

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Potencial hospedeiro de duas espécies de *Murraya* para *Diaphorina citri*
(Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae) com vistas à produção de *Tamarixia*
radiata Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae)

Laís Dal Pogetto

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2018

Laís Dal Pogetto
Bacharel em Ciências Biológicas

Potencial hospedeiro de duas espécies de *Murraya* para *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae) com vistas à produção de *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae)

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ ROBERTO POSTALI PARRA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Dal Pogetto, Laís

Potencial hospedeiro de duas espécies de *Murraya* para *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae) com vistas a produção de *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae) / Laís Dal Pogetto. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

33 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Controle biológico 2. HLB 3. *Murraya koenigii* 4. *Murraya paniculata*
5. *Psilídeo* I. Título

DEDICATÓRIA

A Deus pelo dom da vida,

Agradeço

Aos meus pais, que sempre me guiaram, incentivaram e me apoiaram em meus estudos e a lutar pelos meus sonhos e que a todo o momento, sendo eles bons ou ruins, estavam ao meu lado,

Ofereço

E a minha irmã, que mesmo com as nossas desavenças nunca deixou de me apoiar e me incentivar.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. José Roberto Postali Parra pela dedicação, ensinamentos, confiança e paciência;

A todos os professores do Departamento de Entomologia e Acarologia da Esalq/USP pelos ensinamentos;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em especial ao Departamento de Entomologia e Acarologia pela infraestrutura fornecida;

Aos colegas de laboratório por toda a ajuda durante esse processo, em especial à Fernanda, Alexandre, Gustavo e Neide;

Todos os colegas da pós-graduação em geral, pelo convívio troca de experiências e companheirismo;

À toda a equipe da *Diaphorina*, Alexandre, Fernanda Gustavo Juliana, Karina, Laisy, Lucas e Luan, pela disposição, paciência, ajuda e pelas piadas durante todo o processo de criação e realização dos experimentos;

Ao Adriano Gomes Garcia pela ajuda nas análises estatísticas;

Aos meus queridos colegas das aulas de teatro, Michelle, Giovana, Simão, André, Mel, Nathalia, Renan, Roberta, Conrado, Matheus, Raphael, Jennifer, Sophia e à querida professora Mariana, pela amizade, confiança, ensinamentos e por sempre me incentivarem nos momentos mais difíceis dessa trajetória.

A Giovana Rases Ambrosano, minha melhor amiga, por todos os momentos compartilhados, sendo eles bons ou ruins;

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos;

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta onde não conhecem nem a vitória, nem a derrota.”

Theodore Roosevelt

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
2.1. <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA, 1908 (HEMIPTERA: LIVIIDAE).....	11
2.1.1. IMPORTANCIA E BIOECOLOGIA DE <i>D. citri</i>	11
2.1.2. HOSPEDEIROS DE <i>D. citri</i>	11
2.1.3. TRANSMISSÃO DO HUANLONGBING (HLB) OU GREENING POR <i>D. citri</i>	12
2.2. <i>Tamarixia radiata</i> (WATERSTON, 1922) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE).....	13
2.3. MANEJO E CONTROLE DO HLB.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1. CRIAÇÃO E MANUTENÇÃO DE <i>Diaphorina citri</i> KUWAYAMA, 1908 (HEMIPTERA: LIVIIDAE)	15
3.2. CRIAÇÃO DE MANUTENÇÃO DE <i>T. radiata</i>	15
3.3. BIOLOGIA DE <i>D. citri</i> EM DIFERENTES HOSPEDEIROS.....	15
3.4. CONSUMO ALIMENTAR DE <i>D. citri</i> EM <i>M. paniculata</i> E <i>M. koenigii</i> AVALIADO DE FORMA INDIRETA.....	16
3.5. PARASITISMO DE <i>T. radiata</i> SOBRE NINFAS DE <i>D. citri</i> CRIADAS EM DUAS ESPÉCIES DE HOSPEDEIROS.....	16
3.5.1. EM CONFINAMENTO.....	16
3.5.2. COM CHANCE DE ESCOLHA.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1. BIOLOGIA DE <i>D. citri</i> EM DIFERENTES HOSPEDEIROS.....	19
4.2. CONSUMO ALIMENTAR DE <i>D. citri</i> EM <i>M. paniculata</i> E <i>M. koenigii</i> AVALIADO DE FORMA INDIRETA.....	21
4.3. PARASITISMO DE <i>T. radiata</i> SOBRE NINFAS DE <i>D. citri</i> CRIADAS EM DUAS ESPÉCIES DE HOSPEDEIROS.....	23
4.3.1. EM CONFINAMENTO.....	23
4.3.2. COM CHANCE DE ESCOLHA.....	24
5. CONCLUSÃO.....	27
REFERÊNCIAS.....	29

RESUMO

Potencial hospedeiro de duas espécies de *Murraya* para *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae) com vistas a produção de *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae)

O objetivo do presente trabalho foi estudar a biologia e elaborar a tabela de vida de fertilidade de *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae) em duas espécies de *Murraya* [*Murraya paniculata* (L.) Jack e *Murraya koenigii* (L.) Sprengel] e estudar a biologia de *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae) em psílídeos provenientes das duas espécies de *Murraya* citadas, visando fornecer subsídios ao controle da praga em programas de MIP. Foram realizados experimentos em confinamento (sem chance de escolha) para avaliar o efeito de duas espécies de *Murraya* sobre a alimentação e fertilidade de *D. citri*, bem como a biologia da referida espécie de psílídeo nos dois hospedeiros. Também foi avaliado o efeito do hospedeiro no parasitismo sobre *D. citri* e na biologia de *T. radiata*. Pode-se concluir que: *D. citri* preferiu se alimentar em *M. koenigii*, porém para a oviposição o hospedeiro preferido foi *M. paniculata*. No entanto, os demais parâmetros observados indicaram que *M. paniculata* é o hospedeiro mais adequado para o desenvolvimento do psílídeo. Com base na tabela de vida de fertilidade, a taxa líquida de reprodução (R_0), de *D. citri*, foi 3,1 vezes maior quando criado em *M. paniculata*; os demais parâmetros, exceto o tempo médio de cada geração (T), também favoreceram o desenvolvimento do inseto quando criado em *M. paniculata*. O desenvolvimento e parasitismo de *T. radiata* sobre ninfas de *D. citri* foram afetados quando criadas nas duas espécies, sendo observados melhores resultados quando os psílídeos foram criados em *M. koenigii* em testes de confinamento. Os resultados obtidos poderão fornecer subsídios ao controle e manejo do psílídeo transmissor do HLB.

Palavras-chave: Controle biológico; HLB; *Murraya koenigii*; *Murraya paniculata*; Psílídeo

ABSTRACT

Host potential of two species of *Murraya* for *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae) for *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae) rearing

The aim of the present research was to evaluate the biology and fertility life table of *Diaphorina citri* (Kuwayama, 1908) (Hemiptera: Liviidae) comparatives in the two species of *Murraya* [*Murraya paniculata* (L.) Jack e *Murraya koenigii* (L.) Sprengel], and to evaluate the biology of *Tamarixia radiata* Waterston, 1922 (Hymenoptera: Eulophidae) in the two species studied in confinement, aiming to provide subsidies for pest control in Integrated Pest Management (IPM). Experiments were carried out in confinement (no choice) to evaluate the effect of the two species of *Murraya* on the feeding and fertility of *D. citri*, as well as the biology of Asian Citrus Psyllid (ACP) in two hosts. Biology and the effect of host on parasitism of *T. radiata* on nymphs of *D. citri* was evaluated. It can be concluded that: *D. citri* preferred to feed on *Murraya koenigii* (L.) Sprengel, but for oviposition the preferred host was *Murraya paniculata* (L.) Jack. However, the other parameters observed indicate that *M. paniculata* is the most suitable host for the development of the psyllid. According to the fertility life table, the reproduction net rate (R_0) of *D. citri* was 3.1 times higher if reared on *M. paniculata*; the other parameters, except the mean time of each generation (T), also supported results when it was reared on *M. paniculata*. The development and parasitism of *T. radiata* on nymphs of *D. citri* were affected when reared on different hosts, and better results were observed when *T. radiata* reared on *M. koenigii*. The results obtained may provide subsidies for the control and management of the HLB.

Keywords: Biological control; HLB; *Murraya koenigii*; *Murraya paniculata*; Psyllid (Asian Citrus Psyllid)

1. INTRODUÇÃO

SPÓSITO; BASSANEZI, 2008).

