.

SONG, Z. W.; ZHENG, Y.; ZHANG, B. X.; LI, D. S. Prey consumption and functional response of *Neoseiulus californicus* and *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae). **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 21, n. 7, p. 936-946, 2016.

SOUZA FILHO, M.F.; SUPLICY FILHO, N.; SATO, M.E.; TAKEMATSU, A.P. Suscetibilidade do ácaro rajado proveniente de videiras de Pilar do Sul, SP, a diversos acaricidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1187-1192, 1994.

STILING, P. Why do natural enemies fail in classical biological control programs? **American Entomologist**, [s.l.], v. 39, n. 1, p. 31-37, 1993.

TAKAFUJI, A.; CHANT, D. A. Comparative studies of two species of predacious phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae), with special reference to their responses to the density of their prey. **Population Ecology**, [s.l.], v. 17, n. 2, p. 255-310, 1976.

TOLDI, M.; REICHERT, M. B.; RODE, P. D. A.; JOHANN, L.; FERLA, N. J. Influence of various preys in soybean and the biological performance of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Phytoseiidae). **Systematic and applied acarology**, [s.l.], v. 21, n. 12, p. 1662-1670, 2016.

VAN DE VRIE, M. **Apple**. In: Helle, W.; Sabelis, M.W. (Eds) Spider mites: their biology, natural enemies and control: World Crop Pests, v. 1B, cap. 3.2.4. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publisher. 1985. pp. 311-325.

VAN DE VRIE, M. Greenhouse ornamentals. In HELLE, W.; SABELIS, M. W. (eds.) **World crop pests: Spider mites. Their biology, natural enemies, and control**. vol. 1b. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands. pp. 273–283. 1985.

VAN DINH, N.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Reproductive success of *Amblyseius idaeus* and *A. anonymus* on a diet of two-spotted spider mites. **Experimental & applied acarology**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 41-51, 1988.

VAN LEEUWEN, T.; VONTAS, J.; TSAGKARAKOU, A.; DERMAUW, W.; TIRRY, L. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: a review. **Insect biochemistry and molecular biology**, [s.l.], v. 40, n. 8, p. 563-572, 2010.

VAN LENTEREN, J. C. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy?. **Crop protection**, [s.l.], v. 19, n. 6, p. 375-384, 2000.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, [s.l.], v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.

VASSILIOU, V.A.; KITSIS, P. Acaricide Resistance in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) Populations From Cyprus. **Journal of economic entomology**, [s.l.], v. 106, n. 4, p. 1848-1854, 2013.

WALZER, A.; CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S.; LIGUORI, M.; PALEVSKY, E.; SCHAUSBERGER, P. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite

Neoseiulus californicus: Survival, development and reproduction. **Biological Control**, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 42-52, 2007.

WALZER, A.; CASTAGNOLI, M.; SIMONI, S.; LIGUORI, M.; PALEVSKY, E.; SCHAUSBERGER, P. Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: survival, development and reproduction. **Biological Control**, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 42-52, 2007.

WANG, L.; ZHANG, Y.; XIE, W.; WU, Q.; WANG, S. Sublethal effects of spinetoram on the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Pesticide biochemistry and physiology**, [s.l.], v. 132, p. 102-107, 2016.

WEINTRAUB, P.; PALEVSKY, E. Evaluation of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper under hot arid field conditions. **Experimental and Applied Acarology**, [s.l.], v. 45, n. 1-2, p. 29-37, 2008.

YANINEK, J. S.; MÉGEVAND, B.; MORAES, G. J.; BAKKER, F.; BRAUN, A.; HERREN, H. R. Establishment of the neotropical predator *Amblyseius idaeus* (Acari: Phytoseiidae) in Benin, West Africa. **Biocontrol Science and Technology**, [s.l.], v. 1, n. 4, p. 323-330, 1991.

ZHANG, Z.Q. **Mites in greenhouse: identification, biology and control**. Cambridge: CABI. 2003. 244 p.

