

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Diaphorina citri*
KUWAYAMA (HEMIPTERA: Liviidae) EM VARIEDADES DE
CITROS**

Lumey Pérez Artilles

Bióloga

JABOTICABAL- SÃO PAULO-BRASIL

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Diaphorina citri*
KUWAYAMA (HEMIPTERA: Liviidae) EM VARIEDADES DE
CITROS**

Lumey Perez Artilles

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli

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

2017

P438a Perez Artiles, Lumey
Aspectos bioecológicos de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) em variedades de citros. / Lumey Pérez Artiles. – – Jaboticabal, 2017
iv, 81 p. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017

Orientador: Antonio Carlos Busoli

Banca examinadora: Ana Carolina Pires Veiga, Odair Aparecido Fernandes, Marcos Michelotto, Daniel Junior de Andrade.

Bibliografia

1. *Citrus sinensis*. 2. Controle biológico. 3. Huanglongbing. 4. Psilídeo asiático dos citros. 5. Tabelas de vida. 6. *Tamarixia radiata* I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.7:634.3


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

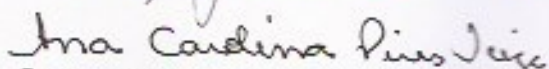
TÍTULO: ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA
(HEMIPTERA:LIVIIDAE) EM VARIEDADES DE CITROS


AUTORA: LUMEY PEREZ ARTILES

ORIENTADOR: ANTONIO CARLOS BUSOLI

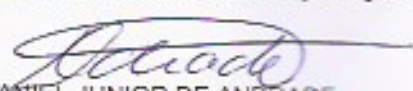
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA
(ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ANTONIO CARLOS BUSOLI
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisadora Dra. ANA CAROLINA PIRES VEIGA
Fundo de Defesa da Citricultura / Araraquara, SP


Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. MARCOS DONISETI MICHELOTTO
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios / APTA - Pindorama, SP


Prof. Dr. DANIEL JUNIOR DE ANDRADE
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 25 de janeiro de 2017.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LUMEY PEREZ ARTILES – nascida em 1º de agosto de 1976, no município de Placetas - V.C, Cuba, Filha de Maximiliano Perez Gonzalez (*in memorian*) e Coralia Artiles Rocha. Bióloga, graduada pela Universidade da Havana, em julho 2000. Ingressou na área do Departamento de Ecologia e Manejo de Pragas, no Instituto de Pesquisas em Fruticultura Tropical, em Havana, Cuba, onde fez mestrado em Fruticultura Tropical, no ano de 2010. Em março de 2013, iniciou o curso de doutorado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/Jaboticabal).

E mail: lumeyp@yahoo.es

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”

John F. Kennedy

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador **Prof. Dr. Antonio Carlos Busoli**, por me conceder oportunidades, por acreditar em mim, pela orientação e confiança, incentivo e amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao **Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi**, pela oportunidade de desenvolvimento do trabalho, pelo meu crescimento e pelos ensinamentos.

Às minhas amigas **Cruz Elena Enrique Valencia**, **Soliris Corredor Castillo**, **Madeleyne Parra** e **Gloria Patricia Urquiza** pelo carinho, apoio e pelos excelentes momentos.

Aos amigos da pós-graduação, pela amizade e companheirismo durante estes anos de doutorado, em especial a **Oniel Jeremías Aguirre-Gil** por toda a ajuda e apoio nestes 4 anos.

A todos os demais amigos e colegas pela convivência e horas de descontração nestes anos. A todos os familiares pelo carinho e incentivo. Em especial a minha família, pela colaboração, pelo incentivo e amor.

A **todos os funcionários do Departamento de Fitossanidade** pela amizade e colaboração.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a concretização deste sonho meus eternos e sinceros agradecimentos.

Em especial, á minha **família**, pela colaboração, pelo incentivo e amor. A meu esposo Gustavo Sanchez pelo apoio e pela ajuda.

SUMÁRIO

RESUMO	III
ABSTRACT -	IV
CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Importância da cultura dos citros	4
2.2. Epidemiologia e Manejo do Huanglongbing	5
2.3. Morfologia de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama	7
2.4. Origem, distribuição e importância econômica	8
2.5. Plantas hospedeiras	10
2.4. Amostragem e distribuição na planta de <i>Diaphorina citri</i>	11
2.5. Ciclo de vida de <i>Diaphorina citri</i>	12
2.6. Tabelas de vida e parâmetros populacionais de <i>Diaphorina citri</i>	13
2.7. Flutuação populacional de <i>Diaphorina citri</i> e influência dos fatores abióticos	14
2.8. Controle biológico de <i>Diaphorina citri</i>	16
2.9. Controle Químico de <i>Diaphorina citri</i>	18
3. REFERÊNCIAS	20
 CAPITULO 2. FLUCTUATION AND NATURAL CONTROL OF <i>DIAPHORINA CITRI</i> KUWAYAMA (HEMIPTERA: LIVIIDAE) POPULATION BY <i>TAMARIXIA RADIATA</i> WATERSTON (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)	31
ABSTRACT	31
1. INTRODUCTION	31
2. MATERIALS AND METHODS	33
3. RESULTS	34
4. DISCUSSION	38
5. CONCLUSIONS	41
6. REFERENCES	41
 CAPITULO 3. BIOLOGIA E PARÂMETROS REPRODUTIVOS DE <i>DIAPHORINA</i>	

CITRI (HEMIPTERA: LIVIIDAE) EM DIFERENTES HOSPEDEIROS DA FAMÍLIA RUTACEAE.....	46
ABSTRACT:	46
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1. Criação de manutenção <i>Diaphorina citri</i>	49
2.2. Biologia de <i>Diaphorina citri</i> nos porta-enxertos limoeiro Cravo e Citrumelo 'Swingle'	50
2.3. Biologia <i>Diaphorina citri</i> em diferentes combinações de porta-enxerto e copas de laranjas	50
2.4. Parâmetros populacionais e reprodutivos	51
2.5. Análise estatística	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
3.1. Biologia de <i>Diaphorina citri</i> em diferentes hospedeiros	53
3.2. Longevidade e fecundidade dos adultos	58
3.3. Oviposição e curva de sobrevivência de <i>Diaphorina citri</i>	62
3.4. Correlação da fecundidade total com períodos de pré-oviposição, oviposição e longevidade	63
3.5. Parâmetros populacionais	64
4. CONCLUSÕES	65
5. REFERÊNCIAS	66
CAPÍTULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71

ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERA: LIVIIDAE) EM VARIEDADES DE CÍTROS

RESUMO – A doença huanglongbing (HLB) é considerada um dos maiores problemas fitossanitários da cultura dos citros na atualidade e sua disseminação ocorre principalmente por insetos vectores. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivos estudar a biologia e os parâmetros populacionais de *Diaphorina citri* (vector do HLB) em variedades de citros e determinar o controle natural de *Tamarixia radiata* sobre as populações de *D. citri*. A biologia de *D. citri* foi estudada nos hospedeiros, limão Cravo e Citrumelo ‘Swingle’ e as copas de laranjas Pera, Hamilim e Valência em combinações com estes porta-enxertos. Em cada hospedeiro avaliaram-se a duração das fases de ovo, ninfa e ciclo biológico, viabilidade, fecundidade e razão sexual. Os resultados obtidos do estudo da biologia de *D. citri* mostram que em Citrumelo ‘Swingle’, a praga apresentou o maior tempo de duração da fase de ovo. A duração do ciclo biológico variou de 15,08 dias em Pêra/Cravo a 16,5 dias em Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’, diferenciando-se significativamente. As maiores taxas de sobrevivência e viabilidade para ovo e ciclo biológico foram observadas nas copas de laranjas enxertadas em limoeiro Cravo. Na combinação Valência/limoeiro Cravo o inseto apresentou a maior viabilidade dos ovos (82,02%) e a menor (73,66%) em Hamilim/ Citrumelo ‘Swingle’. Os valores de sobrevivência (ovo-adulto) variaram de 71,07 a 56,16 % entre os hospedeiros avaliados, observando-se que a combinação Pêra/Cravo favorece a sobrevivência do inseto. Com base na tabela de fertilidade, o limoeiro Cravo apresentou a maior taxa líquida de reprodução (160,57) e a menor tempo de duração de cada geração (31,54 dias). Estimativas Jackknife da taxa intrínseca de crescimento (r_m) variou de 0,152 em Valencia/Limoeiro Cravo para 0,127 em Citrumelo 'Swingle'. Os resultados indicaram que o porta-enxerto limoeiro Cravo favorece os parâmetros reprodutivos da praga, enquanto o Citrumelo ‘Swingle’ foi menos adequado para o desenvolvimento de *D. citri*, especialmente na copa Hamilim. Para complementar o segundo objetivo os experimentos sobre o controle natural de *T. radiata* foram desenvolvidos em Artemisa, Cuba, durante os anos 2007, 2008 e 2009, foram realizadas coletas de 125 brotos jovens em *Citrus sinensis* com uma frequência quinzenal e foi contabilizada a presença de ninfas de 3^o a 5^o instar e determinado as porcentagens de parasitismo por *T. radiata*. Foram determinadas as correlações entre as porcentagens de parasitismo e as variáveis climáticas. Foi encontrada uma correlação positiva (0,545 **, $p < 0,01$) entre o número de ninfas parasitadas por *T. radiata* e a população total de ninfas de *D. citri*. Das variáveis climáticas estudadas, as precipitações (-0.388, $p = 0,0257$), dias com chuva (-0.364, $p = 0,0374$) e umidade relativa (-0.399, $p = 0,0219$) foram correlacionadas negativamente com o percentual de parasitismo. A porcentagem de parasitismo foi estatisticamente significativa diferente entre estações do ano ($p < 0,01$), sendo maior na primavera e outono e menor durante o verão. *Tamarixia radiata* mostrou-se ser regulador eficiente das populações de *D. citri* nas condições avaliadas com porcentagens de parasitismos superiores a 50% na primavera.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, Controle biológico, Huanglongbing, Psílideo-

asiático- dos- citros, Tabelas de vida, *Tamarixia radiata*

BIOLOGICAL ASPECTS OF *Diaphorina citri* KUWAYAMA (HEMIPTERA: LIVIIDAE) IN CITRUS VARIETIES

ABSTRACT - Huanglongbing disease (HLB) is considered one of the main phytosanitary problems currently in citrus plantations and its dissemination occurs mainly by insect vectors. Therefore, the present work aims to study the biology and population parameters of *Diaphorina citri* (vector do HLB) in citrus varieties and to evaluate the natural control of *Tamarixia radiata* on the populations of *D. citri*. The biology of *D. citri* was studied in the hosts Rangpur and Citrumelo 'Swingle' and the canopy of oranges Pera, Valencia and Hamilim in the combinations with these rootstocks. In each host the duration of the egg, nymph and biological cycle phases, viability, fertility and sexual proportions were evaluated. As for the biology of *D. citri* the longer time for the egg phase was obtained in Citrumelo Swingle. The biological cycle duration varied from 15.08 days in Pera/Rangpur to 16.5 in Hamilim/Citrumelo Swingle, differing significantly. The highest survival rates and viability of eggs and biological cycle were observed in the varieties of oranges grafted on lemon Rangpur. In the combination Valencia/Rangpur, the insect has presented the highest viability of eggs (82.02%) and the lowest viability in Hamilim/Citrumelo Swingle (73.66%). Survival values (egg-adult) ranged from 71.07 to 56.16% in the evaluated hosts, taking into account that the combination of the Pera/Rangpur favors the survival of the insect. Based on the fertility chart, Rangpur lemon had the highest net reproductive rate (160.57) and the shortest duration of each generation time (31.54 days). Jackknife estimates of r_m varied from 0.152 on Valencia/Rangpur to 0.127 on Citrumelo Swingle. The results indicate that the rootstock of Rangpur lemon favors the reproductive parameters of the pest, while Citrumelo Swingle was less suitable for the development of *D. citri*, especially with Hamilim canopy. To complement the second objective the experiments were carried out in Artemisa, Cuba, during the years 2007, 2008 and 2009. Samples of young shoots of *Citrus sinensis* (125) were taken with a biweekly frequency and counted the number of nymphs in 3rd and 5th instar and the parasitism of *T. radiata* was determined. The correlation between climatic variables and parasitism was determined. A positive correlation (0.545 ** $p < 0.01$) between the number of nymphs parasitized by *T. radiata* and the total population of *D. citri* nymphs found. Of the climatic variables studied rainfall (-0.388, $p = 0.0257$), the days with rain (-0.364, $p = 0.0374$) and relative humidity (-0.399, $p = 0.0219$) were negatively correlated with the parasitism percentage. Parasitism was statistically different between seasons ($p < 0.01$), being higher in spring and autumn and less during summer. *T. radiata* proved to be effective in regulating *D. citri* populations under conditions evaluated with percent parasitisms higher than 50% in spring.

Keywords: *Citrus sinensis*, Biology control, Huanglongbing, Asian citrus psyllid, Life table, *Tamarixia radiata*

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

Estimativas indicam que cerca de 50% dos alimentos produzidos não chegam ao consumo humano devido à ação de pragas e doenças nas culturas (AGRIOS, 2005). A citricultura se destaca como uma das mais importantes atividades em âmbito mundial. O Brasil detém 30% da produção mundial de laranja e 59% da produção de suco de laranja (NEVES et al., 2007), sendo a oferta mundial dominada por São Paulo (Brasil) e Flórida (EUA). O sistema agroindustrial citrícola brasileiro movimentava no ano 2009 R\$9 bilhões e gerava mais de 400 mil empregos diretos e indiretos (BELASQUE JUNIOR et al., 2009).

O estado de São Paulo possui aproximadamente 12.000 citricultores, cujos pomares totalizam 190,8 milhões de plantas em produção. No ano 2013/14, a área ocupada com laranja no estado de São Paulo foi estimada em 531,5 mil hectares, com a área em produção de 497 mil hectares (CONAB, 2013).

A citricultura paulista na última década, se caracterizou pela adoção de tecnologia de manejo de pragas e doenças, aumento de densidade de plantio, irrigação e adubação, o que acarretou ganhos de produtividade, mas a citricultura nesta década passou por severas crises, influenciada pela diminuição do consumo de suco no mercado externo e elevados estoques e pelo aumento de custo de produção devido ao aumento de problemas fitopatológicos (CONAB, 2013).

Para esta safra observou-se processo de erradicação na ordem de 36,7 mil hectares sendo 72% dessa área substituída pela cana-de-açúcar e 15% por milho e soja, com maior incidência na região de Araraquara, Barretos e Limeira. O 77% da área erradicada ocorreu em propriedades com pomares inferiores a 300 hectares (CONAB, 2013). A presença da doença huanglongbing (HLB), considerada uma das mais graves na citricultura mundial, é um dos principais fatores que influenciaram neste processo de erradicação e na diminuição da produtividade, a qual foi estimada no estado de São Paulo em 1,63 caixas de 40,8 Kg por planta, o que corresponde a 638 caixas por hectare (CONAB, 2013).

No Brasil, esta doença tem causado sérios prejuízos à citricultura, sendo que

34,8 milhões de plantas sintomáticas foram erradicadas no estado de São Paulo até final de 2013, já para o 2016 a incidência de arvores com sintomas de HLB foi de 16,92 (FUNDECITRUS, 2016). Se medidas de controle não sejam adotadas, pomares inteiros se tornam inviáveis entre 7 e 10 anos após o aparecimento da primeira planta sintomática (BELASQUE JUNIOR et al., 2009). Esse tempo pode ser menor quando a infecção ocorre em pomares jovens, inviabilizando a produção em cinco anos (GOTTWALD; BASSANEZI; PAULO, 2007).

Pelos danos que causa e pela dificuldade do seu manejo, o HLB coloca em risco esse importante setor do agronegócio brasileiro (BELASQUE JUNIOR et al., 2009). Três espécies de bactérias, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Ca. L. africanus* e *Ca. L. americanus*, têm sido associadas com os sintomas do HLB (BOVÉ, 2006). Esses são patógenos sistêmicos restritos ao floema da planta e são disseminados por insetos vetores e material vegetativo infectado. No Brasil, estão presentes as espécies *Ca. L. americanus* e *Ca. L. asiaticus*, ambas transmitidas por *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psylloidea: Liviidae) (PARRA et al., 2010).

Candidatus Liberibacter asiaticus é a bactéria associada com a forma mais destrutiva da doença, sendo prevacente nos países das Américas. O inseto vetor se movimenta ativamente por voos curtos ou pode ser carregado, a longas distâncias, por massas de ar. Também, pode ser disperso passivamente em plantas hospedeiras e frutos, o que torna difícil a prevenção e a inibição do estabelecimento de *D. citri* em novas áreas.

O manejo do HLB é complexo devido a fatores como a natureza não específica dos sintomas; prolongado período de incubação no campo, sendo elevada a ocorrência de infecção críptica, ou seja, plantas assintomáticas são capazes de atuar como fonte de inóculo durante meses (BOVÉ, 2006; MANJUNATH, 2008).

