

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PREDÇÃO DE OVOS DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA:
LIVIIDAE) POR ÁCAROS FITOSEÍDEOS (ACARI:
PHYTOSEIIDAE)**

Sofía Jiménez Jorge

Engenheira Agrônoma

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**PREDÇÃO DE OVOS DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA:
LIVIIDAE) POR ÁCAROS FITOSEÍDEOS (ACARI:
PHYTOSEIIDAE)**

Sofía Jiménez Jorge

Orientador: Prof. Dr. Gilberto José de Moraes

Co-orientador: Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias –Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola).

2020

J61p

Jiménez, Sofia Jorge

Predação de ovos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) por ácaros fitoseídeos (Acari: Phytoseiidae) / Sofia Jorge Jiménez. -- Jaboticabal, 2020

111 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Gilberto José de Moraes

Coorientador: Raphael de Campos Castilho

1. Ácaro. 2. Controle biológico. 3. Psílídeo. 4. Melhoramento genético. 5. Taxonomia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: PREDÇÃO DE OVOS DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: Liviidae) POR ÁCAROS FITOSEÍDEOS (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

AUTORA: SOFÍA JIMÉNEZ JORGE

ORIENTADOR: GILBERTO JOSÉ DE MORAES

COORIENTADOR: RAPHAEL DE CAMPOS CASTILHO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. GILBERTO JOSÉ DE MORAES

Departamento de Entomologia e Acarologia/ESALQ-USP / Piracicaba/SP

p/ Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE

Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal
(VIDEOCONFERÊNCIA)

p/ Prof. Dr. ANTONIO CARLOS BUSOLI

Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal
(VIDEOCONFERÊNCIA)

p/ Pesquisador Dr. MÁRIO EIDI SATO

Instituto Biológico de Campinas / Campinas/SP
(VIDEOCONFERÊNCIA)

Profa. Dra. NORA CRISTINA MESA COBO

Ciências Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias / Universidade Nacional de Colombia, Sede Palmira

Jaboticabal, 17 de julho de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SOFIA JIMENEZ JORGE – nascida em 26 de abril de 1980, em Tacna, Peru. Filha de Sofia Jorge Huaroc. Formou-se em Engenharia Agrônômica na Facultad de Ciencias Agropecuarias da Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, de Tacna (UNJBG) Tacna, Peru. Estagiou na Universidad Agraria La Molina (UNALM) no Programa de pesquisa em ornamentais, sob orientação do Engenheiro José Palacios Vallejo. Em fevereiro de 2010, chegou ao Brasil para se capacitar no Laboratório de Acarologia do Instituto Biológico de São Paulo e na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Trabalhou na Área Técnica como Especialista em Controle Biológico da Procitrus (Asociación de Productores de Cítricos del Perú). Iniciou o Mestrado em agosto de 2012 no programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Câmpus de Jaboticabal, SP. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e desenvolveu sua pesquisa sob orientação do Prof. Dr. Gilberto José de Moraes. Em agosto de 2016 iniciou o doutorado, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), da UNESP, Jaboticabal, SP. No primeiro ano de doutorado foi bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e nos anos posteriores da CAPES. Realizou sua pesquisa sob orientação do Prof. Dr. Gilberto José de Moraes e co-orientação do Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho.

DEDICO

O Deus. Ao grande amor de minha vida, Heri.

A minha mãe, irmãos, sobrinhos e cunhados.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista (UNESP), ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) e ao Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal, por tornar possível a obtenção de meu título de Doutorado.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), pelo suporte técnico e logístico para o desenvolvimento do meu trabalho de pesquisa e meu enriquecimento profissional.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gilberto José de Moraes, por ter me acolhido e supervisionado a realização da minha tese.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Raphael de Campos Castilho, pelo auxílio prestado na solução de meus problemas.

Ao Prof. Dr. Carlos H. W. Flechtmann e Prof. Dr. Daniel Júnior Andrade, pelo inestimável apoio oferecido durante os anos de Doutorado.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade da FCAV/UNESP e do setor de Acarologia do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP pelo apoio durante todos estes anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas concedidas.

À Profa. Dra. Diana Rueda Ramírez, pela ajuda na análise estatística dos dados, sempre disposta em me apoiar quando solicitado.

Ao Dr. Jeferson Mineiro, pelo apoio na coleta de São Paulo, Dr. Renato Sarmiento pelo apoio na coleta de Tocantins, Dra. Adriane Duarte pelo apoio na coleta de Rio Grande do Sul e Eng. Paulo Rocha pelo apoio nas coletas da Fazenda Toca (Itirapina, São Paulo).

Em especial, ao meu grande amor Heri Torres Vasquez (*in memoriam*), quem me ensinou a nunca desistir dos meus sonhos.

Em especial, à minha mãe Sofia Jorge, meus irmãos Anthony Jiménez e Lourdes Jiménez, pelo carinho e apoio incondicional.

Aos meus sobrinhos queridos Zurey Jimenez, Ana Alicia Jimenez e Luis Pablo Cáceres Jiménez por todo o amor e carinho. Meus cunhados Soledad Baluarte e Luis Cáceres pelo apoio e carinho.

Em especial a Grecia Torres, Erick Robalino, Angelo Rodríguez e Lita Pérez pela amizade e carinho de sempre.

Às minhas amigas de sempre, que a vida me deu o privilégio de ter a meu lado, Karime Porras, Nancy Luz Bullón, Maria Luisa Bull.

Aos colegas da Procitrus "Asociación de Productores de Cítricos del Perú", Sr. Sergio del Castillo, Juan Jose Rosales, Emilia Belaunde, Rita Barreto, Dana Chumacero, Jaisson Cueva, Armando Canales e Clodoaldo León por todo seu apoio.

Aos funcionários do "Programa da Subdirección de Control Biológico, SENASA", Sra. Mery Whu, Sra. Hilda Gomez, Carmen Salcedo, Mateo Marquez, Maximo Ramos, Faustino Junoruco, por seu apoio logístico.

Aos amigos queridos e colegas da FCAV/UNESP, Emiliano Brandão, Kelly Gonçalves, Aline Finotti, Tamiris Souza, Ávyla Albuquerque, Flávia Fagundes, Gilmar Nunes, Camila Cardoso, Thais Prado, Matheus Cardoso, Sidnéia Matos, Patrice Jacob, Hágabo Honorato, Gabriel Monteiro, Giovani Smaniotto, Juliana Barroso, Ana Letícia Zero, Jaqueline Della Vechia, Cícero Santos pela convivência e amizade.

Aos amigos queridos do Laboratório de Acarologia da ESALQ/USP, Lásaro Vanderlei F. Silva (*in memoriam*), Josenilton Mandro, Lina Gonzalez, Fernanda Esteca, Vinícius Borges, Marina Barbosa, Jandir Cruz, Marcela Ribeiro, Geovanny Barroso, Letícia Henrique, Luiz Castro, Marielle Berto, Eliamara Marques, Alice de Freitas, Andrés Rico, André Pinheiro, Matheus Pereira, Danilo Ulhoa, Tais Cabrera, Graziela Grilli, Luis de Queiróz, Alan Nunes, João Pedro Martin pela convivência, grande apoio e amizade.

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

Enfim, a todos os que contribuíram para o sucesso deste trabalho, muito obrigada.

Sua tarefa é descobrir o seu trabalho e, então, com todo o coração, dedicar-se a ele.

Buda

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	Iv
ABSTRACT.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	Vi
LISTA DE TABELAS.....	Viii
Capítulo 1 – Considerações gerais.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1. Importância da cultura dos citros do Brasil.....	3
2.2. Problemas fitossanitários dos citros.....	4
2.3. Formas de controle de <i>Diaphorina citri</i>	10
3. Referências.....	14
Capítulo 2 – Diversidade e abundância de ácaros predadores (Acari: Phytoseiidae) em plantas de limão-cravo (<i>Citrus limonia</i> Osbeck).....	26
Resumo.....	26
1. Introdução.....	28
2. Material e Métodos.....	30
2.1. Área de colecta.....	30
2.2. Coleta, extração, triagem das amostras.....	31
2.3. Montagem e identificação dos ácaros.....	31
2.4. Análise estatística.....	32
3. Resultados.....	32
4. Discussão.....	36
5. Referências.....	38
Capítulo 3 – Predation capacity of the psyllid <i>Diaphorina citri</i> eggs (Hemiptera: Liviidae) by phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae).....	42
Abstract.....	42
1. Introduction.....	43

2. Material and methods.....	45
Origin of organisms and colony maintenance.....	45
Experimental units.....	47
Experimental procedure.....	47
Statistical analysis.....	48
3. Results.....	48
Egg consumption.....	48
Survival rate.....	50
4. Discussion.....	51
5. References.....	52
Capítulo 4 – Capacidade de predação e oviposição de <i>Amblyseius herbicolus</i> (Acari: Phytoseiidae) com diferentes dietas.....	56
Resumo.....	56
1. Introdução.....	58
2. Material e Métodos.....	60
2.1. Colônia de <i>Amblyseius herbicolus</i>	60
2.2. Obtenção do pólen e de Astigmatina.....	61
2.3. Colônia de <i>Diaphorina citri</i>	61
2.4. Unidades experimentais.....	61
2.5. Predação e oviposição com diferentes presas.....	62
2.6. Análises estatísticas.....	63
3. Resultados.....	64
3.1. Predação com diferentes presas.....	64
3.2. Oviposição com diferentes presas.....	65
4. Discussão.....	66
5. Referências.....	67
Capítulo 5 – Seleção artificial do ácaro predador <i>Amblyseius herbicolus</i> (Acari: Phytoseiidae) em relação à taxa de predação em ovos do psílídeo <i>Diaphorina citri</i> (Hemiptera: Levidae).....	71
Resumo.....	71

1. Introdução.....	74
2. Material e Métodos.....	76
2.1. Colônia de <i>Amblyseius herbicolus</i>	76
2.2. Colônia de <i>Diaphorina citri</i>	77
2.3. Identificação dos ácaros.....	77
2.4. Testes de predação e oviposição das populações de <i>Amblyseius herbicolus</i>	77
2.5. Processo de seleção.....	78
2.6. Análise estatística.....	79
3. Resultados.....	80
3.1. Caracterização morfológica.....	80
3.2. Testes de predação e oviposição das três populações.....	82
3.3. Processo de seleção.....	83
4. Discussão.....	84
5. Referências.....	86
Capítulo 6 – Descrição complementar de <i>Transeius bellottii</i> (Moraes e Mesa) (Acari: Phytoseiidae).....	91
Resumo.....	91
1. Introdução.....	93
2. Material e Métodos.....	94
3. Resultados.....	95
4. Discussão.....	99
5. Referências.....	108
Capítulo 7 – Considerações finais.....	111

PREDAÇÃO DE OVOS DE *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE) POR ÁCAROS FITOSEÍDEOS (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

RESUMO – O HLB (Huanglongbing) é uma das doenças mais importantes e relevantes para a cultura dos citros. Diversos estudos sobre o controle da mesma são realizados nos diferentes países que apresentam essa doença. O Brasil nos últimos anos adotou um conjunto de medidas fitossanitárias, que vai desde a aplicação de produtos químicos, erradicação das árvores com presença dos sintomas e recentemente estudos sobre a adoção de um MIP mediante o uso de controladores biológicos. Desta forma, o trabalho teve como objetivo a procura de ácaros fitoseídeos para verificar o potencial destes alimentando-se de ovos do psílideo *Diaphorina citri* Kuwayama, vetor do agente causal desta doença. A tese está dividida em sete capítulos. No primeiro faz-se um relato da importância da citricultura, além das pragas e doenças e a importância de *D. citri*. O segundo se refere acoletas realizadas em uma área livre de aplicação de produtos químicos de plantas de limão-cravo, em Piracicaba-SP. O terceiro comenta sobre a capacidade de predação de ácaros Mesostigmata em ovos de *D. citri*. O quarto, a capacidade de predação e oviposição do fitoseídeo *Amblyseius herbicolus* (Chant) alimentado com diferentes dietas. O quinto, a seleção artificial de *A. herbicolus* em relação à taxa de predação em ovos do psílideo *D. citri*. O sexto, a descrição complementar do ácaro fitoseídeo *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa). O sétimo, as considerações gerais do trabalho. Os resultados demonstraram que as espécies mais abundantes, coletadas em plantas de limão-cravo foram *Iphiseiodes zuluagai* Denamrk e Muma e *Euseius concordis* (Chant). Das 13 espécies testadas para a capacidade de predação de ovos de *D. citri*, o ácaro *A. herbicolus* predou 3,9 ovos/fêmea/dia. Dos alimentos oferecidos a *A. herbicolus*, não se observou que a predação pudesse ser afetada quando em combinação com pólen de *Ricinus communis* L., enquanto a oviposição foi mais elevada quando se alimentou de *Tyreophagus crascentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes. Dos testes das três populações de *A. herbicolus*, a proveniente de Botucatu-SP apresentou as melhores características de predação e oviposição (4,3 ovos consumidos/fêmea/dia e 1,2 ovos/fêmea/dia). Referente à seleção artificial, o ganho genético para as duas características foram negativos (-0,19 e -0,18). É possível que a reprodução por partenogênese telítoca, típica deste ácaro, possa ser em parte responsável pela resposta negativa obtida ou devido ao reduzido número de populações que puderam ser avaliadas neste estudo. Apesar de não se conseguir sucesso no esforço dispendido para se obter uma população de *A. herbicolus* mais promissora para o controle de *D. citri*, no processo de seleção artificial em laboratório, conseguiu-se demonstrar o melhor desempenho da população de Botucatu em comparação com outras populações avaliadas (Pirenópolis-GO e Prados-MG). O resultado sugere que possa haver outras populações deste predador ainda mais promissoras para o controle de *D. citri* que aquela de Botucatu, sugerindo ser recomendável a continuidade dos estudos, inclusive com a avaliação de novas populações de *A. herbicolus* e de outros fitoseídeos. Para o ácaro *T. bellottii* se realizou uma breve descrição complementar, detalhando as famílias das plantas hospedeiras desta espécie.

Palavras-chave: ácaro predador, psílideo, controle biológico, citros

PREDATION OF EGGS OF *Diaphorina citri* (HEMIPTERA: LIVIIDAE) BY PHYTOSEIID MITES (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

ABSTRACT – HLB (Huanglongbing) is one of the most important and relevant diseases for citrus cultivation. Several studies on its control are carried out in different countries that present this disease. In recent years, Brazil has adopted a set of phytosanitary measures, ranging from the application of chemical products, the eradication of trees with the presence of symptoms and recently studies on the adoption of a MIP through the use of biological controllers. Thus, the work aimed to find phytoseiid mites to verify their potential by feeding on eggs of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, the vector of the causative agent of this disease. The thesis is divided into seven chapters. In the first, there is a report on the importance of citrus culture, in addition to pests and diseases and the importance of *D. citri*. The second refers to collections carried out in an area free of application of chemicals from rangpur lime plants, in Piracicaba-SP. The third comments on the predation capacity of Mesostigmata mites in *D. citri* eggs. The fourth, the predation and oviposition capacity of the phytoseid *Amblyseius herbicolus* (Chant) fed with different diets. The fifth, the artificial selection of *A. herbicolus* in relation to the predation rate in eggs of the psyllid *D. citri*. The sixth, the complementary description of the phytoseid mite *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa). The seventh, the general considerations of the work. The results showed that the most abundant species collected from lemon-clove plants were *Iphiseiodes zuluagai* Denamrk and Muma and *Euseius concordis* (Chant). Of the 13 species tested for the ability to predate *D. citri* eggs, the mite *A. herbicolus* preyed on 3.9 eggs / female / day. From the food offered to *A. herbicolus*, it was not observed that predation could be affected when in combination with pollen from *Ricinus communis* L., while oviposition was higher when fed on *Tyreophagus crascentiseta* Barbosa, OConnor and Moraes. From the tests of the three populations of *A. herbicolus*, the one from Botucatu-SP showed the best characteristics of predation and oviposition (4.3 eggs consumed/female/day and 1.2 eggs/female/day). Regarding artificial selection, the genetic gain for both traits was negative (-0.19 and -0.18). It is possible that the reproduction due to telitic parthenogenesis, typical of this mite, may be partly responsible for the negative response obtained or due to the small number of populations that could be evaluated in this study. Despite not being successful in the effort spent to obtain a population of *A. herbicolus* more promising for the control of *D. citri*, in the process of artificial selection in the laboratory, it was possible to demonstrate the best performance of the population of Botucatu in comparison with other evaluated populations (Pirenópolis-GO and Prados-MG). The result suggests that there may be other populations of this predator that are even more promising for the control of *D. citri* than that of Botucatu, suggesting that it is advisable to continue the studies, including the evaluation of new populations of *A. herbicolus* and other phytoseiids. For the *T. bellottii* mite, a brief complementary description was made, detailing the families of the host plants of this species.

Key-words: predatory mite, psyllid, biological control, citrus

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Número médio total de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, em períodos de dia e noite durante dez dias mediante coleta manual direta e levando as amostras para revisão no laboratório.....	33
FIGURA 2.	Número médio total de espécies de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, em períodos de dia e noite durante dez dias mediante coleta manual direta e levando as amostras para revisão no laboratório.....	34
FIGURA 3.	Número médio total de imaturos de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, em período de dia e noite durante dez dias mediante coleta manual direta e levando as amostras para revisão no laboratório.....	35
FIGURA 4.	Porcentagem de abundância e diversidade das espécies de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, coleta manual direta e levado as amostras para revisão no laboratório em períodos de dia e noite durante dez dias.....	36
FIGURA 5.	Mean daily consumption of <i>Diaphorina citri</i> eggs by different predatory mite species collected in different localities of Brazil at $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR and in darkness.....	49
FIGURA 6.	Predation A. <i>Iphiseoides zualagai</i> Denmark e Muma, B. <i>Amblyseius herbicolus</i> (Chant).....	49
FIGURA 7.	A. Criação de <i>Diaphorina citri</i> , B. ovos de <i>D. citri</i> em brotos de <i>Murraya paniculata</i> , C. preparação da caragenina, D. discos de folhas de limão, E. unidades experimentais.....	62
FIGURA 8-12.	<i>Transeius bellottii</i> (Moraes e Mesa) (Fêmea adulta) 8. Dorso do idiossoma, 9. Ventre do idiossoma, 10. Quelícera, 11. Espermateca, 12. Gênu, tíbia e tarso IV.....	105
FIGURA 13-15.	<i>Transeius bellottii</i> (Moraes e Mesa) (Macho adulto) 13. Dorso do idiossoma, 14. Ventre do idiossoma, 15. Quelícera.....	106
FIGURA 16-21.	<i>Transeius bellottii</i> (Moraes e Mesa) (Deutoninfa) 16. Dorso do idiossoma, 17. Ventre do idiossoma. (Protoninfa), 18. Dorso do idiossoma, 19. Ventre do idiossoma. (Larva) 20. Dorso do idiossoma, 21. Ventre do idiossoma.....	107

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Survival of different predatory mite species offered <i>Diaphorina citri</i> eggs as prey for five consecutive days at $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR and in darkness.....	50
TABELA 2.	Predação de <i>Amblyseius herbicolus</i> (Chant) em diferentes dietas a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro.....	64
TABELA 3.	Oviposição diária de <i>Amblyseius herbicolus</i> (Chant) em diferentes dietas a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro.....	65
TABELA 4.	Comprimentos médios (medidas em micrômetros $\pm$ erro padrão da média) de diferentes parâmetros de três populações de <i>Amblyseius herbicolus</i> coletadas em diferentes estados brasileiros.....	81
TABELA 5.	Média diária ($\pm$ erro padrão da média) de ovos de <i>Diaphorina citri</i> predados e ovos postos pela fêmea adulta de populações de <i>Amblyseius herbicolus</i> de três estados brasileiros, a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro.....	82
TABELA 6.	Predação média diária ($\pm$ erro padrão da média) de ovos de <i>Diaphorina citri</i> predados e parâmetros genéticos avaliados após cada ciclo de seleção de <i>Amblyseius herbicolus</i> a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro.....	83
TABELA 7.	Oviposição média diária ($\pm$ erro padrão da média) ovos postos pela fêmea adulta e parâmetros genéticos avaliados após cada ciclo de seleção de <i>Amblyseius herbicolus</i> , a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro.....	84
TABELA 8.	Famílias de plantas associadas com o ácaro <i>Transeius bellottii</i> (Moraes e Mesa).....	101

Capítulo 1 – Considerações gerais

1. Introdução

Os citros, como laranjas, limões, limas, toronjas e tangerinas, são consideradas algumas das frutíferas mais importantes do mundo, de grande valor comercial. Cultivados em mais de 140 países, nas últimas décadas, aumentou muito a área ocupada com estas frutíferas. Estimativas apontavam para 30 milhões de toneladas a produção global até o final da década iniciada em 1960 (FAO, 1967). Entre os anos 2000 e 2004, o volume foi de 105 milhões de toneladas, representando a laranja mais da metade desta produção (UNCTAD, 2004; Liu et al., 2012). Atualmente, os maiores produtores mundiais de citros são Brasil, Estados Unidos, China, México e países do Mediterrâneo (Abdullah et al., 2009; FAO, 2009; USDA, 2020).

Desde a introdução dos citros e sua adaptação no Brasil, passou a ter importância sócioeconômica muito alta (Rodriguez, 1984). Aqui, esta atividade participa do Produto Interno Bruto (PIB) com cerca de US 6,5 bilhões anuais, em todos os estágios de sua cadeia produtiva (Neves e Trombin, 2017), gerando cerca de 200 mil empregos diretos e indiretos (Barros et al., 2016). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018) derama conhecer que os índices mais altos de desenvolvimento humano (IDH) se encontram em municípios citrícolas, concentrando-se no Estado de São Paulo, nos seguintes municípios: Araraquara, Botucatu, Bebedouro, Limeira e Matão (Neve e Trombin, 2017).

A citricultura brasileira é representada por dois polos. Um deles é o de São Paulo, que abrange o Sul do Triângulo Mineiro, encontrando-se aí a maior parte da produção de laranja e das indústrias produtoras e exportadoras de suco de laranja. Concentra-se no Estado de São Paulo cerca dos 75% da produção brasileira de laranjas (Vidal, 2018). Outro polo localiza-se na Região Nordeste, abrangendo o centro-sul de Sergipe e o norte da Bahia, apresentando menor participação tanto na produção de laranja como de suco. Em 2018, esta região participou com cerca de 7% da produção nacional de citros e cerca de 1% das exportações de suco (Vidal 2019). Considerando-se ambos os polos, cerca 60% da citricultura brasileira se

refere à laranja, em relação à área (cerca de 600.000 ha), volume e valor da produção. Outros cultivos cítricos, incluído limões e tangerinas ocupam juntos, cerca de 106 mil ha (IBGE, 2019).

O Brasil é hoje o principal fornecedor mundial de suco de laranja concentrado e congelado, com cerca de 76% do mercado mundial; destinando quase 90% de sua produção para a exportação (FAO, 2015; USDA, 2019). Apesar disso, tem que confrontar diversos problemas fitossanitários, sendo a doença de *Huanglongbing* (HLB/Greening) atualmente o principal destes.

Esta doença foi constatada pela primeira vez no Brasil 2004, afetando hoje a maioria dos pomares (Colletta-Filho et al., 2004). Quatro anos após sua primeira constatação no Brasil, cerca de 0,6% dos pomares paulistas apresentavam a doença. Belasque Junior et al. (2009) então mencionaram que pomares jovens inteiros poderiam se tornar inviáveis economicamente em 7–10 anos, após o aparecimento da primeira planta sintomática. Esse tempo pode ser menor quando a infecção ocorre em pomares jovens, inviabilizando a produção em cinco anos (Gottwald et al., 2007). Em 2017, se observou que a incidência dos pomares de laranja era de 16,73%, em 2018 foi 8,5% superior do ano anterior, afetando aproximadamente 35,3 milhões de árvores, pertencentes na região do cinturão citrícola de São Paulo e o Triângulo e Sudoeste Mineiro (Fundecitrus, 2018a). A doença é causada pelas bactérias *Candidatus Liberobacter americanus* e *Candidatus Liberobacter asiaticus*, sendo essa última de maior importância por causar sintomas muito mais severos (Ghosh et al., 2018). Estas são transmitidas de forma natural quando o psíldeo *Diaphorina citri* Kuwayama se alimenta dos tecidos floemáticos das plantas (Tabachnick, 2015).

Os sintomas nas folhas são a perda da cor verde intensa, engrossamento das nervuras, redução do tamanho e queda das folhas. Os frutos apresentam deformações, tamanho reduzido, assimetria e queda prematura (Bové, 2006). Não se conhece hoje uma cura para essa doença. Assim, como medidas de controle basicamente se adotam a pulverização das plantas com diversos inseticidas e a erradicação de plantas sintomáticas, para a população do vetor (Bassanezi et al., 2003).

2. Revisão de literatura

2.1. Importância da cultura dos citros do Brasil

Os principais tipos de citros cultivados no Brasil são: as laranjas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), tangerinas (*Citrus reticulata* Blanco e *Citrus deliciosa* Tenore), limões (*Citrus limon* (L.) Osbeck, limeiras ácidas como Tahiti (*Citrus latifolia* Tanakae galego (*Citrus aurantiifolia* Swingle, pomelos (*Citrus paradisi* Macf), cidra (*Citrus medica* L.), laranja-azeda (*Citrus aurantium* (L.) e toranjas (*Citrus grandis* Osbeck) (Lopes et al., 2011).

A principal região produtora de laranja do país é o cinturão citrícola de São Paulo e o Triângulo/Sudoeste de Minas Gerais, constituída por cerca de 350 municípios. Desde 1995/1996, o Brasil tem sido o maior produtor mundial de suco de laranja (Neves et al., 2009), sendo também o maior exportador de suco de laranja, tendo como principais destinos a União Europeia e os Estados Unidos, que receberam cerca de 70% das exportações brasileiras de 2018/2019 (Vidal, 2018).

Segundo CitrusBr (2018) na safra 2017/2018 de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro foram produzidas 398,35 milhões de caixas de 40,8 kg. A Fundecitrus mencionou que esta produção é a quarta maior já registrada nos 30 anos de série histórica, 62% maior do que a obtida em 2016/17 (245,31 milhões de caixas), 25% acima da média dos últimos 10 anos e 9,30% superior à projeção inicial, de maio de 2017.

O faturamento das exportações de suco de laranja chegou a \$1,9 bilhão em 2017, sendo os principais destinos países da União Européia (Bélgica 40%, Holanda 26%) e Estados Unidos (24%). No caso dos cítricos *in natura*, como limas e limões, com o faturamento foi de US\$ 93, 6 milhões, e laranja, com faturamento de US\$ 1,6 milhão (Vidal, 2019). Na última safra 2018/2019 para o cinturão citrícola de São Paulo e Minas Gerais foram colhidas 285,98 milhões de caixas de laranja (Fundecitrus 2019a).

Informação divulgada pelo Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura) para a safra 2019/2020 indicaram que estas aumentariam cerca de 36% em comparação

com a temporada 2018/2019, fechando a safra 2019/2020 em 386,79 milhões de caixas de 40,8 kg (Fundecitrus, 2019b). Além disso, segundo o Caged (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados), a citricultura gerou a contratação de 44.636 colaboradores entre janeiro e outubro 2019, índice que superou em 15% o do ano anterior (CitrusBr, 2019).

2.2. Problemas fitossanitários dos citros

Os primeiros registros de plantio de laranjas e limões no Brasil surgiram entre os anos 1540 e 1560. Os relatos mencionam que sua adaptação se deu inicialmente no litoral brasileiro, ao redor de Santos, Estado de São Paulo, chegando depois até o litoral baiano. Naquela época chegavam como sementes, com baixo risco de trazerem doenças e pragas (Moreira e Moreira, 1991). Mesmo assim, em 1581 se relatou a presença das formigas cortadeiras *Atta sexdens* L. e *Acromyrmex* sp. em plantas de laranja, cidras, lima e limões (Hasse, 1987). Cerca de 200 anos mais tarde chegaram às primeiras plantas de citros ao planalto do Estado de São Paulo, havendo relatos de outras pragas sobre a cultura, como a cochonilha *Praelonga orthesia praelonga* Douglas trazendo como consequência a presença do fungo *Capinodium citri* Berl e Desm, conhecido como fumagina, o que com o tempo se converteu em uma praga amplamente distribuída pelo América do Sul (Cockerell, 1900).

Com o transcorrer dos anos, diversos problemas fitossanitários se apresentam na indústria citrícola, surgindo à necessidade de adotar práticas de controle, permitindo a manutenção dos frutos por um tempo maior nas árvores e seu desenvolvimento normal. Entre as principais pragas hoje conhecidas no Brasil estão as larvas de moscas-das-frutas, *Ceratitis capitata* (Wied), *Anastrepha* spp. e *Neosilba* spp., e a lagarta do bicho-furão, *Ecdyolopha aurantiana* (Lima), todas estas causando o apodrecimento dos frutos (Parra et al., 2003). Lesões causadas pelo bicho-furão e moscas podem ser confundidas, diferenciando-se, pelos excrementos e restos de alimento que ficam na parte externa do fruto, as moscas deixam o local atacado mole e apodrecido (Raga e Galdino, 2016).

Oácaro-da-leprose, por muito tempo citado como *Brevipalpus phoenicis* Geijskes (hoje se sabendo que se tratam principalmente de outras espécies *Brevipalpus papayensis* Baker e *Brevipalpus yothersi* Baker, como discutido por Beard et al. (2015) e Mineiro et al. (2017; 2018) e o ácaro-da-falsa-ferrugem, *Phyllocoptuttra oleivora* (Ashmead), também comprometem a qualidade dos frutos, principalmente as variedades comerciais. O primeiro é o transmissor do vírus-da-leprose, contaminando-se quando se alimenta do tecido infectado da planta, podendo a partir de então transmitir o vírus até sua morte (Bassanezi et al., 2002). O segundo ácaro, considerado em um número maior de países como praga-chave para a cultura de citros, causa manchas irregulares e escuras na superfície inferior das folhas e nos frutos, devido à injeção de toxinas por meio da saliva (Moraes e Flechtmann, 2008).

O minador-das-folhas-dos-citros, *Phyllocnistis citrella* Stainton, quando larvas atacam as brotações das plantas deixam canais abertos de cor prateada, prejudica o desenvolvimento de novas folhas e favorece a entrada da bactéria do cancro cítrico (Gallo et al., 2002). A mosca-negra, *Aleurothrixus floccosus* (Maskell) se alimenta da seiva da planta, deixando-a debilitada e favorecendo o desenvolvimento da fumagina, causada pelo fungo *Capnodium* sp., que se desenvolve sobre as excreções da mosca, chegando a revestir toda a folha, reduzindo a fotossíntese e respiração da planta, comprometendo seu desenvolvimento e chegando a causar a morte de planta (Gallo et al., 2002).

Algumas espécies de pulgões também causam danos ao citros. Dentre estes está o: pulgão-verde, *Aphis spiraecola* Patch, com maior incidência no início da fase vegetativa, e o pulgão-preto, *Toxoptera citricidus* Kirkaldy, presente nas brotações, flores e frutos, transmissor do vírus-da-tristeza. As duas pragas se alimentam da seiva, infestando a face inferior das folhas, que na região correspondente da face superior se apresentam como manchas necrosadas, produzindo um volume significativo de excrementos que cobrem as folhas inferiores, ficando pegajosas e cobertas em muitos casos com fumagina (Zucchi et al., 1993).

Além das pragas, existem também doenças importantes que incidem sobre o citros, causadas por fungos, vírus e bactérias: A pinta-preta, causada pelo fungo

Phyllosticta citricarpa (MacAlpine) Van de Aa (= *Guignardia citricarpa*), ocorre em todas as variedades de laranjas doces, limões verdadeiros, tangerinas e seus híbridos. O fungo consegue se multiplicar e produzir esporos assexuais (em frutos, folhas e ramos secos da planta) e esporos sexuais (em folhas caídas do solo) (Aguilar-Vildoso et al., 2002). Os sintomas dependem da idade dos frutos. Em frutos jovens, aparecem mais tardiamente, mas em frutos maduros são visualizados desde o primeiro mês. O principal prejuízo é a queda prematura dos frutos, reduzindo em até 85% a produção de laranja doce (Aguilar-Vildoso et al., 2002). A podridão-floral, chamada também de "Colletrotrichum", causada por fungos do complexo *Colletrotrichum acutatum* Simmonds, sendo *Colletrotrichum abscissum* Pinho e O.L. Pereira a principal espécie, afeta as flores dos citros (Brown et al., 1996). Os primeiros sintomas podem aparecer na primeira semana da infecção, com lesões laranja nas pétalas e pretas no estigma e estilete. Plantas atacadas produzem frutos pequenos, de cor amarela, que caem prematuramente. A redução da produção de pomares de laranjas doces pode alcançar 85% (Goes et al., 2008).