A citricultura é muito importante para a economia brasileira, principalmente no estado de São Paulo, responsável por 80% da produção nacional de laranja (KALAKI; NEVES, 2017). A produção citrícola no estado de São Paulo é representada por 320 municípios e é ameaçada por pragas, como *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae), responsável pela transmissão das bactérias associadas ao huanglongbing (HLB) ou greening, ao lado de outras pragas que causam danos diretos e indiretos, elevando os gastos com o manejo e os custos de produção (PARRA et al., 2003; GÓMES-TORREZ, 2009).

Apesar de *D. citri* ser registrada desde a década de 1940, o huanglongbing (HLB), que hoje é a doença mais importante dos citros no mundo, somente foi referido em 2004, adquirindo, o psíldeo, o “status” de praga-chave dos citros. Com o aparecimento da doença a citricultura brasileira corre grande risco de ser dizimada, caso a doença e seu vetor não sejam controlados com eficiência (BOVÉ, 2006; GÓMES-TORREZ, 2009).

Dentre os métodos de controle de *D. citri* a utilização de agroquímicos em larga escala traz prejuízos para os pomares de Citrus, como desequilíbrios biológicos, a ressurgência de pragas secundárias, resistência a inseticidas e resíduos químicos nas frutas, no solo, na água, etc. Com isso, a utilização de controle biológico é uma alternativa para evitar tais problemas vindo a ser mais um componente do MIP (Manejo Integrado de Pragas) na cultura. Nesse contexto, o ectoparasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) é o mais utilizado e considerado o principal inimigo natural do psíldeo, pois em campo apresenta alta eficiência no parasitismo, grande capacidade de dispersão, estabelecimento e adaptação (HODDLE; PANDEY, 2014). Com a utilização de *T. radiata* como inimigo natural de *D. citri* vêm sendo relatados casos de sucesso em alguns países (GOMEZ-TORRES, 2009; GRAFTON-CARDWELL et al., 2013; PARRA et al., 2016).

O psíldeo se desenvolve em citros e em diversas espécies de plantas da família Rutaceae, sejam plantas cultivadas ou não. Dentre os hospedeiros, um dos mais importantes é a murta [*Murraya paniculata* (L.) Jack] (NAVA et al. 2007), usada em arborização urbana ou em cemitérios, espécie que vem sendo utilizada para criação do psíldeo em programas de controle biológico com *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) (PARRA et al., 2016). Entretanto, outras espécies de *Murraya*, como *M. koenigii* (L.) Sprengel (curry), permitem o desenvolvimento de *D. citri* e poderiam ser usadas como hospedeiros alternativos em programas de Controle Biológico com *T. radiata* ou mesmo como atraentes do psíldeo no campo (BELOTI, 2018), desde que *D. citri* não veicula o HLB quando se alimenta de *M. koenigii*, e assim, poderia ser controlado nestes locais de atração. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a biologia e a tabela de vida de fertilidade de *D. citri* nas duas espécies de *Murraya*, e avaliar a biologia de *T. radiata* em psíldeos provenientes das duas espécies de *Murraya*, visando fornecer subsídios ao controle da praga em programas de MIP.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae)

2.1.1. Importância e bioecologia de *D. citri*

D. citri, originária da Ásia, foi considerada praga secundária no Brasil desde a década de 1940 (COSTA LIMA, 1942), por causar pequenos danos diretos aos pomares de laranjas. Tais danos causados por populações pequenas de insetos eram resultantes da injeção de toxinas durante a alimentação de adultos e ninfas do psíldeo, que em casos extremos podiam levar à queda de folhas quando todo o ramo era atacado (GALLO et al., 2002; HALBERT; MANJUNATH, 2004; PAIVA, 2009). O excesso de “honeydew” produzido pela fase jovem do psíldeo, após a alimentação, pode levar ao aparecimento da fumagina, que diminui a taxa fotossintética das folhas e seca as estruturas vegetais atacadas. Os adultos de *D. citri* podem se alimentar de folhas maduras, mas ovipositam preferencialmente em brotações de seu hospedeiro (PARRA et al., 2010).

A partir de 2004, *D. citri* tornou-se praga-chave da citricultura brasileira, pela capacidade de transmitir as bactérias associadas ao HLB. Essa doença leva à morte das plantas infectadas e pode se alastrar e dizimar grandes pomares comerciais (BASSANEZI et al., 2006; PARRA et al., 2010).

O psíldeo possui mais de 50 espécies hospedeiras da família Rutaceae, mas apenas em algumas espécies *D. citri* completa seu desenvolvimento (ALVES, 2017). Dentre elas *Murraya paniculata* (L.) Jack, conhecida como murta e utilizada como cerca viva ou ornamental no Brasil (AUBERT, 1987; NAVA et al., 2007; PARRA et al., 2010) e *Murraya koenigii* (L.) Sprengel, o curry, hospedeiro alternativo, às vezes superior a *M. paniculata* para o desenvolvimento do psíldeo (DAL POGETTO et al., 2012)

Os ovos de *D. citri* apresentam coloração amarela e são colocados em brotações novas do hospedeiro. *D. citri* oviposita preferencialmente em brotações de murta com, em média, 1,0 e 2,6 cm, bastante tenras para oferecer proteção contra o ressecamento dos ovos (DINIZ, 2013; PARRA et al., 2010).

2.1.2. Hospedeiros de *D. citri*

O controle biológico e a resistência de plantas são considerados técnicas de controle de pragas alternativas ao controle químico. Uma planta resistente é aquela que é menos danificada que outra, quando nas mesmas condições de ataque de uma praga. Para se determinar se uma planta é resistente podem-se utilizar parâmetros que levam em consideração tanto o inseto como a planta. Em plantas resistentes podem-se observar alterações do comportamento ou da biologia do inseto, enquanto em outros podem ocorrer reações da própria planta que em nada afetam o inseto (PANIZZI; PARRA, 2009)

É importante evidenciar que com a resistência de plantas, ocorre o processo de seleção hospedeira pelo inseto. Segundo Hopkins (1917), a seleção hospedeira é quando, um inseto que pode viver em mais de uma espécie, na qual tornou-se mais adaptado, apresenta os parâmetros biológicos e/ou comportamentais menos afetados. Daí a importância de se estudar as diversas espécies hospedeiras de um inseto.

Os hospedeiros de *D. citri* incluem vários gêneros da família Rutaceae embora nem todos permitam o desenvolvimento completo do psíldeo (HALBERT; MANJUNATH, 2004). Dentre os hospedeiros preferidos estão

espécies do gênero *Murraya* e *Citrus*; no entanto, muitas outras espécies são atrativas para oviposição, mesmo não permitindo o desenvolvimento das ninfas e a murta (*Murraya paniculata*) é considerada hospedeiro preferencial de *D. citri*, por permitir um melhor desenvolvimento quando comparada com outras espécies hospedeiras. (AUBERT, 1987; LIU; TSAI, 2000; IKEDA; ASHIHARA, 2008; NAVA et al. 2007). Dentre os hospedeiros foi observado que o psilídeo se desenvolve também em *Murraya koenigii* (L) Sprengel (CHAKRABORTY et al., 1976) Conhecida popularmente por curry, *M. koenigii* (sin. *Bergera koenigii*), nativa de florestas úmidas da Índia e Sri Lanka, é um pequeno arbusto tropical e subtropical que cresce normalmente entre 4 a 6 metros de altura e é conhecido por suas folhas picantes e aromáticas, que na cultura indiana é um dos temperos mais usados e importantes. Possui folhas compostas, cada uma com cerca de 11 a 21 folíolos lanceolados, que medem cerca de 2 a 4 centímetros de comprimento e de 1 a 2 centímetros de largura. Suas flores são pequenas, brancas, perfumadas e apresentam frutos comestíveis, que quando maduros possuem coloração preta (UCR, 2018).

Segundo Teck et al. (2011) e Westbook et al., (2011) *M. koenigii* é uma planta em potencial para o manejo de *D. citri*, como planta isca, pois é uma ótima planta hospedeira, pois quando comparada com a planta hospedeira preferencial de *D. citri*, *M. paniculata* as viabilidades de ovo, ninfas e adultos e a duração da fase de ovo do psilídeo não são afetadas (DINIZ, 2013) E em condições controladas *M. koenigii* mostrou-se mais atrativa do que as plantas cítricas (BELOTTI et al., 2017). Além disso, *M. koenigii* não é hospedeira da bactéria “*Ca. Liberibacter asiaticus*”, agente causal do HLB (DAMSTEEGT et al., 2010).

2.1.3. Transmissão do Huanlongbing (HLB) ou greening por *D. citri*

O HLB foi relatado pela primeira vez em 1919 no sul da China (BOVÉ, 2006); no Brasil o HLB foi relatado pela primeira vez em 2004 nos pomares da região de Araraquara, interior do estado de São Paulo (COLLETA-FILHO et al., 2004). Atualmente o HLB é a maior preocupação do setor citrícola, pois vem causando muitos prejuízos e por ser de difícil controle.