Outros fatores que influem no manejo da doença são a distribuição irregular do patógeno na planta; os efeitos do ambiente sobre a expressão dos sintomas e, possivelmente, sobre a multiplicação da bactéria, variações potenciais de resistência à bactéria tanto pelas espécies cítricas quanto pelo inseto vetor; natureza fastidiosa da bactéria; alta capacidade de disseminação do inseto vetor, presença de outras

plantas hospedeiras e a inexistência de fontes de resistência conhecidas no gênero *Citrus* e afins (BOVÉ, 2006; MANJUNATH, 2008).

O tipo de transmissão pelo inseto é persistente circulativa propagativa, ou seja, uma vez que o inseto adquire a bactéria se mantém infectivo durante toda sua vida. A aquisição de *Ca. L. asiaticus* pelo inseto é mais efetiva quando este desenvolve todo seu ciclo de vida em plantas infectadas respeito a aqueles insetos adulto que são alimentados (presumivelmente) em plantas infectadas e desenvolveram seu ciclo em plantas saudas (PELZ-STELINSKI et al., 2010).

O progresso e a disseminação da doença apresentam os mesmos padrões, independente da região onde ocorra, embora possam variar em sua intensidade. A epidemia inicia sempre após a introdução do patógeno e do seu vetor em pomares livres da doença. A disseminação espacial do HLB está relacionada com dois processos que ocorrem simultaneamente, a disseminação primária ao acaso, resultante de psílídeos infectivos que periodicamente emigram de fontes de inóculo de fora do talhão, e a disseminação secundária, a curtas distâncias por psílídeos transportando a bactéria do HLB dentro do talhão ((BASSANEZI et al., 2010; GOTTWALD et al., 2007).

O manejo utilizado, atualmente, consiste no plantio de mudas certificadas, controle do psílídeo e remoção de plantas infectadas. Essa estratégia tem mostrado eficiência nas regiões em que é realizada de forma rigorosa, constante e integrada entre produtores, principalmente, no estado de São Paulo, no Brasil, e no México. Ao considerarem-se as características do patossistema, da dificuldade de execução da estratégia de manejo em campo (erradicação obrigatória, longo período de incubação, resistência dos citricultores), os trabalhos relacionados à biologia e ecologia da praga são essenciais para a concepção de uma nova estratégia relativa ao manejo. Os estudos sobre a flutuação populacional de *D. citri* e de seus inimigos naturais fornecem aspectos essenciais para o manejo de *D. citri*, favorecendo a conservação dos biorreguladores como uma via para o desenvolvimento de uma citricultura menos vulnerável e mais eficiente.

As pesquisas relacionadas à interação *D. citri*-hospedeiro se concentraram na identificação de genótipos de citros e espécies relacionadas que apresentem algum grau de resistência à colonização ou desenvolvimento desses insetos (GRAFTON-

CARDWELL; STELINSKI; STANSLY, 2013).

A determinação da biologia e dos parâmetros populacionais da praga, em diferentes combinações de variedades de laranjas comerciais e porta-enxertos, permitirá obter resultados que contribuam a um manejo mais eficiente dessa problemática, o que propicia, diretamente, uma diminuição no custo de produção, por conceito de redução na compra de inseticida e diminuição propagação da doença, mediante um controle mais eficiente do vetor.

Com base no exposto, este trabalho teve como objetivos, determinar a biologia e os parâmetros populacionais do *D. citri* em diferentes combinações de porta-enxerto e variedades e determinar a incidência e o controle natural de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) sobre a população de *D. citri* e sua relação com as variáveis climáticas.

Como resultado das pesquisas foram obtidos dos artigos científicos que foram submetidos as revistas Fruit e Revista de Entomologia Colombiana, apresentando-se ambos artigos nesta teses no formato exigido pelas revistas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da cultura dos citros

Os citros compreendem um grande grupo de plantas pertencentes à família Rutaceae, compreendendo os gêneros: *Poncirus*, *Fortunella* e *Citrus* ou híbridos da família. O gênero *Citrus* e o mais importante nesta família e está representado por 145 espécies. Entre as espécies mais importantes no cultivo de cítricos são encontradas as laranjas (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), as tangerinas (*C. reticulata* Blanco e *Citrus deliciosa*), limões (*C. limon*), limas ácidas como o Tahiti (*C. latifolia*) e o galego (*C. aurantiifolia*) e outras espécies como os pomelos (*C. paradisi* Macf), toranjas (*C. grandis* L.), a cidra (*C. medica* L.) e a laranja-azedada (*C. aurantium* Loussert, 1992) (LOPES, et al. ,2011).

Brasil é o maior produtor mundial de laranjas e o maior exportador do suco de laranja. Sendo responsável por 50% da produção mundial de suco de laranja (NEVES et al., 2010, p. 08). Algumas espécies são utilizadas na produção de ácido cítri-

co e também na produção de matéria-prima para a indústria farmacêutica (LOPES, et al., 2011). O Brasil, também se encontra entre os principais países fornecedores dos óleos essenciais, ao lado da Índia, China e Indonésia, que são considerados os quatro grandes produtores mundiais (BIZZO et al., 2009, p. 588). No ano de 2011, o volume total exportado de óleo essencial foi de mais de 24 milhões de quilogramas o que representa um valor maior que US\$ 128 milhões (ALICEWEB, 2012).

A importância da citricultura vai além da geração de divisas para a economia brasileira. Este setor tem grandes impactos na criação de empregos, na formação de capital, na geração de renda, na agregação de valor e, também, no desenvolvimento regional (ZULIAN et al., 2013). Conforme Neves et al. (2010, p. 08), esse setor promoveu um total de 230 mil empregos diretos e indiretos no Brasil e uma massa salarial anual de R\$ 676 milhões.

A indústria dos cítricos está sujeita a perdas milionárias a escala mundial ocasionada por diversas pragas. Entre os patógenos que destacam por seus efeitos devastadores se encontram os agentes causais da doença conhecida como Huanglongbing (*Candidatus Liberibacter spp.*) (Da Graca y Korsten 2004; Halbert y Manjunath, 2004). Esta doença é transmitida por insetos vetores e na atualidade é considerada a doença, mas importante da cultura dos citros (Halbert y Nuñez, 2004).

2.2. Epidemiologia e Manejo do Huanglongbing

O manejo do HLB está baseado, principalmente, no uso de mudas certificadas livres da doença e na remoção de plantas doentes que funcionam como fontes de inóculo (XU et al., 1988; HUNG et al., 2004; YAMAMOTO; ALVES; BELOTI, 2015). As barreiras podem ser usadas para minimizar o movimento de psilídeos adultos em plantações (ZHAO, 2000; WANG, 2002). Hospedeiros alternativos do vetor devem ser removidos das plantações e de seu entorno (MA; WANG, 2001).

O reconhecimento dos sintomas é difícil, pois os sintomas são diferentes entre as variedades e podem ser confundidos com sintomas causados por desordens nutricionais e doenças, tais como a podridão da raiz por gomose, causada por fungos do gênero *Phytophthora* e a Clorose variegada dos citros (CVC).

No início da infecção, os sintomas podem ser observados em um ou poucos

ramos setorizados na planta. Nas folhas, pode observar-se um sintoma denominado “mosqueado”, é o sintoma mais característico da doença (BOVÉ, 2006). Este tipo de sintoma se caracteriza pela presença de áreas verdes e amarelas na folha, apresentando uma assimetria dessas regiões, comparando-se os lados opostos do limbo foliar, delimitados pela nervura central. As folhas de ramos sintomáticos podem apresentar-se curvadas, de tamanho reduzido, com nervuras mais grossas e escurecidas.

Em estádios mais avançados da doença podem ocorrer desfolha e morte de ponteiros. Os frutos de ramos sintomáticos podem apresentar-se de tamanho reduzido, assimétricos, incompletamente maduros e com a região estilar mantendo-se verde, diferentemente de frutos de ramos saudáveis. Cortes perpendiculares ao eixo desses frutos permitem a observação de sua assimetria e, também, de sementes abortadas e vasos alaranjados (BELASQUE JUNIOR et al., 2009). Plantas doentes apresentam sintomas nas folhas semelhantes aos produzidos por deficiências de minerais, desfolha e enfraquecimento chegando a causar a morte da planta (PARRA et al., 2010).

Segundo Bassanezi et al. (2005) as infecções de HLB têm uma tendência a ter maior incidência na interface do plantio de citros com áreas sem citros e os focos secundários de plantas doentes são encontrados associados com focos principais, até uma distância de 25 a 50 m.

As medidas de controle devem iniciar com o plantio de mudas de citros saudáveis, certificadas, sendo este elemento uma condição essencial para não disseminar o HLB entre as regiões. Após o plantio, devem ser realizadas inspeções periódicas e eliminação das plantas com sintomas de HLB. Se houver, em uma única inspeção, mais de 28% de plantas sintomáticas, todo o talhão deve ser erradicado, pois praticamente 100% das plantas já estariam infectadas (BASSANEZI et al., 2013).

Depois da eliminação das plantas sintomáticas e de uma inspeção visual, ainda podem restar plantas sintomáticas que não foram detectadas e plantas assintomáticas que, se existir a presença de psíldeos e a contínua migração desses vetores para o pomar, irão resultar na continuidade de infecções, que tornam o pomar improdutivo e economicamente inviável (BASSANEZI et al., 2013).

O controle significativo do HLB será mais bem-alcançado quando um manejo regional da doença for realizado, incluindo a eliminação, também, de fontes externas de inóculo e o controle dos psílídeos nestas fontes. A disseminação primária da doença é a mais perigosa forma de disseminação, porque, mesmo com grande número de aplicações de inseticidas no talhão, é difícil evitar que o psílídeo se alimente de plantas infectadas fora deste talhão, migre para plantas sadias a certas distâncias no talhão pulverizado e transmita a bactéria patogênica antes que morra pela ação do inseticida aplicado nestas plantas (BASSANEZI et al., 2010).

Se o controle regional não é feito, a epidemia pode ser incontrolável, mesmo seguindo as recomendações de manejo do HLB em sua pequena propriedade, isso ocorre pela movimentação constante do psílídeo entre talhões vizinhos, levando à reinfestação constante e rápida.

2.3. Morfologia de *Diaphorina citri* Kuwayama

Diaphorina citri Kuwayama, 1908, (Hemiptera: Psylloidea: Liviidae) é uma das principais pragas na cultura dos citros. Os adultos desse inseto têm de 2,8 a 3,2 mm de comprimento, coloração acastanhada, a antena mais larga na metade apical e uma faixa de mosqueado castanho, que se estende em torno da periferia da metade exterior da asa, faixa ligeiramente interrompida perto do ápice, as antenas têm pontas pretas e duas pequenas manchas escuras nos segmentos centrais (FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005a).

O inseto é coberto com uma secreção de cera esbranquiçada, o que lhe dá uma aparência empoeirada. Distingue-se das outras espécies do gênero pelo padrão de manchas na asa anterior e pelas genitálias. Os ovos têm 0,3mm de comprimento, alongados, forma periforme em forma de pera, mais grossos na base e afilados em direção da sua extremidade distal; quando recém ovipositados, têm uma cor pálida, em seguida, tornam-se amarelos e, finalmente, laranja, no momento da eclosão.

A fase de ninfa apresenta cinco instares e seu tamanho varia de 0,25 a 1,25mm do primeiro ao quinto instar. A coloração das ninfas é amarelo-alaranjada, com manchas abdominais e longos filamentos, confinadas na placa apical do

abdômen. Os esboços das asas são observados a partir da terceira fase ninfal (HALBERT; MANJUNATH, 2004; FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005b; PADULLA; 2007; MEAD; FASULO, 2014).

2.4. Origem, distribuição e importância econômica

Diaphorina citri é nativa do subcontinente indiano e espalhou-se para outras regiões produtoras de citros na Ásia, em Nova Guiné, na Ilha da Reunião, na Ilha Maurício, na Arábia Saudita e na América (HOLLIS, 1987; HALBERT E NÚÑEZ, 2004; GRAFTON-CARDWELL; STELINSKI; STANSLY, 2013). Na Arábia Saudita, Ilha Reunião e Ilha Maurício, a praga foi detectada em 1974 (AUBERT, 1987; MEAD; FASULO, 2014). No continente americano, o primeiro registro ocorreu no Brasil, em 1942 (COSTA LIMA, 1942), o registro posterior só ocorreu na Argentina em 1997, a partir daí desta data aconteceu uma grande dispersão em todo o continente americano, sendo confirmada sua presença seguidamente por todo Caribe. Na Flórida (EUA) sua presença foi informada em 1998, Cuba (1999) e Texas em 2001 (HALBERT, 1998; HALBERT; NÚÑEZ, 2004; PARRA et al. 2010).

Este inseto, durante a alimentação, pode causar distorção ou abscisão dos brotos se as infestações forem graves (MICHAUD, 2004). Folhas maduras podem apresentar um entalhe em um lado, danos característicos de alimentação por esse inseto (AUBERT, 1987). Além disso, *D. citri* está relacionado com a transmissão de bactérias gram (-), que estão associadas aos sintomas do huanglongbing (HLB), considerada a doença mais devastadora da cultura dos citros na atualidade.

Os agentes patogênicos associados com o HLB são protobactérias não cultiváveis restritas ao floema das plantas (JAGOUÉIX; BOVE; GARNIER, 1994) e sua identificação é realizada por meio de análise molecular (BOVÉ et al., 1993; TEIXEIRA et al., 2008).

As espécies associadas com a doença são *Ca. L. asiaticus* e *Ca. L. americanus* no continente americano e sua transmissão está associada com o psílideo *D. citri*. Na África a doença está associada com a bactéria *Ca. L. africanus* e sua transmissão com o inseto vetor *Trioza erytrae* (Del Guercio, 1918) (Hemiptera: Triozidae) (BOVÉ et al., 1993). Além desses patógenos, outros organismos

procariontes, também, têm sido associados aos sintomas do HLB no Brasil e na China (TEIXEIRA et al., 2008; CHEN et al., 2009).

O tipo de transmissão desses patógenos pelos insetos vetores é denominado persistente, circulativo propagativo, as bactérias se multiplicam e permanecem dentro do inseto durante toda sua vida (XU et al., 1988). Alguns estudos (AMMAR; SHATTERS; HALL, 2011) encontraram a bactéria em vários órgãos internos de *D. citri*, assim, evidenciando a circulação do patógeno no vetor.

No processo de transmissão, os insetos adultos e as ninfas podem adquirir o patógeno durante a alimentação em plantas doentes; e esse período é denominado Período de Acesso à Aquisição (PAA), após a aquisição, é necessário um período de latência durante o qual a bactéria se multiplica no corpo do inseto. Depois desse período, o inseto pode transmitir a bactéria durante sua alimentação em uma planta sadia, e, esta fase é denominada de Acesso à Inoculação (PAI) (INOUE et al., 2009; GRAFTON-CARDWELL; STELINSKI; STANSLY, 2013).

As ninfas, a partir do 2º instar, podem adquirir a bactéria e transmitir o patógeno após a emergência dos adultos (XU et al., 1988; HUNG et al., 2004). Um inseto adulto necessita de um tempo mínimo de 30 minutos se alimentando em planta infectada para adquirir o patógeno, e de um período de latência de 21 dias (ROISTACHER, 1991; ROGERS; STANSLY, 2012). Outros estudos demonstraram que, com um PAA de mais de uma hora, 100% dos psíldeos adquirem a bactéria (XU et al., 1988).

Constatou-se a transmissão transovariana em *D. citri* (PELZ-STELINSKI et al., 2010) e a transmissão horizontal de *Ca. L. asiaticus* por machos infectados para fêmeas sadias durante a cópula (MANN et al., 2011). Embora a taxa de transmissão seja muito baixa, reportando-se a valores de 2 a 6% para a transmissão transovariana e 4% para a horizontal.

As ninfas de *D. citri* são mais eficientes em adquirir a bactéria do que os adultos. A aquisição da bactéria pelos imaturos variou de 60 a 100%, sendo que, para os adultos, a aquisição não superou os 40%. Um período de 15 minutos de alimentação é suficiente para que o psíldeo possa transmitir a bactéria para uma planta sadia, embora com baixo grau de efetividade (PELZ-STELINSKI et al., 2010). A concentração da bactéria no corpo do inseto foi maior em função do PAA.

Existem diferenças na concentração do patógeno no inseto quando a aquisição ocorreu em ninfas de 5º instar ou em adultos. Quando o patógeno é adquirido pelas ninfas no 5º instar, foi observado um aumento na concentração do patógeno de até 360 vezes e elas se transformaram em adultos altamente infectantes, com 67% de capacidade de transmitir a bactéria. Quando o inseto adquire a bactéria na fase adulta, a concentração do patógeno não aumenta de forma significativa (INOUE et al., 2009).

Além da transmissão pelo inseto vetor, a doença pode ser transmitida por meio de enxerto com material contaminado e plantas parasitas do gênero *Cuscuta* (*Cuscuta campestris* Yuncker, 1932) (DA GRAÇA, 1991).