A leprose é uma das principais doenças dos citros, provocada pelo vírus-da-leprose-dos-citros (CiLV) e transmitido por ácaros do grupo *B. phoenicis*. A preferência é pelas laranjas doces. O vírus se mantém na região em que foi inoculado pelo ácaro, em folhas, frutos e ramos, não conseguindo se dispersar por toda a planta. Uma vez debilitada a planta, perdas significativas ocorrem na produção (Bitancourt, 1955; Bassanezi et al., 2002). A doença foi identificada inicialmente em 1933, no Estado de São Paulo (Bitancourt, 1937).

A Morte Súbita dos citros (MSC), parece ser causada por variantes do vírus-da-tristeza-dos-citrus (CTV) ou pelo CSDaV (*Citrus sudden death-associated virus*), transmitidos por um vetor aéreo (Jesus Junior e Bassanezi, 2004). Incide sobre laranjas doces e tangerinas (cravo e ponkan) enxertadas em porta-enxertos intolerantes, como limoeiros cravo, volkameriano e rugoso (Yamamoto et al., 2003). Provoca diminuição do tamanho da planta, peso e número de frutos, sendo uma doença de alto impacto destrutivo (Bassanezi et al., 2003). Nos últimos 15 anos, levou à erradicação de milhões de plantas de laranja-doce na Região Sudeste.

A clorose-variegada-dos-citros (CVC), também chamada de "amarelinho", é causada pela bactéria *Xylella fastidiosa* (Wellse Raju). Esta é restrita ao xilema, cujos vasos são obstruídos pela bactéria, dificultando o transporte da água e nutrientes da raiz para a copa. Em pomares afetados, os frutos se apresentam duros, pequenos, amadurecendo precocemente, reduzindo seu peso e até 75% (Ayres, 2000). A bactéria é transmitida por cigarrinhas da família Cicadellidae, que aparentemente surgiram no Estado de São Paulo em 1987 (Rossetti et al., 1990).

O cancro-cítrico é causado pela bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri* (Xac). Esta afeta todas as variedades de citros de importância comercial no Brasil, causando desfolhamento, queda prematura de frutos e produção de frutos de pior qualidade, que não podem ser comercializados em áreas livres da doença (Leite Júnior et al., 1988). Constatado no Brasil pela primeira vez em 1957, nos Estados de São Paulo e Paraná. Mais recentemente, a larva-minadora-dos-citros (*P. citrella*) tem facilitado a incidência desta doença, pelo ferimento que causa às folhas, permitindo penetração da bactéria nas plantas (Chagas et al., 2001). Um surto significativo desta doença ocorreu em 1996 em Iracemápolis, Estado de São Paulo (Prates et al., 1996).

Mas novos problemas fitossanitários continuam a serem encontrados. Outra doença causada por bactéria foi recentemente detectada, sendo esta considerada como a mais prejudicial para a citricultura brasileira e mundial. Esta é conhecida como Greening/Huanglongbing (= HLB) (Halbert e Nuñez, 2004), e afeta plantas da família Rutaceae, incluindo *Citrus reticulata* Blanco, *Citrus sinensis* Osbeck, *Citrus maxima* Merr. e *Murraya paniculata* Jack (Miranda et al., 2018; Yao et al., 2018).

Originária da Ásia está hoje presente em mais de 40 países da Ásia, África, América do Norte (México e Estados Unidos), América Central (Belize, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicarágua, Panamá), América do Sul (Argentina, Brasil, Colômbia, Equador e Paraguai) e Caribe, ameaçando o desenvolvimento da indústria cítrica (Gottwald, 2010; Narouei-Khandan et al., 2016, EPPO, 2019). Foi detectada pela primeira vez no Brasil em 2004, nas regiões do centro e leste do Estado de São Paulo (Colletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005). Em 2005, foi

encontrada no Estado de Minas Gerais, e em 2007, no Estado do Paraná (Belasque Junior et al., 2010; Castro et al., 2010; Nunes et al., 2010; Ruiz et al., 2010).

É causada pelo grupo de bactérias designado *Candidatus Liberobacter* spp. quando estas foram detectadas inicialmente no Brasil, *Candidatus Liberobacter americanus* era o principal agente causal (De Graca e Korsten, 2004), mas ao longo do tempo perdeu importância, passando a afetar apenas 1% das plantas infectadas. Hoje *Candidatus Liberobacter asiaticus* é o principal agente causal da doença, afetando o 99% das plantas infectadas (Gottwald, 2010; Bové, 2014; Tabachnick, 2015).

O psílídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Costa Lima, 1942), é o principal vetor das bactérias associadas ao Huanglongbing (HLB), apresenta uma gama de hospedeiros que incluem espécies de *Citrus* e o principal hospedeiro a murta (*Murraya paniculata* L. (Jack)) (Manjunath et al., 2008; Fan et al., 2010). Seus ovos têm forma alongada, afilada em uma das pontas, ovipositados nas gemas recém brotadas. Logo depois da oviposição, são amarelados, passando a escuros próximos da eclosão (Gómez-Torres, 2009). Ao emergirem, as ninfas desenvolvem-se de forma sincronizada; sendo achatadas, amarelas e convexas, escurecendo no final desta fase até se tornarem marrons (Nava et al., 2007). O inseto adulto pode medir 2 a 3 mm, apresentando asas transparentes com manchas escuras. As ninfas do inseto infectado se alimentam da seiva do floema das brotações e folhas jovens; os adultos se alimentam de ramos em crescimento e folhas maduras (Parra et al., 2010). Ao se alimentar, o inseto injeta toxinas que provocam deformação foliar e paralisa no crescimento dos brotos novos (Michaud, 2004).

Quanto à dispersão, Gomez-Torrez (2009) mencionou que as ninfas são pouco móveis em comparação com os adultos, que apresentam uma elevada dispersão, sendo muito ativos, saltando entre ramos e plantas. Aubert e Xia (1990) mencionaram que estes podem saltar distâncias de até 3–5 m quando estimulados (Mead, 2007). Outros autores, como Gottwald et al. (1991), mencionam que o deslocamento pode chegar a 25–30 m, ou até 100 m (Boina et al., 2009). Os sintomas característicos do HLB nas folhas são: mosqueamento, manchas nas folhas mais velhas e espessamento das nervuras; nos frutos ocorre a distorção da

columela, redução de tamanho, maior acidez e menor Brix, comprometendo a qualidade do suco e diminunido a produção de frutos (Bassanezi et al., 2006). As árvores mais severamente afetadas parecem atrofiados, escassamente foliadas, perdendo sua viabilidade econômica e podendo morrer (Bové, 2006; Gottwald 2010; Wang et al., 2017).

Da Graça et al. (1991) mencionaram que a transmissão da bactéria pode também se dar pela enxertia de material contaminado. O trabalho de Lopes et al. (2008) evidenciou que a transmissão por essa via pode dar para as duas espécies de bactérias que se encontram presentes no Brasil, verificando que a taxa de infecção para *Candidatus Liberobacter asiaticus* atinge 54,7–88%, enquanto que para *Candidatus Liberobacter americanus* pode atingir 10–45,2%. A transmissão via semente não pode ser demonstrada (Halbert e Manjunath, 2004; Hartung et al., 2010).

No desenvolvimento do psílídeo, as fêmeas podem ovipositar 500–800 ovos ao longo do período de oviposição de cerca de dois meses (Tsai e Liu, 2000; Nava et al., 2007). Temperaturas inferiores e superiores para a oviposição são 16,0 e 41,6°C, respectivamente, a maioria dos ovos são ovipositados em 29,6°C (Hall et al., 2010). Os ovos são tolerantes às baixas temperaturas; mesmos quando expostos por até 8 horas a temperaturas negativas (-7°C) apresentando uma viabilidade superior a 40% (Hall et al., 2010). Quanto ao efeito da umidade, a produção de ovos é bastante afetada quando os adultos são mantidos abaixo de 40% (Skelley e Hoy, 2004). Machos e fêmeas acasalam com vários parceiros, o período de pré-oviposição de cerca de um dia a partir do acasalamento (Wenninger e Hall, 2007).

O peridodo embrionário e diferentes fases do psílídeo variam muito em função da temperatura. Tsai e Liu (2000) observaram essa variação de 9,7 dias (15°C) a 3,5 dias (28°C). A oviposição media foi de 626 ovos/fêmea com viabilidade superior a 80%. Nava et al. (2007) observaram também variações entre 7, 7 dias (18°C) e 2,6 dias (32 °C). A oviposição media de 348 ovos e viabilidad superior a 80%.

A fase ninfal, constituída por cinco instares também variou coma temperaturas, sendo de 39,6 dias a 15°C e de 10,6 dias a 28°C, com viabilidade

superior a 80% nos dois primeiros instares e 90% nos tres últimos (Nava et al., 2007; Tsai e Liu (2000)). Outros estudos realizados por Nava et al. (2007) sobre o desenvolvimento do psíldeo em diferentes hospedeiros mostraram que a duração da fase ninfal foi de 39,3 dias a 18°C e de 10,7 dias a 30°C.

A fase adulta, considerada a mais longa, também estaria associada a temperaturas. Nava et al. (2007) observou que machos e fêmeas mantidos em plantas de murta, a temperaturas de 25°C, apresentaram uma longevidade de 23 e 32 dias. Tsai e Liu, (2000) observaram que fêmeas mantidas a temperaturas de 25°C, em diferentes hospedeiros, apresentaram longevidade de 39 e 47 dias.

2.3. Formas de controle de *Diaphorina citri*

Ao longo dos anos, organizações e instituições vêm desenvolvendo diferentes pesquisas sobre o controle deste inseto. Uma das principais instituições envolvidas nestes estudos é o Fundecitrus.

Tem se concluído ser importante o uso de três estratégias de controle, que envolvem: a) utilização de mudas sadias e de qualidade, garantida por meio de medidas legais, que fiscalizam de forma que sejam as mudas produzidas em viveiros protegidos; b) controle do vetor com uso de métodos químicos e/ou biológicos, que façam parte da Lista PIC (Produção Integrada de Citros); c) eliminação de plantas doentes dos pomares comerciais, para manter a doença em níveis mais baixos (Belasque Junior et al., 2009; Bové, 2006; Kimati et al., 2005; Machado et al., 2008; Fundecitrus, 2018a).

Visando o melhor manejo do Greening/HLB, a Fundecitrus divulgou uma campanha chamada #unidoscontraogreening (Fundecitrus, 2017), na qual as medidas de controle foram detalhadas em manuais, sendo o mais divulgado conhecido como "Manejo do Greening: 10 mandamentos para o sucesso no controle da doença" (Fundecitrus, 2018b). O manejo se baseia na aplicação de várias pulverizações, de preferência na faixa de borda dos talhões da periferia da propriedade (Bassanezi et al., 2010), porém as pulverizações devem ser feita em toda a borda de 100 a 200m a partir da divisa da propriedade (Fundecitrus 2018b).

Na verdade, o processo baseia-se principalmente no uso intensivo de agrotóxico, mas isto pode ser perigoso, com possibilidade de contaminação do ambiente, água e solo (Ribas e Matsumura, 2009), possibilitando a ocorrência de alterações e desequilíbrio do ecossistema, como a mortalidade de abelhas (Chen et al., 2017) e suas consequências. Além disso, as aplicações dos produtos podem levar à seleção de resistência do vetor aos produtos utilizados (Yamamoto et al., 2009; Tiwari et al., 2011; Boina e Bloomquist, 2015).

No caso do uso de controle biológico, ênfase tem sido dada ao uso dos parasitóides *Tamarixia radiata* (Waterson) (Hymenoptera: Eulophidae) (Gómez Torres et al., 2006; Parra et al., 2010; Flores e Ciomperlik, 2017) e *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shafee, Alam e Agarwald) (Hymenoptera: Encyrtidae) (Portalanza et al., 2017). O primeiro parasitóide já é liberado em pomares onde a aplicação de inseticidas não é possível por se encontrarem abandonados, assim como em quintais urbanos, com presença de citros e murta; estes são liberados no momento da brotação das plantas (Fundecitrus, 2018a). Os microrganismos entomopatogênicos também têm sido utilizados. Em 2018 foi lançado no Brasil um bioinseticida à base de *Isaria fumosorosea* (Wize) (Hypocreales: Cordycipitaceae) em uma formulação demonstrada como eficiente no controle de *D. citri* (Ausique et al., 2017).

Insetos predadores também estão presentes nos pomares de citros, sendo as ninfas o estágio de desenvolvimento mais atacado pelos predadores generalistas. Insetos como joaninhas (Coleoptera: Coccinellidae), sirfídeos (Diptera: Syrphidae), crisopídeos (Neuroptera: Chrysopidae, Hemerobiidae) e aranhas (Araneae) são citados como predadores deste inseto (Aubert, 1987; Michaud, 2001; 2002; 2004; Gonzalez et al., 2003). No caso de coccinelídeos, *Harmonia axyridis* Pallas, *Olla v-nigrum* (Mulsant), e *Exochomus childreni* Mulsant, *Cycloneda sanguinea* L. e *Curinus coeruleus* (Mulsant) têm sido citados como predadores deste inseto na Flórida (Michaud, 2001; 2002; 2004; Michaud e Olsen, 2004). Naquele mesmo estado norte-americano (Michaud, 2002) e na Arábia Saudita (Al-Ghamdi, 2000), as aranhas também têm sido consideradas como controladores do psílídeo. Os besouros *Saprinus chalcites* (Illiger) (Histeridae) e *Egapola crenulata* Dejean (Carabidae)

também têm sido considerados importantes controladores na Arábia Saudita (Al-Ghamdi, 2000). Para o Brasil, espécies predadores que possam ser importantes ainda não foram relatadas como eficientes (Paiva, 2009; Parra et al., 2010).

Ácaros predadores são associados na cultura de citros, muitos deles, pertencentes a diversas famílias, que são amplamente conhecidas (Gerson, 1971; Muma, 1975; Fletchamnn, 1989; Chiavegato, 1991; Agustí, 2000). A mais pesquisada, a família Phytoseiidae por ser considerada como os mais importantes agentes de controle biológico de outros grupos de ácaros (McMurtry et al.1970, Moraes 1991), assim como de insetos, como trips (Messelink et al., 2008) e moscas-brancas (Cavalcante et al., 2015; Cavalcante e Moraes, 2016; Masaro et al., 2016).

Espécies da família Phytoseiidae são encontradas nos pomares citrícolas, nas folhas das plantas, ocasionalmente também nos ramos, casca das árvores e solo (Moraes e Sá, 1995). Apresenta movimentação muito rápida, reconhecidos pelo hábito predatório, de coloração brilhante, variando de cor branca, amarelo pálido ao vermelho e marrom. Sua dispersão pode ser pela escassez de alimentos, elevada densidade populacional, pelo vento (Moraes e Flechtmann, 2008). Muitas das espécies incluem em sua fonte de alimento pólen, fungos, substâncias açucaradas produzida por insetos (honeydew) e exudatos de plantas (Moraes, 2002; McMurtry et al., 2013).

O ciclo biológico dos ácaros fitoseídeos apresenta as fases de: ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adultos, com desenvolvimento em cerca de sete dias. Com temperaturas próximas de 25°C, adultos geralmente vivem entre 20 e 30 dias, as fêmeas depositam uma média de 30 e 40 ovos. O ovo é alongado, inicialmente translúcido e posteriormente leitoso (Moraes e Flechtmann, 2008). Uma das características marcantes dos fitoseídeos como inimigo natural de ácaros-praga é o seu ciclo de vida curto, quando submetidos a condições de temperatura e umidade favoráveis, acrescentando o número de gerações (Meyer, 2003).

A diversidade dos ácaros fitoseídeos na vegetação natural brasileira é extremamente elevada, chegando a ser uma ótima alternativa para um programa de

manejo do psílideo. Na literatura se encontram três pesquisas relacionadas diretamente com essa possibilidade, desenvolvidas em três diferentes lugares do mundo, relacionados com espécies de fitoseídeos que na atualidade são comercializados.

Blasco et al. (2012) avaliaram a capacidade de predação do ácaro *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot nos ovos e 1º ninfas de *D. citri* em laboratório e estufa, sugerindo posteriores estudos do predador em condições de campo e interações de predador com a presa e ácaros predadores nativos. Fang et al. (2013) avaliaram a preferência de *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) e *Neoseiulus barkeri* Hughes nos diferentes estágios do psílideo, além de respostas funcionais e numéricas dos predadores, sugerindo que *N. cucumeris* poderia ter potencial em controlar a praga realizando estudos em campo.

Conforme Zhang et al. (2015) avaliou o uso de *A. swirskii*, *N. cucumeris* na disseminação de um fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. em galhos de *Murraya paniculata* (L.) Jack infestados com psíldeos. Depois de sete dias de liberar as fêmeas predadoras polvilhados com fungo, se observou que a maior parte da praga foi morta, enquanto só 10 a 15% dos predadores morreram, indicando que os predadores apresentam uma tolerância a esse patógeno.

Outros trabalhos baseados no estudo de ácaros fitoseídeos com outras espécies de psíldeos também foram relatados. O caso do psílideo do tomate/batata *Bactericera cockerelli* (Sulc), praga séria de algumas plantas agrícolas e ornamentais, especialmente pertencentes à família Solanaceae (Patel e Zhang, 2017a; Patel e Zhang, 2017b; Liu et al., 2019). Praga presente na Áustria, Austrália, Canadá, Equador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, México, Nicarágua, Nova Zelândia, Países baixos (<https://gd.eppo.int/taxon/PARZCO/distribution>).

Deste modo, baseando-nos na diversidade de ácaros fitoseídeos presentes na vegetação natural do Brasil, é possível que se consiga determinar o potencial de espécies comercializadas ou não de ácaros fitoseídeos. Assim, o objetivo deste

trabalho foi avaliar o potencial de espécies nativas de fitoseídeos no Brasil como agentes de controle de ovos de *D. citri*.

3. Referências

Abdullah TL, Skokrollah H, Sijam K, Abdullah SNA (2009) Control of *Huanglongbing* (HLB) disease with reference to its occurrence in Malaysia. **African Journal of Biotechnology** 8: 4007-4015.

Aguilar-Vildoso CI, Ribeiro JGB, Feichtenberger E, Góes A, Spósito MB (2002) **Manual Técnico de procedimentos da mancha preta dos citros**. Brasília: MAPA/DAS/DDIV. 72p.

Agustí M (2000) **Citricultura**. Madrid: Ed. Mundi-Prensa. 416p.

Al-Ghamdi KMS (2000) A field study on synchrony between the populations of citrus Psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama) [sic.] (Homoptera: Psyllidae) and its natural enemies in western Saudi Arabia. **Bulletin of Faculty of Agriculture**, Cairo University 51: 227–238.

Arthurs S, McKenzie C, Chen J, Dogramaci M, Brennan M, Houben K, Osborne L. (2009) Evaluation of *Neoseiulus cucumeris* and *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) as biological control agent of chilli thrips, *Scirtothrips dorsalis* (Thysanoptera: Thripidae) on pepper. **Biological Control** 49: 91-96.

Aubert B (1987) *Trioza erytreae* del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. **Fruits** 42: 149–162.

Aubert B, Hua XY (1990) Monitoring flight activity of *Diaphorina citri* on citrus band *Murraya* canopies. In: Aubert B, Tontyaporn S, Buangsuwon D (eds.). **4 th International Asia Pacific Conference on Citrus Rehabilitation**, 4. Chiang Mai, Thailand. Proceeding Rome: FAO UNPD. p. 181-187.

Ausique JJS, D'Alessandro CP, Conceschi MR, Mascarin GM, De la libera Júnior I (2017). Efficacy of entomopathogenic fungi against adult *Diaphorina citri* from laboratory to field applications. **Journal of Pest Science**, 90(3): 947-960.

Ayres AJ (2000) **Intensidade da clorose variegada dos citros em pomares comerciais de laranja do Estado de São Paulo e Sul do Triângulo Mineiro**. 59f. Dissertação (Mestrado) – Unesp, Jaboticabal

Barros JRM, Barros ALM, Cypriano MP (2016) O mercado da citricultura no Brasil e as suas novas perspectivas. Livro Concecitrus. CitrusBr.

Bassanezi RB, Belasque JRJ, Montesino LH (2013) Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus huanglongbing epidemics. **Crop Protection**, 52: 72-77.

Bassanezi RB, Lopes SA, Belasque JRJ, Spósito MB, Yamamoto PT, Miranda MP, Teixeira D C, Wulff NA (2010) Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology**, v.1, 11-23p.

Bassanezi RB, Montesino LH, Busato LA, Stuchi ES (2006) Damages caused by huanglongbing on sweet orange yield and quality in São Paulo. In **Proceedings of the Huanglongbing-Greening International Workshop**. Ribeirão Preto. Fundecitrus, Araraquara. 39p.

Bassanezzi RB, Bergamin Filho A, Amorim L, Gimenes-Fernandes N, Gottwald TR, Bové JM (2003) Spatial and temporal analyses of Citrus Sudden Death as a tool to generate hypotheses concerning its etiology. **Phytopatology**, St Paul, n.93, p. 502-512.

Bassanezi RB, Spósito MB, Yamamoto PT (2002) Adeus a leprose. **Revista cultivar**, v. 10, n. 1, p. 37.

Beard JJ, Ochoa R, Braswell WE, Bauchan GR (2015) *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) species complex (Acari: Tenuipalpidae) — a closer look. **Zootaxa**, Auckland, v. 3944, n.1, p. 1-67.

Belasque JRJ, Bergamin Filho A, Bassanezi RB, Barbosa JC, Fernandes NG, Yamamoto PT, Lopes SA, Machado MA, Leite JRRP, Ayres AJ, Massari CA (2009) Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de *Huanglongbing* (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 137-145.

Belasque JRJ, Yamamoto PT, Miranda MP, Bassanezi RB, Ayres AJ, Bové JM (2010) Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brazil. **Citrus Research & Technology**, v. 1, p. 53-64.

Bitancourt AA (1955) A leprose dos Citrus. **O Biológico**, São Paulo, v. 6: 39-45p.

Bitancourt AA (1937) A leprose e a próxima colheita. **O Biológico**, São Paulo, v. 3: 37-40p.

Boina DR, Bloomquist JR (2015) Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus. **Pest Management Science**, 71(6): 808-823.

Boina DR, Meyer WL, Onagbola EO, Stelinski LL (2009) Quantifying dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by immune marking and potential impact of managed groves on commercial citrus management. **Environmental Entomology**, College Park, v. 38, n.4, p. 1250–1258.

Bové JM (2014) Heat-tolerant Asian HLB meets heat-sensitive African HLB in the Arabian Peninsula! Why? **Journal of Citrus Pathology**, 1, 1-78.

Bové JM (2006) Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, 88, p.7-37.

Brown AE, Sreenivasaprasad S, Timmer LW (1996) Molecular characterization of Slow-growing Orange and Key Lime Antracnose strains of *Colletotrichum* from citrus as *C. acutatum*. **Phytopathology**, St. Paul, v. 86, n. 5, p. 523-527.

Castro MEA, Bezerra AR, Leite WA, Mundin Filho W, Nogueira ND (2010) Situação e ações do Estado de Minas Gerais frente ao huanglongbing. **Citrus Research & Technology**, v. 31, p.163-168.

Cavalcante ACC, Santos VLV, Rossi LC, Moraes GJ (2015) Potential of five Brazilian populations of Phytoseiidae (Acari) for the biological control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economy Entomology** 108:29–33.

Chagas MCM, Parra JRP, Namekata T, Hartung JS, Yamamoto PT (2001) *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and its relationship with the citrus canker bacterium *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* in Brazil. **Neotropical Entomology**, 30 (1): 55-59.

Chen XD, Gill T A, Pelz-Stelinski K S, Stelinski LL (2017) Risk assessment of various insecticides used for management of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Florida citrus, against honey bee, *Apis mellifera*. **Ecotoxicology** (London, England), 26(3), 351-359.

Chiavegato LG (1991) Mites from citrus culture, p. 601-641. In: O. Rodrigues, F. Viégas; J. Pompeu Jr.; Amaro A.A. (Eds.), **Citricultura Brasileira**, 2.ed., Campinas, Cargill. 941 pp.

CitrusBr – Associação Nacional de Exportadores de Sucos cítricos (2020) Geração de empregos na citricultura cresceu em 2019. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/noticias/?id=312814>. Acesso em: 13 jan. 2020.

CitrusBr – Associação Nacional de Exportadores de Sucos cítricos (2018) Safra 2017/18 fecha em 398,35 milhões de caixas. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/nocampo/?id=312536>. Acesso em: 09 abr. 2020.

Cockerell TDA (1900) Notas sobre coccidas brasileiras. I. Uma lista de algumas coccidas coligidas pelo Dr. Emilio A. Goeldi, no Pará, Brasil. **Revista do Museu Paulista** 4: 363-364.

Colletta-Filho HD, Targon MLPN, Takita MA, De Negri JD, Pompeu JRJ, Machado MA, Do Amaral AM, Muller GW (2004) First Report of the Causal Agent of Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) in Brazil. **Plant Disease**, v. 88, p. 1382.

Costa Lima AM (1942) **Insetos do Brasil: Homópteros**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. v.3, p.1-327.

Da Graça JV (1991) Citrus greening disease. **Annual Review Phytopathology**, Pietermaritzburg, South Africa, v. 29, p. 109-136.

Da Graça JV, Korsten L (2004) Citrus huanglongbing: Review, present status and future strategies. In **Diseases of fruits and vegetables** volume I (pp. 229–245). Springer.

Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark AH, Castilho RC (2020) Phytoseiidae Database. www.lea.esalq.usp.br/Phytoseiidae. Acesso em: 02 mar. 2020.

EPPO (2019) Global database. In: EPPO Global database. Paris, France: EPPO. <https://gd.eppo.int/>. Acesso em: 03 mar. 2020.

Fan J, Chen C, Bransky RH, Gmitter FG Jr, Li Z-G (2010) Changes in carbohydrate metabolism in *Citrus sinensis* infected with ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’. **Plant Pathology** 59(6): 1037–1043 doi:10.1111/j.1365-3059.2010.02328.x.

Fang XLUH, Ouyang G, Xia Y, Guo M, Wu W (2013). Effectiveness of two predatory mite species (Acari: Phytoseiidae) in controlling *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Florida Entomologist** 96: 1325–1333.

Flechtmann CHW (1989) Rubber tree (*Hevea* sp.) a new host for *Oligonychus gossypii* (Zacher, 1921) (Acari: Tetranychidae). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, **Serie Zoologia**, 5: 27-128.

Flores D, Ciomperlik M (2017). Biological control using the Ectoparasitoid, *Tamarixia radiata*, against the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, in the lower Rio Grande Valley of Texas. **Southwestern Entomologist**, 42(1), 49-59.

FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations (1967) The state of food and agriculture. Rome, Italy.

FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations (2009) FAOSTAT. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Acesso: 07 mar 2020.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015) Agricultural outlook (145 p.). Paris: OECD Publishing. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i4738e.pdf>. Acesso: 03 jan. 2020.

Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura –(2017) Fundecitrus lança campanha “Unidos contra o greening” para incentivar o controle da pior doença da citricultura. Disponível em : <http://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/>

noticias/integra/fundecitrus-lanca-campanha-unidos-contra-o-greening-paraincentivar-o-controle-da-pior-doenca-da-citricultura/557. Acesso: 03 mar. 2020.

Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura (2018a) Incidência do Greening no Cinturão citrícola. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/greening/10>. Acesso: 08 mar. 2020.

Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura (2018b) Manejo do Greening: 10 mandamentos para o sucesso no controle da doença. Disponível em: http://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/manejo-do-greening/64. Acesso: 15 mar. 2020.

Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura (2019a) Safra de laranja 2018/2019 no cinturão de SP e MG se encerra em 285,98 milhões de caixas. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/safra-de-laranja-201819-no-cinturao-de-sp-e-mg-se-encerra-em-28598-milhoes-de-caixas/789>. Acesso em: 10 jan. 2020.

Fundecitrus – Fundo de Defesa da Citricultura (2019b) Safra de laranja 2019/2020 em SP e MG se encerra em 386,79 milhões de caixas. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/safra-de-laranja-201920-em-sp-e-mg-se-encerra-em-38679-milhoes-de-caixas/910>. Acesso em 12 jan. 2020.

Gallo D, Nakano O, Silveira Neto S, Carvalho RPL, Batista GC, Bert Filho E, Parra JRP, Zucchi RA, Alves SB, Vendramin JD, Marchini LC, Lopes JRS, Omoto C (2002). **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: Fealq, 920 p.

Gerson U (1971) The mites associated with citrus in Israel. Israel Journal of Entomology. **Bet-Dagan**, v.6, p. 5-22.

Ghosh DK, Motghare M, Gowda S (2018) Citrus greening: overview of the most severe disease of citrus. **Advanced Agricultural Research & Technology Journal**, 2(1): 83-100.

Goes A, Garrido RBO, Reis RF, Baldassari RB, Soares, M.A (2008) Evaluation of fungicide applications to sweet orange at different flowering stages for control of postbloom fruit drop caused by *Colletotrichum gloeosporioides*. **Crop Protection**, Oxford, v. 27, n. 1, p. 71-76.

Gómez-Torres ML (2009) **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterson, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae)**. 83p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Gómez-Torres ML, Nava DE, Gravena S, Costa VA, Parra JRP (2006) Registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 81, p. 112-117.

González C, Borges M, Hernández D, Rodríguez J (2003) Inventory of natural enemies of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Cuba. **Proceedings of the International Society of Citriculture** 9: 859.

Gottwald TR (2010) Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology** 48: 119–139.

Gottwald TR, Aubert B, Long HK (1991) **Spatial pattern analysis of citrus green-ing in Shantou, China**. In: R.F.L.A.P.W.T.R.H. Briansky (Ed.) International Organization of Citrus Virologists Conference, 11. Riverside. Proceeding...Riverside, California, 1991. p. 421-427.

Gottwald TR, da Graça JV, Bassanezi RB (2007) Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. **Plant Health Progress** 6 September 2007. Doi: 10.1094/PHP-2007-0906-01- RV.

Halbert SE, Manjunath KL (2004) Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, v. 87, p. 330-353.

Hall DG, Wenninger EJ, Hentz MG (2010) Temperature studies with the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*: Cold hardiness and temperature thresholds for oviposition. **Journal of Insect Science**, Madison, v. 2, p. 1-15.

Hartung JS, Halbert SE, Pelz-Sletinski K, Brlansky R R, Chen C, Gmitter FG (2010) Lock of evidence for transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* through citrus seed taken from affected fruit. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n. 10, p. 1200–1205.

Hasse GA (1987) Laranja no Brasil 1500-1987: a história da agroindústria cítrica brasileira. Dos quintais colônias as fabricam exportadoras de suco do século XX. . **Duprat & Lobe** Propaganda, São Paulo, 296p.

Hodgson RW (1967) Horticultural varieties of citrus. In: Reuther, W. et al. **The citrus industry**. Berckley: University of California. v.1, p. 431-591.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) Produção Agrícola nacional e regional. Disponível em: Acesso: 08 jan. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) Produção Agrícola nacional e regional. Disponível em: Acesso: 08 jan. 2020.

Jesus Junior WC, Bassanezi RB (2004) Análise da dinâmica e estrutura de focos da morte súbita dos citros. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 399-405.

Juan-Blasco M, Qureshi JA, Urbaneja A, Stansly PA (2012) Predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae), for biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomology** 95: 543–551.

Kimati H, Amorin L, Rezende JAM, Bergamin Filho A, Camargo LEA (2005) **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba: Ceres, 663p.

Lee JA, Halbert SE, Dawson WO, Robertson CJ, Keesling JE, Singer BH (2015) Asymptomatic spread of huanglongbing and implications for disease control. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. doi: 10.1073/pnas.1508253112

Leite Junior RP (1988) Susceptibilidade do limão Siciliano (*Citrus limon*), enxertado sobre diferentes porta-enxertos, ao cancro cítrico causado por *Xanthomonas campestris* pv. citri. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.13, n.4, p. 353-358.

Liu JF, Zhang ZQ, Beggs JR, Wei XY (2019) Influence of pathogenic fungi on the life history and predation rate of mites attacking a psyllid pest. **Ecotoxicology and Environmental Safety**. v. 183. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109585>

Liu L, Xu X, Cheng D, Yao X, Pan S (2012) Structure-Activity relationship of Citrus polymethoxylated flavones and their inhibitory effects on *Aspergillus niger*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 60, n. 12, p. 4336-4341.

Lopes JMS, Déo TFG, Andrade BJM, Giroto M, Felipe ALS, Junior CEI, Machado MA, Carlos EF, Colletta-Filho HD (2008) Desafios no estudo de *Candidatus Liberibacter* e no controle do huanglongbing. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p. 70.