ZHENG, Y.; DE CLERCQ, P.; SONG, Z. W.; LI, D. S.; ZHANG, B. X. Functional response of two *Neoseiulus* species preying on *Tetranychus urticae* Koch. **Systematic and Applied Acarology**, [s.l.], v. 22, n. 7, p. 1059-1069, 2017.

ANEXO A – FIGURA 1

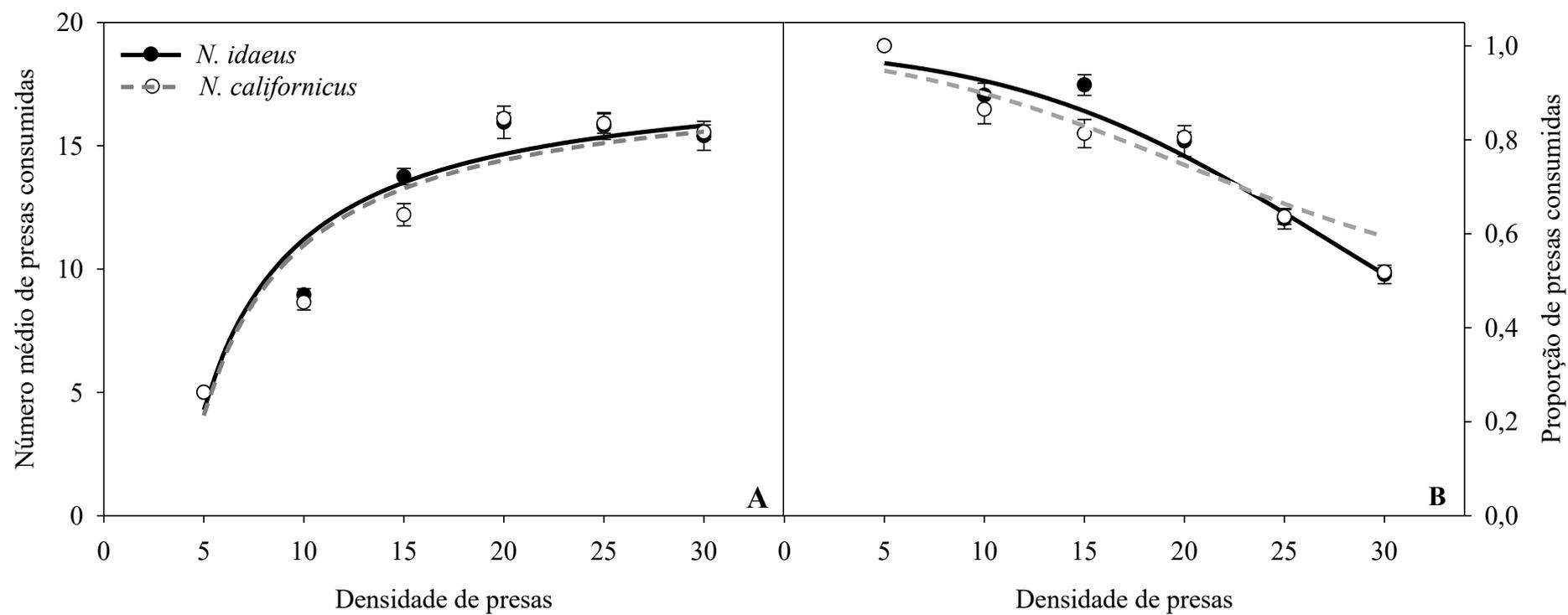


Figura 1 – Número médio de ovos de *T. urticae* (A) e proporção de ovos de *T. urticae* (B) consumidos por *N. idaeus* e *N. californicus*.