2.5. Plantas hospedeiras de *Diaphorina citri*

Diaphorina citri tem aproximadamente 56 espécies de plantas hospedeiras, pertencente à família *Rutaceae*, dentro destas, há as árvores do gênero *Citrus* e *Murraya paniculata* (L.) Jacq. 1820, que são preferenciais (HALBERT; MANJUNATH, 2004).

Apesar de não se encontrar variedades resistentes para *D. citri*, existem estudos que mostram uma resistência parcial à oviposição e à colonização de *D. citri* no genótipo *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. 1763. Este genótipo é um porta-enxerto compatível com o gênero *Citrus*; e um número de acessos de *P. trifoliata* e seus híbridos estão presentes em programas de melhoramento de citros.

Na Flórida, entre 87 materiais vegetais relacionados diretamente a citros, testados para o desenvolvimento de *D. citri*, observou-se que *Casimiroa edulis* Llave; Lex, 1825, foi totalmente inadequado e os genótipos de *P. trifoliata* apresentavam níveis de infestação de *D. citri* muito mais baixos do que os outros genótipos avaliados (WESTBROOK et al., 2011). Além disso, as pesquisas estão direcionadas à procura de genótipos que sejam desfavoráveis para a multiplicação do patógeno.

Estudos recentes mostraram uma resistência parcial à multiplicação da bactéria em acessos e híbridos de *P. trifoliata*. Na Flórida, foi observado que menos de um terço das árvores do genótipo US-897, híbrido resultante do cruzamento entre

tangerina Cleopatra (*Citrus reshi* Hort.) e *P. trifoliata*, mostrava sintomas de HLB, apesar da forte incidência da doença na área. Os sintomas nessas árvores estavam limitados a pequenas áreas nas copas e difíceis de serem identificados nas folhas (ALBRECHT; BOWMAN, 2011).

Também se tem evidências da variação da taxa de multiplicação da bactéria entre genótipos como tangerina Sunki e *P. trifoliata*, apresentando-se em *P. trifoliata*, a menor multiplicação da bactéria (MARENGO, 2009).

2.4. Amostragem e distribuição na planta de *Diaphorina citri*

O período mais movimentado do psilídeo corresponde ao período de brotação de citros. Na amostragem, devem ser avaliados os brotos novos na procura de ovos e ninfas e a parte abaxial das folhas maduras para adultos. A observação de uma secreção esbranquiçada pode indicar que há presença de ninfas nos brotos (GONZALEZ et al., 2002; FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005b). As populações da praga são consideradas altas quando atingem três ninfas e cinco adultos por ramo (HALBERT; MANJUNATH, 2004).

O monitoramento pode ser realizado por pessoas capacitadas, por inspeção visual, mediante as observações das brotações das plantas cítricas, procurando localizar ovos, ninfas ou adultos do inseto (YAMAMOTO; PAIVA; GRAVENA, 2001). Segundo Paiva (2009), as amostragens do psilídeo devem ser feitas semanalmente, enquanto outros autores propõem amostragens a cada dez dias, inspecionando dez brotos por planta (GONZALEZ et al., 2002; FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005b).

As maiores populações de *D. citri* são encontradas nas brotações massivas da cultura. Existe uma preferência de *D. citri* pelos brotos menores de 5mm para a oviposição (FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005a). Assim, na época de brotação massiva, existe uma maior ocorrência de ovos e ninfas. Na ausência de brotos, os adultos permanecem nas folhas maduras (AUBERT, 1987).

Outro método de monitoramento recomendado é o uso de armadilhas adesivas de cores. As armadilhas adesivas amarelas e a verde são as que mais capturam *D. citri*, quando comparadas a outras cores, como as de coloração roxa ou vermelha. Isso ocorre, provavelmente, por serem semelhantes à coloração das

brotações novas (SÉTAMOU et al., 2008).

A radiação solar e a temperatura podem influenciar no número de adultos coletados em armadilhas amarelas, assim, restringindo o valor dessas armadilhas como indicadores de densidade absoluta (HALL; HENTZ; CIOMPERLIK, 2007). Há evidências de uma correlação positiva entre o número de adultos de *D. citri* capturados nas armadilhas amarelas com o aumento da radiação solar e a temperatura (HALL, 2009).

A disposição da armadilha na planta também pode influenciar na captura do inseto vetor. Desse modo, é indicado que se disponha a armadilha na porção externa da copa da planta, preferencialmente, na região mais ensolarada ou livre de obstáculos (MENEZES, 2011).

As maiores quantidades de *D. citri* capturados por armadilhas adesivas são observadas na periferia do talhão ou da propriedade, assim, demonstrando que a distribuição espacial das armadilhas é outro fator importante para a captura de *D. citri*, sendo que a altura da armadilha não foi um fator que influenciou a captura de *D. citri*, nas áreas de 1,5 e 3,0 m próximas às copas das plantas cítricas (MENEZES, 2011).

Desse modo, embora o uso de armadilhas adesivas amarelas venha se mostrando o mais eficiente entre os métodos para monitoramento de *D. citri* nos pomares de citros, essa eficiência ainda é baixa, visto que consiste apenas na atração do inseto pela cor, limitando-se ao campo visual do psílídeo.

2.5. Ciclo de vida de *Diaphorina citri*

A duração do ciclo de vida de *D. citri* depende, principalmente, da temperatura. Numa faixa de temperatura de 28° a 15°C, a duração do ciclo de vida variou de 14,1 a 49,3 dias, sendo a faixa de 25 - 28°C a mais adequada para o desenvolvimento de *D. citri*. O nesta faixa de temperatura o período de incubação dos ovos é de aproximadamente 4 dias, com uma duração da fase de ninfa de 13 dias, necessitando, aproximadamente, 17 dias para completar seu ciclo de vida, embora exista diferenças em relação aos hospedeiros (TSAI; WANG; LIU, 2002).

O desenvolvimento do inseto é acelerado com o aumento da temperatura até

30°C. Para temperaturas acima de 32,5°C, a mortalidade dos três últimos instares pode aumentar até 83,3% (NAKATA, 2006). Também foi constatado que a temperatura tem influência na oviposição e viabilidade dos ovos. A média de ovos produzida por fêmeas aumentou com o acréscimo de temperatura, assim, atingindo um total de 748,3 ovos com viabilidade de 96,2% a 28°C (LIU; TSAI, 2000).

2.6. Tabelas de vida e parâmetros populacionais de *Diaphorina citri*

A tabela de vida é um modelo teórico que descreve a extinção de uma coorte e determina as chances de sobrevivência ou a morte de uma idade exata "x" ou de uma variação entre "x" e "x + n". Este método é considerado como a mais abrangente ferramenta para a análise da mortalidade numa população em determinado momento e, numericamente, descreve o processo de extinção a partir de um grupo inicial de indivíduos (BEGON et al., 2006).

Os estudos relacionados com as tabelas de vida permitem a caracterização do comportamento da mortalidade por idade e sexo, comparações, obtenção das probabilidades de mortalidade e expectativa de vida em várias idades ou grupos de idade. Além disso, permitem diversas aplicações em uma variedade de problemas, tais como a estimativa do nível e da tendência da mortalidade, os estudos de fertilidade e de migração (BEGON et al., 2006).

O método de construção de tabelas de vida, também, é utilizado em estudos populacionais para estudar a longevidade, fertilidade e crescimento populacional. As tabelas de vida são úteis para a compreensão da dinâmica populacional (CIVIDANES, 2002). Quando as tabelas de vida são utilizadas para descrever a mortalidade e a sobrevivência, os dados de fertilidade podem ser usados para estimar as taxas de variação da população, por exemplo, a taxa intrínseca de crescimento (r_m), taxa líquida de reprodução (R_o), taxa de crescimento natural (λ) e o tempo de geração (T).

O hospedeiro e a temperatura influenciam nos parâmetros populacionais de *D. citri*. Num intervalo de temperaturas de 15 a 30°C, em condições laboratoriais, as populações de *D. citri* criadas a 28°C apresentam a maior taxa intrínseca de

crescimento (0,199), a taxa líquida de reprodução mais alta (292,2), menor tempo de duplicação da população (3,5 dias) e tempo de geração média mais baixa (28, 6 dias). A longevidade das fêmeas aumenta com a diminuição de temperatura, com a máxima longevidade das fêmeas individuais de 117 a 15°C.

2.7. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* e a influência dos fatores abióticos

A flutuação populacional de *D. citri* está fortemente ligada ao fluxo das brotações nas plantas cítricas, pois os ovos são colocados exclusivamente em brotos novos e as ninfas se desenvolvem em folhas imaturas (CATLING, 1970; LIU; TSAI, 2000).

No estado de São Paulo, Brasil, o pico populacional de adultos de *D. citri* ocorreu no final da primavera e início do verão, enquanto que no outono e inverno a população foi reduzida, provavelmente, devido ao menor fluxo vegetativo (YAMAMOTO et al., 2001). Na região de Taquaritinga, SP, foram observados resultados semelhantes quanto à flutuação populacional deste psílideo, com picos populacionais nas estações de verão, de 2004 e 2005, com média de 0,84 inseto por armadilha e na primavera, de 2005, registrando-se 1,13 adulto por armadilha (UEHARA-CARMO et al., 2006).

Em Cuba, na laranja Valência (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), os maiores picos populacionais de *D. citri* foram observados de maio a junho, enquanto no Pomelo (*Citrus paradisi* Macf.), os picos populacionais ocorreram nos meses de abril a maio. Os adultos estão presentes durante todo o ano, com o aumento da população, principalmente, nos meses de junho a agosto (GONZALEZ et al., 2002; FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005b).

Sob as condições da Flórida (E.U.A.), as populações psílideo são mais baixas durante os meses de verão, devido às altas temperaturas e à quantidade reduzida de brotos (TSAI; WANG; LIU, 2002). Na Índia, *D. citri* tem picos em janeiro e

fevereiro, e os níveis mais baixos são observados de julho a outubro (CHAVAN; SUMMANWAR, 1993). Na China, ocorreram três picos populacionais anuais, um na primavera, outro no verão e o terceiro no outono, coincidindo com as emissões de ramos novos (YANG et al., 2006).

A altitude, temperatura, umidade relativa (UR) do ar e as precipitações são fatores que podem influenciar na ocorrência e no desenvolvimento de *D. citri*. A temperatura ambiente é o fator mais importante que limita a distribuição da praga (FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005b). As temperaturas muito elevadas no verão (acima de 32-34°C) e muito baixas no inverno (abaixo de 2,5°C), também, impedem o desenvolvimento do inseto (AUBERT, 1987).

Foi observado um melhor desenvolvimento de *D. citri* em UR acima de 50% (GOMEZ-TORRES, 2009), mas a umidade perto do ponto de saturação promove epizootia fúngica nas populações de *D. citri* (AUBERT, 1987). A sobrevivência do adulto diminui com o aumento da umidade relativa dentro de uma faixa de temperatura de 15-30°C, embora ele seja capaz de sobreviver em intervalos de RH tão baixos como 7-33%, o que sugere que pode sobreviver em regiões áridas (LIU; TSAI, 2000).

Outros autores referem que as populações decrescem quando a umidade relativa do ar é baixa e as temperaturas são baixas (AUBERT, 1987; MEAD; FASULO, 2014). Aubert (1987) relatou que a umidade relativa superior a 87-90% afeta o desenvolvimento da praga, assim como os meses com precipitações acima de 150 mm estão, geralmente, associados a uma queda na população, produto da ação direta das precipitações sobre os imaturos de *D. citri*.

Diaphorina citri, geralmente, está presente no litoral e até uma altitude de cerca de 500 metros acima do nível do mar e, praticamente, não é encontrada em altitudes de 1300-1500m, provavelmente, devido à presença de geadas ocasionais (AUBERT, 1987; BOVÉ, 2006). Na ausência de hospedeiros adequados ou na procura de condições climáticas favoráveis, esse inseto pode se deslocar facilmente devido à sua capacidade de voo e gama de hospedeiros. Tolley (1990) estimou que a praga pode se deslocar cerca de 1,5 km, embora Sakamaki (2005) acredite que esta distância possa ser muito maior.

2.8. Controle biológico de *Diaphorina citri*

Diaphorencyrtus aligarhensis (Shafee, Alam and Argarwal, 1975) (Hymenoptera: Encyrtidae) e *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) são parasitoides primários de *D. citri* (ÉTIENNE et al., 2001). *Tamarixia radiata* é considerado o parasitoide mais efetivo no controle de *D. citri*. Esta espécie é um ectoparasitoide que põe seus ovos perto do terceiro par de pernas da ninfa de *D. citri*, e prefere parasitar ninfas a partir do terceiro instar. Esse inseto pode reabsorver os ovos como uma adaptação para sincronizar a reprodução com o hospedeiro e estender sua vida (CHIEN; CHIU; KU, 1989). Em condições favoráveis, a taxa de parasitismo por *T. radiata* pode exceder 90% (FAUVERGUE; QUILICI, 1991).

Em Cuba, a presença desse parasitoide foi detectada em maio 2000 e teve uma ampla distribuição por toda a região citrícola do país. No campo, obteve-se taxas de parasitismo natural de 30,72 a 97,26%, encontrando-se as maiores taxas nos meses de novembro a dezembro e as menores no mês de junho (HERNÁNDEZ; RODRÍGUEZ, 2000; GONZALEZ et al., 2007). Em São Paulo, Brasil, sua presença foi detectada em outubro de 2004, com taxas de parasitismo de 27-80% (GOMES-TORRES et al., 2006).

Tamarixia radiata é a espécie mais utilizadas para o controle biológico clássico de *D. citri*. Foi introduzida em países como Ilha Reunião (ETIENNE; AUBERT, 1980; AUBERT, 1987), Taiwan (CHIEN; CHIU; KU, 1989) e Guadalupe (ÉTIENNE et al., 2001) onde a espécie se estabeleceu e foi efetiva no controle da praga.

Embora a capacidade desse parasitoide para procurar e estabelecer-se em seu hospedeiro, isso não tem sido suficiente para deter a incidência do HLB (QURESHI; STANSLY, 2009). Somente na Iha Reunião se relata sucesso no controle de *D. citri* mediante o emprego do controle biológico com os parasitoides *T. radiata* e *D. aligarhensis*, encontrando-se que *T. radiata* foi mais efetivo com 60-70% de parasitismo, enquanto *D. aligarhensis* não ultrapassou os 20% (AUBERT, 1987). O sucesso do controle biológico na Ilha Reunião se deve, em parte, à ausência de hiperparasitoides, uma vez que a eficácia dos dois pode ser grandemente afetada

por estes (AUBERT, 1987; BOVÉ et al., 1993). Em Guadalupe, *T. radiata*, foi introduzida em janeiro de 1999, importada da Ilha Reunião, e estabeleceu-se com sucesso (ÉTIENNE et al., 2001). Na Flórida, foram introduzidos ambos os parasitoides em 2000, mas somente *T. radiata* se estabeleceu (MCFARLAND; HOY, 2001; MICHAUD, 2002).

Tamarixia radiata demonstra alta eficiência no controle das populações de *D. citri*, mesmo com baixas densidades populacionais da praga, sendo essa uma característica importante na seleção dos agentes de controle biológico (PAIVA; PARRA, 2012). O uso de predadores generalistas para o controle, principalmente, dos ovos e do primeiro e segundo instares aumenta a efetividade no controle biológico das populações do psílideo (CHIEN e CHU, 1996). Michaud, (2004) sugere que nas condições da Florida, na ausência de predadores, a mortalidade por *T. radiata* é insuficiente para suprimir as populações de *D. citri*.

Os predadores também não são importantes na redução das populações de *D. citri*, no Brasil. Nos ecossistemas citrícolas do Brasil, há relatos, principalmente, das espécies *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera: Coccinellidae), *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae), *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae), *Pseudodorus clavatus* (Fabricius, 1794) (Diptera: Syrphidae), *Ceraeochrysa everes* (Banks, 1920) (Neuroptera: Chrysopidae) e uma espécie de *Scymnus* (Coleoptera: Coccinellidae) (GRAVENA et al., 1995).

Em Cuba as principais espécies de predadores são *C. sanguinea*, *Chilocorus cacti* (Linnaeus, 1767) (Coleoptera: Coccinellidae), *Exochomus cubensis* Dimmock, 1906 (Coleoptera, Coccinellidae) e *Scymnus distinctus* Casey, 1924 (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) e *Ocyrtamus* sp., (Diptera: Syrphidae). Os predadores controlam preferentemente a fase de ovo e o primeiro e segundo instares, com percentuais de predação de ovos de 33,3-41,46% (GONZALEZ et al., 2007). Na Flórida, E.U.A., segundo Michaud, (2004), as espécies de predadores mais abundantes são os coccinélideos *H. axyridis* e *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866).

Os fungos entomopatogênicos, também, desempenham um papel fundamental na redução das populações de *D. citri*, especialmente durante os

períodos de alta umidade relativa (AUBERT, 1987). O fungo *Hirsutella citriformis* Speare, 1920 (Ascomycota: Cordycipitaceae) foi relatado parasitando adultos de *D. citri* em Cuba (CABRERA, 2002) e *Isaria fumosorosea* Wize (IFR) (= *Paecilomyces fumosoroseus*) (Hypocreales: Cordycipitaceae), na Flórida (MEYER; HOY; BOUCIAS, 2008). A conservação dos inimigos naturais de *D. citri* constitui uma prática importante no seu manejo, incidindo de maneira direta na redução das populações desse vetor (QURESHI; STANSLY, 2007).