Lopes JMS, Déo TFG, Andrade BJM, Giroto M, Felipe ALS, Junior CEI, Bueno CEMS, Silva TF, Lima FCC (2011) Importância econômica do citros no Brasil. **Revista científica eletrônica de agronomia**, v. 10, n. 20, p. 1-3.

Machado MA, Carlos EF, Colletta-Filho HD (2008) Desafios no estudo de *Candidatus Liberibacter* e no controle do huanglongbing. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, p.70.

Manjunath KL, Halbert SE, Ramadugu C, Webb S, Lee RF (2008) Detection of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in *Diaphorina citri* and its importance in the management of citrus huanglongbing in Florida. **Phytopathology** 98(4): 387–396. DOI 10.1094/phyto-98-4-0387.

Massaro M, Moraes GJ (2019) Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Acarologia** 59(1): 120–128; [https://doi.org/ 10.24349/acarologia/20194314](https://doi.org/10.24349/acarologia/20194314)

McMurtry JA, Huffaker CB, van de Vrie M (1970) Ecology of tetranychid mites and their natural enemies: a review. I. Tetranychid enemies: their biological characters and the impact of spray practices. **Hilgardia** 40: 331–458.

McMurtry JA, Moraes GJD, Faman Sourassou N (2013) Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic & Applied Acarology**. 18: 297–320.

Mead FW (2007) Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). Gainesville: IFAS/University of Florida. 6p. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN16000.pdf>> Acesso em: 30 mar. 2020

Meyer GA (2003) **Flutuação populacional de *Panonychus ulmi* (Koch 1836) (Acari: Tetranychidae) e seus predadores em pomares de macieira nos sistemas de Produção Integrada e Produção Convencional e testes de seletividade em laboratório com *Neoseiulus californicus* (McGregor 1954) (Acari: Phytoseiidae).** 91 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Michaud JP, Olsen LE (2004) Suitability of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, as prey for ladybeetles. **BioControl** 49: 417–431.

Michaud JP (2001) Numerical response of *Olla v-nigrum* (Coleoptera: Coccinellidae) to infestations of Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in Florida. **Florida Entomologist** 84: 608–612.

Michaud JP (2002) Biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida: a preliminary report. **Entomology News** 113: 2169–2223.

Michaud JP (2004) Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in Central Florida. **Biological Control** 29: 260–269.

Mineiro JL, Sato ME, Raga A, Novelli VM, Ochoa R, Baughan GR (2017) *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) sensu lato (Acari: Tenuipalpidae) no Brasil. **Boletim técnico do Instituto Biológico**, São Paulo. 31: 1-21.

Mineiro JL, Sato ME, Raga A, Ochoa R, Beard J, Baughan GR (2018) Revisão taxonômica do ácaro da leprose dos citros e sua distribuição no Brasil. **Citrus Research and Technology** vol. 39, e-1036.

Miranda MP, Dos Santos FL, Bassanezi RB, Montesino LH, Barbosa JC, Sétamou M (2018) Monitoring methods for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) on citrus groves with different insecticide application

programmes. **Journal of Applied Entomology**, 142(1–2): 89–96. doi: 10.1111/jen.12412.

Moraes GJ, Sá LAN (1995) Perspectivas do controle biológico do ácaro da leprose em citros. In: Oliveira CAL, Donadio LC (Ed.) *Leprose dos citros*. Jaboticabal: Funep, p. 117-128.

Moraes GJ, Flechtmann CHW (2008) Manual de acarologia: Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 308 p.

Moraes GJ (1991) Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 167, p. 53-55.

Moraes GJ (2002) Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: Parra JRP, Botelho PSM, Corrêa-Ferreira BS, Bento JMS (Ed.) **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Ed. Manole, p. 225-238.

Moreira CS, Moreira S (1991) História da citricultura no Brasil. In: Rodriguez, O. et al. **Citricultura brasileira**. 2ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v.1, p. 1-18.

Muma MH (1971) Food habits of Phytoseiidae (Acarina: Mesostigmata) including common species on Florida citrus. **The Florida Entomologist**, Gainesville, v. 54, n.1, p. 21-34.

Narouei-Khandan HA, Halbert SE, Worner SP, Van Bruggen AHC (2016) Global climate suitability of citrus huanglongbing and its vector, the Asian citrus psyllid, using two correlative species distribution modeling approaches, with emphasis on the USA. **European Journal of Plant Pathology** 144(3): 655–670. doi: 10.1007/s10658-015-0804-7.

Nava DE, Gómez-Torres ML, Rodrigues MDA, Bento JMS, Parra JRP (2007) Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 131, p. 709-715.

Neves MF (2009) O retrato da citricultura brasileira. Ribeirão Preto: FEA/USP, 2009. Capítulo 12: **Produção de suco de laranja**. pp. 36-39.

Neves MF, Trombin VG (2017) **Anuário da citricultura**. CitrusBr. São Paulo.

Nunes WMC, Souza EB, Leite Junior RP, Salvador CA, Rinaldi DA, Croce Filho J, Paiva PG. (2010) Plano de ação para o controle do huanglongbing no estado do Paraná, Brasil. **Citrus Research & Technology**, v. 31, p. 169-178.

Paiva PEB (2009) Distribuição espacial e temporal, inimigos naturais e tabela de vida ecológica de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros em São Paulo. 2009. 64p. **Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia)** – Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Parra JRP, Lopes JRS, Gómez-Torres ML, Nava DE, Paiva PEB (2010) Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology**, v. 31, p. 37-51.

Parra JRP, Oliveira HN, Pinto SN (2003) Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros. Piracicaba: AS Pinto, 140p.

Patel K, Zhang ZQ (2017a) Functional and numerical responses of *Amblydromalus limonicus* and *Neoseiulus cucumeris* to eggs and first instar nymph of tomato/potatopsyllid (*Bactericera cockerelli*). **Systematic Applied of Acarology**, 22, 1476–1488. <https://doi.org/10.11158/saa.22.9.12>.

Patel K, Zhang Z.-Q (2017b) Prey preference and reproduction of predatory mites, *Amblydromalus limonicus* and *Neoseiulus cucumeris*, on eggs and 1st instar nymphs of the tomato/potato psyllid. **International Journal of Acarology** 43, 468–474. <https://doi.org/10.1080/01647954.2017.1349177>.

Portalanza DE, Sanchez L, Plúas M, Felix I, Costa VA, Dias-Pinic NS, Ferreira-Stafanous S, Gómez-Torres, ML (2017). First records of parasitoids attacking the Asian citrus psyllid in Ecuador. **Revista Brasileira de Entomologia**, 61(2), 107-110.

Prates HS, Nakano O, Gravena S (1996) **A minadora das folhas de citros "Phyllocnistis citrella" Stainton, 1856**. CATI, Campinas. 3p. (Comunicado Técnico, 129).

Raga A, Galdino LT. (2016) Sintomatologia do ataque de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em citros. São Paulo: **Instituto Biológico**. Acessado em: 05 mar. 2020.

Ribas PP, Matsumura ATS (2009) A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, 10(14), 149-158.

Rodriguez CA (1984) **Importância da Citricultura**. v.2 pg.15.

Rosseti V, Garnier M, Bové JM, Beretta MJG, Teixeira AR, Quaggio, JÁ, De Negri JD (1990) Présence de bactéries dans Le xylème d' oranges atteints de chlorose variégée, une nouvelle maladie des agrumes au Brésil. **Comptes Rendus Académie des Sciences de Paris**, t.310, serie III, pp. 345-349.

Ruiz GJP, Tozze Junior HJ, Sguarezi CN, Usberti R, Martello VP, Tomazela MS (2010) Ações de defesa sanitária vegetal no Estado de São Paulo contra o *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology**, v. 31, p. 155-162.

Singh NV, Yadav GS (2018) Bio-ecology and Management of Citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama on Citrus - A Review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 7(04), 3091-3107.

Skelley LH, Hoy MA (2004) A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoids in quarantine. **Biological Control**, Orlando, v. 29, p. 14-23.

Tabachnick WJ (2015) *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) vector competence for the citrus greening pathogen '*Candidatus Liberibacter asiaticus*'. **Journal of Economic Entomology**, 108(3), 839-848.

Teixeira DC, Ayres AJ, Kitajima EW, Tanaka FAO, Danet L, Jagoueix-Eveillard S, Saillard C, Bové JM (2005) First Report of a Huanglongbing-Like Disease of Citrus in Sao Paulo State, Brazil and Association of a New Liberibacter Species, "*Candidatus Liberibacter americanus*", with the Disease. **Plant Disease**, v. 89, p. 107.

Tiwari S, Mann RS, Rogers ME, Stelinski LL (2011) Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. **Pest Management Science**, 67(10), 1258-1268.

Tsai JH, Liu YH (2000) Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 93, p. 1721-1725.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development (2004). Market Information in the Commodities Area: Information on citrus fruit. Available from: <http://r0.unctad.org/infocomm/anglais/orange/sitemap.htm>. Accessed: March 2020.

USDA – United States Department of Agriculture (2020). National Agricultural Statistics Service Citrus Fruits 2010 Summary. Available from: http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/CitrFrui/CitrFrui-09-23-2010_new_format.pdf. Accessed 11 March 2020.

USDA – United States Department of Agriculture (2019) Foreign Agricultural Service. Citrus: World Markets and Trade. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade>>. Acesso em: 08 mar. 2020.

Vidal MF (2018) **Citricultura na Área de Atuação do BNB**. Fortaleza: BNB/ETENE. Ano. 3 Nº41.

Vidal MF (2019) **Citricultura na Área de Atuação do BNB**. Fortaleza: BNB/ETENE. Ano. 4 Nº 107.

Wang N, Pierson EA, Setubal JC, Xu J, Levy JG, Zhang Y, Li J, Rangel LT, Martins Junior J (2017) The *Candidatus Liberibacter*–host interface: insights into

pathogenesis mechanisms and disease control. **Annual Review of Phytopathology**, 55, 451-482.

Wang N, Trivedi P (2013) Citrus huanglongbing: a newly relevant disease presents unprecedented challenges. **Phytopathology**, 103(7), 652-665.

Wenninger EJ, Hall D (2007) Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, n. 4, p. 715-722.

Yamamoto PT, Felipe MR, Sanches AL, Coelho JHC, Garbim LF, Ximenes NL (2009) Eficácia de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. **BioAssay**, 4(4), 1-9.

Yamamoto PT, Jesus Junior WC, Bassanezzi RB, Sanches AL, Ayres AJ, Gimenes-Fernandes N, Bové JM (2003) Transmission of the agent inducing symptoms of citrus sudden death by graft-inoculation under insect-proof conditions. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, p. 265.

Yao TS, Zhou Y, Zhou CY (2018) Advances in researches on the occurrence and control of Asia citrus psyllid. **Journal of Fruit Science** 35(11): 1413–1421.

Zhang YX, Sun L, Lin GY, Lin JZ, Chen X, Ji J, Zhang ZQ, Saito Y (2015) A novel use of predatory mites for dissemination of fungal pathogen for insect biocontrol: the case of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Phytoseiidae) as vectors of *Beauveria bassiana* against *Diaphorina citri* (Psyllidae). **Systematic Applied of Acarology**. 20, 177–187. <https://doi.org/10.11158/saa.20.2.4>.

Zucchi RA, Neto SS, Nakano O (1993) Guia de identificação de pragas agrícolas. Piracicaba, FEALQ, 139 p.

Capítulo 2 – Diversidade e abundância de ácaros predadores (Mesostigmata: Phytoseiidae) em plantas de limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck)

Resumo – Os ácaros da família Phytoseiidae são considerados de importância no estudo de controle biológico por serem predadores de outros ácaros fitófagos e pequenos insetos. O objetivo deste estudo foi a seleção de ácaros predadores a serem avaliados como possíveis agentes para o controle de ovos de *Diaphorina citri* Kuwayama. O estudo foi conduzido em um pomar orgânico de plantas de limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck), em Piracicaba, estado de São Paulo, entre maio e agosto de 2019. Duas metodologias de avaliação dos predadores foram usadas: amostragem no campo (em folhas marcadas e não destacadas) e amostragem em laboratório (em folhas destacadas tomadas ao acaso em cada avaliação). Em ambos os casos, as amostragens foram conduzidas por dez dias consecutivos, às 10:00 horas e às 19:00 horas, em 20 folhas de dez plantas. Um total de 1614 ácaros predadores da família Phytoseiidae foi coletado, adultos e imaturos pós-embrionários. A coleta em laboratório resultou no maior número de ácaros, nas duas coletas diárias. Foram coletadas espécies das três subfamílias de Phytoseidae: Amblyseinae: *Euseius concordis* (Chant), *Euseius citrifolius* Denmark e Muma, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma e *Proprioseiopsis ovatus* Garman; Phytoseiinae: *Phytoseius* group *plumifer*; Typhlodrominae: *Galendromus annectens* (De Leon), *Metaseiulus* (*Metaseiulus*) *camelliae* (Chant e Yoshida-Shaul). As espécies de fitoseídeos mais abundantes foram: *I. zuluagai* e *E. concordis*. Não se observou diferença significativa entre os números de ácaros coletados de manhã ou à noite.

Palavras-chaves: abundância, ácaros predadores, citrus

Diversity and abundance of predator mites (Mesostigmata: Phytoseiidae) in plants of rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck)

Abstract – Mites of the family Phytoseiidae are considered important in the study of biological control by predators of other phytophagous mites and small insects. The aim of this study was to select predatory mites to be considered as possible agents for the control of *Diaphorina citri* Kuwayama eggs. The study was conducted in an organic orchard of lemon plants (*Citrus limonia* Osbeck), in Piracicaba, state of São Paulo, between May and August 2019. Two methodologies for assessing predators were used: field sampling (on marked but no detached leaves and on detached leaves taken to the laboratory). In both cases, samples were collected during ten consecutive days, at 10:00 am and at 7:00 pm, taking 20 leaves of ten plants. A total of 1614 predatory mites of the Phytoseiidae family were collected, both adult and post-embryonic immatures. The collection in the laboratory resulted in larger number of mites, in the two daily collections. Species from the three subfamilies of Phytoseiidae were collected: Amblyseiinae: *Euseius concordis* (Chant), *Euseius citrifolius* Denmark and Muma, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma and *Proprioseiopsis ovatus* Garman; Phytoseiinae: *Phytoseius* group *plumifer*; Typhlodrominae: *Galendromus annectens* (De Leon), *Metaseiulus* (*Metaseiulus*) *camelliae* (Chant and Yoshida-Shaul). The most abundant phytoseiid species were: *I. zuluagai* and *E.concordis*. When mites were collected in the laboratory (of detached leaves) no significant difference was observed between number collected in the morning or at night.

Keywords: abundance, predatory mites, citrus

1. Introdução

Uma diversidade de ácaros predadores é encontrada em plantas de citros, considerando-se como os inimigos mais eficientes de ácaros fitófagos. Estes incluem espécies predadoras das famílias Anystidae, Bdellidae, Cheyletidae, Cunaxidae, Phytoseiidae e Stigmaeidae (Moraes, 1991). De todos estes, as espécies da família Phytoseiidae são consideradas como os principais agentes de controle biológico, tendo grande valor em programas de manejo integrado de pragas (Meyer, 2003; Gravena, 2004).

Geralmente, os fitoseídeos são encontrados na parte aérea das plantas, participando da regulação das populações de ácaros fitófagos e pequenos insetos (McMurtry e Croft, 1997; Masaro et al., 2016). De formas variáveis em tamanho, forma, quantidades de setas, comprimento de pernas, se assemelham em aparência emovimentação rápida (Muma, 1975). Reconhecidos pelo hábito predatório, varias espécies incluem em sua dieta outras fontes de alimentos, como pólen, fungos, substâncias açucaradas (honeydew) e exudatos de plantas (McMurtry et al., 2013).

De curto ciclo biológico, os fitoseídeos, apresentam as fases de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto. Seu ciclo biológico dura aproximadamente sete dias, a temperaturas próximas de 25°C (Moraes e Fletchamnn, 2008). Submetidos a temperaturas e condições de umidade favoráveis, os fitoseídeos chegam a completar várias gerações anuais (Meyer, 2003).

No Brasil, várias pesquisas mencionam a presença das espécies de fitoseídeos em pomares citrícolas. Chiavegato (1991) encontrou as seguintes espécies: *Amblyseius largoensis* (Muma), *Euseius vivax* (Chant e Baker), *Euseius concordis* (Chant), *Euseius citrifolius* Denmark e Muma e *lphiseiodes zuluagai*. Moraes e McMurtry (1983), em coletas realizadas no nordeste, citaram *Neoseiulus idaeus* Denmark e Muma e *E. citrifolius*, associados a *Tetranychus mexicanus* (McGregor) e *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes); *E. concordis* associado a *Polyphagotarsonemus latus* (Banks).

Em um trabalho conduzido em Jaboticabal-SP, Moreira (1993) relatou as seguintes espécies: *I. zuluagai*, *E. citrifolius* e *Metaseiulus* (*Metaseiulus*) *camelliae* (Chant e Yoshida-Shaul), *Typhlodromus* (*Anthoseius*) *applegum* Schicha e *Amblyseiella setosa* Muma. Sato et al. (1994) coletaram as seguintes espécies em plantas de laranjeiras em Presidente Prudente, SP: *I. zuluagai*, *E. citrifolius*, *E. concordis*, *Amblyseius chiapensis* De Leon, *E. alatus* e *M. (M.) camelliae*.

De acordo com Reis et al. (2000), os predadores mais abundantes em Lavras, MG, foram determinados como *I. zuluagai* e *E. alatus*. Outras espécies, como *Amblyseius compositus* Denmark e Muma, *Amblyseius herbicolus* (Chant) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) também foram relatadas. De acordo com Bobot et al. (2011), os fitoseideos coletados em laranjeiras em Manaus, AM, foram *Amblyseius aerialis* (Muma), *Amblyseius perditus* Chant and Baker, quatro espécies não identificadas de *Amblyseius*, *I. zuluagai*, *Proprioseiopsis neotropicus* (Ehara), *Proprioseiopsis* sp. e *Typhlodromips* sp. Ferreira et al. (2020) mencionaram *A. aerialis* e *I. zuluagai*, como as duas das espécie que se encontraram em maior abundância nos pomares de citros em Manaus.

Em uma recente pesquisa, Tixier (2018) fez uma abordagem exploratória, compilando informações mundiais sobre os ácaros da família Phytoseiidae presentes na cultura de citros. Os resultados foram agrupados por regiões: região Neártica (América do Norte): *Amblydromalus limonicus* (Garman e McGregor) e *Typhlodromalus peregrinus* (Muma); região Neotropical (América Central e do Sul): *E. concordis* e *I. zuluagai*; região oriental (Ásia meridional): *Amblyseius largoensis* (Muma), *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Chanteius contiguus* (Chant), região Paleártica (Europa e Norte da Ásia): *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot), *Iphiseius degenerans* (Berlese), *Typhlodromus* (*Typhlodromus*) *athiasae* Porath e Swirski *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot e *Euseius scutalis* (Athias-Henriot). A autora mencionou que a maioria das espécies encontradas são predadoras generalistas, presentes de forma natural nos ecossistemas, tanto na lavoura como na vegetação natural contígua.

Verifica-se que realmente existem relatos sobre a presença de ácaros fitoseídeos na cultura de citros, muitos deles associados a ácaros fitófagos e poucos relacionados à ocorrência de pequenos insetos. Visando-se realizar nos próximos capítulos testes com espécies nativas para comprovar se estas poderiam se alimentar do psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama, o presente trabalho apresenta os seguintes objetivos: a) coletar e identificar os ácaros da família Phytoseiidae em plantas de limão-cravo em Piracicaba-SP, b) determinar a abundância e selecionar as espécies predadoras a serem avaliadas nos trabalhos subsequentes desta tese. A hipótese a ser avaliada é de que a composição de ácaros predadores nas folhas durante a noite é diferente daquela durante o dia, porque algumas das espécies se abrigam nos ramos durante o dia passando para as folhas apenas à noite.

2. Material e Métodos

2.1. Área de colecta

As coletas de campo foram realizadas na Vila Estudantil do câmpus “Luiz de Queiroz” (22° 43' 12.0"S; 47° 37' 15.1"W), da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), na cidade de Piracicaba. A área de estudo foi um pomar orgânico de limão-cravo, *Citrus limonia* Osbeck, com aproximadamente 12 anos de idade. Em seu entorno havia um lote de vegetação natural, árvores e outras ornamentais. A área em estudo apresentava um espaçamento de três a quatro metros entre plantas, correspondendo a 10 plantas de limão-cravo. O pomar não apresentava tratamento fitossanitário pelo menos nos últimos três anos. O controle das plantas espontâneas foi realizado através de roçagem.

Foram realizadas duas séries de coletas entre maio-junho e agosto-setembro de 2019. Cada série constou de coletas por 10 dias consecutivos, nos horários diurno (iniciando-se às 10:00 h) e noturno (iniciando-se às 19:00h).

2.2. Coleta, extração, triagem das amostras

Folhas marcadas. Foram escolhidas 20 folhas de cada árvore, dispersas pelos quatro quadrantes, na região inferior, media e superior de cada uma de dez árvores escolhidos para este ensaio. Cada folha escolhida foi marcada com uma fita.

Observações meticolosas foram realizadas nas folhas, nos dois horários de coletas, coletando-se os ácaros encontrados com a ajuda de pinceis finos, colocando os ácaros em frascos plásticos de 0.5 ml com etanol a 70%. As contagens noturnas foram feitas com ajuda de uma lupa de bolso (40x) e lanterna, para melhor visualização dos ácaros. Diariamente, durante dez dias consecutivos, nos dois horários, o material coletado foi transportado ao laboratório, para a posterior montagem.

Folhas ao acaso. Por dez dias consecutivos, foram tomadas 20 folhas ao acaso das mesmas dez árvores anteriormente mencionados, também dos quatro quadrantes, nos níveis inferior, médio e superior de cada árvore. As coletas também foram feitas nos dois horários mencionados. As folhas foram colocadas em sacolas de plástico de 1 kg e transportadas ao laboratório para a triagem dos ácaros.

No laboratório a triagem foi realizada pelo método de lavagem das folhas de forma semelhante ao que foi descrito por Zacarias et al. (2004). As folhas foram colocadas em uma bandeja de (23 x 13,5 x 4,5 cm) com volume de 1 litro de água com duas gotas de detergente líquido e permaneceram imersas por dois minutos. Em seguida, com ajuda de uma peneira em malha 400 mesh, realizou-se a lavagem das folhas com auxílio de uma pisseta que continha etanol a 70%. Os ácaros retidos na peneira foram acondicionados em potes plásticos de 30 mL contendo etanol a 70%.

2.3. Montagem e identificação dos ácaros

Depois de realizada a triagem, os ácaros foram montados no laboratório de Acarologia do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP em meio de Hoyer, com ajuda de um estereomicroscópio Zeiss e colocados em uma estufa a

50°C por 6 dias para a secagem. Depois, o material foi examinado sob microscópio óptico com contraste de fases (Leica, DMLB) e microscópio de contraste de interferência (Nikon, Eclipse 80i), para identificação.

A identificação das espécies foi realizada com auxílio de chaves taxonômicas publicadas (Chant e McMurtry, 1994; 2003; 2004abc; 2007). Posteriormente, foram avaliadas também as descrições originais e redescritões de ácaros da literatura mundial, presentes no Departamento de Entomologia e Acarologia (ESALQ/USP). Consultas sobre a literatura taxonômica e distribuição foram feitas mediante uma base de dados da família Phytoseiidae (Demite et al., 2020).

2.4. Análise estatística

Foram calculadas a média do número total de ácaros, o número total de espécies e o número total de imaturos por árvore nos 10 dias. Essas variáveis foram analisadas com um modelo linear de efeitos mistos (pacote lme4 de R, versão 3.6.1, The R foundation for Statistical Computing (05/07/2019) com repetição (árvore) como fator aleatório e método (2 níveis: manual ou observação em laboratório) e tempo (2 níveis: dia e noite) como fatores fixos. Também foram avaliadas as mesmas variáveis com um modelo linear de efeitos mistos com repetição (árvore) como fator aleatório e tratamento (combinação de método e tempo de coleta). A significância dos fatores e sua interação foram determinadas pela comparação de modelos com e sem eles com a função ANOVA de R.

3. Resultado

Em relação ao número total de ácaros por árvore foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre métodos ($\chi^2 = 15.368$; G.L.= 1; $P = 8.848 \times 10^{-05}$), períodos de coleta ($\chi^2 = 13.096$; G.L.= 1; $P = 0.0002959$) e interação entre estes fatores ($\chi^2 = 11.459$; G.L.= 1; $P = 0.0007115$). De acordo com estes resultados, foi coletado um maior número de ácaros quando a coleta foi feita no laboratório e as amostras foram tomadas de manhã. Analisando os dados por

tratamento (combinação de método e tempo de coleta), observou-se que, com coleta manual direta à noite, menos ácaros são capturados (Figura 1).

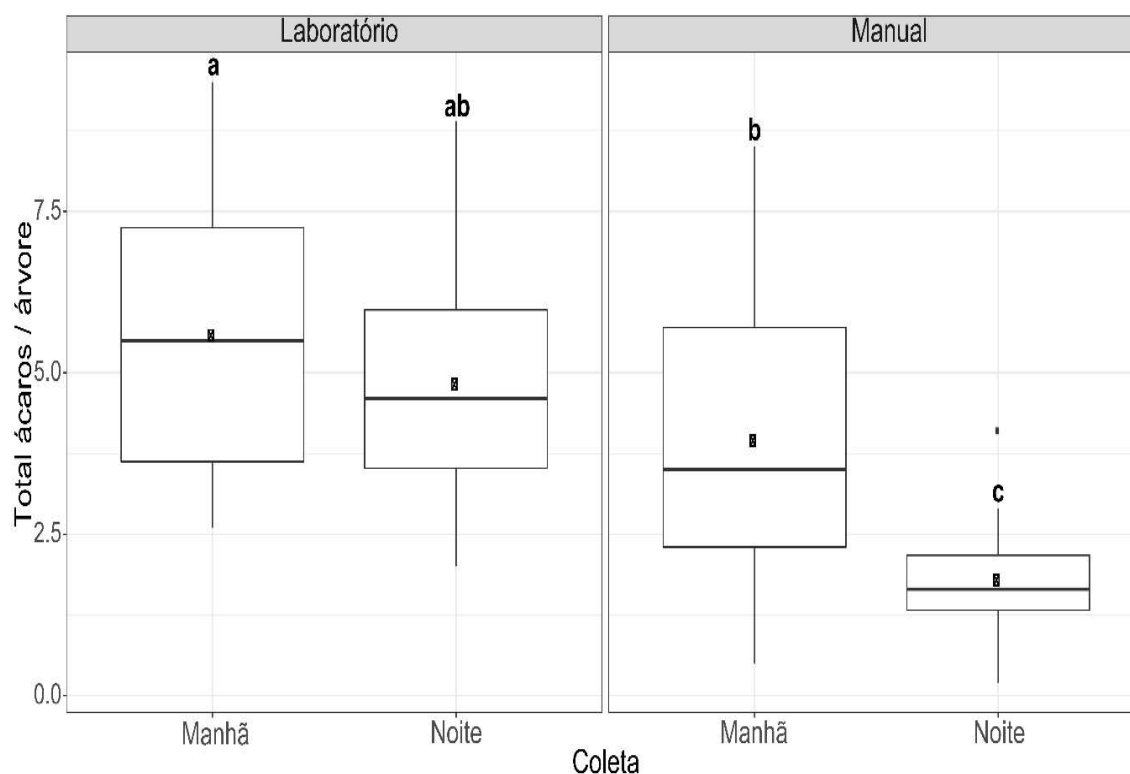


Figura 1. Número médio total de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, em períodos de dia e noite durante dez dias mediante coleta manual direta e levando as amostras para revisão no laboratório. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre tratamento (teste Tukey, $\alpha=0.05$).

Em relação ao número total de espécies de ácaros por árvore, também foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre métodos ($\chi^2 = 13.2691$; G.L.= 1; $P = 0.0002698$), período de coleta ($\chi^2 = 5.9844$; G.L.= 1; $P = 0.0144326$) e interação entre estes fatores ($\chi^2 = 20.9966$; G.L.= 1; $P = 4.601 \times 10^{-06}$). Analisando os dados por tratamento (combinação de método e tempo de coleta), observou-se que, com coleta manual direta à noite, menos espécies de ácaros são capturadas (Figura 2).

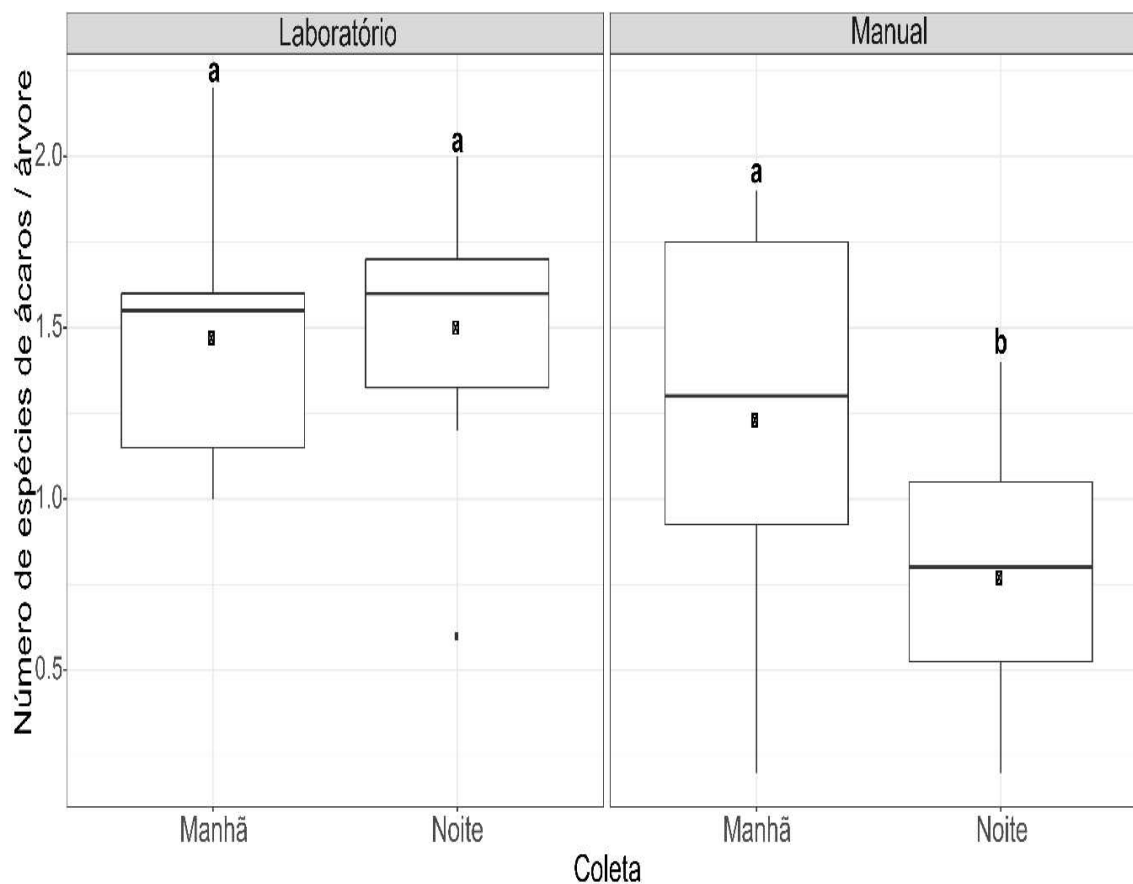


Figura 2. Número médio total de espécies de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, em períodos de dia e noite durante dez dias mediante coleta manual direta e levando as amostras para revisão no laboratório. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre tratamento (teste Tukey, $\alpha=0.05$).

Em relação ao número total de imaturos de ácaros por árvore foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre métodos ($\chi^2 = 57.0804$; G.L.= 1; $P = 4.184 \times 10^{-14}$), tempo da coleta ($\chi^2 = 5.3395$; G.L.= 1; $P = 0.02085$) e na interação entre estes fatores ($\chi^2 = 4.5490$; G.L.= 1; $P = 0.03294$). Analisando os dados por tratamento (combinação de método e tempo de coleta), observou-se que foram capturados menos ácaros imaturos com coleta manual direta à noite seguida da coleta manual direta de manhã (Figura 3).