ANEXO B – FIGURA 2

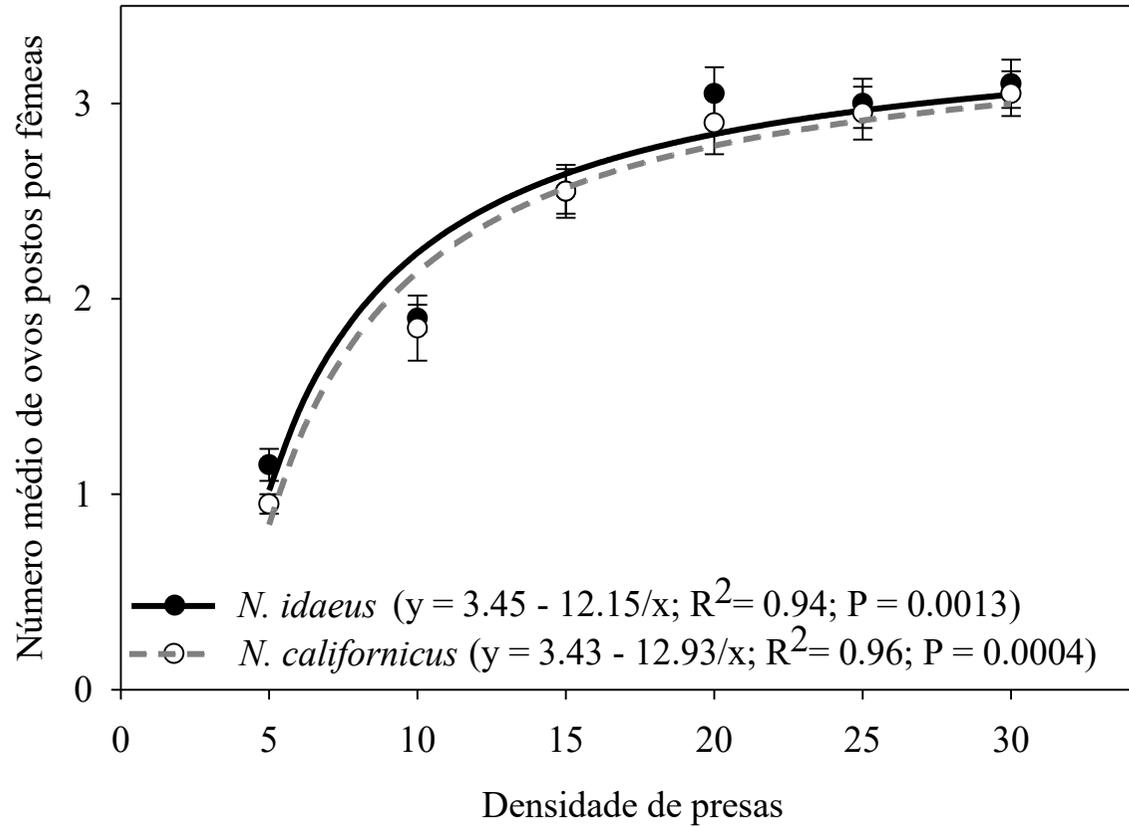


Figura 2 – Oviposição de fêmeas de *N. idaeus* e *N. californicus* em função do número de ovos de *T. urticae* consumidos/24 h. Razão calculada através de análise de regressão usando um modelo quadrático ($y = a+b/x$). Pontos representam médias. Barras de erro representam o erro padrão médio.