Duas espécies de bactérias foram descritas como responsáveis pelo HLB; “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” e “*Candidatus Liberibacter africanus*”, agentes causais nas regiões do sudeste asiático e nas ilhas da região e no continente africano, respectivamente (JAGOUEIX et al., 1994; PIETERSEN et al, 2010). Porém, Colleta-Filho et al. (2005) por meio de análise da região 16S do DNA ribossomal (rDNA), das duas bactérias causadoras da doença, descobriram que havia mais uma espécie de bactéria responsável pela doença no Brasil, tratando-se de uma espécie diferente e que foi chamada “*Candidatus Liberibacter americanus*” por Teixeira et al. (2005), que coexiste ao lado de “*Ca. Liberibacter asiaticus*”, espécie predominante no estado de São Paulo (BOVÉ, 2006).

No entanto, em 2007, plantas que apresentavam sintomas da doença foram analisadas, mas os testes foram negativos para as três espécies de bactérias. Deste modo, usando-se a mesma técnica de análise da região 16S do rDNA, foi identificado um novo causador do HLB, um fitoplasma que é semelhante em 99% ao agente causador da vassoura de bruxa em guandu (TEIXEIRA et al., 2008).

O HLB também pode ser transmitido por enxertia com material contaminado, de plantas parasitas do gênero *Cuscuta* e através de dois vetores *Trioza erytrae* (Del Guercio, 1918) (Hemiptera: Triozidae), agente transmissor do HLB no continente africano, e *D. citri*, agente transmissor do HLB nas demais regiões afetadas. Foi também detectada a bactéria “*Ca. Liberibacter asiaticus*” em ninfas do psilídeo *Cacopsylla citrisuga* (Yang e Li, 1984) (Hemiptera: Psyllidae) se alimentando em plantas de limão infectadas pela doença na China (GRAÇA, 1991; HALBERT; MANJUNATH, 2004; BOVÉ, 2006; CEN et al., 2012)

No Brasil, o psílideo, *D. citri* foi registrado em 1938 (COSTA LIMA, 1942), porém até 2004, ano da referência do HLB no país, o inseto só causava danos diretos. Portanto, mais de 60 anos depois do registro da praga é que apareceu a doença.

Um adulto sadio ao se alimentar em plantas infectadas pela bactéria causadora da doença, “*Ca. Liberibacter asiaticus*”, pode adquiri-la em 30 minutos; após a ingestão da seiva de plantas infectadas, o patógeno fica latente por cerca de 20 dias. Durante o período de latência a bactéria multiplica-se e difunde-se pelos tecidos do inseto chegando ao canal salivar (ROGERS; STANSLY, 2009; PARRA et al., 2010).

Além dos adultos, ninfas dos primeiros ínstares também podem adquirir o patógeno, mas somente ninfas de 4º e 5º ínstares e adultos podem transmiti-lo. Após o período de latência, as ninfas e os adultos ao se alimentarem de plantas sadias transmitem o patógeno num período de apenas 15 minutos, porém, ao se alimentarem por uma hora ou mais a infectividade aumenta para 100% (PARRA et al., 2010; MEAD; FASULO, 2011).

2.2. *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)

Dentre as alternativas de controle de *D. citri*, além do controle químico, estão os parasitoides, predadores e patógenos; no entanto, no Brasil, dentre tais agentes, a presença de predadores tem sido muito baixa, devido ao uso indiscriminado e constante de agroquímicos nas regiões produtoras de citros (PAIVA, 2009; PARRA et al., 2010).

O ectoparasitoide *T. radiata* e o endoparasitoida *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shaffe, Allam e Agarwal, 1975) (Hymenoptera: Encyrtidae) têm sido registrados em programas de controle biológico em diversas partes do mundo, devido à eficiência na redução da população de *D. citri*, principalmente a espécie *T. radiata* (AUBERT, 1987).

O ectoparasitoide idiobionte *T. radiata*, nativo da Índia e específico de *D. citri*, quando adulto é um pequeno himenóptero de coloração escura medindo de 0,92 a 1,04 mm de comprimento, com asas hialinas e com venação amarelada; os machos geralmente são menores do que as fêmeas, tanto no comprimento quanto na envergadura das asas, com antenas cerca de 1,5 vezes maiores do que as das fêmeas (CHIEN, 1995; ONAGBOLA, 2009).

As fêmeas de *T. radiata* colocam geralmente de um a dois ovos por ninfa, porém, só uma larva desses ovos se desenvolve; uma vez eclodidas as larvas se alimentam da hemolinfa do hospedeiro, e ao final da fase larval, elas aderem os restos da ninfa de *D. citri* à planta criando uma proteção para completar a fase pupal, adquirindo um aspecto “mumificado”. Em seguida, já adulto, o *T. radiata* perfura a região anterior da ninfa, formando uma abertura para a sua emergência. Essa característica é utilizada para a identificação das ninfas que foram parasitadas, assim como para diferenciar as ninfas parasitadas por *D. aligarhensis*, uma vez que os adultos deste parasitoide emergem pela parte posterior das ninfas (ETIENE et al., 2001; HOY; NGUYEN, 2001; DINIZ, 2013).

Segundo Chu e Chien (1991), *T. radiata* pode destruir (predar) ovos e ninfas de 1º, 2º e 3º ínstares de *D. citri*; entretanto, o parasitismo é preferencial no 4º e 5º ínstares, onde forem registrados 71,1% e 85,2% de parasitismo; Gomez-Torres (2009) obteve resultados semelhantes, com 61,85% e 88,75% de parasitismo para o 4º e 5º ínstares, respectivamente. A biologia da espécie foi estudada em murta por Alves (2012), onde foi observada uma viabilidade ovo-adulto de 85,47%, duração ovo-adulto de 11,80 dias, parasitismo de 22,75% e razão sexual de 0,68.

2.3. Manejo e controle de HLB

Segundo Belasque Jr. et al., (2009) não existem medidas efetivas e de baixo custo para o controle do HLB ou medidas curativas. Por tratar-se de uma doença bacteriana, houve tentativa de controle com aplicação de antibiótico (tetraciclina), mas os resultados não foram satisfatórios; também foi feita a tentativa de controle através da poda de ramos sintomáticos ou até mesmo a poda de todo o “dossel” da planta infectada, porém os resultados não foram positivos (BOVÉ, 2006; LOPES et al., 2007).

Dessa forma, o Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura) (2018) vem divulgando os dez mandamentos para o sucesso no controle da doença que são: 1) Planejamento e escolha do local de plantio, que garantirão que a planta alcance a produtividade e o retorno econômico do investimento realizado; são ações necessárias para reduzir a entrada e disseminação do HLB nas propriedades vizinhas e facilitar seu controle e minimizar os danos causados pela doença; 2) Plantio de mudas sadias e de qualidade: é o alicerce para a citricultura saudável e produtiva. Mudas de qualidade têm as seguintes características: sanidade genética (variedade e porta-enxerto) e vigor, garantindo a precocidade de produção das árvores, boa produtividade e geração de frutos de qualidade; 3) Aceleração do crescimento e da produtividade das plantas: adoção de medidas como adensamento, adubação, plantio de mudas com “pernadas” e tratos culturais adequados que antecipem a produção e reduzam a possibilidade de infecção nos primeiros cinco anos após o plantio; 4) Manejo intensificado na faixa de borda do pomar: realização de pulverizações mais frequentes nas bordas dos talhões da periferia, com intervalos de 7 a 14 dias, dependendo da incidência de *D. citri*; 5) Inspeção de plantas: feita para detectar plantas doentes que devem ser eliminadas, e permite o gerenciamento e avaliação da eficácia do manejo do HLB adotado na propriedade; 6) Erradicação de plantas sintomáticas: esta medida garante a manutenção do HLB em níveis baixos e deve ser feita por arrancamento ou por corte do tronco rente ao solo, seguindo-se a aplicação de herbicidas para evitar brotações; 7) Monitoramento de *D. citri*: deve ser feito para determinar o momento da chegada do psíldeo no pomar e para orientar qual será a frequência de pulverização, e indicará de onde os insetos estão vindo; 8) Controle de *D. citri*: as aplicações de inseticidas devem ser feitas para prevenir a infecção de novas plantas e a disseminação do HLB no pomar; os produtos químicos utilizados devem ser parte da Lista PIC (Produção Integrada de Citros), que contém os agroquímicos em conformidade com a legislação internacional e realizar rotação de grupos químicos com diferentes modos de ação para evitar problemas de resistência aos químicos; 9) Manejo regional e alerta fitossanitário: o sucesso do controle do HLB também depende do manejo regional da doença, que consiste em combatê-la em grandes áreas por vários produtores de uma região ao mesmo tempo. O combate deve ser feito por meio da eliminação das plantas de citros sintomáticas e de murta e do controle de *D. citri* em todos os pomares não comerciais (pomares abandonados e orgânicos, áreas de murta, chácaras e quintais em áreas rural e urbana); 10) Ações externas do manejo: mapear todas as fontes de criação do psíldeo e de contaminação do HLB em um raio de pelo menos 5 km ao redor da sua propriedade e realizar ações de controle da doença nesses locais como: eliminação dos pomares abandonados e a substituição das plantas de citros e murta de quintais rurais e urbanos por outras frutíferas ou ornamentais, aplicação de inseticidas nas plantas para o controle de *D. citri* sempre que elas brotarem; e principalmente a liberação do inimigo natural de *D. citri*, *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), que parasita suas ninfas. Essa liberação deve ser direcionada nos momentos de brotação das plantas em pomares abandonadas, áreas de fundo de quintal, em pomares rurais e urbanos, áreas de murta (hospedeiro do psíldeo) e em áreas orgânicas, conforme Parra et al. (2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Criação de manutenção de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae).