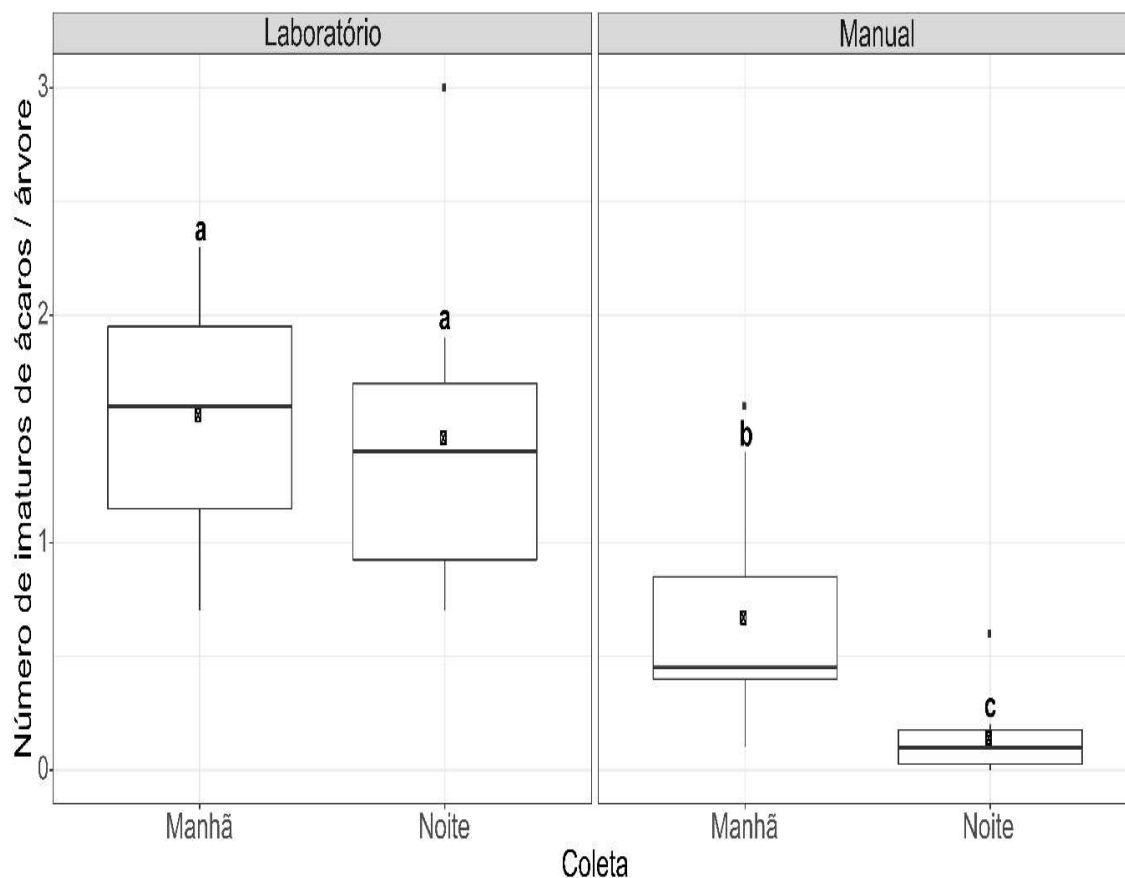


Figura 3. Número médio total de imaturos de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, em período de dia e noite durante dez dias mediante coleta manual direta e levando as amostras para revisão no laboratório. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas entre tratamento (teste Tukey, $\alpha=0.05$).

Como observado na Figura 4, a coleta de laboratório de manhã foi a que maior diversidade de ácaros apresentou. As espécies encontradas na coleta de laboratório de manhã foram: Amblyseiiinae: *E. concordis* (19.0%), *E. citrifolius* (2,7%), *I. zuluagai* (48,8%); Phytoseiinae: *Phytoseius* group plumifer (0.2%); Typhlodrominae: *G. annectens* (0,2%), *M. (M.) camelliae* (1,2%), Imaturos (28.0%), não existindo quase diferença com a coleta de laboratório de noite, onde só a subfamília Phytoseiinae estava ausente.

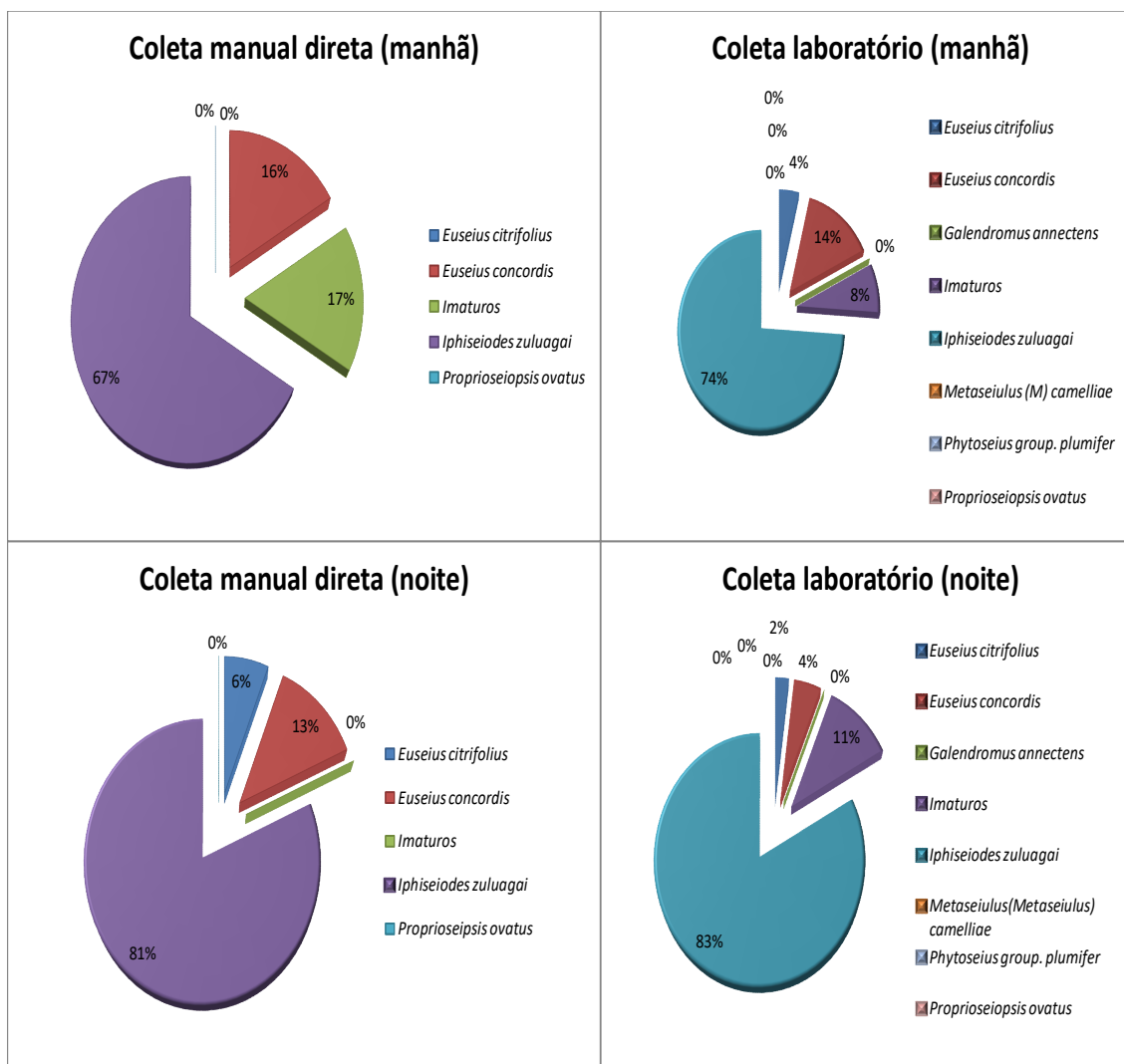


Figura 4. Porcentagem de abundância e diversidade das espécies de ácaros (Phytoseiidae) coletados de plantas de limão-cravo, na Vila Estudantil Esalq-Usp, coleta manual direta e levado a amostras para revisão no laboratório em períodos de dia e noite durante dez dias.

4. Discussão

Em geral, a fauna de ácaros fitoseídeos coletadas em plantas de limão-cravo na Vila Estudantil Esalq-Usp, foi muito semelhante a outros estudos em relação a abundância e diversidade de ácaros fitoseídeos (Chiavegato, 1980; Bittencourt e

Cruz, 1988; Chiavegato, 1991; Moreira, 1993; Sato et al. 1994; Reis et al., 2000; Bobot et al., 2011; Silva et al., 2012; Tixier, 2018). Os resultados deste trabalho mostram que nos dois tipos de coleta, se observou a maior proporção de *I. zuluagai* (60-80%), sendo esta seguida por *E. concordis* (10-20%).

Muitos autores relatam que *I. zuluagai* é muito comum em plantas de citros e cafezais do Brasil (Chiavegato, 1980; Bittencourt e Cruz, 1988; Chiavegato, 1991; Pallini et al., 1992; Moreira, 1993; Sato et al., 1994; Moraes et al., 1996; Noronha et al., 1997; Ferla e Moraes, 1998; Reis et al., 2000; Spongowski et al., 2005; Oliveira et al., 2007; Bobot et al., 2011; Silva et al., 2012; Tixier, 2018). Nos estudos de Gravena et al. (1994) e Reis et al. (1998), mostrou-se *I. zuluagai* e *E. citrifolius* como espécies promissoras no controle biológico de *B. phoenicis* e outros ácaros-praga em citros no Brasil. Albuquerque e Moraes (2008) mencionaram que *I. zuluagai* seria um predador Tipo III, capaz de explorar diversas fontes de alimento. McMutry et al. (2013) o qualifica como do Tipo III-c, predadores generalistas que habitam em lugares confinados em plantas dicotiledôneas.

Outros trabalhos similares mostraram diversidades similares às observadas neste estudo, com a presença das três subfamílias de Phytoseiidae (Moreira, 1993; Silva et al., 2012). O maior número de ácaros predadores foi encontrado na coleta de laboratório, no período da manhã, com um total de 953 indivíduos, seguido da noite com um total de 661 indivíduos. Respondendo a hipótese deste trabalho, a composição de ácaros seria quase a mesma, com as espécies de fitoseídeos presentes na noite como no dia, com ausência da subfamília Phytoseiinae na coleta de noite. Esteca et al. (2018) mencionou que das coletas realizadas em plantas de morango, as espécies encontradas foram muito similares, a diferença de uma espécie que se apresentava só no horário noturno. Onzo et al. (2003) mencionaram que no trabalho que desenvolveram com *Typhlodromalus aripo* De Leon, sobre plantas de mandioca em três diferentes tratamentos e dois diferentes tempos (diurno e noturno), observando que os fitoseídeos tinham maior preferência de movimentação no horário noturno, permanecendo no dia no ápice das folhas de mandioca.

No presente estudo, os ácaros fitoseídeos poderiam estar se alimentando de alguns ácaros tetraniquídeos e tenuipalpídeos, além de alguns pequenos insetos, dada a rara constatação destes organismos nas folhas durante o estudo, sendo uma área orgânica e sem aplicação de produtos químicos. Porém, a presença de algumas plantas de vegetação espontânea poderia também servir como refúgio dos inimigos naturais (Tixier et al., 2000; Boller et al., 1988). Na coleta manual direta, sempre foi observado que os predadores ficavam refugiados (manhã e noite) em folhas que apresentavam algum tipo dano causado por insetos (caso do minador da folha *Phyllocnistis citrella* Stainton).

Uma das dificuldades observadas neste trabalho se referiu ao reduzido número de fitoseídeos nas coletas manuais diretas de manhã e à noite. Alguns fatores que poderiam ter influenciado seriam: o erro na metodologia de coleta, por serem espécies de movimentos rápidos e a pouca visibilidade na coleta noturna.

5. Referências

Albuquerque FA, Moraes GJ (2008) Perspectivas para a criação massal de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, v.37, p. 328-333.

Bittencourt MAL, Cruz FZ (1988) Toxicity of chemical products on predatory mites (Acari: Phytoseiidae) in citrus. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 17: 249-261.

Bobot TE, Chilson EF, Navia D, Gasnier TRJ, Lofego AC, Oliveira BM (2011) Mites (Arachnida, Acari) on *Citrus sinensis* L. Osbeck orange trees in the state of Amazonas, Northern Brazil. **Acta Amazonica** 41: 557-566.

Boller EF, Remund U, Candolfi MP (1988) Hedges as potencial sources of *Typhlodromus pyri*, the most important predatory mite in vineyards of northern Switzerland. **Entomophaga** v.33, p. 249-255.

Chant DA, McMurtry JA (1994) A review of the subfamily Phytoseiinae and Typhlodrominae (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 20, n. 4, p. 223–310.

Chant DA, McMurtry JA (2003) A review of the subfamily Amblyseinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part I. Neoseiulini new tribe. **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 29, p. 3–46.

Chant DA, McMurtry JA (2004a) A review of the subfamily Amblyseinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part III. The tribe Amblyseiini Wainstein. **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 30, p. 171–228.

Chant DA, McMurtry JA (2004b) A review of the subfamily Amblyseinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part IV. Tribe Amblyseiini Wainstein, subtribe Arrenoseiina Chant & McMurtry. **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 30, p. 291–312.

Chant DA, McMurtry JA (2005a) A review of the subfamily Amblyseinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part V. Tribe Amblyseiini, subtribe Proprioiseiopsina Chant & McMurtry. **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 31, p. 3–22.

Chant DA, McMurtry JA (2005b) A review of the subfamily Amblyseinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part VI. The tribe Euseiini n. tribe, subtribes Typhlodromalina n. subtribe, Euseiina n. subtribe, and Ricoseiina n. subtribe. **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 31, p. 187–224.

Chant DA, McMurtry JA (2005c) A review of the subfamily Amblyseinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part VII. Typhlodromipsini n. tribe. **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 31, n. 4, p. 315–340.

Chant DA, McMurtry JA (2007) Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). West Bloomfield: **Indira Publishing House**, p. 219.

Chiavegato, L. G. 1980. Ácaros da cultura dos citros, p. 469-501. In: Rodriguez, O. & F.C.P. Viégas (Coord.) **Citricultura brasileira**. Campinas, Fundação Cargill, 739 p.

Chiavegato, L.G. 1991. Ácaros da cultura dos citros, p. 601-641. In: O. Rodrigues, F. Viégas, J. Pompeu Jr. & A. A. Amaro (eds.), **Citricultura brasileira**. 2.ed., Campinas, Cargill, v.2, 941p.

Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark AH, Castilho RC (2020) **Phytoseiidae Database**. www.lea.esalq.usp.br/Phytoseiidae. Acesso: 06 abr. 2020.

Esteca FC, Moraes G J (2018). Mulching with coffee husk and pulp in strawberry affects edaphic predatory mite and spider mite densities. **Experimental Applied of Acarology** 76(2): 161–183. <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0309-0>

Ferla NJ, Morae GJ (1998) Ácaros predadores em pomares de maçã no Rio Grande do Sul. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 27: 649-654.

Gravena S (2004) Manejo integrado de pragas é vital na produção de citros. **Visão Agrícola**, Piracicaba, 1(2): 54-59.

Gravena S, Benetoli I, Moreira PHR, Yamamoto PT (1994) *Euseius citrifolius* Denmark & Muma predation on citrus leprosis mite *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Phytoseiidae: Tenuipalpidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.23, p. 209-218.

Massaro M, Martin JAPI, Moraes GJ (2016) Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.8, p. 297-320.

McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of phytoseiid mites and their role in biological control. **Annual Review of Entomology** 42: 291–321.

McMurtry JA, Moraes GJD, Famah Sourassou N (2013) Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systems Applications Acarology**. 18: 297–320.

Meyer GA (2003) **Flutuação populacional de *Panonychus ulmi* (Koch 1836) (Acari: Tetranychidae) e seus predadores em pomares de macieira nos sistemas de produção integrada e produção convencional e testes de seletividade em laboratório com *Neoseiulus californicus* (McGregor 1954) (Acari: Phytoseiidae)**. 91 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Moraes GJ (1991) Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 167, p. 53-55.

Moraes GJ, Flechtmann CHW (2008) Manual de acarologia. Acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: **Holos**, 308p.

Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA (1986) **A catalog of the mite family Phytoseiidae**. Brasília, DF: Embrapa-DDT. 353p.

Moraes GJ, McMurtry JA (1983) Phytoseiid mites (Acarina) of the northeastern Brazil with descriptions of four new species. **International Journal of Acarology**, Oak Park, v.9, n. 3, p. 131-148.

Moreira PHR (1993) **Ocorrência, dinâmica populacional de ácaros predadores em citros e biologia de *Euseius citrifolius* (Acari: Phytoseiidae)**. 110 f. Dissertação (Mestrado), FCAVJ/UNESP, Jaboticabal.

Muma MH (1975) Mites associated with citrus in Florida. Gainesville: Florida **Agricultural Experimental Station**, 92 p. (Bulletin 640 A).

Noronha ACS, Carvalho JEB, Caldas RC (1997) Mites in citrus in Tabuleiro Costeiros conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, 19: 373-376.

Oliveira VS de, Noronha ACS, Argolo PS (2007) Acarofauna in citrus orchards in the municipalities of Inhambupe and Rio Real in Bahia State. **Magistra**, Cruz das Almas-BA, 19: 257-261.

Onzo A, Hanna R, Zannou I, Sabelis MW, Yaninek JS (2003) Dynamics of refuge use: diurnal, vertical migration by predatory and herbivorous mites within cassava plants. **Oikos**, 101: 59–69.

Pallini A, Moraes GJ, Bueno VHO (1992) Ácaros associados ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.) no sul de Minas Gerais. **Ciencia e Prática** 16: 303-307.

Reis PR, Chiavegato LG, Alves EB, Sousa, EO (2000) Ácaros da família Phytoseiidae associados aos citros no município de Lavras, sul de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 29: 95-104.

Reis PR, Chiavegato LG, Moraes GJ, Alves EB, Sousa EO (1998) Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 2, p. 265-274.

Sato ME; Raga A; Cerávolo LC; Rossi AC; Potenza MR (1994) Predatory mites in citrus orchards in Presidente Prudente, São Paulo State. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 23: 435-441.

Silva MZ, Sato ME, Oliveira CAL (2012) Diversidade e dinâmica populacional de ácaros em pomar cítrico. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 210-218.

Spongowski S, Reis PR, Zacarias MS (2005) Acarofauna da cafeicultura de cerrado em Patrocínio, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p. 9-17.

Tixier MS (2018) Predatory mites (Acari: Phytoseiidae) in agro-ecosystems and conservation biological control: a review and explorative approach for forecasting plant-predatory mite interactions and mite dispersal. **Frontiers in Ecology and Evolution**, 6, 192. <https://doi:10.3389/fevo.2018.00192>

Tixier MS, Kreiter S, Auger P (2000) Colonization of vineyards by phytoseiid mites: their dispersal patterns in the plot and their fate. **Experimental and Applied Acarology**, v.24, p. 191-211.

Zacarias MS, Reis PR, Silva DC (2004) Comparación entre métodos de coleta de ácaros para estudos de diversidad del filo-plan. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE – "LA BIODIVERSIDAD ACARINA: UTILIZACIÓN, PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN", La Habana, Cuba. **Resúmenes...**La Habana: Inisav, p. 73. CD-ROM.

Chapter 3 – Predation capacity of the psyllid *Diaphorina citri* eggs (Hemiptera: Liviidae) by phytoseiid mites (Mesostigmata: Phytoseiidae)

SOFÍA JIMÉNEZ¹, DIANA RUEDA-RAMÍREZ² & GILBERTO J. DE MORAES³

¹Depto. de Fitossanidade, FCAV-UNESP, 144884-900 Jaboticabal - SP, Brazil, saposoa40_20@hotmail.com

²Depto. de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Carrera 30 No. 45-03, Edificio 500, Bogotá, Colombia. dmruedar@unal.edu.co

³CNPq researcher, Depto. de Entomologia e Acarologia, ESALQ - Universidade de São Paulo, 13418-900 Piracicaba, São Paulo, Brazil

Abstract – The psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) is a vector of the bacterium *Candidatus Liberobacter* spp., causal agent of the disease known as Huanglongbing (HLB) in citrus. The objective of this study was to estimate the predation capacity of predatory mites on eggs of that insect. Populations of 14 predatory mite species were collected from five states of Brazil, to evaluate their predation capacity and ability to survive when fed with eggs of *D. citri*. Each predator received 10 prey eggs at each day. Predation rate was higher (about 3.9 eggs/female/day) for *Amblyseius herbicolus* (Chant) and *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (2.9–3.9 eggs/ day), which also had high survivorship within the observation period of five days (4.7–4.8 days). These results are comparable to studies previously conducted by other authors with other phytoseiid species. Given the common occurrence of *A. herbicolus* on citrus, it seems possible that this mite may exert some effect on the population of *D. citri* under field condition. It seems worthwhile to conduct further studies that could lead to feasibility of using this predator for the control of that insect.

Keywords: Biological control, eating habits, predators, citrus

1. Introduction

Diaphorina citri Kuwayama is an Asian pest (Crawford, 1917) reported in the tropical and subtropical areas of Asia, Middle East, Africa, Caribbean and North, Central and South America (Halbert and Manjunath, 2004; Mead and Fasulo, 2011; Bové, 2006; Yang et al., 2006; Hall et al., 2013; Grafton-Cardwell et al., 2013).

This psyllid is a vector of the bacteria *Candidatus Liberobacter* spp. (Halbert and Manjunath, 2004; Bové, 2006), that causes the important citrus disease known as Huanglongbing (HLB). This disease has been known in São Paulo state since 2004 (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005). The bacterium species reported so far in this state are *Candidatus Liberobacter asiaticus* and *Candidatus Liberobacter americanus*, the first being of greater importance (Bassanezi et al., 2010). The psyllid prefers ovipositing in the buds of its hosts, among which *Murraya paniculata* (L.) is the most important (Lopes et al., 2005; 2006). This is a widely distributed ornamental plant in Brazil (Lopes et al., 2015).

The insect acquires the bacteria by feeding as nymphs or adults on infected plants (Xu et al., 1988; Inoue et al., 2009; Pelz-Stelinski et al., 2010). Symptoms of the disease are yellowing along the ribs and irregular chlorotic spots on the leaves, as well as the appearance of small leaves with chlorosis similar to zinc and iron deficiency (Da Graça, 1991; Bové, 2006); small, asymmetric, bitter and acidic fruits; premature fruit fall, or retention of the green color by fruits (Da Graça, 1991). In addition to functioning as a vector for these bacteria, psyllid can cause direct damage to citrus by sucking phloem sap and healing tissues when ovipositing.

Brazil is the largest producer and exporter of orange juice, representing 81.5% of the world trade of orange juice, with about one million tons per year, being the United States the main buyer of the Brazilian production. The state of São Paulo provides 77% of the national production, with 13 million tons. This means that citrus production is one of the most important economic activities in the country. Estimates suggest a 36% increase in orange production in the states of Minas Gerais and São Paulo in 2019 (CitrusBr, 2019).

IPM is an effective strategy that has been adopted by citrus growers. Successful control methods start from an adequate monitoring of the psyllid population. Plants with symptoms of the disease are eliminated through proper visual inspection, use of adhesive traps and healthy seedlings. Chemical control is done by applying insecticides included in the ProteCitrus (Citrus Protection Products) list. Alternatively, biological control is done by releasing the parasitoid *Tamarixia radiata* Waterston. This parasitoid has become the most commonly used biological control agent of psyllid in Brazil, as reported by Gómez-Torres et al. (2006).

Species of the family Phytoseiidae are the predatory mites most researched and used for the control of mites and small insects in different crops (McMurtry, 2010). Slightly over 2,700 species are now placed in this family (Demite et al., 2019), which occur mainly on plants, but that can also occur in the soil (Moraes et al., 2004). Phytoseiid feeding behavior varies according to the group to which they belong (McMurtry, 2010). Mites of the family Laelapidae are also predators, but these are mainly soil inhabitants that are rarely found on plants (Moreira and Moraes, 2015). However, most information concerning preferred habitats by mites was generated based on evaluations done at daytime. Some authors have reported changes in plant distribution (Onzo et al., 2003) or the presence of putative soil mites on plants in night time evaluations (Esteca and Moraes, 2018). Some few laelapid species have been commercialized for the control of soil pests (Moreira and Moraes, 2015).

Little has been published about the possible predation of *D. citri* by phytoseiids. Blasco et al. (2012) published the first report on this aspect, evaluating the predation capacity of *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot on eggs and nymphs, in laboratory and greenhouse. This predator has been extensively used in several countries, especially for the control of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). Some effort has been dedicated to associate the action of phytoseiid mites and fungi pathogenic to *D. citri*, for the control of the latter (Zhang et al. 2016).

The phytoseiids *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) and *Neoseiulus barkeri* Hughes are extensively commercialized for the control of other pests. Fang et al. (2013) evaluated the preference of these phytoseiids for different stages of pest, as well as the functional and numerical responses of these predators. The results

showed that *N. cucumeris* can oviposit when feeding only on psyllid eggs and *N. barkeri* on eggs and first instar of *D. citri*. Consumption of *N. cucumeris* was much higher than of *N. barkeri*. The authors suggested that *N. cucumeris* could be a biological control agent for *D. citri*, suggesting the conduction of field studies on the potential of *N. cucumeris* to control that pest.

The objective of this study was to evaluate the predation capacity of different predatory mites, especially of the family Phytoseiidae, collected in Brazil on eggs of *D. citri*.

2. Material and Methods

Origin of organisms and colony maintenance

Psyllids. Initially, 300 adults were collected with an aspirator and transferred to vials (8.5cm in length x 2.5cm in diameter) for transport to the laboratory. These were collected from *M. paniculata* plants found in urban areas of Jaboticabal and Piracicaba, State of São Paulo.

The insects were kept in a screenhouse, on the same host in which they were found. Each plant was placed in a pot (2 L), and pruned and fertilized with 10-10-10 NPK (0.5g per pot) every 20 days, to stimulate sprouting. The canopy of each plant was covered with a voile and then inoculated with 150 psyllids. Inoculations were done weekly, offering eggs of the prey continuously during the experiment. The plants were kept on a green house at 20–30° C and 30–60% relative humidity.

Predatory mites. Several collections were carried out between 2018 and 2019, examining citrus and associated plants (one species from litter sample) from localities of six states: Goiás (Pirenópolis), MatoGrosso do Sul (Miranda), Minas Gerais (Bom Repouso, Prados and Viçosa), Rio Grande do Sul (Pelotas), São Paulo (Campinas, Itirapina, Jaboticabal and Piracicaba) and Tocantins (Gurupi). Plant parts were collected, placed in a plastic bag and transported in a styrofoam box to the laboratory. The samples were observed under stereomicroscope, collecting the mites with a thin brush.

The following phytoseiid species were collected: *Amblydromalus limonicus* (Garman) (Campinas-SP, from citrus, and Bom Repouso-MG, from an unidentified shrub), *Amblyseius acalyphus* Denmark and Muma (Jaboticabal-SP and Gurupi-TO, both from citrus), *Amblyseius atibaiensis* Mineiro, Lofego and Sato (Jaboticabal, from soil sample), *Amblyseius chiapensis* De Leon (Miranda-MS, from unidentified shrub), *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Pirenópolis-GO, from unidentified tree and Prados-MG, from tomato), *Amblyseius tamatavensis* Blommers (Piracicaba-SP, from a laboratory colony fed with astigmatid mites and pollen *Typha domingensis*), *Euseius citrifolius* Denmark and Muma (Jaboticabal, from citrus), *Euseius concordis* (Chant) (Piracicaba and Jaboticabal, both from citrus), *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma (Pelotas-RS, from citrus), *Proprioseiopsis mexicanus* (Garman) (Gurupi, from citrus), *Proprioseiopsis ovatus* (Garman) (Gurupi, from citrus), *Transeius bellottii* (Moraes and Mesa) (Piracicaba, from *Calopogonium mucunoides*), *Typhlodromus (Anthoseius) transvaalensis* Nesbitt (Itirapina-SP, from banana). For comparison, a predator population of the Laelapidae family (*Stratiolaelaps scimitus* (Womersley)) was purchased commercially from Promip - Integrated Pest Management, Limeira-SP (fed with astigmatid mites).

Rearing units of *A. atibaiensis*, *A. chiapensis*, *A. herbicolus*, *A. limonicus*, *A. tamatavensis* and *P. mexicanus* were similar to those described by McMurtry and Scriven (1965), consisting of a square of resin (Paviflex[®], 6 cm side) on a piece of nylon foam mat in a plastic box (9.0 x 8.5 x 7.5cm). The mat was kept moist by daily addition of distilled water to prevent mites from escaping. They were fed a mixture of *Ricinus communis* L. pollen and a mixture of different stages of the mite *Tyreophagus crascentiseta* (Astigmatina). Pollen was obtained from inflorescences with dehiscent flower shold in the laboratory over a white surface to collect the pollen grains, which were stored in a refrigerator (about 10 °C) in closed bottled until used, within eight months. *T. crascentiseta* was obtained from a colony established in a plastic pot (10 cm in diameter and 6 cm in height), fed with wheat germ (Barbosa and Moraes, 2015).

Other phytoseiids were similarly maintained, except that the resin plate was replaced by leaves of Jack bean, *Canavalia ensiformis* L, plants. This was done in

concert with the fact that known ability to feed on the content of plant cells. These were also fed as reported previously for other phytoseids, except for *E. citrifolius* and *E. concordis*, fed only with pollen. *S. scimitus* was kept in a plastic pot (12 cm in diameter and 7.5 cm in height) with vermiculite, fed with free-living nematodes and *T. crascentiseta*.

For all species, food was replaced every 2 days. The units remained in a climate chamber at 26 ± 1 °C, $60 \pm 15\%$ relative humidity and in the dark.

Experimental units

Each experimental unit consisted of a small Petri dish (2cm high x 3cm in diameter) whose base was covered with a layer of caragenin topped by a mature citrus leaf disc. The caragenin layer was prepared dissolving about 11.0 g of caragenin in 75ml of distilled water heated for 30 seconds in a microwave oven. This amount was sufficient to prepare 20 experimental units.

Experimental procedure

Each unit contained ten up to 48 h old *D. citri* eggs, extracted from shoots of *M. paniculata* with the help of a fine needle, and made available to each predator on a square of myrtle leaf (approximately 0.5 cm side). One recently molted adult female of the predator was transferred to each unit. In total, ten females of each predator species were evaluated.

Each unit was sealed with a plastic film (Magipac®) to prevent the mites from escaping, making small holes with an entomological pin to facilitate aeration. All units were kept in a climate chamber at 26 ± 1 °C, $60 \pm 15\%$ relative humidity, in darkness.

The study was conducted for six days, with an evaluation every 24 h, determining the number of killed eggs and predator survival. Results of the first day were discarded, to reduce the interference of the previous feeding. At the end of each daily evaluation, the eggs consumed were replaced by new eggs.

Statistical analysis

Mean daily consumption rate and mean survival (days the mites remained alive during the experiment) were calculated. Because normality and homoscedasticity assumptions were not met, generalized linear models were used to determine the effect of predator species on both variables (survival and consumption). In the case of survival, the model was adjusted with a quasibinomial distribution, whereas for consumption, the model was adjusted with a quasipoisson distribution. Post hoc Tukey's test was used for analyzing differences between means considering the best fit model.

Statistical analyses were performed using the R program (Packages MASS, lme4 and multcomp, version 3.5.2, The R foundation for Statistical Computing, 2018-12-20).

3. Results

Egg consumption

Significant differences in predation were observed between species of different localities. Mean number of consumed eggs was higher for *A. herbicolus* collected in Prados (3.9 ± 0.5 eggs/female/day), followed for *S. scimitus* (3.0 ± 0.3 eggs/female/day), and for *A. herbicolus* from Pirenópolis (2.9 ± 0.3 eggs/female/day) (Figure 5). *Proprioseiopsis mexicanus* did not prey *D. citri* eggs, which was not significant different of the predation by *T. (A.) transvaalensis*, *A. limonicus* (Bom Repouso), *E. citrifolius*, *I. zuluagai*, *E. concordis* (Jaboticabal and Piracicaba), *A. tamatavensis*, *A. acalyphus* (Jaboticabal and Gurupi), *P. ovatus* and *T. bellottii* (Figure 6).