ANEXO C – FIGURA 3

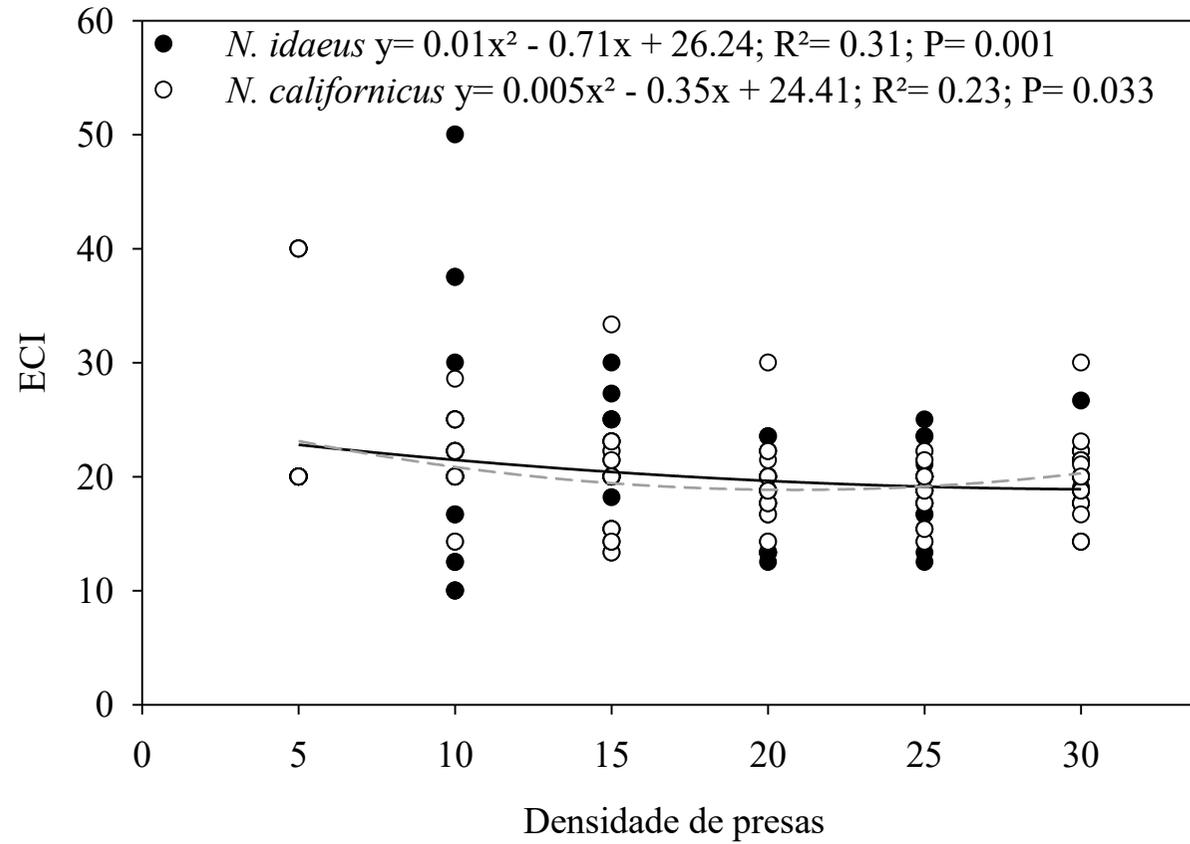
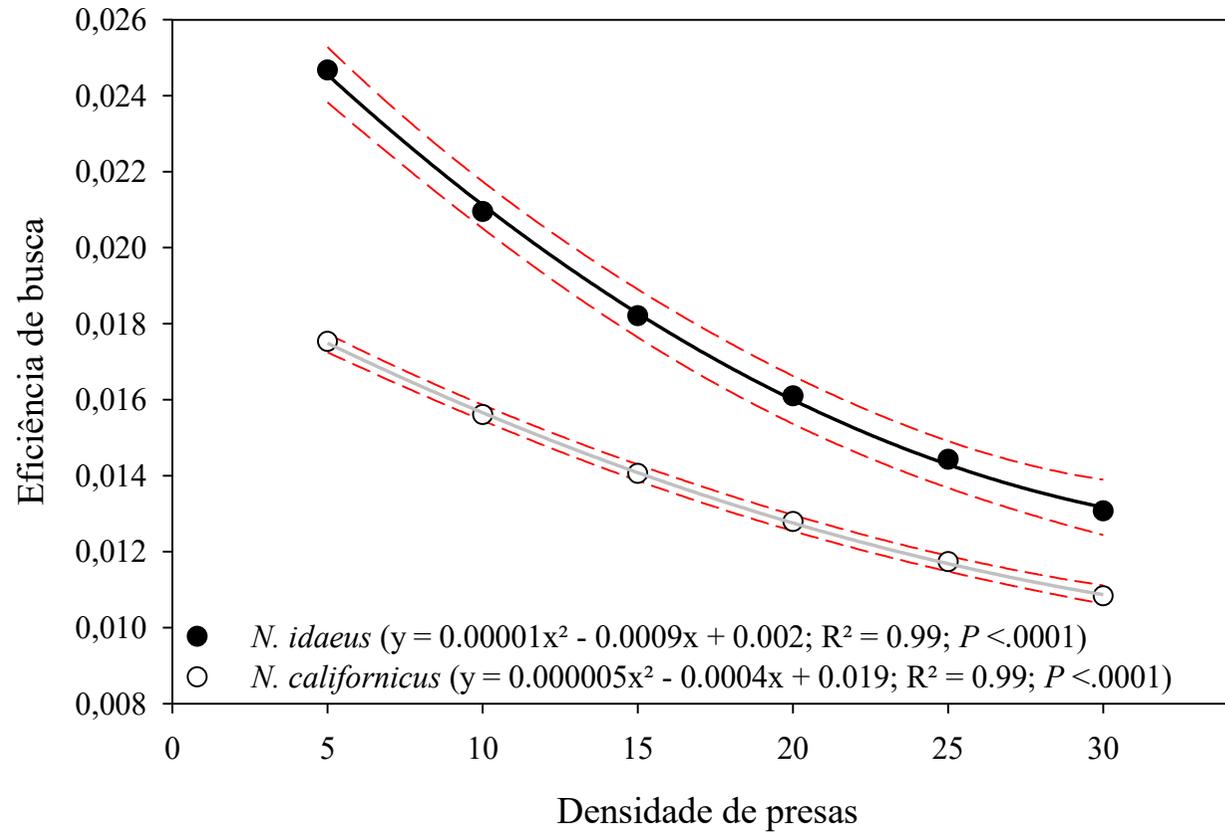