Os insetos utilizados no estudo foram provenientes da criação de manutenção do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

A técnica de criação foi adaptada de Gómez-Torres (2009), sendo utilizadas plantas de [*Murraya paniculata* (L.) Jack.] (murta), por ser essa espécie o hospedeiro preferencial de *D. citri* para alimentação e oviposição (AUBERT, 1987; NAVA et al., 2007).

Dessa forma, para criação do psíldeo e conseqüentemente do seu parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterson, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) foram utilizadas plantas de murta. Em casa de vegetação, 200 adultos de *D. citri* foram mantidos em gaiolas de 45 x 45 x 60 cm, com quatro mudas de murta de 30 cm, contendo brotações. Para a obtenção de ovos, os psíldeos permaneciam nestes locais por sete dias. Após esse período, os insetos eram retirados com o auxílio de um sugador manual e as plantas com ovos permaneceram na estufa para o desenvolvimento dos insetos.

3.2. Criação de manutenção de *T. radiata*

Para a criação do parasitoide *T. radiata* foram oferecidas plantas contendo ninfas de 4° e 5° ínstars de *D. citri* provenientes da criação de manutenção do psíldeo (item 3.1).

Um total de 12 plantas foi colocado em gaiolas de 50 x 50 x 90 cm, contendo, cada uma, em média, 1000 ninfas de *D. citri*, mantidas em sala climatizada à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, U.R. de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. Com o auxílio de um estilete foi disponibilizada, no interior da gaiola, uma mistura de mel e pólen para a alimentação dos parasitoides, que eram colocados, em um número mínimo de 200 insetos por gaiola..

3.3. Biologia de *D. citri* em diferentes hospedeiros.

Os hospedeiros utilizados para o estudo da biologia de *D. citri* foram: murta (*M. paniculata*) e curry (*Murraya koenigii*).

Utilizando-se gaiolas de tecido tunil, foi confinado um casal de *D. citri* recém emergido em cada planta, até o início da oviposição; após esse período, os casais foram retirados e os ovos contados com o auxílio de um microscópio estereoscópico. O trabalho foi desenvolvido em câmara climatizada mantida na temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, U.R. de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h.

Diariamente foi realizada a contagem de ninfas eclodidas, sua mortalidade, realizando-se observações até a emergência de adultos. Os parâmetros avaliados foram: tempo de desenvolvimento, viabilidade e razão sexual. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com número diferente de repetições.

Para elaboração da tabela de vida de fertilidade foram avaliados os seguintes parâmetros biológicos: duração do período ovo-adulto, viabilidade das fases imaturas, período de pré-oviposição, razão sexual, longevidade de machos e fêmeas e ritmo diário de postura, trocando as mudas com ovos por mudas novas e contando

diariamente os ovos de cada fêmea até não haver mais posturas nas mudas (SILVEIRA NETO et al., 1976). Com esses dados foram calculados os parâmetros: R_0 = taxa líquida de reprodução; T = duração de cada geração; rm = capacidade inata de aumentar em número e λ = razão finita de aumento.

Casais recém-emergidos de *D. citri* provenientes de diferentes hospedeiros foram dispostos em gaiolas de tunil e acondicionados em mudas do mesmo hospedeiro no qual haviam sido criados. O trabalho foi desenvolvido em câmara climatizada mantida na temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em um total de 12 repetições para cada tratamento (hospedeiro).

Os parâmetros referentes à tabela de vida foram analisados usando o teste TWOSEX-MSChart. Os dois tratamentos foram comparados usando o teste Paired Bootstrap. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.4.3 (R Development Core, Team, 2015).

3.4. Consumo alimentar de *D. citri* em *M. paniculata* e *M. koenigii* avaliado de forma indireta

Para avaliar a alimentação de adultos de *D. citri* em dois hospedeiros foram utilizadas mudas de *M. paniculata* e de *M. koenigii*. Cada planta foi podada para a emissão de brotações (parte da planta preferida pelo inseto para alimentação). As plantas foram individualizadas em gaiolas confeccionadas com copos plásticos transparentes de 250 mL e fechados com tecido “voile” e elástico para evitar a fuga dos insetos. Em cada gaiola foi colocado um disco de papel filtro na base do pecíolo de cada brotação, com a finalidade de reter gotas de “honeydew” excretadas e em seguida foram transferidos 10 insetos adultos para cada brotação, por 48 horas. Após esse período, os discos de papel filtro foram retirados e imersos em uma solução de ninhidrina (SIGMA®) e acetona na concentração de 1% (v/v) por três minutos para a verificação da coloração violeta dos aminoácidos das gotas de “honeydew”. Vinte e quatro horas após, os discos foram escaneados e a área de gotas de honeydew foi estimada pelo software Quant versão 1.0.1. Os dados foram analisados pelo teste de Wilcoxon rank sum ($p \leq 0.05$), uma vez que os dados não apresentaram distribuição normal de acordo com o teste de Shapiro-Wilk. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.4.3.

3.5. Parasitismo de *T. radiata* sobre ninfas de *D. citri* criadas em duas espécies de hospedeiros

3.5.1. Em confinamento

Para a realização desse trabalho foram utilizadas 14 mudas de cada espécie (*M. paniculata* e *M. koenigii*) com brotações confinadas em gaiolas de tecido tunil. Em cada planta foram liberados cinco casais de *D. citri* de idade reprodutiva (12-15 dias). As plantas foram mantidas em câmara climatizada à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR $60\% \pm 10$ e fotofase de 14h, para que ocorresse a oviposição. Após 48h, os casais foram retirados e quando a maioria das ninfas atingiram o 4^o-5^o instares, as mesmas foram contadas e oferecidas a um casal de *T. radiata* por 24h. Após esse período, os parasitoides foram retirados e as ninfas foram mantidas nas mesmas condições.

Foram avaliados: o parasitismo, duração de desenvolvimento (ovo-adulto), viabilidade (emergência) e razão sexual.

Os modelos lineares generalizados foram usados para análise do parasitismo (tipo Poisson) e razão sexual (tipo binomial). Para os dados referentes à duração e viabilidade foi realizado o teste t. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.4.3 (R Development Core Team, 2015).

3.5.2. Com chance de escolha

Foram utilizadas gaiolas (como descrito no item 3.5.1) contendo duas mudas de cada hospedeiro, equidistantes entre si, todas contendo 30 ninfas de 5º ínstar de *D. citri*, provenientes dos respectivos hospedeiros (curry ou murta). No centro de cada gaiola foram liberados três casais de *T. radiata* com dois dias de vida, permitindo-se o parasitismo por 48 horas, em condições de campo. Após esse período, os parasitoides foram retirados e as plantas acondicionadas em câmara climatizada mantida na temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, U.R. de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. As plantas permaneceram nessa condição até o fim da emergência dos adultos de *T. radiata*. A porcentagem de parasitismo nos diferentes hospedeiros foi obtida a partir da contagem dos adultos emergidos.

Os modelos lineares generalizados foram usados para análise do parasitismo (tipo Poisson) utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.4.3 (R Development Core Team, 2015).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Biologia de *D. citri* em diferentes hospedeiros

Não foram observadas diferenças significativas na duração, para as fases de ovo, ninfas e ciclo total (ovo-adulto), sendo que, em *M. koenigii* apresentou menor duração total (ovo-adulto), com média de 15,28 dias (Tabela 1).