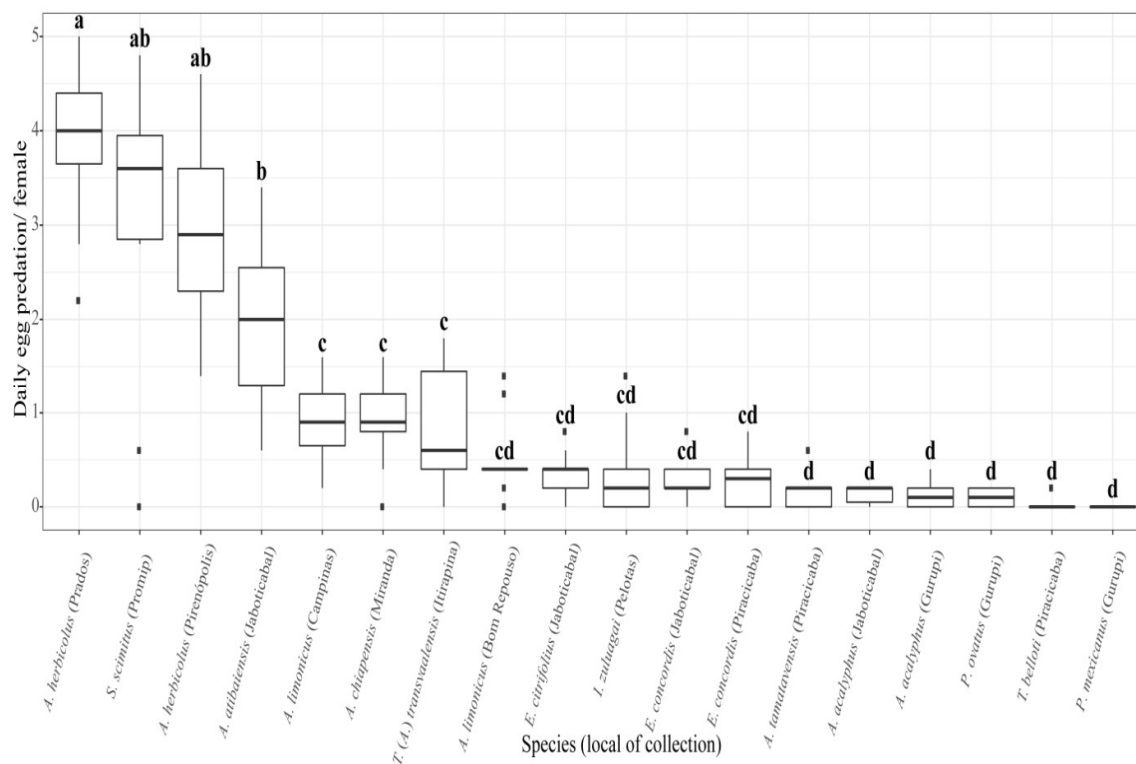


Figure 5. Mean daily consumption of *Diaphorina citri* eggs by different predatory mite species collected in different localities of Brazil at $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR and in darkness ($n=10$).



Figure 6. Predation A. *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma B. *Amblyseius herbicolus* (Chant)

Survival rate

No significant differences in survivorship was observed between predators during the five consecutive days of evaluation (Table 1). Most mites survived during the evaluation period, although 60% of the specimens of *T. bellotti* and *P. mexicanus* died between in the first and second days of evaluation (Table1).

Table 1. Survivorship of different predatory mite species offered *Diaphorina citri* eggs as prey for five consecutive day sat $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR and in darkness (n=10). No significant differences between species (Tukey's test, 5%)

Predator species	Survival (days)
<i>Amblyseius atibaiensis</i> (Jaboticabal-SP)	4.8 ± 0.2
<i>Amblyseius chiapensis</i> (Miranda-MS)	4.8 ± 0.4
<i>Amblyseius herbicolus</i> (Pirenópolis-GO)	4.8 ± 0.2
<i>Amblyseius herbicolus</i> (Prados-MG)	4.8 ± 0.3
<i>Typhlodromus (Anthoseius) transvaalensis</i> (Itirapina-SP)	4.8 ± 0.2
<i>Stratiolaelaps scimitus</i> (Promip)	4.7 ± 0.1
<i>Amblyseius acalyphus</i> (Jaboticabal-SP)	4.5 ± 0.4
<i>Amblydromalus limonicus</i> (Campinas-SP)	4.4 ± 0.2
<i>Amblyseius acalyphus</i> (Gurupi-TO)	4.4 ± 0.5
<i>Euseius citrifolius</i> (Jaboticabal-SP)	4.4 ± 0.4
<i>Euseius concordis</i> (Jaboticabal-SP)	4.2 ± 0.4
<i>Iphiseiodes zuluagai</i> (Pelotas-RS)	4.2 ± 0.4
<i>Proprioseiopsis ovatus</i> (Gurupi-TO)	4.1 ± 0.4
<i>Amblydromalus limonicus</i> (Bom Repouso-MG)	4.0 ± 0.3
<i>Amblyseius tamatavensis</i> (Piracicaba-SP)	4.0 ± 0.5
<i>Euseius concordis</i> (Piracicaba-SP)	4.0 ± 0.3
<i>Transeius bellottii</i> (Piracicaba-SP)	3.8 ± 0.5
<i>Proprioseiopsis mexicanus</i> (Gurupi-TO)	3.7 ± 0.5

4. Discussion

Most of the evaluated predators showed a low predation rate on eggs of *D. citri*, some showing no ability to prey on that insect (mainly *P. mexicanus* and *T. bellottii*). The most promising species were the two evaluated populations of *A. herbicolus* and *S. scimitus*. Yet, even in those cases, predation ranged between roughly three and four eggs per day, which cannot be considered as high. Hence, within the scope of IPM, *A. herbicolus* could conceivably play a role in the set of environmental elements affecting the population level of this important virus vector. As a corollary, conservation practices of this predator in the field may accrue to reduced damage associated with the presence of *D. citri*. In relation to *S. scimitus*, at the moment it seems improbable that it could be at use for the control of this insect. Despite its present commercial availability in Brazil and other countries, it does not seem expected that it would be present on citrus plants or could remain on these plants if released on them. Its inclusion in the study was only conceived as a control, of knowingly high predation ability of different prey species (Moreira and Moraes, 2015). It seems of interest to know that *A. herbicolus* had similar ability as *S. scimitus* to prey on *D. citri*.

The absence of significant differences in survivorship reflected a considerable variability in survivorship of specimens of some of the species, especially *P. mexicanus* and *T. bellottii*. All of the predator species collected from citrus to establish the colonies considered in this study had low predation rate and/ or survivorship. Yet, *A. herbicolus* is commonly found on citrus.

Amblyseius herbicolus should be classified as a generalist predator with preference for plants with glabrous leaves (subtype III-b of McMurtry et al., 2013). It is a very common predatory mite mainly in tropical areas (Demite et al. 2019), being commonly found on citrus and many other plants (Moraes et al., 1986). Thus, it is possible that populations of *A. herbicolus* from other regions could show better performance as predators of *D. citri* than those evaluated in this work, from Prados (state of Minas Gerais) and Pirenópolis (state of Goiás). It has been demonstrated in the literature that biological characteristics of phytoseiid predators can vary extensively between populations, as summarized by Massaro and Moraes (2019).

Taking advantage of variations, Massaro and Moraes (2019) observed differences of up to nearly 60% in the ability of 14 Brazilian populations of *Amblyseius tamatavensis* Blommers to prey on eggs of the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius). Hence, it seems that further efforts in the evaluation of other populations of *A. herbicolus* as predator of *D. citri* is warranted, for an eventual use of this predator in augmentation practices. The biology of this predator has been studied (Reis et al. 2007), and at least in small scale it has been produced in the laboratory, what suggest the development of techniques for its mass production at low cost to be feasible, if justified by further evaluations of its performance in the field. The present study is just the first step in the evaluation of the possible use of this predator to control *D. citri*. Other factors to be evaluated before other studies are conducted include the reproduction of the predator on eggs of *D. citri* and the relative acceptance of this prey in comparison with other potentially available food encountered by the predator on citrus.

Using different setups as used in the present study, Blasco et al. (2012) evaluated in laboratory and glasshouse the possible effect of the phytoseiid *Amblyseius swirskii* Ahtias-Henriot as a predator of *D. citri*, observing significant reduction of prey numbers under controlled conditions. In another study, the predation rates determined at several prey densities by Fang et al. (2013) were lower for *N. barkeri* and about the same for *N. cucumeris* as compared to the predation rates of *A. herbicolus* determined in this study. Regardless, the authors reported significant reduction of the prey population on citrus plants with the release of *N. cucumeris*.

In conclusion, the results obtained seem promising in comparison with the few other studies to evaluate phytoseiids as possible biological control agents of *D. citri*. These warrant further and more detailed studies that simulate actual field conditions.

5. References

Barbosa MFC, de Moraes GJ (2015) Evaluation of astigmatid mites as factitious food for rearing four predaceous phytoseiid mites (Acari: Astigmata; Phytoseiidae). **Biological Control** 91: 22–26.

Bassanezi RB, Lopes SA, Belasque JrJ, Spósito MB, Yamamoto PT, Miranda MP, Teixeira DC, Wulff NA (2010) Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology** 1: 11–23.

Bové JM (2006) Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 8: 7–37.

CitrusBr (2019) Brasil é o maior produtor e exportador de suco de laranja. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/noticias/?id=312708>. Acesso em: 07 set. 2019.

Colletta-Filho HD, Targon MLPN, Takita MA, De Negri JD, Pompeu JRJ, Machado MA, Do Amaral AM, Muller GW (2004) First report of the causal agent of huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) in Brazil. **Plant Disease** 88: 1382.

Crawford DL (1917) Philippines and Asiatic Psyllidae. **Philippines Journal of Science**, Taguig 12: 163–75.

Da Graça JV (1991) Citrus greening disease. **Annual Review of Phytopathology** 29: 109–136.

Esteca FC, Moraes G J (2018). Mulching with coffee husk and pulp in strawberry affects edaphic predatory mite and spider mite densities. **Experimental and Applied Acarology** 76(2): 161–183. <https://doi.org/10.1007/s10493-018-0309-0>

Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark AH, Castilho RC (2019) **Phytoseiidae Database**. www.lea.esalq.usp.br/Phytoseiidae. Acesso em: 16 ago. 2019.

Fang XLUH, Ouyang G, Xia Y, Guo M, Wu W (2013). Effectiveness of two predatory mite species (Acari: Phytoseiidae) in controlling *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Florida Entomologist** 96: 1325–1333.

Gómez-Torres ML, Nava DE, Gravena S, Costa VA, Parra JRP (2006). Primeiro registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) no Brasil. **Revista de Agricultura** 81: 112–117.

Grafton-Cardwell EE, Stelinski LL, Stansly PA (2013) Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. **Annual Review of Entomology** 58: 413–432.

Halbert SE, Manjunath KL (2004) Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist** 87: 330–53.

Hall DG, Richardson ML, Ammar D, Halbert S (2013) Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus huanglongbing disease. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 146: 207–223.

Inoue H, Ohnishi J, Ito T, Tomimura K, Miyata S (2009) Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology** 155: 29–36.

Juan-Blasco M, Qureshi JA, Urbaneja A, Stansly PA (2012) Predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae), for biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist** 95: 543–551.

Lopes JRS, Parra JRP, Yamamoto PT, Bento JMS (2015) Psilídeo-asiático-dos-citrus, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: Vilela Filho, E. & Zucchi, R.A (Eds.). **Pragas introduzidas no Brasil: insetos e ácaros**. Piracicaba: FEALQ. 281–296.

Lopes SA, Martins EC, Frare GF (2005) Detecção de *Candidatus Liberibacter americanus* em *Murraya paniculata*. **Summa Phytopathologica** 31: 48–49.

Lopes SA, Martins EC, Frare GF (2006) Detecção de *Candidatus Liberibacter asiaticus* em *Murraya paniculata*. **Fitopatologia Brasileira** 31 (Suppl.), 303.

Massaro M, Moraes GJ (2019) Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Acarologia** 59(1): 120–128; [https://doi.org/ 10.24349/acarologia/20194314](https://doi.org/10.24349/acarologia/20194314)

McMurtry JA (2010) Concepts of classification of the Phytoseiidae: relevance to biological control. In: Sabelis, M.W. & Bruin, J. (Eds.), **Trends in Acarology: Proceedings of the 12th International Congress of Acarology**. Springer, New York, pp. 393–397. https://doi.org/10.1007/978-90-481-9837-5_64

McMurtry JA, Scriven GT (1965) Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology** 58: 282–284.

McMurtry JA, Moraes GJ, Sourassou NF (2013) Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology** 18 (4): 297–320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>

Mead FW, Fasulo TR (2011) **Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae)**. Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Documento EENY-033, 8pp.

Moraes GJ, Lopes PC, Fernando LCP (2004) Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) of coconut growing areas in Sri Lanka, with descriptions of three new species. **Journal of the Acarological Society of Japan** 77: 1–20.

Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA (1986) **A catalog of the mite family Phytoseiidae**. References to taxonomy, synonymy, distribution and habitat. EMBRAPA-DDT, Brasília 353 pp.

Moreira GF, Moraes GJ (2015) The potential of free-living laelapid mites (Mesostigmata: Laelapidae) as biological control agents. In: Carrillo D, Moraes G.J, Peña JE (Eds). **Prospects for biological control of plant feeding mites and other harmful organisms**. Florida, Springer. pp. 77–102.

Onzo A, Hanna R, Zannou I, Sabelis MW, Yaninek JS (2003) Dynamics of refuge use: diurnal, vertical migration by predatory and herbivorous mites within cassava plants. **Oikos**, 101: 59–69.

Pelz-Stelinski KS, Brilansky HR, Ebert TA, Rogers ME (2010) Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid. **Journal of Economic Entomology** 103: 1531–1541.

Reis PR, Teodoro AV, Pedro Neto M, Silva EAD (2007) Life history of *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) on coffee plants. **Neotropical Entomology** 36(2): 282–287.

Teixeira DC, Ayres AJ, Kitajima EW, Tanaka FAO, Danet L, Jagoueix-Eveillard S, Saillard C, Bové JM (2005) First report of a huanglongbing-like disease of citrus in Sao Paulo State, Brazil and association of a new *Liberibacter* species, “*Candidatus Liberibacter americanus*”, with the disease. **Plant Disease** 89: 107.

Xu CF, Xia YH, Li KB, Ke C (1988) Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, pp. 243–248. In: Timmer LW, Garnsey SM, Navarro L (Eds.). **Proceedings of the 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists**, 17–21 nov, Valência, Espanha. Department of Plant Pathology, University of California, Riverside, CA.

Yang Y, Huang M, Andrew G, Beattie C, Xia Y, Ouyang G, Xiong J (2006) Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: A status report for China. **International Journal of Pest Management** 52(4): 343–352.

Zhang Y, Sun L, Lin G, Lin J, Chen X, Ji J, Zhang Z, Saito Y (2016) A novel use of predatory mites for dissemination of fungal pathogen for insect biocontrol: the case of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Phytoseiidae) as vectors of *Beauveria bassiana* against *Diaphorina citri* (Psyllidae). In: **The 1st International Workshop of IOBC-APRS-Predatory Mites as Biological Control Agents Working Group**. Beijing, China, Abstract Book, p. 39.

Capítulo 4 – Capacidade de predação e oviposição de *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae) com diferentes dietas

Resumo – No Capítulo três avaliou-se a capacidade de predação de várias espécies de Mesostigmata, alimentados com ovos do psíldeo *Diaphorina citri* Kuwayama. Os resultados mostraram que o fitoseídeo *Amblyseius herbicolus* (Chant) foi o predador que apresentou os maiores níveis predação, quando alimentado com ovos do psíldeo. Este ácaro é uma espécie generalista, que tem sido estudado em relação à sua capacidade de predação em ácaros fitófagos e alguns insetos de pequeno porte. O presente trabalho teve como objetivo, a avaliação da capacidade de predação e oviposição de *A. herbicolus* em dietas constituídas por diferentes combinações dos seguintes itens: ovos de *D. citri*; pólen de *Ricinus communis* L.; todos os estágios do Astigmatina *Tyreophagus crascentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes; *D. citri* + pólen; *D. citri* + pólen + *T. crascentiseta*; *T. crascentiseta* + pólen. As unidades experimentais foram pequenas placas de Petri, utilizando-se 22 unidades por tratamento, mantidas a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e no escuro. Diariamente, determinaram-se os níveis de predação e oviposição. Não houve diferença entre o nível de predação de ovos quando estes foram oferecidos isoladamente ou em combinação com pólen, sendo estes níveis significativamente menores quando a dieta envolvia os três tipos de alimento. Os níveis de oviposição foram maiores quando a dieta incluía *T. crascentiseta* ou era constituída de *D. citri* e pólen. Estes resultados sugerem o potencial à conveniência do uso de *T. crascentiseta* para a produção deste predador, e sugerem que a presença de pólen no campo não interfira com a predação de *D. citri*.

Palavras-chaves: predação, controle biológico, predador

Predating capacity and oviposition of *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae) with different diets

Abstract – In Chapter three, the predation capacity of several Mesostigmata species, fed with eggs of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, was evaluated. The results showed that the phytoseid *Amblyseius herbicolus* (Chant) was the predator with the highest levels of predation, when fed with psyllid eggs. This mite is a generalist species, which has been studied in relation to its ability to prey on phytophagous mites and some small insects. The objective of the present work was to evaluate predation and oviposition capacity of *A. herbicolus* in diets constituted by different combinations of the following items: eggs of *D. citri*; pollen of *Ricinus communis* L.; all stages of Astigmatina *Tyrophagus crascentiseta* Barbosa, OConnor and Moraes; *D. citri* + pollen; *D. citri* + pollen + *T. crascentiseta*; *T. crascentiseta* + pollen. The experimental units were small Petri dishes, using 22 units per treatment, maintained at 26 ± 1 ° C, $60 \pm 15\%$ RH and in the dark. The levels of predation and oviposition were determined daily. There was no statistical difference between the level of predation of eggs when they were offered alone or in combination with pollen, these levels being significantly lower when the diet involved the three types of food. Oviposition levels were higher when the diet included *T. crascentiseta* or consisted of *D. citri* and pollen. These results suggest the convenience of using *T. crascentiseta* for the production of this predator, and suggest that the presence of pollen in the field should not interfere with the predation of *A. herbicolus* on *D. citri*.

Keywords: predation, biological control, predator

1. Introdução

Ácaros da família Phytoseiidae são considerados importantes agentes de controle biológico de ácaros praga, em diferentes cultivos. Algumas dessas espécies vêm sendo estudadas e utilizadas em distintos programas de manejo e de controle biológico (McMurtry e Croft, 1997; Hoy, 2011). Dessas espécies, varias pertencem ao gênero *Amblyseius*, um dos gêneros mais diversos da família, contendo hoje 412 espécies, das quais 50 já foram registradas no Brasil (Demite et al., 2020).

Amblyseius herbicolus (Chant), segundo McMurtry et al. (2013), é um ácaro generalista, com uma ampla distribuição mundial (Moraes, 2004), tendo sido relatado em 46 países, dentre os quais o Brasil. Neste país, este ácaro tem sido encontrado nos estados do Amapá, Amazonas, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Roraima e São Paulo (Demite et al., 2020), em várias culturas, incluindo os citros (Moraes et al., 1986). Segundo Reis et al. (2007), na cultura do café, é considerada a segunda espécie mais abundante, associada ao ácaro-da-leprose-dos-citros, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), da família Tenuipalpidae. Um trabalho recente associa também o predador com o tenuipalpídeo *B. phoenicis*, como a segunda espécie abundante em fragmentos de floresta e plantação convencional de café (Mineiro et al., 2019). O ácaro tarsonemídeo *Polyphagotarsonemus latus* também foi relatado associado com o predador, em plantas de pimenta (*Capsicum annuum* L.) (Rodríguez-Cruz et al., 2013). Oliveira et al. (2009) estudou a biologia de *A. herbicolus*, alimentando pelo ácaro *Tetranychus urticae* Koch e pólen de mamona.

Alguns trabalhos têm sido conduzidos para avaliar o potencial de *A. herbicolus* para o controle de pequenos insetos-praga. Em um trabalho recentemente conduzido por Cavalcante et al. (2015), *A. herbicolus* foi uma das espécies de fitoseídeos consideradas para o controle da mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius). Em outro trabalho, avaliou-se a predação e a oviposição deste em imaturos de *Sericothrips staphylinus* Haliday (Thripidae)

(Lam et al., 2019). No Capítulo três desta tese, determinou-se que dentre 14 predadores avaliados, *A. herbicolus* foi o que apresentou maior potencial para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama. Este é um inseto que recentemente tem causado graves danos à produção citrícola no Brasil e outros países, por ser o vetor da bactéria *Candidatus Liberobacter asiaticus* que afeta severamente a planta, podendo levá-la à morte (Gottwald, 2010; Bové, 2014; Tabachnick, 2015). O controle deste inseto tem sido muito complicado no Brasil havendo a necessidade de buscar métodos alternativos para o controle deste, em substituição ao controle químico.

Diversos estudos tem também avaliado o efeito de pólen como alimento alternativo a espécies de fitoseídeos, após os resultados animadores de trabalhos pioneiros, como de McMurtry e Scriven (1964). Isto resultou na determinação da possibilidade de se utilizar pólen na criação de ácaros predadores (Van Rijn e Tanigoshi, 1999). Outros estudos mostraram que a presença de pólen melhora a sobrevivência e a oviposição de ácaros fitoseídeos, e reduz as populações de pragas (Van Rijn et al., 2002; Maoz et al., 2014; Nomikou et al., 2010, 2003; Pijnakker et al., 2016; Ferreira et al., 2020).

Os ácaros Astigmatina (Oribatida) são consideradas presas alternativas adequadas para a criação massal de certos fitoseídeos, permitindo um sistema de produção muito mais simples (Massaro et al., 2016). O interesse por esses ácaros se deve à facilidade do processo de produção que usa estas presas, seja pelo baixo custo de seus alimentos (farinhas, farelos), seja pelo pouco espaço requerido, seja pela facilidade de manejo (Barbosa e Moraes, 2015). Relatos do uso de Astigmatina para a produção comercial de fitoseídeos são encontrados em várias publicações (Albuquerque e Moraes, 2008; Barbosa e Moraes, 2015; Cavalcante et al., 2015; Massaro et al., 2016).

Sabe-se pela literatura que a capacidade de utilizar um alimento alternativo, se converte em uma característica desejável para o inimigo natural, pois ajuda a manter suas populações em campo, quando a população do organismo a ser controlado está baixa em campo, além de facilitar sua

criação no laboratório (Van Rjin e Sabelis, 1993). O presente trabalho teve os seguintes objetivos: a) verificar a capacidade de predação quando *A. herbicolus* é alimentado com ovos de *D. citri* e mistura de outras dietas, b) determinar a capacidade de oviposição de *A. herbicolus* quando alimentado com diferentes tipos de alimento. A hipótese a ser avaliada foi de que a presença de outras fontes de alimento não afeta necessariamente os níveis de predação e oviposição de *A. herbicolus* em ovos de *D. citri*.

2. Material e Métodos

2.1. Colônia de *Amblyseius herbicolus*

O ácaro predador a ser estudado foi selecionado a partir dos resultados do trabalho relatado no Capítulo 3, baseando-nos na preferência que apresentava quando alimentado com ovos de *D. citri*. Esta população foi estabelecida com ácaros coletados em Pirenópolis, estado de Goiás, de plantas de *Hirtella martiana* Hook f. (Chrysobalanaceae). Ramos, folhas e flores desta planta foram coletadas e trazidas para o laboratório de Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, onde as colônias foram estabelecidas.

O material vegetal amostrado foi observado sob um estereomicroscópio, coletando os predadores com ajuda de um pincel fino e transferindo-os para uma unidade de criação semelhante à descrita por McMurtry e Scriven (1965). Para tanto, utilizou-se uma bandeja de plástico (23 x 13,5 x 4,5 cm) contendo um pedaço de espuma de náilon e sobre este uma folha de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* L. (cerca de 80 cm²). A espuma foi mantida úmida com a adição periódica de água destilada, para manter a umidade e evitar que os ácaros escapassem. Os predadores foram alimentados a cada dois dias com uma mistura de pólen de *Ricinus communis* L. e uma mistura de diferentes estágios do ácaro *Tyreophagus crascentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes (Astigmatina). A unidade experimental

permaneceu em uma câmara climatizada, a 26 ± 1 ° C, $60 \pm 15\%$ de umidade relativa e no escuro.

2.2. Obtenção do pólen e de Astigmatina

O pólen foi obtido a partir de inflorescências trazidas ao laboratório e mantidas em um frasco com água, sobre uma superfície branca para coletar os grãos de pólen, que foram armazenados em geladeira (cerca de 10 °C) para uso nos testes. Os espécimes de *T. crascentiseta* foram obtidos de uma colônia estabelecida no laboratório em um recipiente plástico (10 cm de diâmetro e 6 cm de altura), alimentado com gérmen de trigo a cada sete dias (Barbosa e Moraes, 2015).

2.3. Colônia de *Diaphorina citri*

Estabelecida de insetos coletados no campus da ESALQ. Os psílídeos foram mantidos em plantas de murta, *Murraya paniculata* (L.) (Rutaceae), mantidas em um telado. A inoculação e transferência deles foram realizadas diariamente, quase sempre à tarde. Para proteger as plantas inoculadas, um pedaço de tecido fino (tipo voal) era colocado em cada unidade, transferindo-se, com ajuda de um aspirador manual 200 psílídeos de uma planta infestada para outra a ser infestada.

As plantas de murta eram podadas semanalmente e adubadas cada 15 dias com 10-10-10 NPK (0,5 g por cada planta), com a finalidade de estimular a brotação das mesmas. No telado, a temperatura variou entre 20-30°C e a umidade relativa, entre 30-60%.

2.4. Unidades experimentais

Cada unidade experimental consistiu de uma pequena placa de Petri (2 cm de altura x 3 cm de diâmetro) cuja base era coberta com uma camada de caragenina, sobreposta por um disco maduro de folha de limão (2 cm de

diâmetro). As folhas não eram nem muito novas, nem muito velhas e com a face ventral para cima. A camada de caragenina foi preparada dissolvendo cerca de 11,0 g de caragenina em 75 ml de água destilada aquecida a 80-90°C por 30 segundos em um forno de microondas. Essa quantidade era suficiente para preparar 22 unidades experimentais (Figura 7).

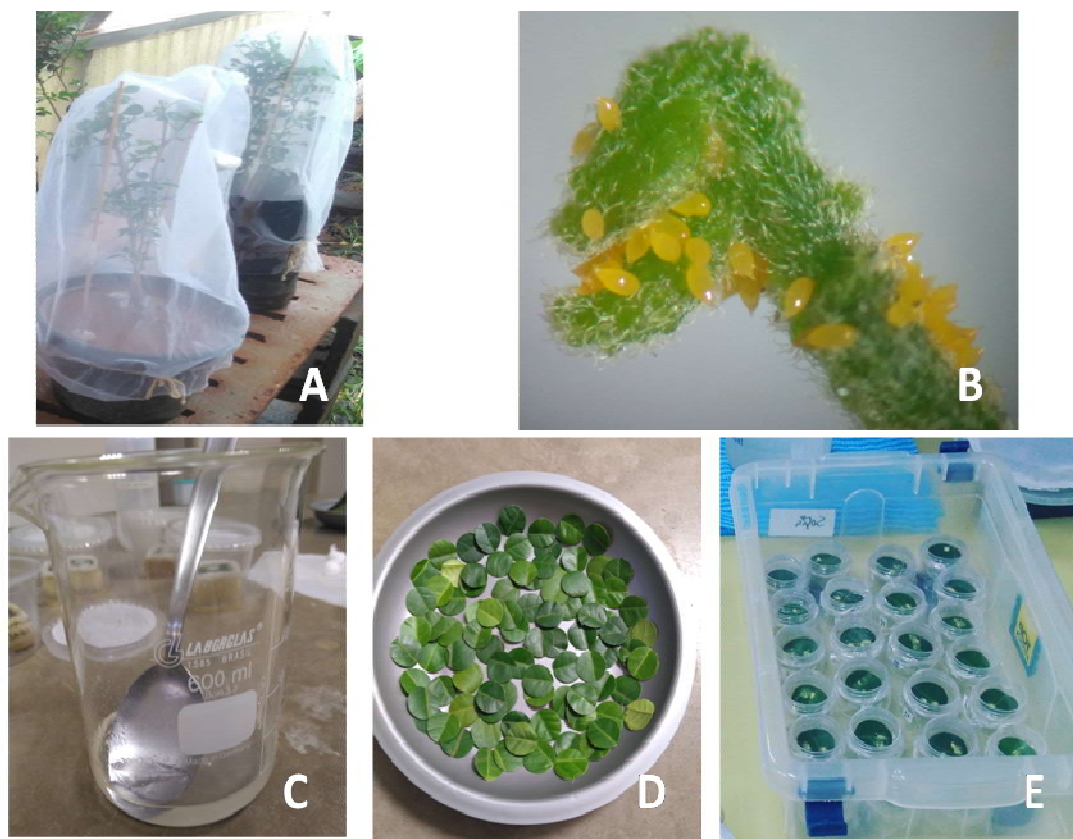


Figura 7. A. Criação de *Diaphorina citri* B. ovos de *D. citri* em brotes de *Murraya paniculata* C. preparação de caragenina D. discos de folhas de limão E. unidades experimentais.

2.5. Predação e oviposição com diferentes presas

Cada unidade continha cinco ovos de *D. citri* com até 48 h de idade, extraídos de brotos de *M. paniculata* com a ajuda de uma agulha fina. Estes eram disponibilizados a cada predador em um quadrado de folha de murta

(aproximadamente 0,5 cm de lado). Uma fêmea adulta de *A. herbicolus* recém emergida foi transferida para cada unidade. No total, foram avaliadas 22 fêmeas para cada tratamento. Os tratamentos constituíram das seguintes combinações de alimento: ovos de *D. citri*; ovos de *D. citri* + pólen de *R. communis*; ovos de *D. citri* + *T. crascentiseta* + pólen de *R. communis*; pólen de *R. communis*; *T. crascentiseta*; *T. crascentiseta* + pólen de *R. communis*.

As unidades foram seladas com um filme plástico (Magipac®) para impedir que os ácaros escapassem, realizando-se pequenos orifícios com um alfinete entomológico, para facilitar a aeração. Foram mantidas em uma câmara climatizada a 26 ± 1 ° C, $60 \pm 15\%$ de umidade relativa, no escuro. O estudo foi realizado por 11 dias consecutivos, com uma avaliação a cada 24 h feita sob estereomicroscópio. As variáveis avaliadas foram o número de ovos postos e número de presas consumidas (ovos de *D. citri*) por fêmea do predador por dia. Os resultados do primeiro dia foram descartados, para reduzir a interferência da alimentação anterior. No final de cada avaliação diária, os ovos de *D. citri* eram todos substituídos por novos ovos.

2.6. Análise estatística

Foram calculados os níveis de predação e oviposição média diária por fêmea. A distância de Cook foi utilizada para detectar valores atípicos nas variáveis. Estes foram excluídos após o cálculo da distância de Cook após confirmar que os dados influenciaram as medidas de posição e dispersão do conjunto de dados. Para ambas as variáveis, valores atípicos removidos corresponderam a dados das mesmas repetições (mesmo ácaro num tratamento), o que pode indicar que esses ácaros em particular poderiam estar influenciados por um fator externo. ANOVA foi usada para determinar o efeito da dieta nas duas variáveis (predação e oviposição) e um teste de Tukey foi utilizado para ver as diferenças entre médias de oviposição e predação.

Todas as análises foram realizadas com o software R (versão 3.6.2, 2019; pacotes MASS, ExpDes.pt e hnp).

3. Resultados

3.1. Predação com diferentes presas

Níveis estatisticamente menores de predação (Tabela 2) foram observados quando a dieta era composta por três elementos (*Diaphorina citri* + *Tyreophagus crascentiseta* + pólen de *Ricinus communis*). Por outro lado, não foram observadas diferenças nos níveis de predação obtidos quando ovos de *D. citri* foram oferecidos isoladamente (3,3 ovos consumidos/fêmea/dia) ou em combinação com pólen (3,7 ovos consumidos/fêmea/dia).

Tabela 2. Predação de *Amblyseius herbicolus* (Chant) em diferentes dietas a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro. Os valores correspondem às médias sem os valores atípicos excluídos nas análises.

Dieta	Predação (ovos de <i>Diaphorina citri</i> consumidos/fêmea/dia)
<i>Diaphorina citri</i> (ovos)	3.3 ± 0.14^a
<i>Diaphorina citri</i> (ovos) + pólen de <i>Ricinus communis</i>	3.7 ± 0.2^a
<i>Diaphorina citri</i> (ovos) + <i>Tyreophagus crascentiseta</i> + pólen de <i>R. communis</i>	1.9 ± 0.15^b
Pólen de <i>R. communis</i>	- ¹
<i>Tyreophagus crascentiseta</i>	- ¹
<i>Tyreophagus crascentiseta</i> + pólen de <i>R. communis</i>	- ¹

¹não avaliado; tratamentos cujas médias são seguidas por uma mesma letra não são significativamente diferentes (ANOVA e teste de Tukey, $p < 0,05$).