Figura 3 – Relação entre a ECI de *N. idaeus* e *N. californicus* e diferentes densidades de ovos de *T. urticae*.

ANEXO D – FIGURA 4

Figura 4 – Eficiência de busca de presas por *N. idaeus* e *N. californicus* em diferentes densidades de ovos de *T. urticae*.

ANEXO E – TABELA 1

Tabela 1 – Coeficientes de regressão determinados para o número de ovos de *T. urticae* consumidos por *N. idaeus* e *N. californicus*.

Espécie de predador	Modelo	Parâmetros		F	R ²	P
		a	b			
<i>Neoseiulus idaeus</i>		18.12	-69.16	48.95	0.92	0.002
<i>Neoseiulus californicus</i>	$y = a + \frac{b}{x}$	17.87	-69.08	34.58	0.89	0.004

ANEXO F – TABELA 2

Tabela 2 – Equação de disco de Holling e tipo de resposta funcional de *N. idaeus* e *N. californicus* predando ovos de *T. urticae*.

Espécie de predador	Equação de Disco de Holling	χ^2	DF	P	Coeficiente de regressão logística			Tipo ⁴
					a ¹ (P)	b ² (P)	c ³ (P)	
<i>Neoseiulus idaeus</i>	$y = \frac{\exp(0.001x^2) - (0.16x) + 4.06}{1 + \exp [(0.001x^2) - (0.16x) + 4.06]}$	167.4	117	0.0016	4.06(<.0001)	-0.16(0.0024)	0.001 (0.4077)	II
<i>Neoseiulus californicus</i>	$y = \frac{\exp(0.002x^2) - (0.18x) + 3.69}{1 + \exp [(0.002x^2) - (0.18x) + 3.69]}$	203.28	117	<.0001	3.69(<.0001)	-0.18(0.0002)	0.002(0.0605)	II

¹Intercepto; ²Linear; ³Quadrático; ⁴Tipo de resposta funcional

ANEXO G – TABELA 3

Tabela 3 – Parâmetros (\pm EP) de respostas funcionais de *N. idaeus* e *N. californicus* predando ovos de *T. urticae*.

Espécie de predador	$a' \pm$ EP (95% IC)	$Th \pm$ EP (95% IC)
<i>Neoseiulus idaeus</i>	0.03 ± 0.006 (0.02 - 0.04)	1.44 ± 0.04 (1.37 - 1.52)
<i>Neoseiulus californicus</i>	0.02 ± 0.004 (0.01 - 0.03)	1.41 ± 0.03 (1.35 - 1.48)

Coefficiente de taxa de ataque a' (unidades de presas capturada pelo predadores por unidade de tempo de busca) e tempo de manipulação de presas Th (em unidades de proporção para um período de exposição de 24h)