Tabela 1. Médias (\pm erro padrão) do tempo de desenvolvimento de ovos, ninfas e período ovo-adulto de *D. citri* criados em dois hospedeiros *. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$. U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h

Hospedeiro	n	Duração (dias)		
		Ovos	Ninfas	Total (ovo-adulto)
<i>M. paniculata</i>	12	4,50 \pm 0,05 a	11,34 \pm 0,15 a	15,67 \pm 0,11 a
<i>M. koenigii</i>	17	4,89 \pm 0,11 a	11,28 \pm 0,08 a	15,28 \pm 0,08 a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Bootstrap ao nível de 5% de confiança

A maior viabilidade observada para a fase de ovo foi a de 86,4% resultante de adultos criados em *M. koenigii*. Em relação à viabilidade ninfal, a maior média observada foi 74,6%, para adultos criado em *M. paniculata*. A viabilidade total variou de 44,7% a 55,00%, sendo o maior valor obtido para psilídeo criados em *M. paniculata* (Tabela 2). Diferenças significativas para viabilidade da fase ninfal relatados por Diniz (2013) e Teck et al. (2011), por outro lado, estes últimos autores observaram um maior tempo de desenvolvimento total (ovo-adulto) em *M. koenigii*.

Não houve influência dos hospedeiros na razão sexual de *D. citri*, sendo o número de fêmeas semelhante quando o psilídeo foi criado nos dois hospedeiros (Tabela 2).

Tabela 2. Viabilidade de ovos, ninfas, período ovo-adulto e razão sexual de *D. citri* criados em dois hospedeiros *. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$. U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Hospedeiros	n	Viabilidade (%)			Razão Sexual
		Ovos	Ninfas	Total	
<i>M. paniculata</i>	12	73,8 \pm 0,82 a	74,6 \pm 0,94 a	55,00 \pm 2,68 a	0,575 \pm 0,039 a
<i>M. koenigii</i>	17	86,4 \pm 0,42 b	51,7 \pm 0,68 b	44,7 \pm 1,44 b	0,523 \pm 0,040 a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Bootstrap ao nível de 5% de confiança

Não foi observada diferença com relação à duração do período de pré-oviposição (Figura 1). No entanto, com relação à fecundidade, as fêmeas criadas em mudas de murta (*M. paniculata*) colocaram, em média, 210,4 ovos durante todo o período fértil, valor quase 3 vezes maior que as fêmeas criadas em mudas de curry (*M. koenigii*), com valor médio 89,8 ovos por fêmea (Figura 2)

Machos provenientes de plantas de murta apresentaram uma longevidade maior do que os machos provenientes de plantas de curry, sendo em média 27,2 dias para machos provenientes de mudas de murta e 20,2 dias para machos de mudas de curry. Para as fêmeas não foi observada diferença na longevidade nos dois hospedeiros, sendo em média 19,8 dias e 20,2 dias para murta e curry, respectivamente (Tabela 3).

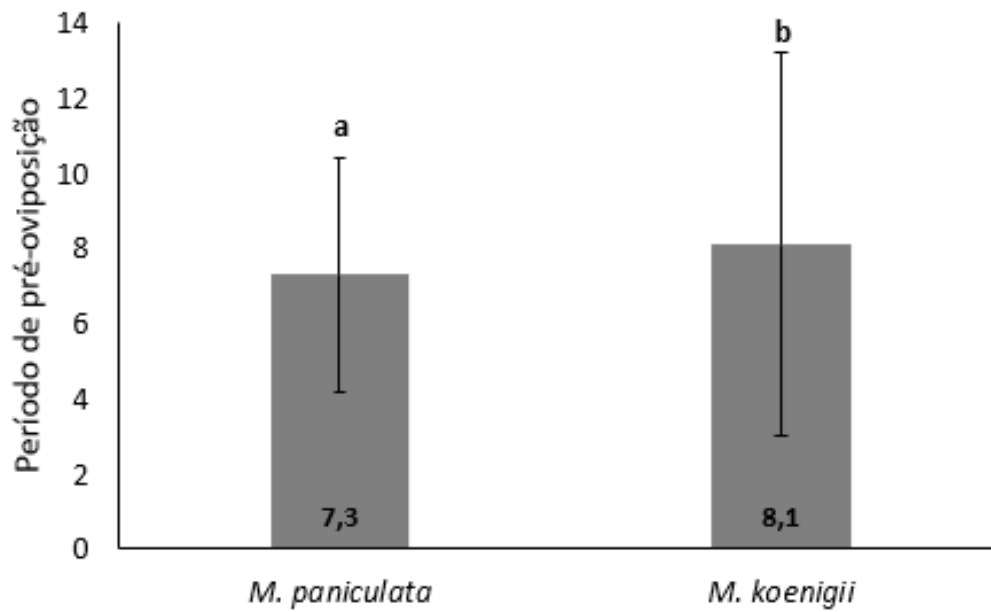


Figura 1. : Período de pré-oviposição de *D. citri* em dois hospedeiros alternativos. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$. U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Média seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

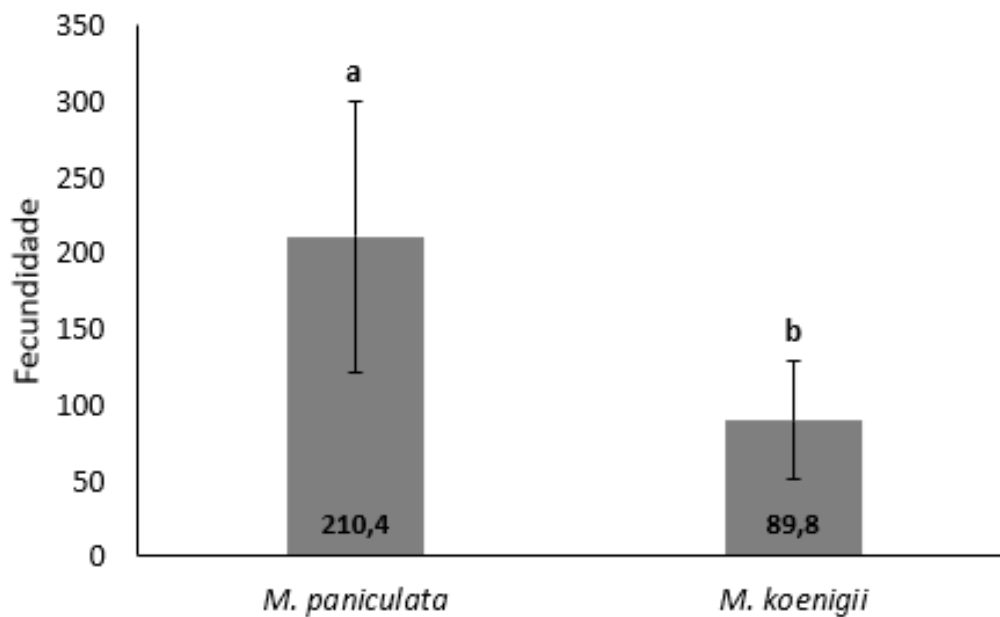


Figura 2. Número médio de ovos por fêmeas colocados por *D. citri* em dois hospedeiros alternativos. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$. U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Média seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 3. Longevidade de adultos de *D. citri* criados em dois hospedeiros *. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$. U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Hospedeiros	n	Longevidade (Dias)	
		Machos	Fêmeas
<i>M. paniculata</i>	12	$27,14 \pm 1,53$ a	$19,85 \pm 1,06$ a
<i>M. koenigii</i>	17	$20,19 \pm 1,28$ b	$20,52 \pm 1,07$ a

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Bootstrap ao nível de 5% de probabilidade.

Teck et al. (2011) observaram diferenças significativas nas médias de ovos colocados pelo psíldeo, sendo de 77,4 e 48, 8 ovos para aqueles provenientes de murta e curry, respectivamente, o que coincide com os resultados obtidos no presente estudo (Figura 2). Os resultados obtidos também corroboram aos obtidos por Aubert (1990) e Diniz (2013) que demonstraram que *M. koenigii* é o segundo melhor hospedeiro para *D. citri*, enquanto que *M. paniculata* é considerado o hospedeiro mais adequado para o psíldeo.

Com a confecção da tabela de vida, pôde-se conhecer o potencial de crescimento de *D. citri* nos dois hospedeiros testados, sendo que a taxa líquida de reprodução (R_0) em *M. paniculata* (murta) foi maior (64), ou seja, a cada geração a população do psíldeo pode aumentar em 64 vezes, enquanto em *M. koenigii* (curry) o crescimento é de 20,6 vezes. O tempo médio de cada geração (T) variou de 24,003 a 25,055 dias, em curry e murta, respectivamente. Para a taxa intrínseca de aumento (r_m) e para razão finita de aumento (λ) os maiores valores foram obtidos em murta (Tabela 4)

Tabela 4. Tabela de vida de fertilidade de *D. citri* em dois hospedeiros. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$. U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Hospedeiro	λ	T (Dias)	r_m	R_0
<i>M. paniculata</i>	$1,180 \pm 0,005$ a	$25,055 \pm 0,167$ a	$0,165 \pm 0,004$ a	$64,0 \pm 6,999$ a
<i>M. koenigii</i>	$1,134 \pm 0,005$ b	$24,003 \pm 0,335$ b	$0,126 \pm 0,004$ b	$20,6 \pm 2,201$ b

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Bootstrap.