3.2. Oviposição com diferentes presas

Os níveis de oviposição foram similares (Tabela 3) quando *A. herbicolus* foi alimentado com ovos de *Diaphorina citri* associados apenas com pólen de *Ricinus communis*, com pólen de *R. communis* e com *Tyreophagus crascentiseta*, apenas com *T. crascentiseta*, ou com pólen de *R. communis* e *T. crascentiseta*, variando entre $1,2 \pm 0,07$ e $1,6 \pm 0,1$ ovos por dia. Estes níveis foram maiores que os obtidos quando o predador foi alimentado apenas com ovos de *D. citri* ou apenas com pólen de *R. communis*, níveis estes que não diferiram entre si, sendo respectivamente de $0,6 \pm 0,04$ e $0,8 \pm 0,07$ ovos por dia.

Tabela 3. Oviposição diária de *Amblyseius herbicolus* (Chant) em diferentes dietas a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro. Os valores correspondem às médias sem os valores atípicos excluídos nas análises.

Dieta	Oviposição (ovos/fêmea/dia)
<i>Diaphorina citri</i> (ovos)	$0,6 \pm 0,04\text{b}$
<i>Diaphorina citri</i> (ovos) + pólen de <i>Ricinus communis</i>	$1,2 \pm 0,07 \text{ a}$
<i>Diaphorina citri</i> (ovos) + <i>Tyreophagus crascentiseta</i> + pólen de <i>R. communis</i>	$1,3 \pm 0,09 \text{ a}$
Pólen de <i>R. communis</i>	$0,8 \pm 0,07\text{b}$
<i>Tyreophagus crascentiseta</i>	$1,6 \pm 0,1 \text{ a}$
<i>Tyreophagus crascentiseta</i> + pólen de <i>R. communis</i>	$1,3 \pm 0,09\text{a}$

4. Discussão

Amblyseius herbicolus conseguiu se alimentar de todas as dietas oferecidas. Não foi observada redução significativa da predação em ovos

quando estes estavam associados a outros tipos de alimento. Considerando-se a predação, os níveis encontrados foram relativamente altos comparados ao que foi determinado por Fang et al. (2013) para *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans), que predou 1,7 ovos de *D. citri* por dia. Por outro lado, com outra presa, ovos de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius), Cavalcante et al. (2015) relatou a predação de 11,0 ovos ao dia por fêmea deste predador, valor muito superior ao observado para outros predadores avaliados *Amblydromalus limonicus* (Garman e McGregor), *Amblyseius largoensis* (Muma), *Amblyseius tamatavensis* Blommers e *Neoseiulus tunus* (De Leon).

Considerando a oviposição, o valor encontrado quando apenas ovos de *D. citri* estavam presentes era muito baixo. A disponibilidade de outros alimentos permitiu uma maior oviposição, mas isso não significa necessariamente que o potencial do predador em afetar a população de *D. citri* seja prejudicado. Pelo contrário, a presença de outros alimentos pode elevar o nível de aumento populacional de *A. herbicolus*, aumentando também o número de *D. citri* predados no total.

Os resultados indicaram que para a criação de *A. herbicolus* em laboratório para sua eventual liberação a campo, certamente é mais conveniente utilizar ácaros Astigmatina como alimento. Diversos autores têm mostrado bom desempenho de predadores fitoseídeos quando Astigmatina é oferecido como alimento. Em condições de laboratório, Cavalcante et al, (2015), trabalhando com *A. herbicolus* e outros fitoseídeos, mostraram alta capacidade de oviposição com um outro Astigmatina (*Aleuroglyphus ovatus* (Troupeau)). Resultado semelhante foi relatado por Massaro et al. (2016) com *A. tamatavensis* alimentado com *A. ovatus* e *T. crascentiseta*. Albuquerque e Moraes (2008) estudaram o fitoseídeo *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma, oferecendo como alimento o Astigmatina *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank), observando que o predador apresentou alta oviposição quando alimentados com os ovos deste Astigmatina.

No entanto, há que se considerar que os Astigmatina são raros em plantas de citros, o que indica que a ação de *A. herbicolus* não seria negativamente afetada por esta presa no campo. Por outro lado, a presença do pólen de *R. communis* não se mostrou vantajosa para a criação de *A. herbicolus* quando o Astigmatina estava presente. A presença de pólen sobre as plantas no campo pode certamente ocorrer. No entanto, os resultados deste estudo mostraram que a predação de ovos de *D. citri* por *A. herbicolus* não foi afetada pela presença de pólen.

O presente trabalho, mais uma vez mostrou o comportamento generalista de *A. herbicolus*, como determinado para outras espécies de *Amblyseius*, o que é visto de certa forma como uma vantagem, permitindo a permanência do predador no ambiente quando a praga a ser controlar se encontra temporariamente em níveis reduzidos. Estudos complementares devem ser conduzidos para, em estudos semelhantes a este, se comparar o potencial de outras populações de *A. herbicolus* como agente de controle de *D. citri*. Estudos conduzidos em laboratório por Massaro e Moraes (2019) demonstraram a grande variação que pode haver entre o potencial de distintas populações de espécies de *Amblyseius* para o controle de pragas, e a possibilidade de se selecionar populações significativamente mais eficientes.

5. Referências

- Albuquerque FA, de Moraes GJ (2008) Perspectivas para a criação massal de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark e Muma (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, v.37, p. 328-333.
- Barbosa MFC, de Moraes GJ (2015) Evaluation of astigmatid mites as factitious food for rearing four predaceous phytoseiid mites (Acari: Astigmatina: Phytoseiidae). **Biological Control** 91: 22–26.
- Bové JM (2006) Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Milan, v. 88, n. 1, p. 7-37.

Castillo AB, Noronha ACS (2008) Estudio de los aspectos fundamentales de la biología de *Amblyseius aerialis* (Muma) (Acari: Phytoseiidae) en condiciones de laboratorio. **CitriFrut**, 25 (1): 45-52.

Cavalcante ACC, Santos VLV, Rossi LC, de Moraes GJ (2015) Potential of five Brazilian populations of Phytoseiidae (Acari) for the biological control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economic Entomology** 108: 29–33.

Demite PR, de Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark AH, Castilho RC (2020) **Phytoseiidae Database**. www.lea.esalq.usp.br/Phytoseiidae. Acesso em: 06 abr. 2020.

Fang XLUH, Ouyang G, XiaY, Guo M, Wu W (2013) Effectiveness of two predatory mite species (Acari: Phytoseiidae) in controlling *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Florida Entomologist** 96: 1325–1333.

Ferreira CT, Krug C, de Moraes GJ (2020) Effect of pollen of different plant species on the oviposition of two phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in citrus orchards in the Brazilian Amazonia. **Acarologia** v, 60, pag. 22-29. doi: 10.24349/acarologia/20204360

Furtado IP, Toledo S, Moraes G, Kreiter S, Knapp M (2007) Search for effective natural enemies of *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in northwest Argentina. **Experimental and Applied Acarology** 43: 121-127.

Gottwald TR (2010) Current epidemiological understanding of citrus huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology**, 48: 119–139.

Hoy MA (2011) Agricultural Acarology: Introduction to Integrated Mite Management. CRC Press, Boca Raton, 410p. <https://dx.doi.org/10.1201/b10909>

Lam W, Paynter Q, Zhang ZQ (2019) Predation, prey preference and reproduction of predatory mites *Amblydromalus limonicus* (Garman), *Amblyseius herbicolus* (Chant) and *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Mesostigmata: Phytoseiidae) on immature *Sericothrips staphylinus* Haliday (Thysanoptera: Thripidae), a biocontrol agent of gorse. **Systematic and Applied Acarology**, 24(3): 508-519.

Lofego AC, de Moraes GJ (2005) Taxa de oviposição dos predadores *Amblyseius acalyphus* e *Amblyseius neochiapensis* (Acari: Phytoseiidae) com diferentes tipos de alimento. **Arquivos do Instituto Biológico** (São Paulo), 72: 379-382.

Maoz Y, Gal S, Argov Y, Domeratzky S, Melamed E, Gan-Mor S, Coll M, Palevsky E (2014) Efficacy of indigenous predatory mites (Acari: Phytoseiidae) against the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae):

augmentation and conservation biological control in Israeli citrus orchards. **Experimental and Applied Acarology** 63: 295–312. <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-014-9786-y>

Massaro M, Moraes GJ (2019) Predation and oviposition potential of Brazilian populations of the predatory mite *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) on eggs of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Acarologia**, 59(1), 120–128. doi:10.24349/acarologia/20194314

Massaro M, Martin JAPI, Moraes GJ (2016) Factitious food for mass production of predaceous phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) commonly found in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.8, p. 297–320.

McMurtry JA, Scriven GT (1964) Studies on the feeding, reproduction, and development of *Amblyseius hibisci* (Acarina: Phytoseiidae) on various food substances. **Annals of the Entomological Society of America**, 57, 649–655.

McMurtry JA, Scriven GT (1965) Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology**, 58: 282–284.

McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, 42: 291–321. doi:10.1146/annurev.ento.42.1.291

McMurtry JA, Moraes GJD, Sourassou FN (2013) Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**. 18: 297–320.

Mineiro JLC, Sato ME, Berton LHC, Raga A (2019) Mites (Arachnida: Acari) on coffee plants in forest fragment and conventional plantation in Monte Alegre do Sul, State of São Paulo, Brazil. **Biológico**, São Paulo, v.81, p. 1–30.

Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA (1986) A Catalog of the Mite Family Phytoseiidae. References to Taxonomy, Synonymy, Distribution and Habitat. Embrapa, Brasília, 353 pp.

Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA, Campos CB (2004) A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**. Auckland, Magnolia Press, p. 494

Nomikou M, Janssen A, Sabelis MW (2003) Phytoseiid predators of whiteflies feed and reproduces on non-prey food sources. **Experimental and Applied Acarology**, 31, 15–26. <http://dx.doi.org/10.1023/B:APPA.0000005142.31959.e8>.

Nomikou M, Sabelis MW, Janssen A (2010) Pollen subsidies promote whitefly control through the numerical response of predatory mites. **Biocontrol** 55, 253–260. <http://dx.doi.org/10.1007/s10526-009-9233-x>.

Oliveira H, Fadini M, Rezende D, Soto Giraldo A, Girón Pérez K, Aramendiz Tatis H, Pallini A (2009) Biología do ácaro predador *Amblyseius herbicolus* alimentado por pólen e pela presa *Tetranychus urticae*. **Temas Agrarios**, v. 14, n. 2, p. 43-45,

Pérez R, Mansilla P, López MJ (2005) Primer inventario de ácaros fitoseídeos sobre cultivos hortícolas en la comarca de O Salnés (Pontevedra). **Boletín de Sanidad Vegetal y Plagas** 31: 343-350.

Pijnakker J, Arijs Y, de Souza A, Cellier M, Wäckers F (2016) **The use of *Typha angustifolia* (cattail) pollen to establish the predatory mites *Amblyseius swirskii*, *Iphiseius degenerans*, *Euseius ovalis* and *Euseius gallicus* in glasshouse crops**. IOBC WPRS Bull. 120, 47–54. https://www.iobcwprs.org/members/shop_en.cfm?mod_Shop_detail_produkte=166

Reis PR, Teodoro AV, Pedro Neto M (2007a) História de vida de *Amblyseius compositus* Denmark e Muma predando *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Phytoseiidae: Tenuipalpidae). **Coffee Science** 2: 150-158.

Reis PR, Teodoro AV, Pedro Neto M, Silva EA (2007b) Life history of *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) on coffee plants. **Neotropical Entomology**, v.36,p. 282-287.

Rodríguez-Cruz FA, Venzon M, Pinto CMF (2013) Performance of *Amblyseius herbicolus* on broad mites and on castor bean and sunnhemp pollen. **Experimental and Applied Acarology**, 60: 497–507.

Tabachnick WJ (2015) *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) vector competence for the citrus greening pathogen ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’. **Journal of Economic Entomology**, 108(3), 839-848.

van Rijn P, Sabelis M (1993) **Does alternative food always enhance biological control? The effect of pollen on the interaction between flower thrips and its predator**. IOBC/WPRS Bulletin 16: 123-125.

van Rijn PCJ, an Houten YM, Sabelis MW (2002) How plants benefit from providing food to predators even when it is also edible to herbivores. **Ecology** 83, 2664–2679.
[http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2664:HPBFPP\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2664:HPBFPP]2.0.CO;2).

van Rijn PCJ, Tanigoshi LK (1999) The contribution of extrafloral nectar to survival and reproduction of the predatory mite *Iphiseius degenerans* on *Ricinus communis*. **Experimental and Applied Acarology**, 23, 281–296.
<http://dx.doi.org/10.1023/A>.

Capítulo 5 – Seleção artificial do ácaro predador *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae) em relação às taxas de predação e oviposição em ovos quando alimentado com ovos do psílideo *Diaphorina citri* (Hemiptera: Leptotetranychidae)

Resumo – *Amblyseius herbicolus* (Chant) tem sido relatado em diferentes regiões do Brasil. Alguns estudos demonstraram diferenças biológicas entre populações de fitoseídeos. O melhoramento genético possibilita obtenção de indivíduos ou populações com características desejáveis, podendo isto se aplicar para melhorar a eficácia de *A. herbicolus* como predador de pragas. Os objetivos deste trabalho foram: a) comparar três populações de *A. herbicolus* (Goiás, Minas Gerais e São Paulo) em relação ao potencial de predação e oviposição quando alimentado com ovos de *Diaphorina citri* Kuwayama b) seleccionar em laboratório uma linhagem de *A. herbicolus* com maior potencial de predação e oviposição para esta finalidade. Para os testes das populações, foram selecionadas 15 fêmeas recém emergidas, individualizadas em unidades experimentais, cada unidade com cinco ovos de *D. citri*. O número de ovos consumidos e a oviposição foram avaliados por cinco dias. Para a seleção, 50 fêmeas do predador tomadas da colônia de criação foram individualizadas em unidades experimentais, cada uma também contendo cinco ovos de *D. citri*. O número de ovos consumidos e oviposição avaliados por cinco dias. Ao final deste período, calcularam-se a taxa de predação de cada fêmea, utilizando este parâmetro para seleccionar os 10% dos predadores com maiores níveis de predação. A progênie destes foi utilizada para iniciar uma nova população, repetindo-se o processo por cinco vezes. Avaliaram-se também a quantidade de ovos ovipositados nas cinco vezes que foi feito o procedimento. Das três populações avaliadas inicialmente, as melhores características foram apresentadas pela população de Botucatu/SP, com a predação de 4,3 ovos/fêmea/dia, e para a oviposição 1,2 ovos/fêmea/dia. Subsequentemente, ao se concluir os cinco ciclos de seleção, a predação média das 50 fêmeas não mudou significativamente, havendo um ganho genético total negativo para a predação (-0,19) e a oviposição (-0,18). O processo de melhoramento demonstrou que os resultados não foram muito promissórios, o que poderia ser atribuído à forma de

reprodução telítoca deste predador, diferentemente da grande maioria dos fitoseídeos, e/ou devido ao reduzido número de populações avaliadas.

Palavras-chaves: ácaro predador, Controle biológico, melhoramento genético

Artificial selection of the predatory mite *Amblyseius herbicolus* (Acari: Phytoseiidae) in relation to the predation and oviposition fees in eggs when feeded with the eggs of the psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Levidae)

Abstract – *Amblyseius herbicolus* (Chant) has been reported in different regions of Brazil. Some studies have demonstrated biological differences between populations of phytoseiids. Genetic improvement makes it possible to have preference or populations with desirable characteristics, which can be applied to improve the effectiveness of *A. herbicolus* as a pest predator. The objectives of the work were: a) to compare three groups of *A. herbicolus* (Goiás, Minas Gerais and São Paulo) in relation to the potential of predation and oviposition when fed with *Diaphorina citri* Kuwayama eggs b) to select in the laboratory a strain of *A. herbicolus* with greater potential for predation and oviposition for this important. For the testicles of the populations, 15 emerged abandoned animals were selected, individualized in experimental units, each unit with five *D. citri* eggs. The number of eggs consumed and oviposition were taken for five days. For the selection, 50 selection of the predator to obtain the breeding colony were individualized in experimental units, each also containing five *D. citri* eggs. The number of eggs consumed and oviposition obtained for five days. At the end of this period, the predation rate of each female was calculated, using this parameter to select the 10% of predators with the highest levels of predation. Their progeny was used to start a new population, repeating or processing five times. The number of oviposited eggs was also evaluated in the five times the procedure was performed. Of the three populations evaluated, the best characteristics were evaluated by the population of Botucatu/SP, with a predation of 4.3 eggs / female / day, and for oviposition 1.2 eggs / female / day. Subsequently, when obtaining the five selection cycles, the average predation of the 50 persistence did not change, with a negative total genetic gain for predation (-0.19) and oviposition (-0.18). The breeding process altered that the results were not very promising, which could be attributed to the form of telitric reproduction of this predator, unlike the vast majority of phytoseiids, and / or due to the reduced number of members evaluated.

Keywords: predatory mite, biological control, genetic improvement

1. Introdução

Diaphorina citri Kuwayama é o vetor das bactérias *Candidatus Liberobacter americanus* e *Candidatus Liberobacter asiaticus* (Halbert e Manjunath, 2004; Bové, 2006), causadora da doença conhecida como Huanglongbing (HLB) em citros. Esta doença foi constatada pela primeira vez na região de Araraquara em 2004, causando sérios prejuízos (Colletta-Filho et al., 2004). O controle é baseado na aplicação intensiva de agrotóxicos, com consequências negativas para o ecossistema (Chen et al., 2017) e incremento da dificuldade de controle, em função do desenvolvimento da resistência do vetor aos produtos utilizados (Boina e Bloomquist, 2015).

Atualmente, cuidar do ecossistema e reduzir o uso de agrotóxicos e envolve na utilização de outras ferramentas, uma delas sendo o controle biológico das pragas. Os ácaros Phytoseiidae são considerados importantes para o controle de ácaros e pequenos insetos que causam danos às plantas (Hoy, 1990; McMurtry e Croft, 1997). O fitoseídeo *Amblyseius herbicolus* (Chant) é um ácaro predador encontrado no Brasil e em 46 outros países (Demite et al., 2020). Este tem sido relatado em associação com os ácaros fitófagos *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Reis et al., 2007) e *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Rodríguez-Cruz et al., 2013), respectivamente das famílias Tenuipalpidae e Tarsonemidae. Estudos de laboratório têm também mostrado que este predador consome ovos de mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Cavalcante et al., 2015).

A possibilidade da utilização de ácaros fitoseídeos para o controle de *D. citri* ainda não tem sido devidamente estudada, encontrando-se relatos pouco satisfatórios sobre o potencial das seguintes espécies: *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Juan-Blasco et al., 2012 e Zhang et al., 2015), *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Fang et al., 2013 e Zhang et al., 2015) e *Neoseiulus barkeri* Hughes (Fang et al., 2013). Em um trabalho apresentado no Capítulo 3 desta tese, observou-se que duas populações de *A. herbicolus* (Prados/MG e Pirenópolis/GO) apresentavam os melhores resultados de

predação quando alimentados com ovos de *D. citri* em relação a outros alimentos oferecidos. No Capítulo cinco, observou-se que o predador *Amblyseius herbicolus* Pirenópolis/GO responde muito bem quando é alimentado com *Tyreophagus crascentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes, ácaro do grupo Astigmatina, sendo aparentemente possível criá-lo de forma massal com esta presa.

Segundo Magalhães e Matos (2012), é possível selecionar organismos com determinadas características através da seleção artificial em laboratório. Por exemplo, organismos com maior potencial de predação ou multiplicação. Resultados animadores têm sido citados na literatura, em relação à melhora dos agentes de biocontrole através deste processo (Routray et al., 2016; Lommen et al., 2017).

Segundo Hoy (1990), uma forma de aumentar a eficácia de agentes de controle biológico se baseia em processos de melhoramento genético, que possibilita a alteração de características genéticas de forma dirigida e que leva à maior eficácia de inimigos naturais para controle biológico de pragas. Relatos sobre trabalhos de melhoramento genético de inimigos naturais para o controle biológico de pragas têm envolvido principalmente a seleção de organismos resistentes à ação de inseticidas organofosforados (Croft, 1970; Croft e Brown, 1975) e enxofre (Hoy e Standow, 1982); tolerância a temperaturas extremas e ausência de diapausa (Hoy, 1984; 1990; van Houten et al., 1995; Whitten e Hoy, 1996).

Atualmente, existe um único relato sobre o melhoramento genético de ácaros predadores visando a aumentar a eficiência de ácaros predadores para aumentar os níveis de predação de pragas e oviposição. Massaro (2019) relatou que depois de testar as duas características mencionadas por seis vezes consecutivas, o ácaro fitoseídeo *Amblyseius tamatavensis* Blommers conseguiu um ganho genético de aproximadamente 15% em relação à população inicial em relação à capacidade de predação. O presente trabalho

foi conduzido, considerando a possibilidade de se obter resultados semelhantes em relação à predação em ovos de *D. citri* por *A. herbicolus*. Os objetivos do trabalho foram: a) comparar três populações de *A. herbicolus* em relação à capacidade de predação e de oviposição quando alimentadas com ovos de *D. citri*, b) seleccionar em laboratório uma linhagem de *A. herbicolus* com maior potencial de predação e oviposição, sendo assim mais favorável para o controle desta praga.

2. Material e Métodos

2.1. Colônias de *Amblyseius herbicolus*

Os ácaros utilizados para este estudo foram coletados entre agosto de 2018 e janeiro de 2019 nas seguintes substratos e localidades: ramos, folhas e flores de *Hirtella martiana* Hook f. (Chrysobalanaceae) em Pirenópolis, estado de Goiás; ramos e folhas de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae) em Prados, estado de Minas Gerais; folhas *Litchi chinensis* Sonn (Sapindaceae) em Botucatu, estado de São Paulo. O material coletado foi transportado para o Laboratório de Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, onde as colônias foram estabelecidas.

As amostras coletadas foram observadas sob estereomicroscópio, transferindo-se os predadores com ajuda de um pincel fino para uma unidade de criação semelhante à descrita por McMurtry e Scriven (1965). Cada unidade constituída de uma bandeja de plástico (23 x 13,5 x 4,5 cm) contendo um pedaço de espuma de náilon e sobre este uma folha de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformis* L. (cerca de 80 cm²). A espuma foi mantida úmida com a adição periódica de água destilada, para manter a umidade e evitar que os ácaros escapassem. Cada população foi alimentada a cada dois dias com uma mistura de pólen de *Ricinus communis* L. e de diferentes estágios de *T. crascentiseta*. As três populações permaneceram em uma câmara climatizada, a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ de umidade relativa e no escuro.

Os alimentos oferecidos para as três populações foram obtidos como descrito no capítulo anterior. O pólen foi armazenado em geladeira para permitir seu uso ao longo do estudo.

2.2. Colônia de *Diaphorina citri*

Esta foi estabelecida com insetos coletados no câmpus da ESALQ. Como mencionado no estudo do capítulo anterior, os psílídeos foram criados em plantas de murta, *Murraya paniculata* (L.) (Rutaceae), mantidas em um telado. Diariamente, realizava-se a inoculação e transferência dos insetos, de preferência no período da tarde. As plantas inoculadas foram protegidas com um tecido fino (tipo voal), transferindo-se 200 a 250 psílídeos por planta.

A temperatura e a umidade relativa no telhado não foram controladas, variando entre 25-35°C e 30-70%, respectivamente.

2.3. Identificação dos ácaros

Para a identificação dos ácaros, foram montadas 15 fêmeas de cada população em lâminas com meio de Hoyer sendo estas colocadas em estufa por seis dias a 60°C. Tomando em conta a recomendação de Tixier (2012), para a obtenção de uma precisão de 15% seria necessária a medição de pelo menos 10 ácaros. Para o caso das fêmeas, realizaram-se as medições dos seguintes parâmetros: comprimento do escudo dorsal (CED), largura do escudo dorsal (LED), largura anterior (LAEV) e posterior (LPEV) do escudo ventrianal; comprimento das setas idiossomais dorsais (*j1*, *j3*, *j4*, *j5*, *J2*, *J5*, *z2*, *z4*, *z5*, *Z1*, *Z4*, *Z5*, *s4*, *S2*, *S4*, *S5*, *r3*, *R1*, de acordo com Rowell et al., 1978); comprimento de setas idiossomais ventrais (*St1*, *St2*, *St3*, *St5*, *Jv1*, *Jv2*, *Jv4*, *Jv5*, *Zv1*, *Zv2*, *Zv3*, de acordo com Chant e Yoshida-Shaul, 1991); comprimento das macrosetas da perna IV e comprimento do cálice da spermateca. As avaliações foram feitas em um microscópio óptico de contraste de fase (Leica DMLB).

2.4. Testes de predação e oviposição das populações de *A. herbicolus*

Para a realização dos testes, foram preparadas unidades experimentais consistindo cada uma de uma pequena placa de Petri (2 cm de altura x 3 cm de diâmetro) cuja base foi coberta com uma camada de caragenina, sobreposta por um disco maduro de folha de limão (2 cm de diâmetro). As folhas escolhidas eram nem muito novas nem muito velhas, sendo colocadas com a face ventral para cima. A camada de caragenina foi preparada dissolvendo cerca de 22,0 g deste material em 150 ml de água destilada aquecida a 80-90°C por 30 segundos em um forno de microondas. Essa quantidade era suficiente para preparar 45 unidades experimentais.

Cada unidade a testar continha cinco ovos de *D. citri* com até 48 h de idade, extraídos de brotos de *M. paniculata* com a ajuda de uma agulha fina. Estes eram disponibilizados a cada predador em um pequeno quadrado de folha de murta (aproximadamente 0,5 cm de lado). Em cada unidade foi colocado um predador. Foram avaliadas 15 fêmeas para cada população. Cada unidade foi selada com um filme plástico (Magipac®) para impedir que os ácaros escapassem, realizando-se pequenos orifícios com um alfinete entomológico, para facilitar a aeração. As unidades foram mantidas em uma câmara climatizada 26 ± 1 °C, $60 \pm 15\%$ de umidade relativa, no escuro.

O estudo foi realizado por seis dias consecutivos, com uma avaliação a cada 24 h feita sob estereomicroscópio. As variáveis avaliadas foram o número de ovos postos e número de ovos de *D. citri* atacados diariamente por predador. Os resultados do primeiro dia foram descartados, para reduzir a interferência da alimentação anterior. No final de cada avaliação diária, os ovos de *D. citri* foram substituídos por novos ovos.

2.5. Processo de seleção

Com os resultados obtidos para as distintas populações, selecionou-se a de melhor desempenho para o processo subsequente de seleção dentro da população. Neste processo, consideraram-se os parâmetros de predação e oviposição. Inicialmente, 50 fêmeas recém emergidas de *A. herbicolus* foram tomadas da colônia de criação e individualizadas em unidades experimentais,

cada uma contendo cinco ovos de *D. citri* de até 48 h de idade, retirados da colônia de criação na casa-de-vegetação. Também neste caso, o número de ovos consumidos diariamente por predador foi avaliado durante cinco dias, sendo estes repostos diariamente.

As unidades experimentais utilizadas foram semelhantes a aquelas do teste anterior. Também neste caso, para evitar a fuga dos ácaros, cada unidade foi vedada com um pedaço de filme plástico (Magipac®), realizando-se pequenos orifícios com um alfinete entomológico, para facilitar a aeração. As condições climáticas foram às mesmas da fase anterior do estudo.

Ao final do quinto dia de avaliação, calculou-se a taxa de predação de cada fêmea. Esse parâmetro foi utilizado para selecionar os indivíduos com maior nível de predação, que foram mantidos no processo de seleção. A intensidade da seleção a utilizar foi de 10%. Assim, a progênie das cinco fêmeas que apresentaram melhor desempenho foi mantida no ensaio para a formação da nova população, descartando-se as progênies dos demais ácaros e a colônia anterior. As progênies das cinco fêmeas selecionadas foram utilizadas para compor uma única colônia. Esta foi mantida por aproximadamente 25 dias, para a multiplicação dos indivíduos, até o início de um novo ciclo de seleção, conduzido com a mesma metodologia. O processo experimental foi repetido seis vezes.

2.6. Análise estatística

Cada parâmetro morfométrico foi comparado entre as populações iniciais de *A. herbicolus*, usando ANOVA, quando os dados satisfizeram as premissas de normalidade (teste Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste Bartlett). No caso do comprimento de j_6 , J_2 , z_2 , Z_1 , Z_4 , $St1-St3$, $JV1$, $JV2$, $JV4$, $ZV2$, $ZV3$, LAEV e LPEV, utilizou-se um modelo linear com distribuição quase-poisson, tendo em vista que as premissas não foram atendidas. Quando foram detectadas diferenças significativas, realizou-se o teste post hoc de Tukey ($\alpha=0.05$) considerando o modelo utilizado.

Para comparar a predação e oviposição entre as populações, foram calculadas a média do número de ovos de *D. citri* predados e ovos ovipositados por fêmea das três populações durante cinco dias de avaliação. Essas variáveis foram analisadas com ANOVA porque os dados satisfizeram as premissas de normalidade (teste Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste Bartlett). O teste post hoc de Tukey ($\alpha=0.05$) foi utilizado para analisar diferenças entre médias.

Para comparar a predação e oviposição das cinco gerações obtidas, foram calculadas a média do número de ovos de *D. citri* predados e ovos postos por cada fêmea adulta de 50 fêmeas e das cinco melhores fêmeas durante cinco dias de avaliação. Como os dados não satisfizeram as premissas de normalidade (teste Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste Bartlett), o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e um teste de comparação múltipla após Kruskal-Wallis ($\alpha=0.05$) foi utilizado para determinar as diferenças estatísticas. Além disso, calculou-se o diferencial de seleção ($DS =$ média do grupo selecionado - média da população) e ganho genético ($\Delta g =$ média da população selecionada - média da população original).

Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa R (pacotes car, ExpDes, factoextra, ggplot2, hnp, multcomp e pgirmess; versão 4.0.0; The R foundation for StatisticalComputing, 2020-04-24).

3. Resultados

3.1. Caracterização morfológica

Diferenças significativas foram observadas unicamente para o comprimento das setas *j4*, *J2*, *z2*, *S5*, *Jv4*, *Jv5* e *Zv3*, comprimento do cálice da espermoteca e comprimento da macroseta da tíbia IV. No entanto, nenhuma população se destacou por apresentar dimensões consistentemente maiores para todos estes parâmetros. As médias das diferentes populações foram muito semelhantes entre si dentro de cada um dos parâmetros (Tabela 4).

Tabela 4. Comprimentos médios (medidas em micrômetros $\pm$ erro padrão da média) de diferentes parâmetros de três populações *Amblyseius herbicolus* coletadas em diferentes estados brasileiros.