2.9. Controle Químico de *Diaphorina citri*

Na presença da doença em uma região, o controle dos psilídeos se baseia, principalmente no controle químico (TOLLEY, 1990; YAMAMOTO; ALVES; BELOTI, 2015). Na China, são feitas de 10-13 pulverizações por ano nas áreas afetadas, principalmente durante o período de brotação. As aplicações devem ser feitas a partir dos resultados de monitoramento dos psilídeos e as aplicações, somente quando forem necessárias (ROISTACHER, 1996).

Os inseticidas recomendados para o controle de *D. citri* incluem organofosforados, piretroides, neonicotinoides (imidacloprid) e carbamatos (aldicarb). O uso correto de inseticidas químicos pode reduzir populações de psilídeos. A frequência e o tempo das aplicações são fundamentais para alcançar o objetivo. É recomendado fazer uma aplicação de produtos fitossanitários, preferentemente um produto sistêmico antes da brotação massiva da cultura, com objetivo de reduzir a população adulta para diminuir a oviposição, além disso, durante esse período, as populações de joaninhas e outros predadores são baixas, visto que os níveis de existência de ovos e ninfas da praga, também, são baixos. Durante o período de brotação é recomendável fazer aplicações foliares de inseticidas, principalmente, com o objetivo de reduzir a população de imaturos da praga, mas essas aplicações, por sua vez, reduzem significativamente as populações dos inimigos naturais.

No Brasil, o controle com inseticidas sistêmicos é feito de 7-10 dias antes do transplante das mudas, com tiametoxan e imidacloprid. É recomendável o uso de

inseticidas sistêmicos em plantações de até três anos. Os inseticidas sistêmicos são recomendados na estação chuvosa e os inseticidas de contato, na estação de seca. As plantas jovens necessitam de controle durante todo o ano. Em árvores de mais de 3 anos, devem ser usados inseticidas de contato organofosforado ou sistêmicos. O nível indicado para a aplicação de um inseticida é a presença de mais de quatro psilídeos por armadilha por semana (YAMAMOTO; MIRANDA, 2009).

O manejo integrado é baseado no controle biológico, controle cultural e controle químico. Os agrotóxicos devem ser selecionados com base em sua eficácia e potencial de uso sustentável, com impactos mínimos sobre agroecossistemas cítricos e risco baixo de fitotoxicidade. O número de produtos químicos aplicados em pulverização deve ser mínimo para reduzir o risco de impactos negativos sobre a eficácia e as plantas. Os tratamentos químicos devem estar baseados nos resultados do monitoramento das populações de psilídeo, a presença de adultos, a fenologia da planta e a duração dos ciclos de brotação, as aplicações devem se concentrar em proteger os surtos de adultos e de oviposição (AUBERT, 1988; ROISTACHER, 1996; RAE et al., 1997). Este modo de aplicação, também, facilitará o controle de outras pragas, como larva minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella* Stainton [Lepidoptera: Gracillariidae]).

O controle de psilídeos, especialmente durante a época da brotação massiva dos citros, tem o objetivo de diminuir a oviposição sendo imprescindível que as aplicações garantam boa cobertura das plantas. No caso dos produtos sistêmicos, a dose deve ser baseada no tamanho da árvore e na etapa fenológica da cultura para evitar a perda ou diminuição do potencial dos ingredientes ativos por meio de lixiviação, degradação ou do tamanho das árvores.

O uso de agrotóxicos, como os piretroides e organofosforados, para o controle *D. citri*, pode causar desequilíbrios nos ecossistemas e induzir picos de populações de outros insetos e ácaros, como *Panonychus citri* (McGregor, 1916) (Acari: Tetranychidae). Além dos inseticidas sistêmicos, os óleos minerais são recomendados para reduzir as populações de *D. citri* e preservar as populações dos inimigos naturais (RAE et al., 1997; HOY; NGUYEN, 2001; MICHAUD, 2004; ROGERS, 2008).

Os óleos minerais podem ser utilizados para o controle simultâneo de uma

ampla gama de pragas e doenças, e são adequados para a agricultura orgânica. Eles oferecem outros benefícios, como baixa toxicidade para animais vertebrados, menos efeitos negativos sobre insetos benéficos e não estimular surtos de pragas secundárias, além disso não se tem reportes de resistência de praga a óleos (RAE et al., 1997).

Produtos fitossanitários de origem botânica à base de azadirachtina, da planta *Azadirachta indica* A. Juss. (Sapindales: Meliaceae), têm mostrado eficácia para o controle de *D. citri*, apresentando também repelência para oviposição de *D. citri* (SHIVANKAR; RAO; SINGH, 2000; WEATHERSBEE; MCKENZIE, 2005; KHAN; ZAHID; KHAN, 2012; MANN et al., 2012). Outros produtos, como os derivados de *Annona mucosa* Jacq. (Magnoliales: Annonaceae), também, têm apresentado alta eficiência no controle de *D. citri*, pois, em níveis subletais, têm pronunciado efeitos repelentes sobre a alimentação e oviposição de *D. citri*, efeitos que podem afetar a demografia e dinâmica das populações de *D. citri* (RIBEIRO et al., 2015).

3. REFERÊNCIAS

AGRIO, G. N. **Plant Pathology**. 5. ed. San Diego: Academic Press, 2005.

ALBRECHT, U.; BOWMAN, K. D. Tolerance of the trifoliolate citrus hybrid US-897 (*Citrus reticulata* Blanco × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) to huanglongbing. **HortScience**, v. 46, n. 1, p. 16–22, 2011.

AMMAR, E. D.; SHATTERS, R. G.; HALL, D. G. Localization of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, associated with citrus huanglongbing disease, in its psyllid vector using fluorescence in situ hybridization. **Journal of Phytopathology**, v. 159, n. 11–12, p. 726–734, 2011.

AUBERT, B. **Towards an Integrated management of Citrus Greening. Disease. Diseases induced by procaryotic pathogens**. In: Proc. 10th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. Riverside, CA. In L. W. Timmer, S. M. Garnsey, and L. Navarro [eds.], 198,8, pp. 226-230 .

AUBERT, B. *Trioza erythrae* (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.

BASSANEZI, R. B. ; LOPES, S. A.; BELASQUE J. J.; SPÓSITO, M.; YAMAMOTO P. T.; PEDREIRA DE MIRANDA, M.; TEIXEIRA, D.; WULFF, N. A. Epidemiologia do Huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 11–23, 2010.

BASSANEZI, R. B. MONTESINO, L. H., GIMENES-FERNANDES, N., YAMAMOTO, P. T., GOTTWALD, T. R., AMORIM, L., BERGAMIN F. A. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of Huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease**, v. 97, n. 6, p. 789–796, jun. 2013.

BASSANEZI, R.B.; BUSATO, L.A.; BERGAMIN, F. A; AMORIM, L.; GOTTWALD, T.R. **Preliminary spatial pattern analysis of Huanglongbing in São Paulo , Brazil**. In: 16th Conf. Intern. Organization Citrus Virol., 2005, Univ. California, Riverside. Anais... SIXTEENTH IOCV CONFERENCE p. 341-355.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology**: Individuals, Populations and Communities. 3.ed. 2006.

BELASQUE JUNIOR, J.; BERGAMIN A. F.; BASSANEZI R. B.; BARBOSA, J. C.; FERNANDES, N., YAMAMOTO, P. T.; LOPES, S. A.; MACHADO, M. RUI-PEREIRA, L. J.; AYRES, A.J.; MASSARI, C. A. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de Huanglongbing (HLB, Greening) visando o controle efetivo da doença. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 3, p. 137–145, 2009.

BIZZO, H.R.; HOVELL, A.M.C.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova*, v.32, p.588, 2009.

BOVÉ, J. M. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of *Citrus*. **Journal of Plant Pathology**, v. 88, p. 7–37, 2006.

BOVÉ, J. M., M. GARNIER, Y. S. AHLAWAT, N. K. CHAKRABORTY, AND A. VARMA. 1993. **Detection of the Asian strains of the greening BLO by DNA-DNA hybridization in Indian orchard trees and Malaysian *Diaphorina citri* psyllids**, pp. 258-263 In P. Moreno, J. V. da Graça, and L. W. Timmer [eds.], Proc. 12th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. University of California, Riverside. **Anais...** 1993. Disponível em: <<http://www.imok.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000592.pdf>>. Acesso em:01. março. 2016.

CABRERA, R. I.; GONZÁLEZ, C.; HERNÁNDEZ, D.; TAPIA, J.L. PRESENCIA del hongo *Hirsutella citriformis* Speare sobre *Diaphorina citri* Kuw. **Revista de**

Protección Vegetal, v. 17, n. 3, p. 199, 2002.

CATLING, H. D. Distribution of the psyllid vectors of Citrus greening disease, with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. **FAO Plant Protection Bulletin**, v. 18, n. 1, p. 8–15, 1970.

CHAVAN, V. M.; SUMMANWAR, A. S. **Population Dynamics and Aspects of the Biology of Citrus psylla, *Diaphornia citri* Kuw., in Mharashtra**. In: Proc. 12th Conference of the International Organization of Citrus Virologists. University of California, Riverside. **Anais...** 1993. Disponível em: <<http://www.imok.ufl.edu/hlb/database/pdf/00000592.pdf>>. Acesso em: 01. março. 2016.

CHEN, J.; PU, X.; DENG, X.; LIU, S.; LI, H.; CIVEROLOE, E. A phytoplasma related to “*Candidatus phytoplasma asteri*” detected in citrus showing Huanglongbing (yellow shoot disease) symptoms in Guangdong, P. R. China. **Phytopathology**, v. 99, n. 3, p. 236–242, 2009.

CHIEN, C. C.; CHIU, S. C.; KU, S. C. Biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. **Fruits**, v. 44, n. 7-8, p. 401- 407, 1989.

CIVIDANES, F. J. Tabelas de vida de fertilidade de *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de campo. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 419–427, 2002.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_09_14_40_40_boletim_1aranja_2o_2013.pdf. Acesso em: set.2016.

COSTA LIMA, A. M. Insetos do Brasil. Rio de Janeiro. Escola Nacional de Agronomia, 327 p. Série Didática, Homoptera, 1942.

DA GRAÇA, J. V. Citrus greening disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 29, n. 1, p. 109–136, 1991.

ETIENNE, J.; AUBERT, B. Biological control of psyllid vectors of greening disease on Reunion Island. In: 8TH CONFERENCE OF THE IOCV, 1980. Proceedings... Riverside: University of California, 1980, p. 118-121.

ÉTIENNE, J.; QUILICI, S.; MARIVAL, D.; FRANCK, A. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Fruits**, v. 56, n. 5, p. 307–315, 2001.

FAUVERGUE, X.; QUILICI, S. Etude de certains parametres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoide primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vecteur asiatique du greening des agrumes. **Fruits**, v. 46, n. 2, p. 179–185, 1991.

FERNÁNDEZ, M.; MIRANDA, I. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte I: características morfológicas, incidencia y enemigos naturales asociados. **Revista de Protección Vegetal**, v. 20, n. 1, p. 27–31, 2005a.

FERNÁNDEZ, M.; MIRANDA, I. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte II: Conducta preferencial con relación a la fenología del cultivo. **Revista de Protección Vegetal**, v. 20, n. 2, p. 22–24, 2005b.

FUNDECITRUS. 2016. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/greening/10>. Acesso em: 07 ago. 2016.

GOMEZ-TORRES, M.L. Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae). 2009. 138p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2009.

GÓMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; GRAVENA, S.; COSTA, V.A.; PARRA, J.R.P. Primeiro registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) no Brasil. *Revista de Agricultura, Piracicaba*, v. 81, p. 112- 117, 2006.

GONZALEZ, C.; HERNÁNDEZ, D.; CABRERA, R. I.; TAPIA, J. R. ***Diaphorina citri* Kuw., inventario y comportamiento de los enemigos naturales en la citricultura cubana.** Informe FAO 2002. Disponível em: www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5279/FAODiaphorina.pdf. Acesso em: 8 mar. 2015.

GONZÁLEZ, C.; HERNÁNDEZ, D.; RODRÍGUEZ, J. Primer informe de *Tamarixia radiata* Waterston como biorregulador de *Diaphorina citri* Kuw. en cítricos de Cuba. **Citrifruta**, v. 18, n. 1-2–3, p. 38–39, 2000.

GONZALEZ, C.; VERA, A.; HERNÁNDEZ, D.; TAPIA, J. L. **Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Psyllidae) y sus enemigos naturales en Naranja Valencia de Arimao, Cienfuegos.** Informe FAO 2007. Disponible em: <<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5279/FAODiaphorina.pdf>>. Acceso em: 8 mar. 2015.

GOTTWALD, T. R.; BASSANEZI, R. B.; PAULO, S. Citrus Huanglongbing: The Pathogen and Its Impact Plant Health Progress Plant Health Progress. **Plant Health Progress**, n. September, p. 36, sep. 2007.

GRAFTON-CARDWELL, E. E.; STELINSKI, L. L.; STANSLY, P. A. Biology and management of asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens. **Annual Review of Entomology**, v. 58, n. 1, p. 413–432, 2013.

GRAVENA S, BERETTA MJG, PAIVA PEB, GALVÃO R, YAMAMOTO PT. 1996. **Seasonal abundance and natural enemies of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards of São Paulo State, Brazil.** In J.V. Graça, Moreno & Yokomi (eds.) Proceed. 13th IOCV Conference, Fuzhu, China, 16-28 November, 1995. Abstract. pp 414.

HALBERT, S. E. **El Psílido Asiático de los Cítricos – Plaga Exótica Grave en los Cítricos de Florida.** **Entomology Section.** *Triology* (May-June 1998) 37(3): 6-7, 1998.

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**, v. 87, n. September, p. 330–353, 2004.

HALBERT, S. E.; NÚÑEZ, C. A. Distribution of the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean Basin. **Florida Entomologist**, v. 87, p. 401–402, 2004.

HALL, D. G. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. **Journal of economic entomology**, v. 102, n. 1, p. 446–452, 2009.

HALL, D. G.; HENTZ, M. G.; CIOMPERLIK, M. A. A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in *Citrus*. **Florida Entomologist**, v. 90, n. Michaud, p. 327–334, 2007.

HOLLIS, D. A new citrus-feeding psyllid from the Comoro Islands, with a review of the *Diaphorina amoena* species group (Homoptera). **Systematic Entomology**, v. 12, n. 1, p. 47–61, 1987.

HOY, M.A.; NGUYEN, R. Classical biological control of Asian citrus psylla. **Citrus Industry**, Ocala, v. 81, n. 12, p.48-50, 2001.

HUNG, T.-H.; HUNG, S.C.; CHEN, C.N.; HSU, M.H.; SU, H. J. Detection by PCR of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, the bacterium causing citrus huanglongbing in vector psyllids: application to the study of vector-pathogen relationships. **Plant Pathology**, v. 53, n. 1, p. 96–102, 2004.

INOUE, H.J.; OHNISHI, T.; ITO, K.; TOMIMURA, S.; MYIATA, T.; IWANAMI, T.; ASHIRARA, W. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus liberibacter* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology**, v. 155, n. 1, p. 29–36, ago. 2009.

JAGOUÉIX, S.; BOVE, J.-M.; GARNIER, M. The phloem-limited bacterium of greening disease of citrus is a member of the α subdivision of the proteobacteria. **International Journal of Systematic Bacteriology**, v. 44, n. 3, p. 379–386, 1994.

KHAN, I.; ZAHID, M.; KHAN, G. Z. Toxicity of botanic and synthetic pesticide residues to citrus psyllid *Diaphorina citri* kuwayama and *Chrysoperla carnea* (Stephens). **Pakistan Journal of Zoology**, v. 44, n. 1, p. 197–201, 2012.

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**, v. 137, n. 3, p. 201–206, dez. 2000.

LOPES JMS, DÉO TFG, ANDRADE BJM, GIROTO M, FELIPE ALS, JUNIOR CEI, BUENO CEMS, SILVA TF, LIMA FCC Importância econômica do citros no Brasil. **Revista científica eletrônica de agronomia**, v. 20,, 2011.

MA, X.; WANG, Z. Occurrence and population dynamics of citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, and its control measures. **Zhejiang Citrus**, v. 18, p. 26–28, 2001.

MANJUNATH, K. L., HALBERT, S. E., RAMADUGU, C., WEBB, S., AND LEE, R. F. Detection of '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' in *Diaphorina citri* and its importance in the management of citrus huanglongbing in Florida. **Phytopathology**, v.98, p. 387-396. 2008.

MANN, R. S.; TIWARI, S.; SMOOT, J. M.; ROUSEFF, R. L.; STELINSKI, L.L. Repellency and toxicity of plant-based essential oils and their constituents against *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 136, n. 1–2, p. 87–96, 2012.