Considerando-se que quando *D. citri* foi criado em murta, houve uma menor duração do período ovo-adulto e maior viabilidade deste período (Tabelas 1 e 2) com uma maior quantidade de ovos colocados (Figura 2) e que a população crescem 64 vezes a cada geração em relação às 20,6 vezes para aqueles insetos criados em curry, além de apresentar uma razão finita de aumento superior (Tabela 4), pode-se concluir que com relação aos parâmetros biológicos estudados, *M. paniculata* é mais adequada para criação de *D. citri*, embora *M. koenigii* permita também o desenvolvimento do psíldeo.

4.2. Consumo alimentar de *D. citri* em *M. paniculata* e *M. koenigii* avaliado de forma indireta

O consumo alimentar foi diferente nos dois hospedeiros (Figura 3). O maior consumo alimentar, observado pela área colorida por ninhidrina (que colore aminoácidos de violeta), foi observado em *M. koenigii* com médias $0,544 \pm 0,34$ cm², maior que a área observada para *M. paniculata* ($0,164 \pm 0,058$ cm²) (Figura 4).

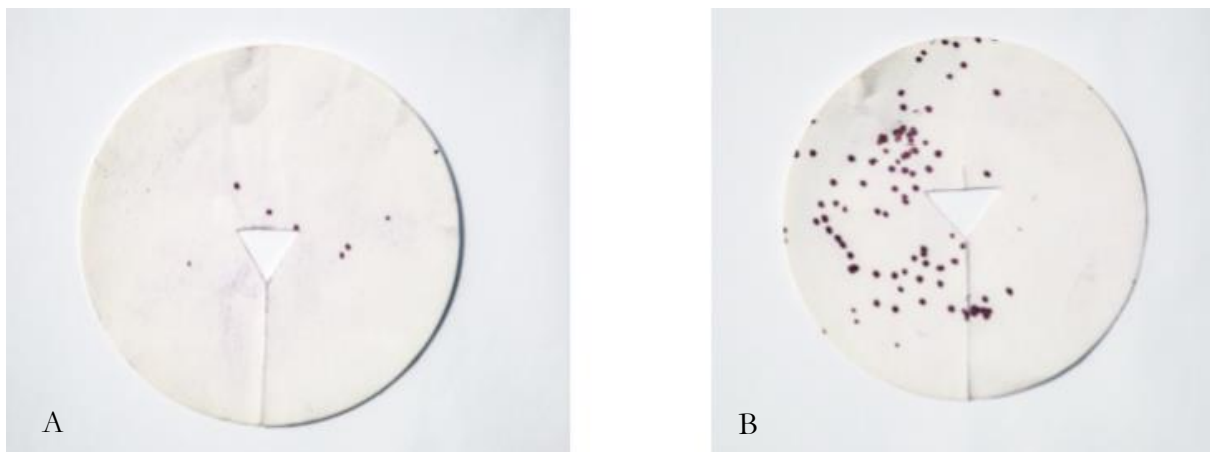


Figura 3. Área colorida por ninhydrina nos dois hospedeiros, representando o “honeydew” excretado por *D. citri*. A) *M. paniculata* B) *M. koenigi*. Temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$, UR $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

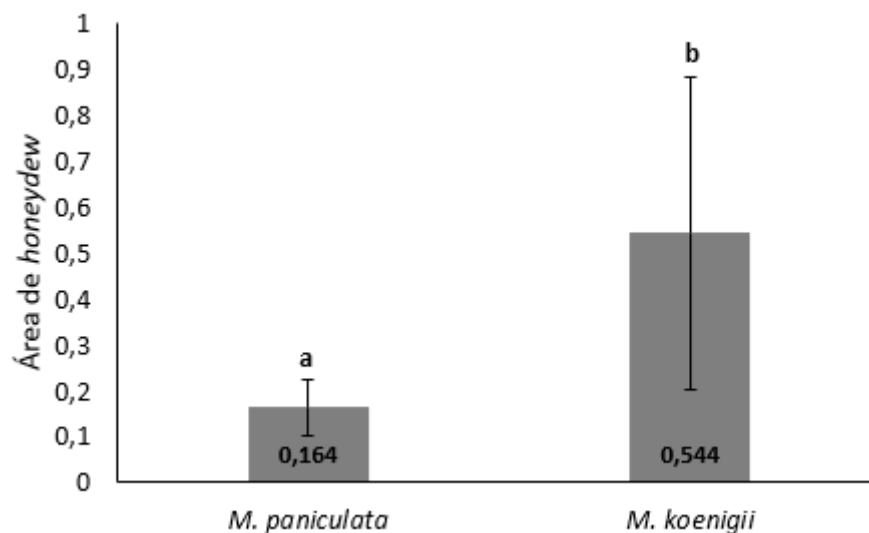


Figura 4. Área média de “honeydew” de *D. citri* alimentado em dois hospedeiros. Temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$, UR $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Médias diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

A despeito da maior quantidade de “honeydew” em *M. koenigi* e observando-se os parâmetros biológicos obtidos, esta maior alimentação talvez se deva à inadequação nutricional do curry, em relação à murta, o que leva o inseto a se alimentar mais (PARRA et al., 2009).

Segundo Vendramim e Guzzo, (2012), o desenvolvimento ou alimentação dos fitófagos podem ser influenciados por características nutricionais ou morfológicas do hospedeiro. Como as folhas de curry são mais tenras do que as folhas de murta (*M. paniculata*), isso pode justificar a maior alimentação em curry, embora nutricionalmente possa não ser a planta mais adequada.

4.3. Parasitismo de *T. radiata* sobre ninfas de *D. citri* criadas em duas espécies de hospedeiros

4.3.1. Em confinamento

Foi observada diferença no parasitismo de *T. radiata* sobre ninfas de *D. citri* criadas nos dois hospedeiros. O maior número de ninfas parasitadas foi observado quando o inseto foi criado em *M. koenigii* (9,64), sendo quase o dobro do parasitismo observado quando o inseto foi criado em *M. paniculata* (5,21) (Figura 5).

A duração do período ovo-adulto do parasitoide diferiu entre os hospedeiros estudados, sendo menor em *M. koenigii*. Os outros parâmetros biológicos, viabilidade (ovo-adulto) e razão sexual não foram afetados independente do hospedeiro (Tabela 5). Em experimento semelhante comparando diversas variedades de citros e murta (*M. paniculata*), Alves (2012) observou que em murta a viabilidade total (ovo-adulto) de *T. radiata* foi de 85,47% e uma duração ovo-adulto de 11,8 dias, esses resultados assemelham-se aos resultados obtidos neste trabalho.

Tabela 5. Média (\pm erro padrão) de viabilidade, duração e razão sexual de *T. radiata* sobre *D. citri* criado em dois hospedeiros em teste de confinamento*. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$, U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Hospedeiro	n	Duração (ovo-adulto) (dias)	Viabilidade (ovo- adulto) (%)	Razão sexual ^{ns}
<i>Murraya paniculata</i>	14	$12,0 \pm 0,15$ a	$77,3 \pm 10,22$ a	$0,64 \pm 0,04$
<i>Murraya koenigii</i>	14	$11,5 \pm 0,11$ b	$71,9 \pm 9,37$ a	$0,71 \pm 0,03$

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t.

ns: não significativo pelo teste binomial (GLM)

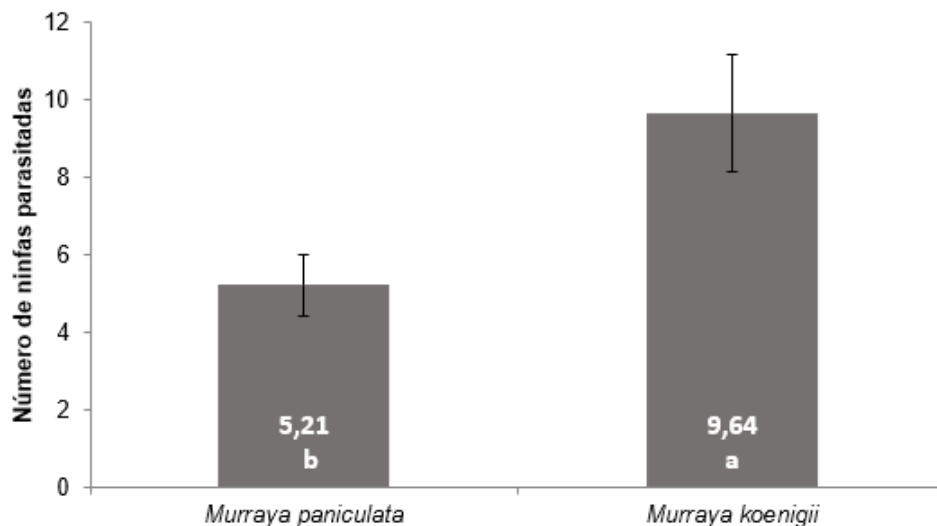


Figura 5. Número de ninfas de *D. citri* parasitadas por *T. radiata* criada em ninfas provenientes de dois hospedeiros em teste de confinamento. Temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 2$, UR $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h. Médias diferem entre si pelo teste t.