	Goiás	Minas Gerais	São Paulo
CED	361.8 $\pm$ 4.2 a	362.8 $\pm$ 4.9 a	362.2 $\pm$ 3.2 a
LED	244.3 $\pm$ 3.2 a	249.3 $\pm$ 2.3 a	252.7 $\pm$ 2.7 a
<i>j1</i>	35.5 $\pm$ 0.4 a	35.5 $\pm$ 0.7 a	34.7 $\pm$ 0.8 a
<i>j3</i>	39.2 $\pm$ 0.4 a	39 $\pm$ 0.6 a	37.7 $\pm$ 0.5 a
<i>j4</i>	6.8 $\pm$ 0.3 a	5.3 $\pm$ 0.2 b	6.7 $\pm$ 0.4 a
<i>j5</i>	6 $\pm$ 0.4 a	5.5 $\pm$ 0.2 a	5.5 $\pm$ 0.2 a
<i>j6</i>	7 $\pm$ 0 a	7.3 $\pm$ 0.2 a	7.2 $\pm$ 0.2 a
<i>J2</i>	8.8 $\pm$ 0.5 b	9.5 $\pm$ 0.2 ab	10 $\pm$ 0 a
<i>J5</i>	9.5 $\pm$ 0.2 a	9.5 $\pm$ 0.2 a	9.2 $\pm$ 0.3 a
<i>z2</i>	10.8 $\pm$ 0.4 b	12 $\pm$ 0.3 a	12.2 $\pm$ 0.2 a
<i>z4</i>	10.3 $\pm$ 0.2 a	10.8 $\pm$ 0.3 a	10.5 $\pm$ 0.2 a
<i>z5</i>	5.5 $\pm$ 0.2 a	5.7 $\pm$ 0.2 a	6.2 $\pm$ 0.2 a
<i>Z1</i>	10.7 $\pm$ 0.5 ^a	10.5 $\pm$ 0.2 a	10.5 $\pm$ 0.3 a
<i>Z4</i>	98.5 $\pm$ 0.8 a	98.5 $\pm$ 1.3 a	103.7 $\pm$ 3.1 a
<i>Z5</i>	249 $\pm$ 4.7 a	257.8 $\pm$ 3.9 a	258.8 $\pm$ 2.9 a
<i>s4</i>	91.8 $\pm$ 1.2 a	91.8 $\pm$ 1.2 a	90.5 $\pm$ 0.5 a
<i>S2</i>	11.3 $\pm$ 0.2 a	11.5 $\pm$ 0.2 a	11 $\pm$ 0.4 a
<i>S4</i>	11.2 $\pm$ 0.3 a	10.5 $\pm$ 0.2 a	11 $\pm$ 0.4 a
<i>S5</i>	8.8 $\pm$ 0.5 a	10.3 $\pm$ 0.3 b	9.8 $\pm$ 0.2 ab
<i>r3</i>	12.7 $\pm$ 0.5 a	12.8 $\pm$ 0.3 a	12.3 $\pm$ 0.4 a
<i>R1</i>	8.8 $\pm$ 0.5 a	9.7 $\pm$ 0.2 a	9.5 $\pm$ 0.2 a
<i>St1-St3</i>	66.7 $\pm$ 0.8 a	66.7 $\pm$ 1.1 a	68.2 $\pm$ 1.2 a
<i>St2-St2</i>	73 $\pm$ 0.7 a	72.7 $\pm$ 0.9 a	73.5 $\pm$ 0.8 a
<i>St3-St3</i>	75.7 $\pm$ 1.3 a	75.3 $\pm$ 0.9 a	77 $\pm$ 0.6 a
<i>St5-St5</i>	64.3 $\pm$ 1.1 ^a	64.7 $\pm$ 0.3 a	66 $\pm$ 0.6 a
<i>Jv1</i>	20 $\pm$ 0 a	20.5 $\pm$ 0.3 a	20.3 $\pm$ 0.6 a
<i>Jv2</i>	20.7 $\pm$ 0.2 a	20.7 $\pm$ 0.3 a	21 $\pm$ 0.4 a
<i>Jv4</i>	8.2 $\pm$ 0.5 a	8.3 $\pm$ 0.3 ab	9.5 $\pm$ 0.2 b
<i>Jv5</i>	55.3 $\pm$ 1.5 a	60.5 $\pm$ 1.4 b	57.5 $\pm$ 0.9 ab
<i>Zv1</i>	14.2 $\pm$ 0.3 a	15 $\pm$ 0.3 a	14.8 $\pm$ 0.3 a
<i>Zv2</i>	15 $\pm$ 0.3 a	15.8 $\pm$ 0.4 a	15 $\pm$ 0.3 a
<i>Zv3</i>	7.3 $\pm$ 0.2 b	8.2 $\pm$ 0.2 a	8.2 $\pm$ 0.2 a
Cálice	31.3 $\pm$ 0.9 a	29.3 $\pm$ 0.5 ab	28.7 $\pm$ 0.5 b
<i>Sge IV</i>	114.2 $\pm$ 1.4 a	112.5 $\pm$ 1.2 a	116.5 $\pm$ 0.8 a
<i>Sti IV</i>	80.5 $\pm$ 0.7 ab	79 $\pm$ 1 b	82.5 $\pm$ 0.8 a
<i>StIV II</i>	67.8 $\pm$ 0.5 a	69 $\pm$ 0.4 a	68.7 $\pm$ 0.9 a
CEVA	111.2 $\pm$ 2.6 a	115.3 $\pm$ 2 a	115.2 $\pm$ 1.7 a
LAEV	51 $\pm$ 0.6 a	50 $\pm$ 0 a	51.5 $\pm$ 0.7 a
LPEV	66.2 $\pm$ 0.9 a	66 $\pm$ 1.4 a	66.3 $\pm$ 0.8 a

¹CED: comprimento do escudo dorsal entre a margem anterior e posterior ao longo da linha média; LED: largura do escudo dorsal no nível mais amplo da região podonotal; CEVA: comprimento do escudo ventrianal ao longo da linha média; LAEV e LPEV: largura anterior (no nível de $Zv2$) e posterior (no nível da abertura anal) do escudo ventrianal: *Sge/IV*, *Sti IV* e *St/IV*: comprimento da macroseta do genu, tíbia e tarso da perna IV; Cálice: comprimento do cálice da espermateca.

Para cada parâmetro, as médias seguidas pelas mesmas letras em cada linha não são estatisticamente diferentes (teste Tukey; $p > 0.05$)

3.2. Testes de predação e oviposição das três populações

Diferenças significativas entre as populações foram observadas tanto para a predação diária quando para a oviposição diária (Tabela 6). A predação diária foi maior para a população de Botucatu (SP) e de Pirenópolis (GO). A oviposição diária da população de Botucatu (SP) também foi maior que a das demais populações, em quanto à população de Prados (MG) foi à população com a menor oviposição diária (Tabela 5).

Tabela 5. Média diária ($\pm$ erro padrão da média) de ovos de *Diaphorina citri* predados e ovos postos pela fêmea adulta de populações de *Amblyseius herbicolus* de três estados brasileiros, a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro

	Predação	Oviposição
<i>Amblyseius herbicolus</i> (Botucatu/SP)	4.3 ± 0.2 a	1.2 ± 0.1 a
<i>Amblyseius herbicolus</i> (Pirenópolis/GO)	4.3 ± 0.2 a	0.8 ± 0.1 ab
<i>Amblyseius herbicolus</i> (Prados/MG)	3.5 ± 0.2 b	0.4 ± 0.1 b

As médias seguidas pelas mesmas letras em cada coluna não são estatisticamente diferentes (teste Tukey; $p > 0.05$).

Uma correlação significativa e positiva foi observada entre as taxas de oviposição e predação ($r=0.58$, $p = 3.528 \times 10^{-5}$).

3.3. Processo de seleção

A população selecionada para este processo foi a de Botucatu (SP), por apresentar os melhores resultados em quanto à oviposição e predação média diária. O diferencial de seleção variou de 0,6 a 1,2 presa/fêmea/dia ao longo do estudo (Tabela 6), representando este a diferença entre a predação média das 50 fêmeas e das cinco fêmeas selecionadas em cada geração. No entanto, após cinco gerações, a média das 50 fêmeas, ou seja, a média da população, não mudou significativamente. Um ganho genético positivo foi observado unicamente na última geração, resultando em ganho genético total negativo para todo o processo de (-0,19).

Tabela 6. Predação média diária ($\pm$ erro padrão da média) de ovos de *Diaphorina citri* predados e parâmetros genéticos avaliados após cada ciclo de seleção de *Amblyseius herbicolus*, a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro

	Geração				
	1	2	3	4	5
Média de 50 ♀	4.3 $\pm$ 0.1 a	4.1 $\pm$ 0.1 a	4.0 $\pm$ 0.1 a	3.7 $\pm$ 0.2 a	4.1 $\pm$ 0.1 a
Média das 5 melhores ♀	4.9 $\pm$ 0.1 a	4.8 $\pm$ 0.1 a	5.0 $\pm$ 0 a	4.9 $\pm$ 0.1 a	4.8 $\pm$ 0.1 a
DS	0.64	0.70	1.00	1.21	0.70
Δg	-	-0.15	-0.13	-0.33	0.42

DS= diferencial de seleção; Δg = ganho genético. As médias seguidas pelas mesmas letras em cada linha não são estatisticamente diferentes (Teste de comparação múltipla após Kruskal-Wallis; $p > 0.05$)

Na seleção para oviposição, o valor do diferencial de seleção para oviposição foi sempre baixo, variando de 0,2 a 0,6 ovos / fêmea / dia (Tabela 7). O ganho genético foi positivo em todas as gerações, exceto na terceira em

que o valor obtido foi negativo, resultando em ganho genético total negativo (-0,18).

Tabela 7. Oviposição média diária ($\pm$ erro padrão da média) ovos postos pela fêmea adulta de e parâmetros genéticos avaliados após cada ciclo de seleção de *Amblyseius herbicolus*, a $26 \pm 1^\circ\text{C}$, $60 \pm 15\%$ UR e escuro

	Geração				
	1	2	3	4	5
Média de 50 ♀	1 ± 0.1 a	1.1 ± 0.1 a	0.5 ± 0.1 c	0.6 ± 0.1 c	0.9 ± 0.0 b
Média das 5 melhores ♀	1.3 ± 0.2 a	1.4 ± 0.2 a	1.1 ± 0.2 a	1.0 ± 0.2 a	1.2 ± 0.1 a
DS	0.28	0.23	0.58	0.42	0.30
Δg	-	0.09	-0.63	0.08	0.28

DS= diferencial de seleção; Δg = ganho genético. As médias seguidas pelas mesmas letras em cada linha não são estatisticamente diferentes (Teste de comparação múltipla após Kruskal-Wallis; $p > 0.05$) .

4. Discussão

As características morfológicas apresentadas pelas distintas populações confirmam tratar-se da mesma espécie, identificada como *A. herbicolus*, ao se comparar estas características com a descrição original (Chant, 1959). As pequenas diferenças encontradas estão dentro da amplitude de variação intra-específica verificada para fitoseídeos (Tixier et al., 2003; Sourassou et al., 2011; Lopes et al., 2018; Massaro, 2019).

Os resultados obtidos para a predação e oviposição das três populações foram semelhantes ao que se observou no capítulo anterior, em que várias dietas foram oferecidas, incluindo ovos de *D. citri*. A diferença deste capítulo foi de que a população de Botucatu/SP proporcionou melhores resultados para os dois parâmetros, como consumo médio foi de 4,3 ovos e

oviposição de 1,2 ovos por dia. Massaro (2019) observou a presença de duas populações de *A. tamatavensis*, com características morfológicas maiores (tamanho dos escudos dorsal e ventrianal), notando que estas populações foram as que apresentaram maiores valores de predação e oviposição. Essas diferenças não foram observadas neste trabalho, talvez em função do número reduzido de populações iniciais consideradas no estudo, pela dificuldade em se encontrá-las no campo.

Os resultados da seleção artificial mostraram que para a característica de oviposição e predação o ganho genético foi negativo, isto evidenciaria que está espécie não apresentaria dados favoráveis, como o caso da espécie *A. tamatavensis* onde o ganho genético para a característica de predação foi positivo demonstrando um resultado promissor para o melhoramento dessa espécie (Massaro, 2019).

Uma observação é que proporcionalmente, poucas são as espécies de fitoseídeos que se reproduzem por partenogênese telítoca, como o caso da espécie em estudo *A. herbicolus* (Franco et al., 2007; Wysoki e McMurtry, 1977), *Typhlodromus (Anthoseius) transvaalensis* (Nesbitt) (Wysoki e McMurtry, 1977; Wysoki e Bolland, 1983), *Neoseiulus salish* (Chant e Hansell) (Wysoki e Bolland, 1983), *Amblyseius elongatus* (Garman), *Amblyseius parasundi* Blomers, *Transeius herbarius* (Wainstein), *Neoseiulus agrestis* (Karg) (Wysoki e McMurtry, 1977) e *Proprioseiopsis mexicanus* Garman (Aguiar-Menezes et al., 2007). Este tipo de reprodução teria a vantagem de não apresentar o fenômeno conhecido como endogamia que é o cruzamento entre indivíduos de uma mesma raça, isto é indivíduos geneticamente semelhantes. Isto pode ter sido uma desvantagem no processo de melhoramento genético para *A. herbicolus*. Não se encontrou na literatura informação sobre a maior ou menor possibilidade de melhoramento em espécies que se reproduzem por partenogênese telítoca.

Um relato onde se menciona uma espécie de ácaro fitófago com similar reprodução telítoca, foi também observado em *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), a través de diferentes testes para verificar se duas populações do

ácaro, poderiam apresentaram alguma característica diferente de reprodução, encontrando que ambas as populações são telítocas. Um detalhe importante foi que para o caso de *B. phoenicis* se apresentara restos de uma bactéria. Descobrimos a través de estudos que essa bactéria seria a consequência que essa espécie apresente esse tipo de reprodução telítoca (Weeks et al., 2001). Será que no caso de *A. herbicolus* e as outras espécies de fitoseídeos mencionadas poderiam apresentar esta anomalia, futuros estudos poderiam dar uma resposta mais clara sobre o assunto.

Com a referência de um único trabalho até o momento desenvolvido (Massaro, 2019), se sugere que é importante trabalhar com uma maior quantidade de populações para ter uma melhor observação das características morfológicas e genéticas a avaliar. A quantidade de indivíduos a avaliar também precisa ser muito maior. Entretanto, isto não foi possível no presente estudo, pela dificuldade em se encontrar populações desta espécie no Brasil.

No esforço dispendido para se obter uma população de *A. herbicolus* mais promissora para o controle de *D. citri*, conseguiu-se determinar que a população de Botucatu apresenta vantagens em relação a outras populações avaliadas (Pirenópolis/GO e Prados/MG). Não foi possível se conseguir ganhos genéticos significativos com a tentativa em laboratório de se conseguir maiores níveis de predação e oviposição pela seleção artificial. No entanto, os resultados sugerem que possa haver outras populações deste predador ainda mais promissoras para o controle deste vetor que aquela de Botucatu.

5. Referências

Aguiar-Menezes EL, Aquino AM, Correia MEF, Menezes EB (2007) Ácaros: Taxonomia, bioecologia e sua importância agrícola. Embrapa Agrobiologia, 24p.

Boina DR, Bloomquist JR (2015) Chemical control of the Asian citrus psyllid and of huanglongbing disease in citrus. **Pest Management Science**, 71(6), 808-823.

Bové JM (2006) Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Milan, v. 88, n. 1, p. 7-37.

Cavalcante ACC, Santos VLV, Rossi LC, Moraes GJ (2015) Potential of five Brazilian populations of Phytoseiidae (Acari) for the biological control of *Bemisia tabaci* (Insecta: Hemiptera). **Journal of Economy Entomology** 108: 29–33.

Chant DA (1959) Phytoseiid mites (Acarina: Phytoseiidae). Part I. Bionomics of seven species in southeastern England. Part II. A taxonomic review of the family Phytoseiidae, with descriptions of thirty-eight new species. **The Canadian Entomologist** 12: 166 p.

Chant DA, Yoshida-Shaul E (1991) Adult ventral setal patterns in the family Phytoseiidae (Acari: Gamasina). **International Journal of Acarology**, Abingdon, v. 17, p. 187-199. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/01647959108683906>

Chen XD, Gill T A, Pelz-Stelinski KS, Stelinski LL (2017) Risk assessment of various insecticides used for management of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Florida citrus, against honey bee, *Apis mellifera*. **Ecotoxicology (London, England)**, 26(3), 351-359.

Colletta-Filho HD, Targon MLPN, Takita MA, De Negri JD, Pompeu JRJ, Machado MA, Do Amaral AM, Muller GW (2004) First report of the causal agent of Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter asiaticus*) in Brazil. **Plant Disease**, v. 88, p. 1382.

Croft BA (1970) Comparative studies on the strains of *Typhlodromus occidentalis* Nesbitt (Acarina: Phytoseiidae). I. Hybridization and reproductive isolation studies. **Annals of the Entomological Society of America**, 63: 1558-63.

Croft BA, Brown AWA (1975) Responses of arthropod natural enemies to insecticides. **Annals of the Entomological Society of America**. 20: 285-334.

Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark AH, Castilho RC (2020) **Phytoseiidae Database**. www.lea.esalq.usp.br/Phytoseiidae. Acesso em: 16 mai. 2020.

Fang XLUH, Ouyang G, Xia Y, Guo M, Wu W (2013) Effectiveness of two predatory mite species (Acari: Phytoseiidae) in controlling *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Florida Entomologist** 96: 1325–1333.

Franco RA, Reis PR, Zacarias MS, Altoé BF (2007) Potencial de predação de três espécies de fitoseídeos sobre *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Tetranychidae). **Coffee Science**. Lavras, v. 2, n. 2, p. 175-182.

Halbert SE, Manjunath KL (2004) Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, v. 87, p. 330-353.

Hoy MA (1984) Genetic improvement of a biological control agent: multiple pesticide resistance and nondiapause in *Metaseiulus occidentalis* (Nesbitt) (Phytoseiidae). **Acarology** 6, Vol. II (ed. by DA Griffiths & CE Bowman), pp. 673–679. Ellis Horwood, Chichester, UK.

Hoy MA (1990) Genetic improvement of arthropod natural enemies: becoming a conventional tactic?, p. 405-17. In: R. Baker & P. Dunn (eds.), *New Directions in Biological Control*. UCLA **Symposium Molecular & Cellular Biology**, New Series, Vol. 112. Alan R. Liss, NY.

Hoy MA, Standow KA (1982) Inheritance of resistance to sulfur in the spider mite predator, *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). **Entomologia Experimentalis et Applicata** 31: 316-23.

Hoy MA, Cave FE, Beede RH, Grant J, Krueger WH (1990) Release, dispersal, and recovery of a laboratory-selected strain of the walnut aphid parasite *Trioxys pallidus* (Hymenoptera: Aphidiidae) resistant to azinphosmethyl. **Journal of Economic Entomology** 83: 89–96.

Juan-Blasco M, Qureshi JA, Urbaneja A, Stansly PA (2012) Predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae), for biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomology** 95: 543–551.

Lommen STE, de Jong PW, Pannebakker BA (2017) It is time to bridge the gap between exploring and exploiting: prospects for utilizing intraspecific genetic variation to optimize arthropods for augmentative pest control – a review. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 162: 108–123.

Lopes PC, Kanno RH, Sourassou, Moraes GJ (2018) Effect of temperature and diet on the morphology of *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae). **Systematic and Applied Acarology**, London, v. 23, p. 1322-1332.

Magalhães S, Matos M (2012) Strengths and weaknesses of experimental evolution. **Trends in Ecology and Evolution** 27: 649–650.

Massaro MRS (2019) **Seleção de linhagem de *Amblyseius tamatavensis* (Acari: Phytoseiidae) mais eficiente no controle de *Bemisia tabaci* Biotipo B**. 78 f. Tese (Doutorado) – Esalq, Piracicaba.

McMurtry JA, Croft BA (1997) Life-styles of Phytoseiid mites and their roles in biological control. **Annual Review of Entomology**, 42: 291-321. doi:10.1146/annurev.ento.42.1.291

McMurtry JA, Scriven GT (1965) Insectary production of phytoseiid mites. **Journal of Economic Entomology** 58: 282–284.

Reis PR, Teodoro AV, Pedro Neto M, Silva EA (2007) Life history of *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) on coffee plants. **Neotropical Entomology**, v.36,p. 282-287.

Rodríguez-Cruz FA, Venzon M, Pinto CMF (2013) Performance of *Amblyseius herbicolus* on broad mites and on castor bean and sunnhemp pollen. **Experimental and Applied Acarology** 60: 497–507

Routray S, Dey D, Baral S, Das AP, Mahantheshwara B (2016) Genetic improvement of natural enemies: a review. **Agricultural Reviews** 37: 325–332.

Rowell HJ, Chant DA, Hansell RIC (1978) The determination of setal homologies and setal patterns on the dorsal shield in the family Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **The Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 110, 859–876. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4039/Ent110859-8>

Sourassou NF, Hanna R, Zannou I, de Moraes GJ, Negloh K, Sabelis MW (2011) Morphological variation and reproductive incompatibility of three coconut-mite associated populations of predatory mites identifies as *Neoseiuluspaspalivorus* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**. Amsterdam, v. 53, p. 323-338.

Tixier MS, Kreiter S, Cheval B, Auger P (2003) Morphometric variation between populations of *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae): implication for the taxonomy of the genus. **Invertebrate Systematics**, 17 (2), 349-358.

Tixier MS (2012) Statistical approaches to assess intraspecific variations of morphological continuous characters: the case study of the family Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **Cladistics**, v. 28, p. 489-502.

van Houten YM, van Stratum P, Bruin J, Veerman A (1995) Selection for non-diapause in *Amblyseius cucumeris* and *Amblyseius barkeri* and exploration of the effectiveness of selected strains for thrips control. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 77: 289–295.

Weeks A, Marec F, Breeuwer JAJ (2001) A mite species that consists entirely of haploid females. **Science** 292: 2479–2482.

Whitten MJ, Hoy MA (1996) Genetic improvement and other genetic considerations for improving the efficacy and success rate of biological control. In: Chapter 19, **Principles and Application of Biological Control**. University of California Press, Berkeley. (in press).

Wysoki M, McMurtry JA (1977) Karyotypes of eight species of phytoseiid mites of the genus *Amblyseius* Berlese (Acarina: Mesostigmata). **Genetica**, The Hague, 47 (3): 237-239.

Wysoki M, Bolland HR (1983) Chromosome studies of phytoseiid mites (Acari: Gamasida). **International Journal of Acarology**, 9(2), 91-94.

Zhang YX, Sun L, Lin GY, Lin JZ, Chen X, Ji J, Zhang ZQ, Saito Y (2015) A novel use of predatory mites for dissemination of fungal pathogen for insect biocontrol: the case of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus cucumeris* (Phytoseiidae) as vectors of *Beauveria bassiana* against *Diaphorina citri* (Psyllidae). **Systematic Applied of Acarology**. 20, 177–187. <https://doi.org/10.11158/saa.20.2.4>.

Capítulo 6 – Descrição complementar de *Transeius bellotti* (Moraes e Mesa) (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae)

Resumo – O gênero *Transeius* Chant e McMurtry contém 64 espécies descritas, seis dessas espécies presentes no Brasil. A espécie *Transeius bellotti* (Moraes e Mesa) foi originalmente descrita da Colômbia, baseado em espécimes coletados em *Banisteria* sp. Até o momento só é conhecida do Brasil e da Colômbia. O presente estudo teve como objetivo a descrição complementar da espécie, com base em espécimes encontrados neste estudo em plantas de *Calopogonium mucunoides* Desv. em Piracicaba, estado de São Paulo. Estes ácaros foram encontrados enquanto se buscavam espécies de fitoseídeos para serem avaliadas como predadores do psílídeo dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama. Foram avaliados também espécimes coletados em outros estados do Brasil por outros pesquisadores como ser: Bahia (de *Manihot esculenta* (Crantz)), Piauí (*Cordia leucocephala* Moric), Rio Grande do Sul (*Solanum guaraniticum* A. St.-Hill) e Santa Catarina (*Solanum granulatum-leprosum* (Dunal)). Os resultados demonstraram que as características examinadas estão de acordo com a descrição originais, permitindo a determinação de maiores detalhes morfológicos.

Palavra-chave: Amblyseinae, predador, controle biológico, *Calopogonium*

Complementary description of *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa) (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae)

Abstract – The genus *Transeius* Chant and McMurtry contains 64 species, six of which have been reported from Brazil. *Transeius bellottii* (Moraes and Mesa) was described from Colombia, based on specimens collected from *Banisteria* sp. So far, it has been reported only from Brazil and Colombia. The present study aimed at a complementary description of the species, based on specimens found on *Calopogonium mucunoides* Dev. in Piracicaba, state of São Paulo. These mites were found while searching for prospective predators to control *Diaphorina citri* Kuwayama. We also evaluated specimens collected by other researchers in other Brazilian states, as follows: Bahia (from *Manihot esculenta* (Crantz)), Piauí (*Cordia leucocephala* Moric), Rio Grande do Sul (*Solanum guaraniticum* A. St.-Hill) and Santa Catarina (*Solanum granulorum-leprosy* (Dunal)). The results showed that the evaluated characteristics fit the original description, while allowing the determination of more details of the morphological characteristics.

Keywords: Amblyseiinae, predator, biological control, *Calopogonium*

1. Introdução

Ácaros fitoseídeos são amplamente usados para o controle de artrópodes praga (McMurtry et al., 2013). Estes ácaros se encontram principalmente nas plantas, embora diversas espécies possam também ser encontradas na superfície do solo. Nas plantas, estes se distinguem dos ácaros fitófagos por movimentar-se mais rapidamente e por seu comportamento predador. Usualmente alimentam-se de outros ácaros e de pequenos insetos, podendo também consumir fungos, nematóides, exsudatos das plantas e pólen (Gerson et al., 2003).

A família Phytoseiidae apresenta três subfamílias, a maior das quais é Amblyseinae, com 67 gêneros, incluindo *Transeius* Chant e McMurtry, com 64 espécies (Demite et al., 2020). O gênero se caracteriza por apresentar dois grupos de espécies, os quais são distinguidos pela medida das setas *z4*: *ablusus* e *bellottii*. O grupo de espécies de *ablusus* é caracterizado por ter seta *z4* maior do que dois terços da distância a partir da sua base para a *s4*, enquanto *bellottii* é caracterizado por ter a seta *z4* menor que dois terços da distância entre sua base e a base de *s4* (Chant e McMurtry, 2004).

As seguintes espécies de *Transeius* têm sido relatadas no Brasil: *Transeius aciculus* (De Leon) (Ferla e Moraes, 2002), *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa) (Moraes e Mesa, 1988), *Transeius gervasioi* Rocha, Silva e Ferla (Rocha et al., 2013), *Transeius kroeffis* Gonçalves e Ferla (Gonçalves et al., 2015), *Transeius lisei* Ferla e Silva (Ferla e Silva, 2008), *Transeius xaximensis* Gonçalves e Ferla (Gonçalves et al., 2017).

O objetivo deste trabalho foi à descrição complementar de *T. bellottii*, com espécimes coletados em *Calopogonium mucunoides* Desv. em Piracicaba, Estado de São Paulo. Esta população foi encontrada enquanto se buscavam espécies de fitoseídeos para serem avaliadas como predadores do psilídeo dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama. Para comparação, foram também considerados exemplares coletados em outros estados brasileiros (Bahia, Piauí, Rio Grande do Sul e Santa Catarina).

2. Material e Métodos

Em Piracicaba, os ácaros foram coletados de *Calopogonium mucunoides* Desv. (Fabaceae), sendo esta uma planta nativa das Américas (Carvalho-Okano e Leitão Filho, 1985) sendo no Brasil extensivamente distribuída, podendo ser encontrada em cultivos de citros e muitos outros cultivos. Esta planta é considerada benéfica por várias razões, incluindo seu considerável potencial de fixação de nitrogênio e na alimentação animal (Paulino et al., 2006). Amostras destas plantas foram tomadas de diferentes pontos do câmpus da ESALQ-USP e levadas ao laboratório para a coleta dos ácaros em etanol a 70%, com ajuda de um pincel muito fino, sendo em seguida montados em meio de Hoyer em lâminas de vidro e levados para uma estufa a 50°C por seis dias. Além disso, foram também examinados exemplares disponíveis na Coleção de Referência de Ácaros da ESALQ-USP, coletados por outros pesquisadores, em outros estados brasileiros.

Posteriormente, os ácaros foram examinados em um microscópio de contraste de fases (Leica, DMLB) e em um microscópio contraste de interferência (Nikon, Eclipse 80i). A confirmação da espécie foi realizada tomando em conta as informações de literatura sobre a morfologia da espécie, assim como por comparação com exemplares tipos depositados na coleção de ácaros da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP). Para as ilustrações aqui apresentadas, os ácaros foram fotografados ao microscópio de contraste de interferência, sendo as fotos então processadas em um tablet digital, utilizando o programa Adobe Illustrator®.

As medidas foram realizadas com uma ocular graduada, sendo aqui apresentadas em micrômetros, com a média dos exemplares examinados seguida (entre parênteses) pela respectiva amplitude. A nomenclatura das setas dorsais e ventrais é dada de acordo com Rowell et al. (1978) e Chant e Yoshida-Shaul (1991), respectivamente.

3. Resultados

Transeius bellottii (Moraes e Mesa), 1988.

Amblyseius bellottii (Moraes e Mesa), 1988: 75.

Neoseiulus bellottii – Moraes et al., 2004: 108.

Transeius bellottii – Chant e McMurtry, 2007: 71.

Diagnose. Fêmea com escudo dorsal reticulado em sua maior extensão e escudos ventrais lisos; setas j_3 , s_4 , Z_4 e Z_5 distintamente serreadas, z_2 e Jv_5 levemente serreadas; demais setas idiossomais em forma de espinho e lisas. Macrosetas *Sge IV* e *St IV* com breve dilatação distal. Cálice da espermateca em forma de taça. Escudo ventrianal do macho com apenas três pares de setas pré-anais. Deutoninfa, protoninfa com 19 pares de setas dorsais e larva com 14 pares de setas dorsais. Presença de macrosetas em todas as fases imaturas.

Material examinado: **São Paulo:** quatro fêmeas, um macho, uma deutoninfa, uma protoninfa e uma larva, coletados em Piracicaba, São Paulo, em *Calopogonium mucunoides*, por João Boavida da Cruz no 20.12.2018 e Sofia Jiménez no 30.01.2018; **Bahia:** uma fêmea de Piritiba, *C. leucocephala*, I. A. Almeida em 09.01.93; **Piauí:** duas fêmeas de Bom Jesus, *Manihot esculenta*, A. Alencar em 13.01.1989; **Rio Grande do Sul:** uma fêmea de Santa Maria, *S. guaraniticum*, I. P. Furtado e L. V. F. Silva em 25.10.2004 e Santa Catarina: duas fêmeas de São Miguel de Oeste, *S. granulosum-leprosum*, I. P. Furtado e L. V. F. Silva em 22.06.2004.

Fêmea adulta (dez espécimes examinados) (Figuras 8-12)

Dorso (Fig 8). Escudo dorsal reticulado na maior parte de sua extensão, distintamente liso lateralmente atrás de S_2 e centralmente atrás de Z_4 , com 17 pares de setas (r_3 e R_1 na cutícula não esclerotizada), onze pares

de lirifissuras distinguíveis e sete pares poros; 306 (283–325) comprimento e 169 (150–198) largura. Setas com os seguintes comprimentos: j_1 21 (20–23), j_3 37 (33–45), j_4 8 (7–10), j_5 9 (7–12), j_6 11 (10–15), J_2 11 (9–13), J_5 7 (5–9), z_2 21 (17–25), z_4 19 (15–28), z_5 8 (6–11), Z_1 13 (11–15), Z_4 65 (57–77), Z_5 84 (75–95), s_4 57 (49–65), S_2 25 (20–33), S_4 15 (11–19), S_5 11 (9–13), r_3 18 (15–21), R_1 14 (13–16). Setas j_3 , s_4 , Z_4 , Z_5 distintamente serreadas, z_2 levemente serreada outras setas em forma de espinho e lisas.

Peritrema e placa peritremática. Peritrema estendendo-se ao nível da seta j_1 . A placa peritremática fundida ao escudo dorsal ao nível da j_1 .

Ventre (Fig 9). Escudos ventrais lisos. Escudo esternal com três pares de setas e dois pares de lirifissuras; distâncias St_1-St_3 57 (55–61) e St_2-St_2 67 (64–72). Escudo genital liso; distância St_5-St_5 66 (61–69). Dois pares de escudos metapodais, sendo o interno muito menor que o externo. Escudo ventrianal liso, subpentagonal, 103 (95–109) de comprimento, 80 (75–88) de largura ao nível de Zv_2 e 71 (68–75) de largura ao nível do ânus; com três pares de setas pré-anais (Jv_1 , Jv_2 e Zv_2) e um par de poros pré-anais, elípticos, medianos e aproximadamente em linha com Jv_2 . Setas ventrais em forma de espinho e lisas, exceto Jv_5 55 (50–65), levemente serreada.

Quelícera (Fig 10). Dígito fixo 25 (23–27) de comprimento, com 7 (6–8) dentes e *pilus dentilis* septiforme; dígito móvel 28 (26–30) de comprimento, com 3 dentes.

Espermateca (Fig 11). Cálice em forma de copo, 6 (5–8) de comprimento.

Pernas (Fig 12). Macrosetas $Sge\ IV$ 38 (34–43) e $St\ IV$ 41 (37–45) com leve dilatação distal; $Sti\ IV$ 19 (18–20) afilada, pouco distinta das demais setas do mesmo segmento. Quetotaxia: genu II 2, 2/1, 2/1, 1; genu III 1, 2/1, 2/1, 1.

Macho adulto (um espécime examinado) (Figuras 13-15)

Dorso (Fig 13). Escudo dorsal liso em sua maior extensão, reticulado anteriormente e anterolateralmente; com 19 pares de setas (*r3* e *R1* no escudo dorsal), cinco pares de lirifissuras e três pares de poros distinguíveis; 238 de comprimento e 153 de largura. Setas com os seguintes comprimentos: *j1* 20, *j3* 28, *j4* 8, *j5* 8, *j6* 8, *J2* 8, *J5* 8, *z2* 13, *z4* 13, *z5* 14, *Z1* 10, *Z4* 40, *Z5* 50, *s4* 28, *S2* 15, *S4* 10, *S5* 10, *r3* 15, *R1* 10. Setae *j3*, *s4*, *Z4*, *Z5* distintamente serradas, *z2* levemente serrada, demais setas em forma de espinho e lisas.

Peritrema e placa peritremática. Peritrema estendendo-se ao nível da *j1*. A placa peritremática fundida ao nível da *j1*.