MANN, R.S.; PELZ-STELINSKI, K.; HERMANN, S.L.; TIWARI, S.; STELINSKI, L.L. Sexual transmission of a plant pathogenic bacterium, *Candidatus Liberibacter asiaticus*, between, conspecific insect vectors during mating. Plos One, San Francisco, v. 6, n. 12, 2011.

MARENGO, S. **Mapeamento genético de tangerina Sunki e *Poncirus trifoliata* para resistência ao Huanglongbing (greening) dos citros**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Faculdade de PÓS-GRADUAÇÃO, INSTITUTO AGRONÔMICO, 2009.

MCFARLAND, C. D.; HOY, M. A. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. **The Florida Entomologist**, v. 84, p. 227–233, 2001.

MEAD, F. W.; FASULO, T. R. **Asian Citrus Psyllid , *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta : Hemiptera : Psyllidae)**. 2014. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN16000.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2015.

MENEZES, G.M. **Avaliação de métodos de monitoramento de *Diaphorina citri* na periferia e interior de pomares cítricos com manejo de HLB**. 2011. 19 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Controle de Doenças e Pragas dos Citros). Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara SP, 2011.

MEYER, J. M.; HOY, M. A.; BOUCIAS, D. G. Isolation and characterization of an *Isaria fumosorosea* isolate infecting the Asian citrus psyllid in Florida. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 99, p. 96–102, 2008.

MICHAUD, J. P. Biological control of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Florida : a preliminary report. **Entomological News**, v. 113, n. October, p. 216–222, 2002.

MICHAUD, J. P. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. **Biological Control**, v. 29, n. 2, p. 260–269, 2004.

NAKATA, T. Temperature-dependent development of the citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psylloidea), and the predicted limit of its spread based on overwintering in the nymphal stage in temperate regions of Japan. **Applied Entomology and Zoology**, v. 41, n. 3, p. 383–387, 2006.

NEVES MF, LOPES FF, TROMBIN VG, AMARO AA NEVES EM, JANK MS (2007) Caminhos para a Citricultura: uma agenda para manter a liderança mundial. São Paulo SP. Editora Atlas SA.

PADULLA., L.F. 2007. Estudo de fungos entomopatogênicos para o controle de ninfas do psílideo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera : Psyllidae). Mestre em Ciências Agrícolas. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo. Brasil. 91 p.

PAIVA, P. E. B.; PARRA, J. R. P. Natural parasitism of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) nymphs by *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera, Eulophidae) in São Paulo orange groves. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 4, p. 499–503, 2012.

PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; GOMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; PAIVA, P.E.B. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. *Citrus Research and Technology*, Cordeirópolis, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.

PELZ-STELINSKY, K.S.; BRLANSKY, R.H.; EBERT, T.A.; ROGERS, M.E. Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 103, n. 5, p. 1531-1541, 2010.

QURESHI, J. A.; STANSLY, P. A. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae)

populations in Florida citrus. **Biological Control**, v. 50, n. 2, p. 129–136, ago. 2009.

QURESHI, J. A.; STANSLY, P. A. Integrated Approaches for Managing the Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* (Homoptera : Psyllidae) in Florida. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, p. 110–115, 2007.

RAE, D. J., W. G. LIANG, D. M. WATSON, G. A. C. BEAT- TIE, AND M. D. HUANG. Evaluation of petroleum spray oils for control of the Asian citrus psylla, *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Psyllidae), in China. **International Journal of Pest Management**, v. 43, n. 1, p. 71–75, 1997.

RIBEIRO, L.; SANTOS, M. S.; GONÇALVES, G. L.; VENDRAMIM, J. D. Toxicity of an acetogenin-based bioinsecticide against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, v. 98, n. 3, p. 835–842, 2015.

ROGERS, M. E. General Pest Management Considerations. **Citrus Industry**, v. 89, n. 3, 2008.

ROGERS, M.E.; STANSLY, P.A. **Biology and management of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, in Florida Citrus**. Gainesville: University of Florida, (IFAS Extension, ENY-739), 2012. 6 p.

ROISTACHER, C. N. 1991. Techniques for biological detection of specific citrus graft transmissible diseases, pages 35-45 (Greening). FAO, Rome. 286 pp.

ROISTACHER, C.N., 1996. **The economics of living with citrus diseases: huanglongbing (greening) in Thailand**. In: da Graça, J.V., Moreno, P., Yokomi, R.K. (Eds.), Proceedings, 13th Conference of the International Organization of Citrus Virologists (IOCV), 17e23 November 1995, Fuzhou, Fujian Province, China. International Organization of Citrus Virologists. University of California Press, Riverside, CA, pp. 279 e 285.

SAKAMAKI, Y. Possible migration of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) between and within islands. **Occasional Papers Kagoshima University Research Center for the Pacific Islands**, v.42, p. 121–125, 2005.

SÉTAMOU, M.; FLORES, D.; FRENCH, J. V.; HALL, D. G. Dispersion patterns and sampling plans for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. **Journal of economic entomology**, v. 101, n. 4, p. 1478–1487, 2008.

SHIVANKAR, V. J.; RAO, C. N.; SINGH, S. Studies on citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama a review. **Agricultural Reviews**, v. 21, n. 3, p. 199–204, 2000.

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 the state of São Paulo, Brazil. **Phytopathology**, v. 98, n. 9, p. 977–984, 2008.

TOLLEY, I.S. The relation of nursery production with orchard planning and management. In: AUBERT, B.; TONTYAPOM, S.; BUANGSUWON, D. (Eds.). **Rehabilitation of citrus industry in the Asia Pacific Region**. Cidade: Chiang Mai. Proceedings, 1990. p. 77-82.

TSAI, J. H.; WANG, J.-J.; LIU, Y.-H. Seasonal Abundance of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. **Florida Entomologist**, v. 85, n. September, p. 446-451, 2002.

UEHARA-CARMO, A.; RUGNO, G.R.; FELIPPE, M.R.; COELHO, J.H.; XIMENES, N.L.; GARBIN, L.F.; YAMAMOTO, P.T. Espécies e flutuação populacional de cigarrilhas (Hemiptera: Cicadellidae) e psilídeo (Hemiptera: Psyllidae) em pomar cítrico no município de Taquaritinga/SP. In: Huanglongbing – Greening International Workshop, 2006, Ribeirão Preto. Proceedings... 2006, p.101.

WANG, Z. Distribution and spread of citrus huanglongbing in citrus-planting region in Guizhou Province. **Cultivation and Planting**, v. 4, p. 62–63, 2002.

WEATHERSBEE, A. A.; MCKENZIE, C. L. Effect of a neem biopesticide on repellency, mortality, oviposition, and development of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, v. 88, n. 4, p. 401–407, 2005.

WESTBROOK, C. J.; HALL, D.G.; STOVER, E.W.; DUAN, Y.P.; LEE, R.F. Colonization of Citrus and Citrus- related Germplasm by *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Hortscience**, v. 46, n. 7, p. 997–1005, 2011.

XU, C.; XIA, Y.; LI, K; KE, C. Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 10., 1988, Riverside. Proceedings... Riverside: IOC, 1988. p. 178-181.

YAMAMOTO, P. T.; PAIVA, P. E. B.; GRAVENA, S. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região Norte do Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 165–170, 2001.

YAMAMOTO, P.; ALVES, G.; BELOTI, V. Manejo e controle do huanglongbing (HLB) dos cítricos. **Investigación Agraria**, v. 16, n. 2, p. 69–82, 2015.

YAMAMOTO, P.; MIRANDA, M. Controle do psílideo *Diaphorina citri*. **Ciência e Prática**, v. 1, p. 10–12, 2009.

YANG, Y.; MINGDU H.; ANDREW, G.; BEATTIE, C.; YULU, X., OUYANG, G.; XIONG, J. 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**, v. 52, n. 4, p. 343–352, 2006.

ZHAO, Z. Research and control of citrus insect pests in China. **Entomological Knowledge**, v. 37, n. 2, p. 110–116, 2000.

ZULIAN A, DÖRR AC, ALMEIDA SC. 2013. CITRICULTURA E AGRONEGÓCIO COOPERATIVO NO BRASIL. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. 11:2290–2306.

CAPITULO 2. FLUCTUATION AND NATURAL CONTROL OF *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) POPULATION BY *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae)

ABSTRACT - Introduction: We investigated the fluctuations and natural control of *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 populations by the ectoparasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) and the impacts of climatic variables on the percent parasitism. **Materials and methods:** Population sampling was conducted in an orchard of *Citrus sinensis* Osbeck 'Valencia'. Twenty-five shoots were collected per block every 15 days from February 2007 to December 2009, and parasitism of 3rd, 4th and 5th instar *D. citri* nymphs by *T. radiata* was evaluated and correlated with six climatic variables using Spearman's coefficient. **Results:** There was a positive correlation (0.545**, $p < 0.01$) between the number of parasitized nymphs and the total nymph population. Of the climatic variables studied, rainfall (-0.388 , $p = 0.0257$), days with rain (-0.364 , $p = 0.0374$) and relative humidity (-0.399 , $p = 0.0219$) were correlated with the percent parasitism. The percent parasitism was statistically different between seasons ($p < 0.01$), being highest in the spring and autumn and lowest during the summer. The highest rate of parasitism was observed in March 2007 (54.48%). **Discussion and conclusion:** *T. radiata* proved to be adapted to Cuba's environmental conditions, effecting natural control of *D. citri* and exhibiting percent parasitisms exceeding fifty percent in the spring and the autumn .

Keywords: *Citrus sinensis*, biological control; ectoparasitoid, , Asian citrus psyllid.

1. INTRODUCTION

The Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama 1908 (Hemiptera: Liviidae), is considered to be one of the most important pests of citrus crops. *Diaphorina citri* transmits two phloem-limited bacterial species (*Candidatus Liberibacter asiaticus* and *Ca. Liberibacter americanus* (TEIXEIRA et al., 2005), that are strongly related to a serious citrus disease known as huanglongbing (HLB). *Diaphorina citri* transmits these pathogens in a persistent manner: once acquired by

the insect, the bacteria can be transmitted for the rest of the insect's life (HALBERT; MANJUNATH, 2004; PARRA et al., 2010). Currently, HLB is the world's most destructive disease of citrus crops. It can eventually kill citrus trees, particularly young ones (GOTTWALD, 2010), and cause significant yield losses (BASSANEZI et al., 2011; BOVÉ, 2006; HALBERT; MANJUNATH, 2004).

One key aspect for the management of HLB (CHIU; AUBERT; CHIEN, 1988) is the vector (*D. citri*) control. Among the methods for controlling the vector, chemical control is the most common (BOINA et al., 2011; SRINIVASAN et al., 2008; TIWARI et al., 2011). However, this method alone is not sufficient to control the vector and has the disadvantage of increasing production costs due to the large number of applications needed to control the pest. Another negative factor of this control method is that the repeated use of the same insecticide or another with the same mode of action can select resistant insect populations (TIWARI et al., 2011). Therefore, an integrated pest management strategy that includes the use of biological control is necessary.

Under field conditions, a large number of natural enemies of *D. citri* have been identified and found important in the natural control of this pest (AUBERT, 1987; GONZÁLEZ et al., 2003). Native to northern India, *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) is a primary parasitoid of *D. citri* that preferably parasitizes nymphs from the third to the fifth instar (ÉTIENNE et al., 2001).

Tamarixia radiata is the most widely used species in classical biological control of *D. citri*. Indeed, the introduction of this ectoparasitoid to control *D. citri* has produced successful results in the Philippines (GAVARRA; MERCADO; GONZALES, 1990), Taiwan (AURAMBOUT et al., 2009; CHIEN; CHIU; KU, 1989; CHIU; AUBERT; CHIEN, 1988) and, most notably, in Reunion Island (AUBERT, 1987; ÉTIENNE et al., 2001).

Several aspects can influence the success of *D. citri* control by *T. radiata*. It is known that weather variables may affect the parasitism and emergence rates as well as the life cycle of *T. radiata*. In laboratory studies, parasitism and emergence rates reached their highest levels at 25 and 30 °C (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012). The time required for development of *T. radiata* from egg to adult stage is approximately 12 days at 25 °C and a light:dark cycle of 14L:10D (PARRA et al.,

2010; QUILICI; FAUVERGUE, 1990). A single female can lay up to 300 eggs at 25–30 °C (ÉTIENNE et al., 2001).

In Cuba the presence of *T. radiata* was reported in May 2000 as a natural introduction (GONZÁLEZ; HERNÁNDEZ; RODRÍGUEZ, 2000). *Tamarixia radiata* has adapted to the conditions of the country and has spread to all citrus producing regions, proving to be an effective biological control against *D. citri*. The use of natural enemies is a key element in the citrus pest management program implemented in Cuba in the 1980s. This program was based mainly on the conservation of natural enemies and the use of selective insecticides and mineral oils (OTERO et al., 1994).

In 2007, the presence of HLB in the country was reported (MARTÍNEZ et al., 2009), resulting in a radical change in the citrus management program, with intensified use of chemical insecticides to control citrus pests, particularly *D. citri* (LLAUGER et al., 2008; LUIS et al., 2009). The use chemical products for management of citrus pests affects the efficacy of the ectoparasitoid *T. radiata* in the biological control of *D. citri* and leads to a gradual decline in populations of the parasitoid (HALL; NGUYEN, 2010; LIRA et al., 2015).

The objective of this study was to estimate the fluctuations and natural control of *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 populations by its ectoparasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) and the impacts of climatic variables on the percent parasitism of *D. citri* in orange groves in the main producing regions of Artemisa, Cuba, during a three-year period. It's the first study, after the introduction of HLB in Cuba, about the behavior of *Tamarixia radiata* and the incidence of natural parasitism. Ultimately, these data may be helpful in evaluating the usefulness of this parasitoid as a biological control agent in management strategies for *D. citri*.

2. MATERIALS AND METHODS

Population sampling was conducted at the Ceiba Citrus Company, Artemisa, Cuba, in a 2.34-ha orchard of *Citrus sinensis* Osbeck 'Valencia' on Citrumelo 'Swingle' rootstock planted in 2002. The trees were not sprayed with insecticides in the course of the study. Trees were sampled from the beginning of 2007 until 2009 to obtain estimates of nymphal parasitism in the citrus psyllid *D. citri* by the eulophid *T.*

radiata. One hundred twenty-five shoots were collected every 15 days. The shoots were placed in paper bags and taken to the laboratory, where they were analysed using a stereoscopic microscope (16X).

The 3rd to 5th instars of *D. citri* nymphs were counted, and nymphs parasitized by *T. radiata* (mummification of the nymphs) were separated and stored to assess the presence of hyperparasitoids. The percentage of parasitism was calculated by the formula: % parasitism = $(P / N) * 100$, where P = total number of parasitized nymphs (N3–N5) and N = total nymph population (N3–N5). We analysed variation in the percent parasitism between spring, summer and autumn of each year using four monthly assessments for each season. A randomized design with replications was used. The data of percentage of parasitism were arc sine square-root (X) transformed and subjected to analysis of variance and Tukey's test.

Correlations between the percentage of parasitism and the climatic variables maximum temperature (°C), minimum temperature (°C), precipitation (mm), number of days with rain, water vapor tension and relative humidity (%) were determined by Spearman's coefficient as was that between the total number of nymphs of *D. citri* (N3, N4, N5) and the total number of parasitized nymphs.

Climatic data were obtained from the meteorological station of Guira de Melena, Artemisa, Cuba. Data analyses were performed using the statistical programs SAS (SAS Institute Inc., 2012).

3. RESULTS

Tamarixia radiata was recovered from 3rd–5th instar *D. citri* nymphs from 37 of the 41 samples collected during 2007–2009. *Tamarixia radiata* was observed in most of the months evaluated. Based on these results, we can be classify *T. radiata* as a constant species in the agroecosystem evaluated, according to the one proposed by Silveira Neto et al. (1976), which defines as constant those species that are present in more than 50% of the samples.

We collected 4625 shoots bearing 5199 3rd–5th instar *D. citri* nymphs, 738 of them (14.2%) parasitized by *T. radiata*. We did not observe hyperparasitoids of *T. radiata*. During the spring, in March and April, the highest infestations of nymphs of

D. citri were recorded, for the years 2007 and 2009, this period corresponded to a period of low rainfall.

In 2008, in addition to observing high infestations in the spring, another population peak was observed in the month of October. In the summer (22 June-22 September) the lowest population density of the pest was observed during the three years (Fig. 1, 2 and 3).

Parasitism by *T. radiata* was found even in months with a low incidence of *D. citri* infestation (Figs. 1, 2, 3). There was a positive correlation (0.545**, $p < 0.01$) between the number of parasitized nymphs and the total nymph population, but no correlation was observed between the total population of nymphs and the rate of parasitism.