4.3.2. Com chance de escolha

Para o parasitismo com chance de escolha não foi observada diferença significativa (Tabela 6) entre os dois hospedeiros. Alves (2012), ao testar a preferência de parasitismo de *T. radiata* em quatro variedades de citros mais plantadas no Estado de São Paulo, em experimento com chance de escolha, também não observou diferenças estatísticas no parasitismo nos hospedeiros testados, sendo o maior parasitismo de 24,25% e o menor de 18,12%, nas variedades Hamlin e Ponkan, respectivamente, e o parasitismo em murta de 22,75% resultado semelhante ao obtido neste experimento.

Tabela 6. Média (\pm erro padrão) parasitismo de *T. radiata* sobre *D. citri* criado em dois hospedeiros em confinamento*. Temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$, U.R. $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14h.

Hospedeiro	n	Parasitismo (%)
<i>Murraya paniculata</i>	18	21,67 \pm 5,38 a
<i>Murraya koenigii</i>	18	14,26 \pm 3,15 a

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos neste experimento sugerem que é viável a utilização de *T. radiata* para o controle de *D. citri*, independente de qual hospedeiro de que foi criado, pois seu comportamento é semelhante nos dois hospedeiros estudados.

Com um intuito de melhor visualização dos resultados obtidos no presente trabalho foi elaborado uma tabela comparativa dos dois hospedeiros estudados apresentando todos os parâmetros como positivos ou negativos para a criação de *D. citri* em murta (*M. paniculata*) e curry (*M. koenigii*) (Tabela 7) e de *T. radiata* sobre o psíldeo proveniente de curry e murta (Tabela 8).

Tabela 7. Tabela comparativa dos parâmetros estudados em dois hospedeiros *M. paniculata* e *M. koenigii*, para *D. citri*.

Parâmetros	<i>M. paniculata</i>	<i>M. koenigii</i>
Duração total	0	0
Viabilidade total	+	-
Razão sexual	0	0
Período de Pré-oviposição	0	0
Fecundidade	+	-
Longevidade de Fêmeas	0	0
Longevidade de Machos	+	-
λ	+	-
T(dias)	-	+
r_m	+	-
R_0	+	-
Consumo Alimentar	-	+

+ favorável / - desfavorável / 0 resultados estatisticamente semelhantes

Levando em consideração que o valor de uma muda de curry é 3 vezes maior que uma muda de murta e os dados apresentados neste trabalho, *M. paniculata* é o hospedeiro mais adequado para a criação de *D. citri* por proporcionar duração do período ovo-adulto menor, maior viabilidade total deste período e maior fecundidade, além das maiores taxas líquida de reprodução (R_0) e razão finita de aumento (λ) (Tabela 7).

Tabela 8. Tabela comparativa dos parâmetros biológicos de *T. radiata* sobre ninfas de *D. citri* provenientes de murta e curry.

Parâmetros		<i>M. paniculata</i>	<i>M. koenigii</i>
Confinamento	Nº de Ninfas Parasitadas	-	+
	Duração Ovo-adulto	-	+
	Viabilidade Ovo-adulto	+	-
Com Chance de Escolha	Razão Sexual	0	0
	Parasitismo	0	0

+ favorável / - desfavorável / 0 resultados estatisticamente semelhantes

Por outro lado, *T. radiata* desenvolve-se melhor em ninfas criadas em curry (*M. koenigii*) quando em confinamento. No teste de livre escolha, o comportamento e parasitismo foram semelhantes. É possível que haja uma compensação pois quando *D. citri* foi criado em *M. paniculata* a população cresce três vezes mais (Tabela 4) e o parasitismo de *T. radiata* em confinamento é menos de duas vezes maior em *M. koenigii*. Estas variações podem estar relacionadas a um eventual condicionamento pré-imaginal, uma vez que os psíldeos vinham sendo criados por muitas gerações em plantas de *M. paniculata*.

Assim, de modo geral, *M. paniculata* mostra-se como o hospedeiro mais adequado para *D. citri*, embora *M. koenigii* também possa ser utilizado, tendo como maior restrição o custo das mudas do curry no mercado brasileiro.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa, pode-se concluir:

- 1) O desenvolvimento e reprodução de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae), são melhores em *M. paniculata* (L.) Jack (murta), considerando-se a duração e viabilidade do período ovo-adulto, fecundidade e taxa líquida de reprodução (R_0);
- 2) O parasitismo por *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) é maior, em confinamento, sobre ninfas de *D. citri* criadas em *M. koenigii* (curry);
- 3) No teste de livre escolha, o parasitismo por *T. radiata* é semelhante para psilídeos criados nas duas espécies estudadas;
- 4) *M. paniculata* pode ser considerado o hospedeiro mais adequado para criação de *D. citri* com vistas à produção de *T. radiata*, embora *M. koenigii* também pode ser utilizada, com a restrição do custo de mudas da espécie no mercado brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. R. **Relações Tritróficas: Variedade de Citros x *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae) x *Tamarixia radiata* (Waterson, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)**. Dissertação de mestrado - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 69p, 2012
- ALVES, G.R. **Efeitos de variedades cítricas sobre o vetor das bactérias associadas ao Huanglongbing (HLB) *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae)**. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017, 82p.
- AUBERT, B. *Trioxa erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of Citrus Greening Disease: Biological aspects and possible control strategies. **Fruits**, v. 42, n. 3, p. 149-162, 1987.
- AUBERT, B. Integrated activities for the control of Huanglongbing – greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. In: INTERNATIONAL ASIA PACIFIC CONFERENCE ON CITRUS REHABILITATION, 1990, Chiang Mai. **Proceeding...** Chiang Mai: Fao- Undp, 1990. p. 133-144.
- BASSANEZI, R.B.; MONTESINO, L.H.; BUSATO, L.A.; STUCHI, E.S. **Damages caused by Huanglongbing on sweet orange yield and quality in São Paulo**. Proceedings of the Huanglongbing – Greening International Workshop. Araraquara, SP: Fundecitrus. Resumo S17. 2006.
- BELASQUE Jr. J.; BERGAMIN FILHO, A.; BASSANEZI, R.B.; BARBOSA, J.C.; GIMENES FERNANDES, N.; YAMAMOTO, P.T.; LOPES, S.A. MACHADO, M.A. LEITE Jr. R P.; AYRES, J.A. MASSARI, C.A. Base científica para erradicação de plantas sintomáticas de assintomáticas de Huanlongbing (HLB, greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, p. 137-145, 2009b
- BELOTI, V.H.; ALVES, G.R.; MORAL, R.A.; DEMÉTRIO, C.G.B.; YAMAMOTO, P.T. Acute Toxicity of Fresh and Aged Residues of Pesticides to the Parasitoid *Tamarixia radiata* and to the HLB-Bacteria Vector *Diaphorina citri*. **Neotropical Entomology**, v. 1, p. 1-9, 2017.
- BELOTI, V.H. **Utilização de *Murraya koenigii* como planta-isca visando o manejo do psilídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)**. Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018, 95p.
- BOVÉ, J.M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 88:7-37, 2006.
- CEN, Y.; ZHANG, L.; XIA, Y.; GUO, J.; DENG, X.; ZHOU, W.; SEQUEIRA, R.; GAO, J. ;WANG, Z.; YUE, J. ;GAO, Y. Detection of “Candidatus Liberibacter Asiaticus” in *Cacopsylla* (Psylla) *citrisuga* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Lutz, v. 95, n. 2, p. 304-311, 2012.