Ventre (Fig 14). Escudo esternogenital quase totalmente liso, com poucas estrias entre *St4* e *St5* com cinco pares de setas e dois pares de lirifissuras. Escudo ventrianal triangular com estrias, 150 comprimento e 105 de largura ao nível dos ângulos anteriores; com três pares de setas pré-anais (*Jv1*, *Jv2* e *Jv3*), um par de poros quase em linha com *Jv2*, e dois pares de lirifissuras.

Quelícera (Fig 15). Dígito fixo 17 de comprimento, com sete dentes; dígito móvel 18 comprimento, com um dente; espermadáctilo em forma de L, eixo central com 18 de comprimento; pé ligeiramente curvo, com 10 de comprimento, calcanhar com 2 de comprimento.

Pernas. Macrosetas semelhantes às da fêmea adulta, *Sge IV* 21 e *St IV* 27 com ligeira dilatação distal, e *Sti IV* 15 afilada, semelhante às demais setas do mesmo segmento.

Deutoninfa (um espécime examinado) (Figuras 16-17).

Dorso (Fig 16). Escudo dorsal medianamente reticulado na maior parte de sua extensão, com ligeras estriações anterolaterais; 19 pares de setas, seis pares de lirifissuras; 248 de comprimento e 150 de largura. Setas e series

com os seguintes comprimentos: sete pares de setas na serie j-J (*j1* 20, *j3* 30, *j4* 5, *j5* 5, *j6* 8, *J2* 8, *J5* 5), seis pares de setas na serie z-Z (*z2* 15, *z4* 18, *z5* 5, *Z1* 10, *Z4* 65, *Z5* 53), quatro pares de setas na serie s-S (*s4* 45, *S2* 18, *S4* 10, *S5* 5) e dois pares de setas na serie r-R (*r3* 20, *R1* 10). As setas *j3*, *S4* e *Z4* levemente serreadas, as setas restantes lisas.

Ventre (Fig 17). Com cinco pares de setas no escudo esternal (*St1-St3*), seis pares de setas no escudo ventral (*Jv1*, *Jv2*, *Jv5*, *Zv1*, *Zv2*, *Zv3*), setas paranal e posanal e cinco pares de lirifissuras. Todas as setas lisas.

Quelícera. dígito fixo 20 de comprimento e oito dentes; dígito móvel 21 e dois dentes.

Peritrema. estendendo-se anteriormente ao nível entre as setas *z2* e *z4*.

Pernas. Macrosetas: *Sge IV* 32, *Sti IV* 20, *St IV* 46, ligera dilatação nas pontas de *Sge IV* e *St IV*.

Quetotaxia. similar com a fêmea adulta.

Protoninfa (um espécime examinado) (Figuras 18-19).

Dorso (Fig 18). Escudo dorsal liso, escudo podonotal e opistonotal separados; com 19 pares de setas, com seis pares de lirifissuras; 212 de comprimento e 110 de largura. Setas e series com os seguintes comprimentos: sete pares de setas na serie j-J (*j1* 15, *j3* 20, *j4* 5, *j5* 5, *j6* 8, *J2* 5, *J5* 5), seis pares de setas na serie z-Z (*z2* 8, *z4* 8, *z5* 8, *Z1* 8, *Z4* 40, *Z5* 33), 4 pares de setas na serie s-S (*s4* 38, *S2* 10, *S4* 5, *S5* 3) e 2 pares de setas na serie r-R (*r3* 18, *R1* 8).

Ventre (Fig 19). Com 3 pares de setas no escudo esternal (*St1-St3*), 4 pares de setas no escudoventral (*Jv1*, *Jv2*, *Jv5* e *Zv2*), com presença das setas paranal e posanal. Com três pares de lirifissuras.

Peritrema. extendendo-se ao nível da seta *s4*.

Pernas. Macrosetas: *Sge IV* 30, *Sti IV* 20, *St* 42, ligeira dilatação nas pontas de *Sge IV* e *St IV*.

Larva (um espécime examinado) (Figuras 20-21)

Dorso (Fig 20). Escudo dorsal liso, com ligeras estriações anterolaterais; escudo podonotal e opistonotal separados. Com 208 de comprimento, 105 de largura e seis pares de lirifissuras. Setas e series com os seguintes comprimentos: cinco pares de setas na serie *j* (*j1* 23, *j3* 23, *j4* 5, *j5* 8, *j6* 28), seis pares de setas na serie *z-Z* (*z2* 8, *z4* 10, *z5* 5, *Z1* 3, *Z4* 76, *Z5* 4), três pares de setas na serie *s-S* (*s4* 38, *S2* 4, *S5* 5). Não apresenta peritrema.

Ventre (Fig 21). Com tres pares de setas no escudo esternal (*St1-St3*), quatro pares de setas no escudo ventral (*Jv1, Jv2, Jv5, Zv2*), setas paranal e posanal e com três pares de lirifissuras.

Pernas. Macrosetas: *Sge IV* 16, *Sti IV* 17, *St* 16, ligeira dilatação nas pontas de *Sge IV* e *St IV*.

4. Discussão

Observa-se que as características examinadas estão de acordo com a descrição original, feita com base em exemplares da Colômbia (Moraes e Mesa, 1988).

Os exemplares examinados diferem da descrição original no que se refere aos seguintes aspectos: extremidade das macrosetas *Sti IV* e *St IV*, com uma ligeira dilatação em todosos espécimes examinados; setas *J3*, *s4*, *Z4* e *Z5* distintamente serradas e *z2* levemente serreada; ornamentação do escudo dorsal mais pronunciada.

No entanto, apesar destas diferenças assinadas, o exame do holótipo desta espécie indica que os exemplares encontrados realmente pertencem à espécie *T. bellottii*, e que as diferenças representam variações intraespecíficas.

Nada se sabe em relação à sua biologia desta espécie, incluindo seu comportamento alimentar. Pelo observado na (Tab 8) Lofego e Moraes (2006) citaram esta como uma das espécies predominantes em plantas da família Myrtaceae no bioma brasileiro conhecido como Cerrado. Furtado et al. (2006) citaram esta como uma espécie predominante em solanáceas dos biomas brasileiros da Mata Atlântica e dos Pampas.

Na Colombia, esta espécie foi relatada em quatro famílias de plantas: Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Malpighiaceae, Solanaceae. No Brasil, encontra-se em 18 diferentes famílias: Anacardiaceae, Cannabaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Meliaceae, Myristicaceae, Myrtaceae, Piperaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Salicaceae, Solanaceae, Sterculiaceae, Tiliaceae, Urticaceae, Verbenaceae (Tab 8).

Pelos relatos já mencionados, *T. bellottii* não tem sido relatado em citros.

Tabela 8. Famílias das plantas associadas com o ácaro *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa)**(continua)**

Lugar de coleta	Família de planta	Espécie de planta	Referência
BRASIL			
Bahia			
Jaguarari*	Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	<i>Moraes et al., 1993</i>
Goiás			
Pires do Rio*	Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	<i>Demite et al., 2017</i>
	Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allem.	
	Myristicaceae	<i>Virola sebifera</i> Aubl.	
Mato Grosso do Sul			
Bodoquena*	Combretaceae	<i>Combretum</i> sp.	<i>Furtado et al., 2014</i>
Bonito*	Malvaceae	<i>Guazum ulmifolia</i> Lam.	
	Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i> L.	<i>Mendoza et al., 2019</i>
Cambarazal**	Fabaceae	<i>Andira inermis</i> (Wright) DC.	
	Salicaceae	<i>Casearia aculeata</i> Jacq.	
Capão**	Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	
Carandazal**	Fabaceae	<i>Bauhinia corniculata</i> Benth.	
	Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	<i>Mendoza et al., 2019</i>
	Salicaceae	<i>Laetia americana</i> L.	
	Solanaceae	<i>Solanum pseudoauriculatum</i> Chodat e Hassl.	
Paratudal**	Polygonaceae	<i>Triplaris americana</i> L.	
	Malvaceae	<i>Helicteres guazumaefolia</i> Kunth	
	Fabaceae	<i>Inga vera</i> Willd	
	Fabaceae	<i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Pers.	

Tabela 8. Famílias das plantas associadas com o ácaro *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa)**(continua)**

Lugar de coleta	Família de planta	Espécie de planta	Referência
Minas Gerais			
Itapagipe*	Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Rezende e Lofego (2012)
	Fabaceae	<i>Senna occidentalis</i> L.	
	Malvaceae	<i>Triunfetta bartramia</i> L.	
Paraná			
Ampére*	Solanaceae	<i>Solanum guaraniticum</i> A. St.-Hil.	Furtado et al., 2006
São Miguel do Oeste*	Solanaceae	<i>S. guaraniticum</i>	
Rio Grande do Sul			
Santa Maria*	Solanaceae	<i>Solanum granulosoleprosum</i> Dunal	
Paraíba			
Gurinhem*	Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Fiaboe et al., 2007
São Paulo			
Barretos*	Euphorbiaceae	<i>Actinostemon communis</i> (Müell. Arg.) Pax	Demite et al., 2011
	Meliaceae	<i>Trichilia casaretti</i> C.DC	
	Myrtaceae	<i>Campomanesia</i> sp.	
Bebedouro*			
Palestina*	Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	
São João de Iracema *	Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart.	
	Rubiaceae	<i>Rhandia</i> sp.	
Turmalina*	Euphorbiaceae	<i>A. communis</i>	
	Malvaceae	<i>Helicteres lhotzkyana</i> (Schott & Endl.) K. Schum	
	Myrtaceae	Myrtaceae sp.	
Votuporanga*	Euphorbiaceae	<i>A. communis</i>	Demite et al., 2012
	Meliaceae	<i>T. casaretti</i>	

Tabela 8. Famílias das plantas associadas com o ácaro *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa)**(continua)**

Lugar de coleta	Família de planta	Espécie de planta	Referência
Barretos*	Euphorbiaceae	<i>A. communis</i>	<i>Demite et al., 2013</i>
	Meliaceae	<i>T. casaretti</i>	
Turmalina*	Euphorbiaceae	<i>A. communis</i>	
São José de Rio Preto*	Sterculiaceae	<i>Helicteres</i> sp.	<i>Feres et al., 2005</i>
	Tiliaceae	<i>Luehea speciosa</i> Willd.	
	Piperaceae	<i>Piper</i> sp.	
Paulo de Faria*	Euphorbiaceae	<i>Acalypha diversifolia</i> Jacq.	<i>Feres et al., 2007</i>
São Carlos*	Myrtaceae	<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg	<i>Lofego et al., 2004</i>
	Myrtaceae	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC	
Pirassununga*	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	
	Myrtaceae	<i>C. pubescens</i>	
	Myrtaceae	<i>M. guianensis</i>	
	Myrtaceae	<i>P. guajava</i>	
Luiz Antônio*	Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i> Sw.	
	Myrtaceae	<i>P. guajava</i>	
São Paulo*	Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trec.	<i>Lofego et al., 2017</i>
Tocantins			
Gurupi*	Malvaceae	<i>Helicteres guazumifolia</i> Kunth	<i>Cruz et al., 2012</i>
COLÔMBIA			
ATLANTICO, Sabana Larga*	Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	<i>Moraes e Mesa (1988)</i>
MAGDALENA, Pivijay*, Media Luna	Malpighiaceae	<i>Banisteria</i> sp.	

Tabela 8. Famílias das plantas associadas com o ácaro *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa)**(continua)**

Lugar de coleta	Família de planta	Espécie de planta	Referência
Pivijay*	Solanaceae	<i>Capsicum</i> sp.	
SUCRE, San Juan Bautista*	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> sp.	
	Solanaceae	<i>Solanum melogena</i> L.	

*Município

**Fitofisionomias do Bioma Pantanal

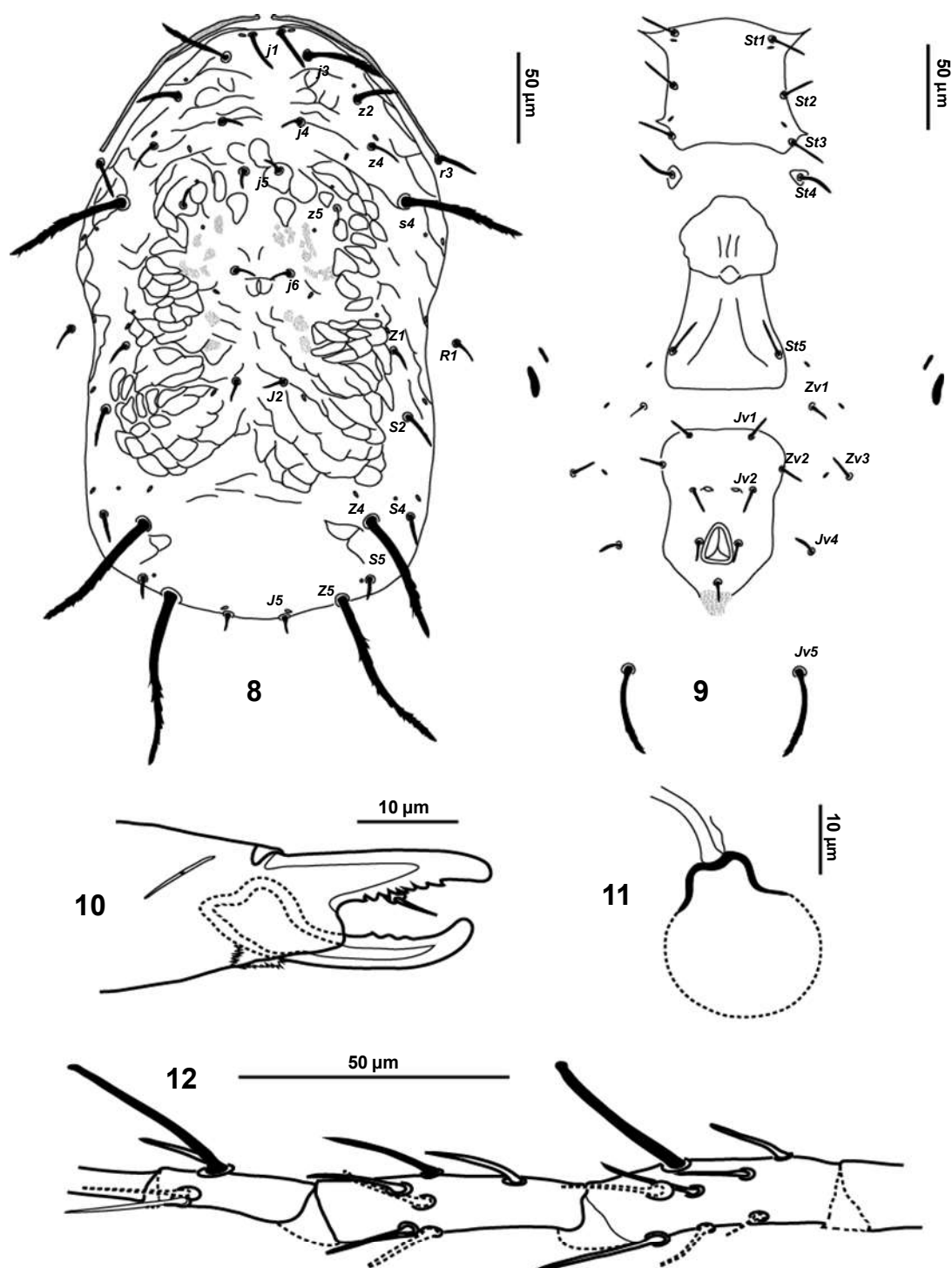


Figura 8-12. *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa) (Fêmea adulta) 8. Dorso do idiossoma, 9. Ventre do idiossoma, 10. Quelícera, 11. Espermateca, 12. Gênu, tíbia e tarso IV.

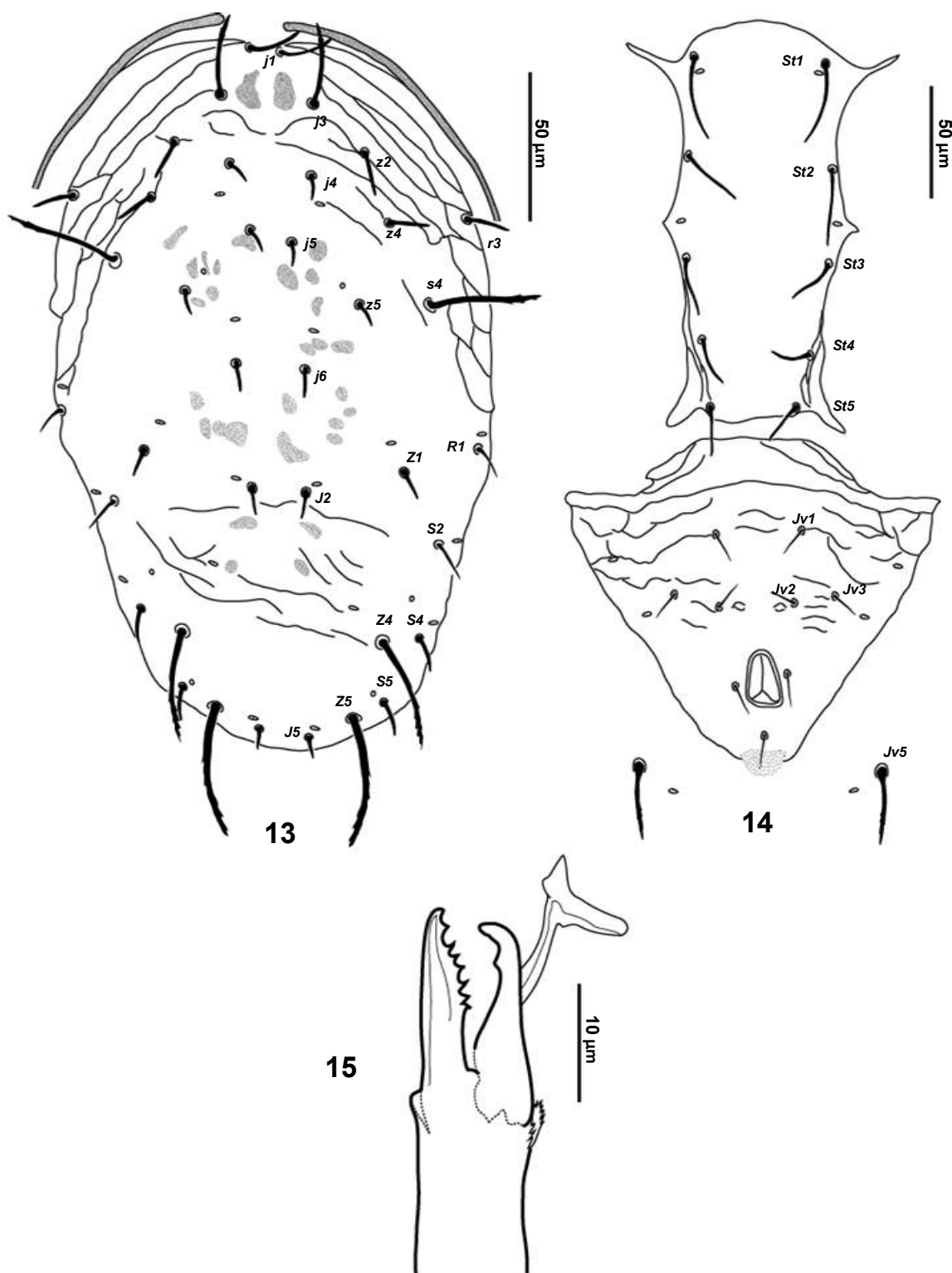


Figura 13-15. *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa) (Macho adulto) 13. Dorso do idiossoma, 14. Ventre do idiossoma, 15. Quelícera

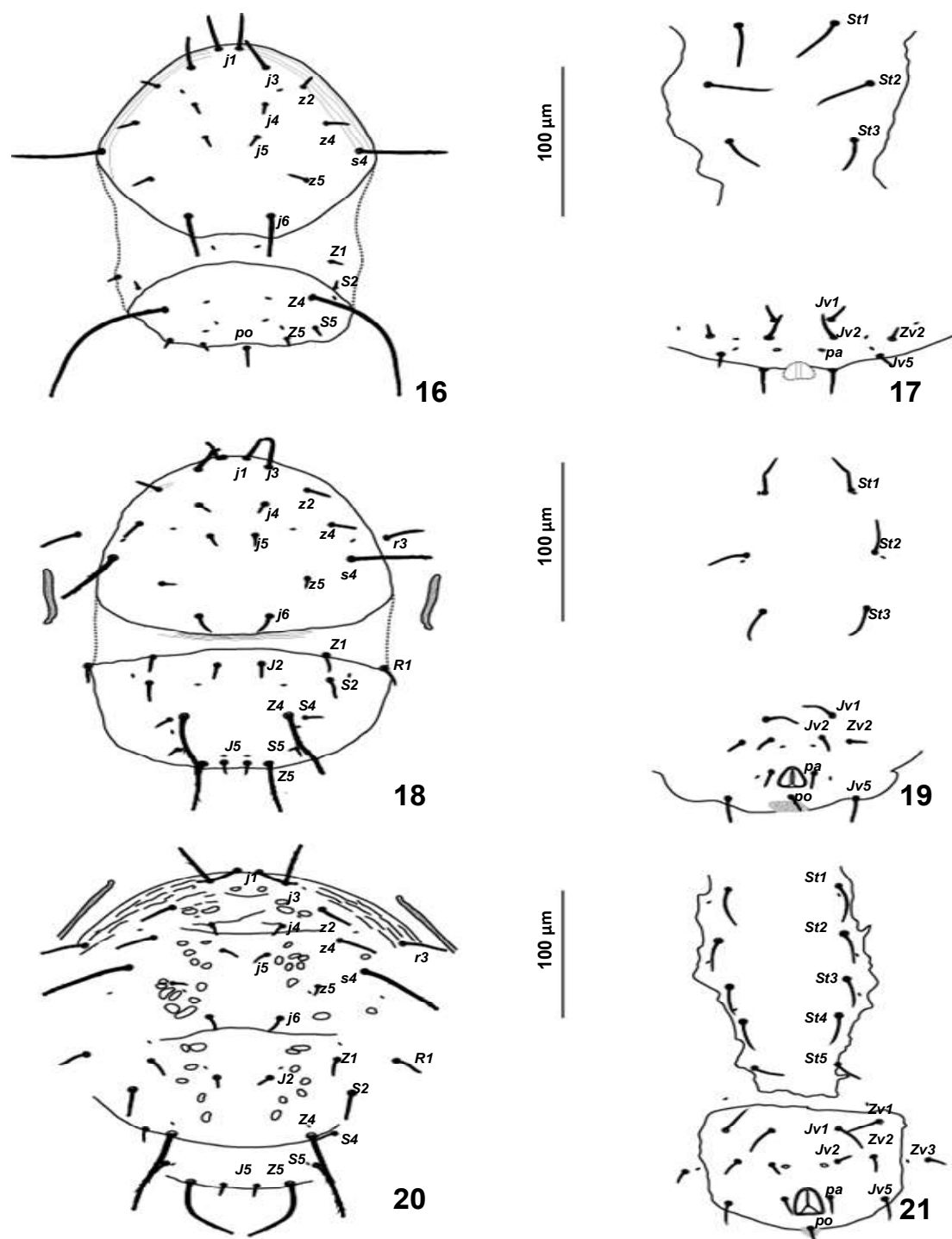


Figura 16-21. *Transeius bellottii* (Moraes e Mesa) (Deutonymph) 16. Dorso do idiossoma, 17. Ventre do idiossoma. (Protonymph) 18. Dorso do idiossoma, 19. Ventre do idiossoma. (Larva) 20. Dorso do idiossoma, 21. Ventre do idiossoma.

5. Referências

- Carvalho-Okano RM, Leitão Filho HF (1985) Revisão do gênero *Calopogonium* Desv. (Leguminosae - Lotoideae) no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 8: 31-46.
- Chant DA, McMurtry JA (2007) Illustrated Keys and Diagnoses for the Genera and Subgenera of the Phytoseiidae of the World (Acari: Mesostigmata). **Indira Publishing House**, West Bloomfield, USA. pp. 219.
- Chant DA, McMurtry JA (2004) A review of the subfamily Amblyseiinae Muma (Acari: Phytoseiidae): Part III. The tribe Amblyseiini Wainstein, subtribe Amblyseiina n. subtribe. **International Journal of Acarology**, 30: 171–228.
- Chant DA, Yoshida-Shaul E (1991) Adult ventral setal patterns in the family Phytoseiidae (Acari: Gamasina). **International Journal of Acarology**, 17, 187-199. <http://dx.doi.org/10.1080/01647959108683906>
- Cruz WP, Sarmiento RA, Teodoro AV, Erasmo EAL, Pedro Neto M, Ignácio M, Ferreira Junior DF (2012) Acarofauna em cultivo de pinhão-mansão e plantas espontâneas associadas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 47: 319–327. doi:10.1590/S0100-204X2012000300002
- Demite PR, Lofego AC, Feres RJF (2011) Phytoseiidae (Acari) in Forest fragments in the State of São Paulo, Brazil. **Zootaxa**, 3086, 31-56.
- Demite PR, Lofego AC, Feres RJF (2012) Acarofauna de fragmentos florestais remanescentes na região noroeste do estado de São Paulo. In: Nechi Júnior, O. N. (Ed.), **Fauna e flora de fragmentos florestais remanescentes da região noroeste do estado de São Paulo**. Editora Holos, Ribeirão Preto, Brazil, pp. 167-179.
- Demite PR, Lofego AC, Feres RJF (2013) Mite (Acari: Arachnida) diversity of two native plants in fragments of a semideciduous seasonal forest in Brazil. **Systematics and Biodiversity**. 11(2), 141-148.
- Demite PR, Dias MA, Cavalcante ACC, Ramos MVV, Lofego AC (2017) Phytoseiid mites (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae) associated with Cerrado biome plants in Brazil, with description of a new species. **Systematic and Applied Acarology**. 22 (12), 2141-2177.
- Demite PR, Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark AH, Castilho RC (2020) **Phytoseiidae Database**. www.lea.esalq.usp.br/Phytoseiidae. Acessado em: 24 abr. 2020.

Feres RJF, Lofego AC, Oliveira AR (2005) Ácaros plantícolas (Acari) da Estação Ecológica do Noroeste Paulista, estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, 5 (1). <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n1/ptarticle+BN00405012005>

Feres RJF, Buosi R, Daud RD, Demite PR (2007) Padrões ecológicos da comunidade de ácaros em euforbiáceas de um fragmento de mata Estacional Semidecidual, no Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, 7(2), 185-194.

Ferla NJ, Da Silva GL (2008) New species of *Transeius* Chant and McMurtry (Acari: Phytoseiidae) from Brazil. **International Journal of Acarology**. 34: 143–146.

Ferla NJ, De Moraes GJ (2002) Ácaros predadores (Acari) em plantas nativas e cultivadas do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira De Zoologia**. 19: 1011–1031. doi:10.1590/s0101-81752002000400006

Fiaboe KKM, Gondim Jr MGC, Moraes GJ de, Ogo CKPO, Knapp M (2007) Surveys for natural enemies of the tomato red spider mite *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) in northeastern and southeastern Brazil. **Zootaxa**, 1395, 33-58.

Furtado IP, Moraes GJ, Kreiter S, Knapp M (2006) Search for effective natural enemies of *Tetranychus evansi* in south and southeast Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, 40: 157-174. doi:10.1007/s10493-006-9045-y

Furtado IP, Moraes GJ de, Kreiter S, Flechtmann CHW, Tixier MS, Knapp M (2014) Plant inhabiting phytoseiid predators of midwestern Brazil, with emphasis on those associated with the tomato red spider mite, *Tetranychus evansi* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) **Acarologia**, 54 (4), 425-431.

Gerson U, Smiley RL, Ochoa R (2003) Mites (Acari) for Pest Control. **Blackwell Science**, Oxford, pp. 539.

Gonçalves D, Ruffatto K, Granich J, Ferla NJ (2017) Description and redescription of *Transeius* species (Acari: Phytoseiidae) from arborescent ferns from Brazilian Mixed Ombrophylus Forest, **International Journal of Acarology** 43 (4), 291-295. <http://dx.doi.org/10.1080/01647954.2017.1284901>

Gonçalves D, US Da C, Bampi PM, Moraes GJ, De FNJ (2015) Phytoseiid mites (Acari: Mesostigmata) from Araucaria Forest of the State of Rio Grande do Sul, Brazil, with new records and descriptions of four new species. **Zootaxa**. 4032: 569–581. doi:10.11646/zootaxa.4032.5.6

Lofego AC, de Moraes GJ, Castro LAS (2004) Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) on Myrtaceae in State of São Paulo, Brazil. **Zootaxa**, 516, 1-18.

Lofego AC, Moraes GJ (2006) Ácaros (Acari) associados a mirtáceas (Myrtaceae) em áreas de cerrado no estado de São Paulo com análise faunística das famílias

Phytoseiidae e Tarsonemidae. **Neotropical Entomology**, 35(6), 731-746. <https://dx.doi.org/10.1590/S1519-566X2006000600003>

Lofego AC, Rezende JM, Demite PR, Feres RJF (2017) Mite fauna associated with *Cecropia pachystachya* Trec. (Urticaceae) – the importance of the plant as reservoir and dissemination means for predatory mites. **Systematic and Applied Acarology**, 22 (10), 1780-1794.

McMurtry JA, Moraes GJD, Sourassou FN (2013) Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systems Applications Acarology**, 18: 297–320.

Mendonça AL, Lofego AC, Pott A, Daud RD, Demite PR (2019) Phytoseiidae (Parasitiformes: Mesostigmata) from the Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Systematic and Applied Acarology**, 24 (4), 587-612.

Moraes GJ, Mesa NC (1988) Mites of the family Phytoseiidae (Acari) in Colombia, with descriptions of three new species. **International Journal of Acarology**. 14: 71–88.

Moraes GJ, McMurtry JA, Denmark HA, Campos CB (2004) A Revised catalog of the mite family Phytoseiidae. **Zootaxa**, 434, 1–494.

Moraes GJ, Alencar JA, Lima JLS, Yaninek JS, De la libera Jr I (1993) Alternative plant habits for common phytoseiid predators of the cassava green mite (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in Northeast Brazil. **Experimental and Applied Acarology** 17: 77-90.

Paulino VT, Gerdes L, Valarini MJ, Junior EF Encontro Sobre Leguminosas. II Encontro Técnico de Leguminosas Forrageiras. [internet]. [acessado em: 24 de abril de 2020] Disponível em <http://www.iz.sp.gov.br/pdfs/1178129826.pdf>

Rezende JM, Lofego AC (2012) Mites (Mesostigmata: Prostigmata: Astigmatina) associated with weeds among physic nut crops (*Jatropha curcas* L.: Euphorbiaceae) in Brazil. **Systematic and Applied Acarology** 17(1), 15-26. <https://doi.org/10.11158/saa.17.1.5>

Rocha MS, Silva GL, Ferla NJ (2013) Description of a new species of *Transeius* (Acari: Phytoseiidae) from the State of Rio Grande do Sul, Brazil. **International Journal of Acarology**. 39: 290–292. doi:10.1080/01647954.2013.776632

Rowell HJ, Chant DA, Hansell RIC (1978) The determination of setal homologies and setal patterns on the dorsal shield in the family Phytoseiidae (Acari: Mesostigmata). **The Canadian Entomologist**, 110, 859–876. <http://dx.doi.org/10.4039/Ent110859-8>

Capítulo 7 - Considerações finais

Os resultados obtidos neste trabalho não permitiram concluir se ocorre alteração na fauna de ácaros fitoseídeos nos períodos diurnos e noturnos, pela eventual migração diária dos predadores dos ramos para as folhas e vice-versa. Aparentemente, esta variação não ocorre.

As tentativas por encontrar um ácaro fitoseídeo que consiga predação uma quantidade considerável (4-5 ovos) de *Diaphorina citri* Kuwayama foi observado só na espécie *Amblyseius herbicolus* (Chant). Observando-se que as populações em estudo poderiam exercer algum efeito antagônico sobre a população de *D. citri* predando seus ovos naturalmente.

Demonstrou-se também que a presença de pólen sobre as plantas conjuntamente com ovos de *D. citri* pode ser benéfica, por resultar no aumento da capacidade reprodutiva do predador, sem que isto resulte paralelamente em redução do nível de predação de *A. herbicolus* sobre este vetor. Os resultados mostraram também o potencial de que o Astigmatina *Tyreophagus crascentiseta* Barbosa, OConnor e Moraes possa ser utilizado para a produção massal deste predador.

No esforço dispendido para se obter uma população de *A. herbicolus* mais promissora para o controle de *D. citri*, conseguiu-se determinar que a população de Botucatu-SP, apresentasse vantagens em relação a outras populações avaliadas (Pirenópolis-GO e Prados-MG). Não foi possível se conseguir ganhos genéticos significativos com a tentativa em laboratório de se conseguir maiores níveis de predação e oviposição pela seleção artificial. No entanto, os resultados sugerem que possa haver outras populações deste predador ainda mais promissoras para o controle deste vetor que aquela de Botucatu.