Parasitism by *T. radiata* was found even in months with a low incidence of *D. citri* infestation (Fig.1, 2, 3). There was a positive correlation (0.545**, $p < 0.01$) between the number of parasitized nymphs and the total nymph population, but no correlation was observed between the total population of nymphs and the rate of parasitism, which strengthens the hypothesis that effective parasitism by *T. radiata* can occur even in small populations of *D. citri*.

During the three years, the highest percent of parasitism was observed during the spring (between March and June) and in the autumn (September to December) (Fig. 1, 2, 3).

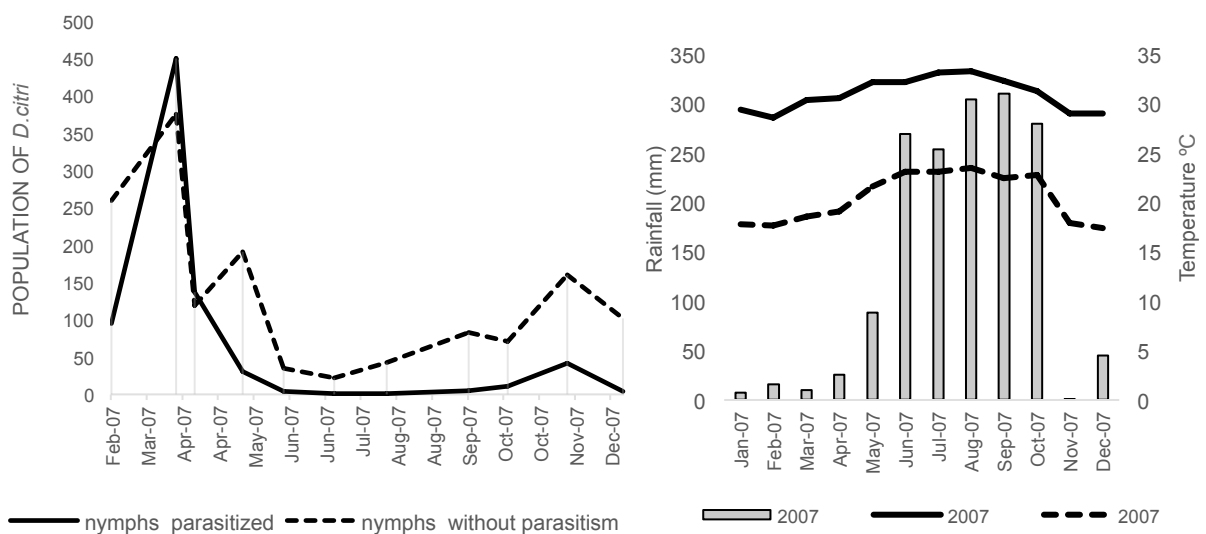


Figure 1. Left side: Population fluctuation of the 3rd to 5th instar of *D. citri* with and

without parasitism on *Citrus sinensis* Osbeck Right side: Rainfall (mm) and maximum and minimum temperature (°C). 2007.

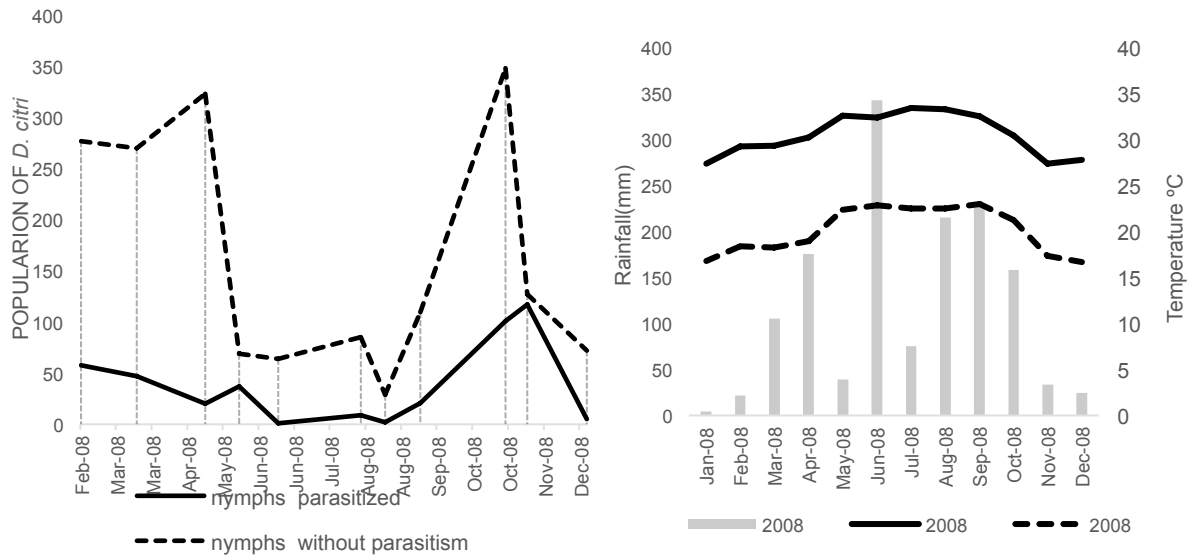


Figure 2. Left side: Population fluctuation of the 3rd to 5th instar of *D. citri* with and without parasitism on *Citrus sinensis* Osbeck. Right side: Rainfall (mm) and maximum and minimum temperature (°C). 2008.

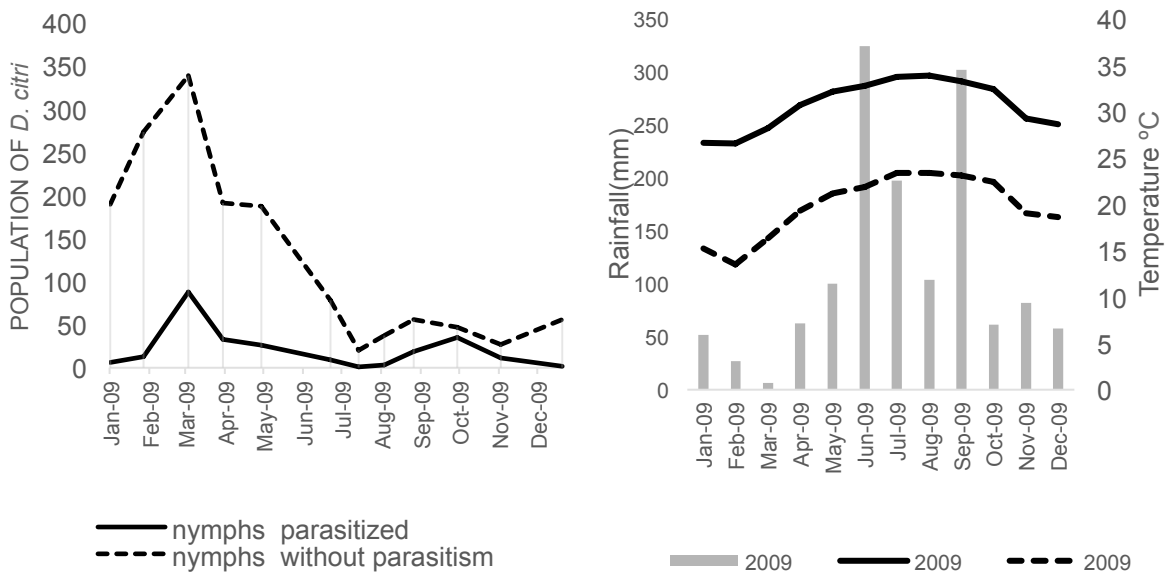


Figure 3. Left side: Population fluctuation of the 3rd to 5th instar of *D. citri* with and without parasitism on *Citrus sinensis* Osbeck. Right side: Rainfall (mm) and maximum and minimum temperature (°C). 2009.

It was found that the mean percentage of parasitism of *T. radiata* did not show

significant differences between spring and autumn for all the evaluated years. The higher percent parasitism during all years studied was observed in March, April e November (Table 1). The percentage of parasitism among the evaluated years did not show significant differences for the spring ($F = 1.39$; $df = 2, 12$; $P=0.3184$), summer ($F = 0.01$; $df = 2, 12$; $P = 0, 9904$) and autumn ($F = 3.03$; $df = 2, 12$; $P=0.1232$) seasons.

Table 1. Analysis of the percent parasitisms by *Tamarixia radiata* between the periods and the years evaluated.

Seasons	Years		
	2007	2008	2009
Spring (21 March- 22 Jun.)	40.65±23.19 a	18.52± 14.86a	15.87±4.33 a
Summer (22 Jun.-22 Sept.)	5.63±4.14 b	5.86± 4.04 a	5.67± 4.07 b
Autumn (22 Sept. – 21 Dec.)	17.08±3.67 ab	28.87± 16.82 a	35.19±6.95 a
Value F1	7,35	3,32	14,15
df (treat,res)	(2, 12)	(2, 12)	(2, 12)
P	0.0243	0.1069	0.005

Analyses of variance, by the Tukey test, with the ratios of the number of parasitized nymphs/total nymphs transformed to arcsine $x^{1/2}$.

The correlation values obtained by the Pearson's analysis (Table 2) showed that the relative humidity (HR), rainfall (PREC) and day with rainfall (DCLL) were negatively correlated with the percent parasitism. The effect of temperature means was non-significant as correlation with the percent parasitism (Table 2).

Table 2. Correlation analysis between the percentages of parasitism of *Tamarixia radiata* with the main climatic variables in Artemisa, Cuba.

Pearson Correlation Coefficients							
	PORP	TMAX	TMIN	PREC	DCLL	TVA	HR
PORP	1.000	-0.184	-0.164	-0.388	-0.364	-0.283	-0.399
		0.3056	0.3608	0.0257	0.0374	0.1101	0.0219

Legend: PORP (Parasitisms percentages); TMAX (Temperature maximum); TMIN (Temperature minimum); PREC (Rainfall); DCLL (Day with rain); TVA (Water vapor pressure); HR (Relative humidity)

The presence of the parasitoid was observed during all the evaluated months. Percentages of parasitism ranged from 1.82 - 54.48%. In 2007, the highest rates of *T. radiata* parasitism were recorded, with values of 54.48 and 53.52% in March and

April respectively (Figure 4). During 2008, the highest rates were determined in November (48.16%) and May (34.91) (Fig. 2), and in 2009 the highest values were obtained in March (20.63%) (Fig. 3).

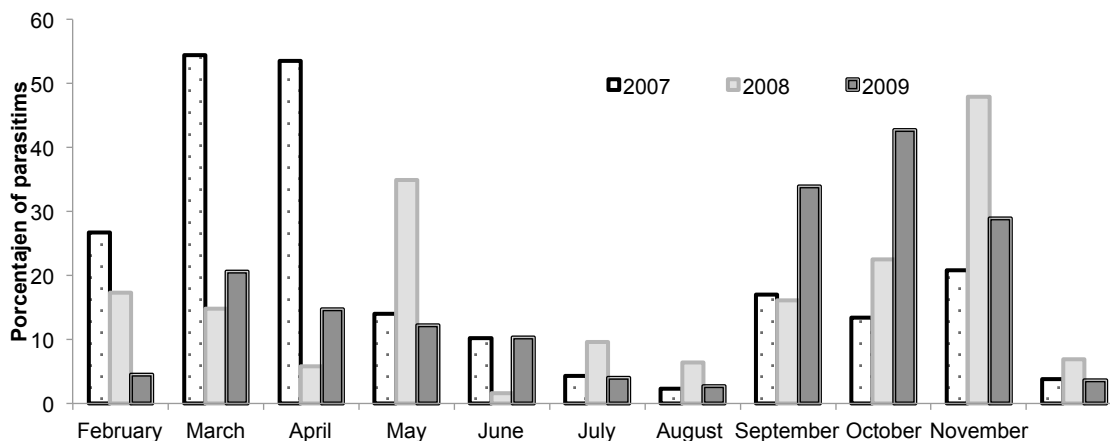


Figure 4. Percentage of the 3rd to 5th instar of *Diaphorina citri* parasitized by *Tamarix radiata* on *Citrus sinensis* young shoots in Artemisa, Cuba, 2007–2009.

4. DISCUSSION

Several studies have shown that there is a relationship between the presence of young shoots and the population density of *D. citri*, with records of the highest population incidence in the period of greatest sprouting (FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005; ORTEGA-ARENAS et al., 2013). The presence of new foliage is a factor that favours the development of the immature stages of *D. citri* (FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005) and it is necessary to maintain immature stages of *D. citri* (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012).

The dynamics of orange sprouting in Cuba comprise a maximum period beginning in late winter and early spring (February-March), an average flow in early summer (June-July) and other lower-intensity shoots in the autumn and winter (August-December) (FROMETA; ALVAREZ; HOWELL, 1979).

In this study were observed that the population fluctuation pattern of *D. citri* was similar to those reported by Ortega-Arenas et al. (2013), with the principal population peaks of *D. citri* nymphs at the spring and other minor peaks during the year, with the exception of 2008. The immature population peaks of *D. citri* coincided with the presence of shoots and temperatures in the range to 25 to 30 ° C, conditions

that favor the development of the psyllid (TSAI et al., 2000).

In the years 2007 and 2009, it was possible to observe in the spring the highest population peaks of nymphs parasitized by *T. radiata*. In 2008, this peak was observed in the autumn. It is important to note that according to the climatic variables recorded, this year presents a different climatic pattern, principally for rainfall, in comparison to other years evaluated as can be observed in Figure 3.

The highest percentage of parasitism was observed in the months with less rainfall, a result confirmed by the negative correlation between the percentage of parasitism and rainfall (Fig. 1, 2, 3 and 4). Precipitations, days with rainfall and relative humidity were negatively correlated with the percentage of *T. radiata* parasitism.

According to these results, precipitation, days with rainfall and relative humidity may influence the percentage of *T. radiata* parasitism, indirectly, since they are acting on the host population. Ortega-Arenas et al. (2013), report that through periods of maximum precipitation, the *D. citri* population decreased significantly, and Sohail et al. (2004), determined a negative correlation between the abundance of *D. citri* and the relative humidity. Hall et al. (2008), observed that values of monthly rainfall above 150 mm drastically reduce the density of nymphs and eggs, due to a flushing effect, since *D. citri* oviposits in the upper shoots of the plant, leaving the nymphs completely exposed to rain impact, although they could also have an incidence direct on the adult parasitoid and could wash away the parasitized nymphs.

The behavior of parasitism was similar among the three evaluated years, presenting the highest percentages in the spring and autumn and the lowest values in the summer. The percentages of parasitism observed in the spring and autumn were significant differences with the values of the percentage of parasitism observed in the summer in 2007 and 2009. In 2008 it was not possible to observe statistical differences between the seasons of the year studied, but we think that this result is due to the high coefficient of variation observed in the statistical analysis.

The relatively low rate of parasitism observed during the summer could be due to the high temperatures typical of this season, which may influence the development of the parasitoid. Similar results were found in Florida (EUA), where the percent parasitism increased from less than 20% in the summer to 39–56% in the autumn

(QURESHI; STANSLY, 2009). Another study of *T. radiata* parasitism conducted in Cuba, when the disease was not present, also reported a high rate of parasitism (97.3%) in November and December (GONZÁLEZ et al., 2003).

The results obtained in this research differ from that found by Paiva and Parra, (2012) in Sao Paulo, who reported the highest percent parasitism of *D. citri* nymphs was the summer (January through March), when temperatures are high and rainfall is abundant in São Paulo. Parasitism by *T. radiata* was found in approximately 90% of the collected samples, demonstrating the established of this parasitoid in the field.

Étienne et al. (2001) reported the principal example the success in the biological control of *D. citri* by *T. radiata* in the In Reunion Island. The presence of HLB disease in Reunion Island to set up a rational control based on the biological control of the vector by *T. radiata* release, the elimination of trees with HLB disease and the distribution of healthy plant material and to the fact that the introduction the *T. radiata* was carried out by carefully avoiding the importation of any hyperparasitoids.

In Florida, Qureshi and Stansly (2009) suggested that augmentative release of *T. radiata* be combined with inoculative release of new, better adapted species of parasitoids and the application of entomopathogenic fungi for management of *D. citri*.

Our results indicate that *T. radiata* could be used as part of an augmentative biological control program for managing *D. citri*, particularly in light of the absence of hyperparasitoids in that country, an aspect considered a key factor in the success in controlling *D. citri* by *T. radiata* in Reunion Island (ETIENNE; AUBERT, 1980).

Nevertheless, if chemical control is maintained as the principal method of *D. citri* control in citrus, of the parasitoid may be affected due its susceptibility to insecticides (HALL; NGUYEN, 2010).

In the evaluated conditions *T. radiata* exerts a natural control on the populations of *D. citri*, with percentages of parasitism above 50 percent, when the climatic conditions favor the parasitism, conditions that in our study were observed in the spring. Also the presence of parasitism in the months of less population density of the pest indicates that *T. radiata* parasitism is efficient under conditions of low *D. citri* infestation, , which strengthens the hypothesis that effective parasitism by *T.*

radiata can occur even in small populations of *D. citri*. Similar results were reported from Sao Paulo, Brazil (PAIVA; PARRA, 2012). The ability to persist in the field, even when the density of the host is low, is a desirable feature in organisms selected as biological control agents (NICHOLLS, 2008).