- CHAKRABORTY, N.K.; PANDEY, P.K.; CHARTTERJEE, S.N.; SINGH, A.B. Host preference in *Diaphorina citri* Kuwayama vector of greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Entomology**, Nova Deli, v. 38, n.2, p. 196-197, 1976.
- CHIEN, C.C. The role of parasitoids in the pest management of citrus psyllid. In: SYMPOSIUM: RESEARCH AND DEVELOPMENT OF CITRUS IN TAIWAN, 1995, Taichung. **Proceedings...** Taichung, 1995.p. 245-261.
- CHU, Y.I.; CHIEN, C.C. Utilization of natural enemies to control of psyllid vectors transmitting citrus greening. In: KIRITANI, K.; SU, H.J.; CHU, Y.I. (Ed.). Integrated Control of Plant Virus Disease. **Taipei: Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region**, p.135-145.1991.
- COLLETA-FILHO, H.D.; TAKITA, M.A.; TARGON, M.L.P.N.; DE NEGRI, J.D.; POMPEU, J.; AMARAL, A.M.; MULLER, G.E.; MACHADO, M.A. First report of the causal agent of Huanglongbing (“Candidatus *Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, p. 1382, 2004.
- COLLETA-FILHO, H.D.; TAKITA, M.A.; TARGON, M.L.P.N.; MACHADO, M.A. Analysis of 16S rDNA sequences from Citrus Huanglongbing Bactéria Reveal a different “Ca. *Liberibacter*” Strian associated with Citrus Disease in São Paulo. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, n. 8, p. 848-852, 2005.
- COSTA LIMA, A.M. **Insetos do Brasil**, Homoptera. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. 1942. 101p.
- DAL POGETTO, L.; MELO, E.G.; ALVES, G.R.; DINIZ, A. J.F.; PARRA, J.R.P. Oviposição e alimentação de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae) em duas espécies do gênero *Murraya* (Rutaceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 24., 2012, Curitiba. **Resumos...** Curitiba, 2012.
- DAMSTEEGT, V.D.; POSTNIKOVA, E.N.; STONE, A.L.; KUHLMANN, M.; WILSON, C.; SECHLER, A.; SCHAAD, N.W.; BRLANSKY, R.H.; SCHNEIDER, W.L. *Murraya paniculata* and related species as potential hosts and inoculum reservoirs of Candidatus *Liberibacter asiaticus*, causal agent of Huanglongbing. **Plant Dis** 94:528-533. 2010
- DINIZ, A.J.F. **Otimização da criação de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) e de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), visando a produção em larga escala do parasitoide e avaliação do seu estabelecimento em campo.** Tese (Doutorado em Entomologia) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. 128p.
- ETIENNE, J.; QUILICI, S.; MARIVAL, D.; FRANCK, A. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Fruits** 56: 307. 2001.

- FUNDECITRUS (Fundo de Defesa da Citricultura), Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/dez-mandamentos-contr-o-greening-medidas-para-controlar-a-praga/593>. Acesso em : 15 de março de 2018.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G. C. de.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**, Piracicaba: Fealq, 2002, 920p.
- GRAÇA, J.V. da. Citrus Greening Disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 29, p. 109-139, 1991.
- GRAFTON-CARDWELL, E. STELINSKI, L.L.; STANSLY, P.A. Biology and management of asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 58, p. 413-432, 2013.
- GOMEZ-TORRES, M.L. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae)**. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009, 138p.
- HALBERT, S.E.; MANJUNATH, K.L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist** 87:330-353. 2004.
- HODDLE, M.S.; PANDEY, R. Host range testing of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) sourced from the Punjab of Pakistan for classical biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae: Euphyllurinae: Diaphorinini) in California. **J. Econ. Entomol.** 107(1): 125-136. 2014.
- HOPKINS, A. D. A discussion of C. G. Hewitt’s paper on “Insect Behaviour” **Journal of Economic Entomology**, Laham, v. 10, p. 92-93, 1917.
- HOY, M.A.; NGUYEN, R. Classical biological control of Asian citrus psylla. **Citrus Industry** 81: 48-50. 2001.
- IKEDA, K.; ASHIHARA, W. Preference of adult asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) for *Murraya paniculata* and Citrus unshiu. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, Tokio, v. 52, n. 1, p. 27-30, 2008.
- JAGOUEIX, S.; BOVÉ, J.; GARNIER, M. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the alpha subdivision of the Proteobacteria. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Berks, v. 44, p. 379-386, 1994.
- KALAKI, R.B.; NEVES, M.F. Plano estratégico para o sistema agroindustrial citrícola brasileiro. **Gestão & Produção**. v. 24, n. 2, p. 338-354, 2017.

- LIU, Y.H.; TSAI, J.H. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). **Annals of Applied Biology**, Chichester, v. 137, p. 201-206, 2000.
- LOPES, S.A.; FRARE, G.F.; YAMAMOTO, P.T.; AYRES, A.J.; BARBOSA, J.C. Ineffectiveness of pruning to control citrus huanglongbing caused by *Candidatus Liberibacter americanus*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 119, p. 463-468, 2007.
- MEAD, F.W.; FASULO, T.R. **Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae)** Gainesville: University of Florida, 2011. 8p. (IFAS Extension, 33).
- NAVA, D.E.; TORRES, M.L.G.; RODRIGUES, M.D.L.; BENTO, J.M.S.; PARRA, J.R.P. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 131, p. 9-10, 2007.
- ONAGBOLA, E.O.; BOINA, D.R.; HERMANN, S.L.; STELINSKI, L.L. Antennal sensilla of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Annals of Entomological Society of America**, Lanham, v. 102, p. 523-531, 2009.
- PAIVA, P.E.B. **Distribuição espacial e temporal, inimigos naturais e tabela de vida ecológica de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros em São Paulo**. Tese de doutorado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 64p. 2009.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos: Base para o manejo integrado de pragas**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2009, 1164p.
- PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. **Ecologia Nutricional de Insetos e suas Implicações no Manejo de Pragas**. São Paulo: Manole/Brasília: CNPq, 1991. 359p.
- PARRA, J.R.P.; BENTO, J.M.S.; VILELA, E.F.; LEAL, W.S. Sexual attraction to control orange grove pest. **Brazil Technomoly Day**, Washington, v. 1, p. 24-24, 2003.
- PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; TORRES, M.L.G.; NAVA, D.E.; PAIVA, P.E.B. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. **Citrus Research Technology**, v.31, n.1, p.37-51. Cordeirópolis, 2010.
- PARRA, J.R.P.; ALVES, G.R.; DINIZ, A.J.F.; VIEIRA, J.M. *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) x *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae): Mass rearing and potencial use of the parasitoid in Brazil. **Journal of Integrated Pest Management**. Piracicaba, 2016.

- PIETERSEN, G.; ARREBOLA, E.; BREYTENBACH, J.H.J.; KORSTEN, L.; ROUX, H.F.; GRANGE, H.; LOPES, S.A.; MEYER, J.B.; PRETORIUS, M.C.; SCHWERDTFEGGER, M.; VUUREN, S.P.; YAMAMOTO, P.T. A Survey for 'Candidatus Liberibacter' Species in South Africa Confirms the Presence of Only 'Ca. L. africanus' in Commercial Citrus. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n. 2, p. 244-249, 2010.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <<http://www.R-project.org/>>.
- ROGERS, M.E.; STANSLY, P.A. Biology and management of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida Citrus. **Ifas Extension**, 7p. Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/IN668>. Acesso em: 25 jul 2009.
- SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres. 1976. 420p.
- TECK, S.L.C.; FATIMAH, A.; BEATTIE, A.; HENG, R.K.J.; KING, W.S. (2011) Influence of Host Plant Species and Flush Growth Stage on the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. **Am J Agric Biol Sci** 6:536–543. DOI:10.3844/ajabssp.2011.536.543.
- TEIXEIRA, D.C.; AYRES, A.J.; KITAJIMA, E.W.; TANAKA, F.A.O.; DANET, J.L.; JAGOUEIX-EVEILLARD S.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. 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**, Dordrecht, v. 89, p. 107, 2005.
- TEIXEIRA, D.C.; WULFF, N.A.; MARTINS, E.C.; KITAJIMA, E.W.; BASSANEZI, R.; AYRES, A.J.; EVEILLARD, S.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. A Phytoplasma Closely related to the pigeon pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in state of São Paulo, Brazil. **Phytopatology**, St. Paul, v. 98, n. 9, p.977-984, 2008
- University of California Riverside (UCR) – **Citrus Variety Collection** (2018). Disponível em: <<http://www.citrusvariety.ucr.edu/index.html>>. Acesso em: 15 de julho 2018.
- VENDRAMIM, J.D.; GUZZO, E.C. Plant Resistance and Insect Bioecology and Nutrition, p. 657-686. In PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (eds), **Insect Bioecology and Nutrition for Integrated Pest Management**, CRC Press, Boca Raton, FL. 2012.
- WESTBROOK, C.J.; HALL, D.G.; STOVER, E.; DUAN, Y.P.; LEE, R.F. (2011) Colonization of citrus and citrus related germplasm by *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **HortScience** 46:997–1005