5. CONCLUSIONS

Tamarixia radiata proved to be adapted to the conditions of Cuba, persisting in the citrus agroecosystem and exercising natural control of the Asian citrus psyllid (*Diaphorina citri*), with percent parasitisms exceeding 50% in the spring. *Tamarixia radiata* survived in the field despite low pest infestation (8%, a feature that is desirable in a biological control agent. The rainfall is modulating the parasitism of *D. citri* by *T. radiata*. The percent parasitism was positively correlated with the population of immature *D. citri*.

6. REFERENCES

AUBERT, B. *Trioza erythrae* 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.

AURAMBOUT, J. P.; FINLAY, K. J.; LUCK, J.; BEATTIE, G. A. C. A concept model to estimate the potential distribution of the Asiatic citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama) in Australia under climate change-A means for assessing biosecurity risk. **Ecological Modelling**, v. 220, n. 19, p. 2512-2524, 2009.

BASSANEZI, R. B.; MONTESINO, L. H.; GASPAROTO, M. C. G.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, v. 130, n. 4, p. 577-586, 2011.

BOINA, D.R.; YOUN, Y.; FOLIMONOVA, S.; STELINSKI, L. L. Effects of pymetrozine, an antifeedant of Hemiptera, on Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, feeding behavior, survival and transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Pest Management Science**, v. 67, n. 2, p. 146-155, 2011.

BOVÉ, J. M. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, v. 88, n.1, p. 7-37, 2006.

CHIEN, C. C.; CHIU, S. C.; KU, S. C. Biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. **Fruits**, v. 44, n. 7-8, p. 401-407, 1989.

CHIU, S. C.; AUBERT, B.; CHIEN, S. C. Attempts to Establish *Tetrastichus radiatus* Waterston (Hymenoptera, Chalcidoidea), A Primary Parasite of *Diaphorina citri* Kuwayama in Taiwan. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 10, 1988, Anais... Riverside: OICV, 1988. p. 265-268.

ETIENNE, J.; AUBERT, B. Biological Control of Psyllid Vectors of Greening Disease on Reunion Island. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 8, 1980, **Anais...** Riverside: OICV, 1980.

ÉTIENNE, J.; QUILICI, S.; MARIVAL, D.; FRANCK, A. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Fruits**, v. 56, n. 5, p. 307-315, 2001.

FERNÁNDEZ, M.; MIRANDA, I. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte II: Conducta preferencial con relación a la fenología del cultivo. **Revista de Protección Vegetal**, v. 20, n. 2, p. 22-24, 2005.

FROMETA, M.; ALVAREZ, M.; HOWELL, E. Fenología en cítricos. I. Naranja valencia, *Citrus sinensis* Osbeck. **Fruits**, v. 34, n. 7-8, p. 489-497, 1979.

GAVARRA, M. R.; MERCADO, B. G.; GONZALES, C. I. Progress Report: *D. citri* Trapping, identification of parasite and possible field establishment of the imported parasite, *Tamarixia radiata* in the Philippines. In: INTERNATIONAL ASIA PACIFIC CONFERENCE ON CITRUS REHABILITATION, 4, 1990, **Anais...** Chiang Mai: IAPCCR, 1990. p. 246-250.

GÓMEZ T, M. L.; NAVA, D. E.; PARRA, J. R. P. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at different temperatures. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 2, p. 338-343, 2012.

GONZÁLEZ, C.; BORGES, M.; GÓMEZ, M.; FERNÁNDEZ, M.; HERNÁNDEZ, D.; TAPIA, R. I.; BELTRÁN, A. **Manejo de *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera:**

Psyllidae) en agroecosistemas cítricos de Cuba. La Habana: Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, 2003. p. 14. Disponível em: <<http://www.forumcyt.cu/UserFiles/forum/Textos/0301538.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

GONZÁLEZ, C.; HERNÁNDEZ, D.; RODRÍGUEZ, J. Primer informe de *Tamarixia radiata* Waterston como biorregulador de *Diaphorina citri* Kuw. en cítricos de Cuba. **Citrifrut**, v. 18, n. 1-2-3, p. 38-39, 2000.

GOTTWALD, T. R. Current epidemiological understanding on citrus Huanglongbing. **Annual review of phytopathology**, v. 48, p. 119-139, 2010.

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**, v. 87, n. 3, p. 330-353, 2004.

HALL, D. G.; HENTZ, M. G.; ADAIR JR., R. C. Population ecology and phenology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in two Florida citrus groves. **Environmental Entomology**, v., 37, n. 4, p. 914-924, 2008.

HALL, D. G.; NGUYEN, R. Toxicity of pesticides to *Tamarixia radiata*, a parasitoid of the Asian citrus psyllid. **BioControl**, v. 55, n. 5, p. 601-611, 2010.

LIRA, A. C. S.; ZANARDI, O. Z.; BELOTI, V. H.; BORDINI, G. P.; YAMAMOTO, P. T.; PARRA, J. R. P.; CARVALHO, G. A. Lethal and sublethal impacts of acaricides on *Tamarixia radiata* (Hemiptera: Eulophidae), an important ectoparasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 5, p. 2278-2288, 2015.

LLAUGER, R.; LUÍS, M.; COLLAZO, C.; GONZÁLEZ, C.; PEÑA, I.; LÓPEZ, D.; BATISTA, L.; CUETO, J. Huanglongbing (ex-greening) y su vector en la citricultura cubana. **Laranja, Cordeirópolis**, v. 29, n. 1-2, p. 17-22, 2008.

LUIS, M.; COLLAZO, C.; LLAUGER, R.; BLANCO, E.; PEÑA, I.; LÓPEZ, D.; TANAKA, F. A. O. Occurrence of citrus Huanglongbing in Cuba and association of the disease with *Candidatus liberibacter asiaticus*. **Journal of Plant Pathology**, v. 91, p. 709-712, 2009.

MARTÍNEZ, Y.; LLAUGER, R.; BATISTA, L.; LUIS, M.; IGLESIA, A.; COLLAZO, C.; TABLADA, L. M. First report of *Candidatus* "Liberibacter asiaticus" associated with Huanglongbing in Cuba. **Plant Pathology**, v. 58, n. 2, p. 389-389, 2009.

NICHOLLS E., C. I. **Control biológico de insectos. Un enfoque agroecológico.** Medellín: Universidad de Antioquia, 2008. 282 p.

ORTEGA -ARENAS, L. D.; VILLEGAS-MONTER, A.; RAMÍREZ-REYES, A. J.; MENDOZA-GARCÍA, E. E. Seasonal abundance of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in citrus groves in Cazonas, Veracruz, México. **Acta zoológica mexicana**, v. 29, n. 2, p. 317-333, 2013.

OTERO, O. M.; MONTES; J.; MORA; E.; ARTEAGA; N.; RODRÍGUEZ; C.; GONZÁLEZ; R.; CABRERA; R.; BROCHE; A.; CASTELLANOS, Y.; FERNÁNDEZ, O. **Manual de orientaciones para el manejo fitosanitario de las principales plagas y enfermedades de los cítricos.** La Habana: Instituto de investigaciones de cítricos, 1994. (ICC-Departamento de Protección de Planta. Manual técnico, 21).

PAIVA, P. E. B.; PARRA, J. R. P. Natural parasitism of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) nymphs by *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera, Eulophidae) in São Paulo orange groves. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 4, p. 499-503, 2012.

PARRA, J. R. P.; LOPES, J. R. S.; TORRES, M. G.; NAVA, D. E.; PAIVA, P. E. B. Bioecología do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. **Citrus Research & Technology**, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.

QUILICI, S.; FAUVERGUE, X. Studies on the Biology of *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera: Eulophidae). In: INTERNATIONAL ASIA PACIFIC CONFERENCE ON CITRUS REHABILITATION, 4, 1990, **Anais...** Chiang Mai: IAPCCR, 1990. p. 251-250.

QURESHI, J. A.; STANSLY, P. A. Exclusion techniques reveal significant biotic mortality suffered by Asian citrus psyllid *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations in Florida citrus. **Biological Control**, v. 50, n. 2, p. 129-136, 2009.

SAS INSTITUTE INC. 2012. SAS procedures guide, versión 9.3. SAS. Institute Inc., Cary, NC.

SILVEIRA NETO, S., O. NAKANO, D. BARBIN & N.A.V. NOVA. 1976. **Manual de ecología dos insetos.** Piracicaba, Agronômica Ceres, 419 p.

SOHAIL, A.; NISAR, A.; RASOOL, R. K. Studies on population dynamics and chemical control of citrus psylla, *Diaphorina citri*. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 6, n.4, p. 970-973, 2004.

SRINIVASAN, R.; HOY, M. A.; SINGH, R.; ROGERS, M. E. Laboratory and field evaluations of silwet I-77 and kinetic alone and in combination with imidacloprid and abamectin for the management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Florida Entomologist*, v. 91, n. 1, p. 87-99, 2008.

TEIXEIRA, D. C.; SAILLARD, C; EVEILLARD, S. ; DANET, J. L.; DA COSTA , P. I.; AYRES, A. J. ; BOVE, J. M. *Candidatus* Liberibacter americanus associated with citrus huanglong- bing (greening disease) in Saõ Paulo State, Brazil. *Int. J. Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55: 1857- 1862, 2005.

TIWARI, S.; MANN R.S.; ROGERS M. E.; STELINSKI, L. L. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. **Pest Management Science**, v. 67, n. 10, p. 1258-1268, 2011.

TSAI, J. H.; LIU, Y. H. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. *Journal of Economic Entomology* 93: 1721–1725.

CAPITULO 3. BIOLOGIA E PARÂMETROS REPRODUTIVOS DE *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) EM DIFERENTES HOSPEDEIROS DA FAMÍLIA RUTACEAE.

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo estudar a biologia de *Diaphorina citri* nos porta-enxertos limoeiro Cravo e Citrumelo 'Swingle' e nas combinações destes com a copas de laranjas doce (Pêra, Valência e Hamilim) e a determinação dos parâmetros populacionais nestes porta-enxertos e suas combinações com a copa laranja Valência. Para a manutenção da criação foram utilizadas plantas de *Murraya exotica* L. Avaliaram-se em cada hospedeiro a duração das fases de ovo, ninfa e ciclo biológico, viabilidade, fecundidade e razão sexual. O maior tempo de duração da fase de ovos foi obtido em Citrumelo 'Swingle'. O tempo de desenvolvimento do ovo a adulto varia de 15,08 dias em Pêra/Cravo é 16,5 dias em Hamilim/Citrumelo 'Swingle'. As copas de laranjas enxertadas em limoeiro Cravo apresentam as maiores taxas de sobrevivência e viabilidade para ovo e ciclo biológico. Na combinação Valência/limoeiro Cravo o inseto apresentou maior viabilidade dos ovos (82,02%) e em Hamilim/ Citrumelo 'Swingle' a menor (73,66%). Os valores de sobrevivência (ovo-adulto) variaram de 71,07 a 56,16 %, observando-se na combinação Pêra/Cravo os maiores valores. Com base na tabela de fertilidade, o limoeiro Cravo apresentou a maior taxa líquida de reprodução (160,57) e a menor tempo de duração de cada geração (31,54 dias). A taxa intrínseca de crescimento foi maior na combinação Valência/limoeiro Cravo (0,1517). Os resultados indicam que o porta-enxerto limoeiro Cravo favorece os parâmetros reprodutivos da praga, enquanto o Citrumelo 'Swingle' foi menos adequado para o desenvolvimento de *D. citri*, especialmente na copa Hamilim.

Palavras – chaves: Pragas de citros. Huanglongbing. Psilídeo dos citros. *Citrus sinensis*. Tabelas de vida.

ABSTRACT: This study aimed to study the biology and population parameters of *Diaphorina citri* in Rangpur and Citrumelo 'Swingle' rootstocks and in their

combinations with oranges. For the maintenance of the *D. citri* breeding, plants of *Murraya exotica* L. were used. In each treatment the duration of the biological stages of the pest, viability of the eggs, survival of egg to adult and sexual ratio were evaluated. Egg to adult development time varies from 15.08 days in Pera / Rangpur to 16.5 days in Hamilim / Citrumelo 'Swingle'. The highest viability of eggs (82.02%) of *D. citri* was observed in the Valencia / Rangpur combination and the lowest in Hamilim / Citrumelo 'Swingle' (73.66%). The egg-adult survival values ranged from 56.16 to 71.07 %, obtaining the lowest survival values in the Hamilim / Citrumelo 'Swingle' combination. The lowest oviposition mean was found in Citrumelo 'Swingle' (185.10). Based on the fertility chart, Rangpur had the highest net reproductive rate (160.57) and the shortest duration of each generation time (31.54 days). The intrinsic growth rate was higher in the Valencia / Rangpur combination (0.1517). A positive and significant correlation of total oviposition with female longevity (0.23440; $p = 0.03649$) and duration of oviposition period (0.39011, $p = 0.0003$) was found. Citrumelo 'Swingle' and Hamilim / Citrumelo 'Swingle' were the treatments that most negatively affected the biological parameters studied mainly oviposition and survival.

Keywords: *Citrus* pests. Huanglongbing. Asian citrus psyllid. *Citrus sinensis*. Life table.

1. INTRODUÇÃO

Diaphorina citri Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) é uma das principais pragas dos citros na atualidade. Durante sua alimentação provoca enrolamento das folhas e favorece a presença de fumagina. Em caso de alta infestação, pode causar a morte da gema apical e queda das folhas novas ou botões terminais (Tsai *et al.* 2002). Este inseto tem sido associado com a transmissão de duas bactérias, *Candidatus Liberibacter asiaticus* e *Ca. L. americanus*, agentes patogênicos da doença conhecida como huanglongbing (HLB), com efeitos devastadores sobre as plantações de citros (Halbert e Manjunath 2004; Bové 2006; Hall *et al.* 2013; Qureshi *et al.* 2009; Grafton-Cardwell *et al.* 2013).

Além destes patógenos, a doença é associada à outra espécie do gênero

Candidatus (*Ca. L. africanus*), presente nas regiões mais frias, cuja transmissão está associada com o vetor *Trioza erytreae* (Del Guercio, 1918) (Hemiptera: Triozidae) com relatos de ocorrência em citros restrito ao continente africano e alguns países da Europa. Teixeira *et al.* (2008) e Chen *et al.* (2009) relataram a presença de dois espécies de fitoplasmas relacionados com a sintomatologia de HLB.

A distribuição das espécies de *Candidatus* pode estar influenciada pela temperatura. As espécies *Ca. L. asiaticus* e *Ca. L. africanus* diferem em sua sensibilidade a altas temperaturas (Bové *et al.*, 1976; Gottwald 2010).

A presença do complexo patógeno-vetor (HLB- *D. citri*) tem causado um efeito devastador nos pomares de citros do Brasil (Belasque Jr. *et al.* 2010; Llauger *et al.* 2008). Após a detecção do HLB no estado de São Paulo, em 2004, *D. citri* foi considerada a praga mais importante para a citricultura brasileira (Parra *et al.* 2010). Caso não sejam tomadas medidas de controle, a doença pode tornar os pomares de citros economicamente inviáveis, em um tempo aproximadamente de 10 anos depois das plantas sintomáticas serem detectadas (Belasque Jr. *et al.* 2010).

A presença deste vetor tem sido referida em aproximadamente 56 espécies pertencente à família Rutaceae, incluindo todas as espécies do gênero *Citrus*, embora o inseto não complete seu desenvolvimento em todas as espécies (Aubert 1987). Entretanto, tem sido relatada uma preferência do inseto pela murta [*Murraya exotica* (L.) Jack] para alimentação e oviposição (Halbert & Manjunath 2004; Teck *et al.* 2011). Tsai e Liu (2000), em estudos de biologia em condições de laboratório na Flórida, EUA, observaram que em ausência de brotos novos as fêmeas de *D. citri* cesavam a oviposição.

Em regiões onde as condições climáticas são favoráveis, o único fator limitante para a oviposição é a presença ou ausência de brotos novos. As fêmeas adultas apresentam preferência para ovipositar em brotos novos de 1-2 mm e o desenvolvimento da praga esta sincronizado com o crescimento vegetativo (Fernández e Miranda 2005; Padulla 2007). Os trabalhos a respeito de hospedeiros que mostram algum tipo de resistência a *D. citri*, procuram oferecer alternativas na estratégia de manejo deste patossistema (Albrecht & Bowman 2011). A maioria destes hospedeiros não são importantes comercialmente, mas são importantes para os programas de melhoramento como porta-enxertos.

Os estudos sobre a biologia dos insetos nos permitem conhecer o comportamento de uma espécie de inseto em determinada espécie vegetal e elementos básicos para o desenho da estratégia de manejo da espécie. A maioria dos trabalhos sobre a biologia de *D. citri* não contempla os estudos do desenvolvimento da praga e seus parâmetros reprodutivos em combinações de porta-enxertos e variedades de laranjas (Tsai & Liu 2000; Nava *et al.* 2007; Pérez-artiles *et al.* 2011; Alves *et al.* 2014).

Os estudos da biologia de *D. citri* em diferentes combinações de variedades comerciais e porta-enxertos são a base para a seleção de novas combinações que sejam menos favoráveis ao desenvolvimento de *D. citri*. Assim este trabalho teve como objetivos o estudo da biologia e os parâmetros populacionais de *D. citri* em combinações de porta-enxerto e variedades de laranjas, visando definir a influência do porta-enxerto na biologia e características reprodutivas da praga quando alimentadas diretamente em porta-enxertos e com combinações destes com copas de laranjas doces.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Criação de manutenção *Diaphorina citri*

Para a início da criação de *D. citri* foi utilizado como hospedeiro mudas de murta (*M. exotica*) e insetos livres da doença, fornecidos pela Fundecitrus/Araraquara, SP. Os insetos foram criados de acordo com a metodologia proposta por Nava *et al.* (2007). Os hospedeiros (tratamentos) avaliados no experimento foram mudas de variedades de laranjas doces [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], variedades Hamilim, Valência e Pêra e os porta-enxertos limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e Citrumelo 'Swingle' (*Citrus paradisi* Macfad. Cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.).

As plantas foram mantidas em uma casa de vegetação e foram irrigadas diariamente, assim como adubadas com sulfato de amônia, 5 gramas por vaso, cada três semanas e Osmocote (Forth Cote, Brasil, 1: 1: 1 de N-P-K) (3 gramas por bolsa) no início do experimento.

2.2. Biologia de *Diaphorina citri* nos porta-enxertos limoeiro Cravo e Citrumelo 'Swingle'

Para o estudo da biologia de *D. citri* foram utilizadas mudas dos porta-enxertos limoeiro Cravo e Citrumelo 'Swingle'. O experimento foi conduzido em câmaras climatizadas com temperatura de 27 ± 1 °C, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 hs. Foram empregadas 12 mudas de uma altura de 25 cm plantadas em copos de plástico (12 cm x 3,5) para cada tratamento (porta-enxerto) e dois casais de *D. citri*, de 15 dias de idade, provenientes da criação do laboratório.

Os casais foram colocados nas mudas selecionadas. Para padronizar a disponibilidade de brotos em cada muda, alguns deles foram removidos, mantendo-se apenas um, com tamanho médio de ≤ 5 mm, para ser oferecidos aos insetos. Subsequentemente, cada muda foi colocada dentro de uma gaiola construída a partir de uma garrafa de plástico transparente de dois litros, coberta com um tecido *voil*, de acordo com a metodologia proposta por Nava *et al.* (2007).

Após 24 h, os insetos foram removidos com um aspirador manual e os ovos em cada muda foram quantificados com o auxílio do microscópio estereoscópio. As mudas foram observadas diariamente e foram avaliadas a duração das fases da praga (ovos, ninfas e ciclo total), a viabilidade dos ovos, viabilidade de ovo a adulto, e a razão sexual.

2.3. Biologia *Diaphorina citri* em diferentes combinações de porta-enxerto e copas de laranjas

Foi estudada a biologia de *D. citri* em plantas de laranjas [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], variedades Hamilim, Valência e Pêra enxertadas em limão Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e Citrumelo 'Swingle'. Foram utilizadas 12 plantas (repetições) por hospedeiro de acordo com a metodologia desenvolvida por Alves *et al.* (2014). Seguindo o protocolo empregado no item 2.1, foram colocados dois casais de *D. citri*, com 15 dias de idade, em cada hospedeiro e cada planta foi coberta por gaiola feita (30 x 35 cm de diâmetro e comprimento) com tecido *voil*. Após 24 h,

individualmente, os insetos foram removidos com a ajuda de um aspirador de manual e ovos foram quantificados com o auxílio de um estereomicroscópio binocular (NSZ 606T / LED de 200x, Coleman, Brasil).

Foi realizado observações diárias das plantas, a fim de avaliar a duração das fases de desenvolvimento de *D. citri* (ovos, ninfas e ciclo biológico), a fertilidade dos ovos, sobrevivência e razão sexual. Este experimento foi conduzido em um laboratório climatizado com temperatura de 27 ± 1 °C, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR) e fotofase de 14 hs.

2.4. Parâmetros populacionais e reprodutivos

Para a confecção das tabelas de vida e obtenção dos parâmetros reprodutivos de *D. citri*, foi desenvolvido outro estudo, onde foram utilizadas mudas dos porta-enxertos limoeiro Cravo, Citrumelo 'Swingle' e, laranja Valência enxertada nestes porta-enxertos. O experimento foi desenvolvido em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 hs. O tamanho das plantas foi padronizado a uma altura aproximadamente 20 cm dos porta-enxertos e 40 cm para a laranja Valência enxertada.

Foram utilizadas vinte mudas por hospedeiro e com um casal de *D. citri*, formados no dia da sua emergência, em cada muda que, em seguida, foram confinados em gaiola com tecido *voil*. As mudas foram avaliadas a cada três dias, com o auxílio de microscópio estereoscópico. Na presença de ovos, as mudas foram individualizadas, os ovos contabilizados e o casal transferido para uma planta nova com brotos e mantidos em observação até a morte da fêmea.

As mudas individualizadas foram avaliadas até a eclosão das ninfas. Visando a obtenção de dados de fertilidade, após da eclosão dos ovos o broto infestado foi cortado para estimular a planta para novas brotações e diminuir o número de plantas necessárias para o experimento. Quando ocorria a morte do macho, este era substituído para a manutenção do casal. Os adultos foram avaliados desde sua emergência até a morte do último indivíduo (Rabinovich 1978, 1980; Begon 1988).

Com os dados obtidos a partir de fertilidade, longevidade e ciclo de vida de vetor, *D. citri*, se construiu uma tabela de vida para cada um dos quatro tratamentos e os parâmetros populacionais foram calculados como segue : $x =$ Idade em unidade

de tempo (dias); N_x = Número total de indivíduos observados no início de cada estágio; l_x = Proporção de sobreviventes no início de idade (N_x / N_0), d_x = Número de mortos entre idades (l_x / l_{x+1}), q_x = Taxa de mortalidade (d_x / l_x), L_x = Indivíduos vivos entre l_x / l_{x+1} , T_x = Tempo que falta para viver até a morte (\sum inversa l_x), e_x = Esperança de vida (T_x / l_x), m_x = N^o. de indivíduos produzidos por unidade de tempo.

A construção da tabela de vida de fertilidade deu-se a partir dos parâmetros biológicos, período de pré-oviposição, longevidade e período de oviposição, selecionando-se um intervalo de três dias para a construção de tabela de vida. Calcularam-se os parâmetros: $R_0 = \sum l_x m_x$ (taxa líquida de reprodução), (duração de cada geração), $r_m = \ln R_0 / T$ (capacidade inata de aumentar em número) λ (taxa finita de incremento natural), $D_t = \ln 2 / r_m$ (tempo de duplicação da população) e os períodos de pré-oviposição, oviposição e a longevidade, segundo a metodologia de Southwood e Henderson (2000).

2.5. Análise estatística

As análises foram feitas com o programa SAS (SAS Institute Inc., 2012). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, onde cada genótipo estudado foi considerado um tratamento. Os dados foram transformados para atender às condições de normalidade e homogeneidade das variâncias pela raiz quadrada do arco-seno ($b = 2\pi * \arcseno(\sqrt{x})$) e as medias foram comparadas usando ANOVA de um fator (tratamento); as provas de diferencias de medias foram feitas usando o test - t Studens ($\alpha=0,05$) para os porta-enxertos e a prova post-hoc Tukey HSD ($\alpha=0,05$) para as variedades enxertadas.

Os dados de fecundidade foram transformados mediante logaritmo ($\log_{10}(x + 1)$) e as medias para estes dados foram comparadas mediante a prova post-hoc Tukey HSD ($\alpha=0,05$). Os parâmetros populacionais foram baseados nos dados de fecundidade e a longevidade e foram calculados mediante a técnica *Jackknife*, mediante o uso de uma plataforma de SAS para estimar parâmetros da tabela de vida (Maia *et al.* 2000). A relação entre a fecundidade total com os períodos de pré-oviposição, oviposição e a longevidade foi realizada mediante análises de correlação lineal de Pearson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Biologia de *Diaphorina citri* em diferentes hospedeiros

A duração do período de desenvolvimento de *D. citri* foi influenciada pela planta hospedeira utilizada (Tabela 1), com o tempo de desenvolvimento mais curto obtido em limoeiro Cravo (16,13 dias), diferenciando-se significativamente dos valores obtidos em Citrumelo 'Swingle' (17,54 dias). Resultados semelhantes sobre a influência do hospedeiro no tempo de desenvolvimento de *D. citri* foram obtidos por Teck *et al.* (2011). Eles encontraram diferenças significativas na duração do ciclo de vida desse inseto nos três hospedeiros avaliados (*Murraya paniculata*, *Citrus reticulata* e *Bergera koenigii* L.), mas os resultados de Nava *et al.* (2007) mostraram que a duração das fases de ovo, ninfa e ciclo total de *D. citri* não diferiram entre os hospedeiros *C. limonia*, *C. sunki* e *M. paniculata*. As diferenças entre estes resultados podem ser atribuídas as diferenças nas metodologias utilizadas pelos autores, principalmente, enquanto a idade das mudas e/ou plantas usadas e quantidade e tamanho dos brotos foliares usados para a alimentação dos insetos.

Tabela 1. Média (\pm erro padrão) da duração desenvolvimento de *Diaphorina citri* criada em diferentes hospedeiros.

Hospedeiros	N	Duração (dias) (Media \pm erro padrão)		
		Ovo	Ninfas	Ovo- Adulto
Citrumelo 'Swingle'	12	4,27 \pm 0,28a	13,45 \pm 0,33 a	17,54 \pm 0,49 a
Limoeiro Cravo	12	3,75 \pm 0,43 b	12,48 \pm 0,72 b	16,13 \pm 0,62 b
F		5,717	10,540	8,341
df		1,21	1,213	1,21
P		< 0,01	< 0,01	< 0,01

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Temperatura de 27 \pm 1°C, 60 \pm 10% de umidade relativa (UR), e Fotofase de 14 hs. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente na vertical para o teste- t Studens ($p > 0,05$).

As maiores taxas de viabilidade de ovos (82,56%) e de viabilidade de ovo a adulto (70,27 %) para *D. citri* foram observadas em limoeiro Cravo. Estes resultados mostram que o hospedeiro pode influenciar na fertilidade e viabilidade do

inseto, diferindo significativamente dos resultados obtidos em Citrumelo 'Swingle' (Tabela 2).

Outros estudos também mostram diferenças na viabilidade do ciclo biológico de *D. citri* quando criada em diferentes hospedeiros. Tsai e Liu (2000) em estudos na Flórida, EUA, observaram maior média de viabilidade (84,5%) quando os insetos se alimentaram de *Citrus paradisi* Macfadyen e a menor viabilidade foi observada em *C. aurantium* L. com uma média de fertilidade de 68,5%. Nava *et al.* (2007) observaram que a viabilidade do ciclo biológico do inseto foi reduzida em *Citrus sunki* [Hayata]), com uma sobrevivência da fase ninfal de apenas 44,6%.

A razão sexual também foi influenciada significativamente pelo hospedeiro (Tabela 2), apresentando o maior valor em limoeiro Cravo (0,62). Os valores da razão sexual acima de 0,5 mostram que as fêmeas predominaram em todos os hospedeiros, evidenciando a alta capacidade reprodutiva da praga. Alves *et al.* (2014) também verificaram predominância de fêmeas em todos os hospedeiros avaliados, embora não tenham relatado diferenças significativas na razão sexual dos insetos e hospedeiros usados nos testes entre eles.

A duração do período embrionário foi menor na combinação Pêra/Cravo diferindo significativamente de Hamilim/C. 'Swingle' que apresentou a maior duração para esta fase. Também foram observadas diferenças significativas na duração da fase de ninfa e a duração total do ciclo de vida do inseto quando estes foram alimentados nos diferentes hospedeiros. A duração do ciclo biológico, de ovo a adulto, de *D. citri*, foi maior na combinação Hamilim/C. 'Swingle' (16,76 dias), diferindo significativamente da duração do inseto criado na copa laranja Valência independentemente do porta-enxerto utilizado.

A duração das fases de desenvolvimento de *D. citri* foi maior na copa Hamilim para as três variáveis (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Alves *et al.* (2014) que relataram que entre os genótipos estudados a variedade Hamilim foi a que menos favoreceu o desenvolvimento e viabilidade de *D. citri*. Souza *et al.* (2012) destacaram que as diferenças no tempo de desenvolvimento de *D. citri* em diferentes variedades podem estar relacionadas com teor de nitrato na seiva da planta. Estes autores relataram diferença maior que 20 % no teor de nitrato na seiva da variedade Hamilim em comparação com a seiva de

laranja Valência.

Tabela 2. Media (\pm erro padrão) de sobrevivência e razão sexual de *Diaphorina citri* criados em diferentes hospedeiros.

Hospedeiros	N	Razão sexual *	Viabilidade**	Fertilidade*
Limoeiro Cravo	12	0,62 \pm 0,05 a	70,27 \pm 6,96 a	82,56 \pm 4,47a
Citrumelo 'Swingle'	12	0,55 \pm 0,07 b	58,97 \pm 9,28 b	75,34 \pm 6,56 b
F		5,105	3,627	7,353
df		1,21	1,21	1,21
P		0,0117*	0,0377*	0,00229*

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) para o teste de Tukey. Temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR), e Fotofase de 14 hs. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente na vertical para o teste t Student ($p > 0,05$).

Quando se compara a duração das fases de desenvolvimento de *D. citri* para a mesma copa e diferentes porta-enxertos observa-se que a fase de ovo e duração total do ciclo biológico não apresentaram diferenças significativas quando se mantem a copa e se modifica o porta-enxerto, embora possa observar-se que o tempo necessário para o inseto desenvolver cada fase foi maior nas copas enxertadas sobre Citrumelo 'Swingle'. Para a duração da fase de ninfa foram observadas diferenças significativas para a copa de laranja Valência, necessitando maior tempo para completar esta fase (11,20 dias) na combinação Valência/Citrumelo 'Swingle' (Tabela 3).

A duração do estado embrionário foi menor na combinação Pêra/Cravo diferindo significativamente de Hamilim/Citrumelo 'Swingle' que apresentou a maior duração para esta fase. A duração total do ciclo de vida de *D. citri*, de ovo a adulto foi maior na combinação Hamilim/Citrumelo 'Swingle' (16,76 dias), diferindo significativamente da duração do inseto criado na copa laranja Valência independentemente do porta-enxerto utilizado. A duração das fases de desenvolvimento de *D. citri* foi maior na copa Hamilim para as três variáveis.

Tanto as copas utilizadas como os porta-enxertos avaliados influenciaram na duração de alguma fase de desenvolvimento do inseto, embora as principais diferenças tenham sido observadas entre as diferentes copas, o que sugere que

provavelmente a variedade utilizada como copa exerce maior influência sobre o desenvolvimento do inseto, mas os resultados permitem destacar que o porta-enxerto também está modulando estas variáveis, principalmente para a variável tempo de duração da fase de ninfa.

Tabela 3. Media (\pm erro padrão) da duração do desenvolvimento de *Diaphorina citri* criadas em diferentes copas sobre porta-enxertos Cravo e Citrumelo 'Swingle' em condições controladas.

Copa/porta-enxerto	N	Duração (dias) (Media \pm erro padrão)		
		Ovos	Ninfas	Ciclo total
Hamilim/C. 'Swingle'	12	4,52 \pm 0,473a	12,25 \pm 0,76 a	16,76 \pm 0,42 a
Hamilim/Cravo	12	4,33 \pm 0,44 ab	12,08 \pm 0,75 ab	16,37 \pm 0,45 a
Valência/C. 'Swingle'	12	4,25 \pm 0,45 ab	11,20 \pm 0,78 c	15,12 \pm 0,84 b
Pêra/C. 'Swingle'	12	4,16 \pm 0,29ab	11,33 \pm 0,41 bc	15,50 \pm 0,52 b
Valência/Cravo	12	4,14 \pm 0,41 ab	10,28 \pm 0,93 d	14,90 \pm 0,93 b
Pêra/Cravo	12	3,91 \pm 0,59 a	11,16 \pm 0,37 c	15,09 \pm 0,79 b
F		2,37	12,38	14,31
df		5,66	5,66	5,66
P		< 0,01	< 0,01	< 0,01

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$) para o teste de Tukey. Temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR), e Fotofase de 14 hs. As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente teste de Tukey.

A viabilidade dos ovos foi maior nas copas enxertadas sobre limoeiro Cravo. A variação de viabilidade dos ovos foi de 82,03 a 78,96 %, observando-se os maiores valores na copa de laranja Valência, mas sem diferenças significativas entre as copas de laranjas enxertadas neste porta-enxerto e se observaram diferenças significativas na viabilidade dos ovos de *D. citri* na copa de laranja Valência quando se muda o porta-enxerto (Tabela 4).

Com respeito a viabilidade de ovo a adulto, se observou diferenças significativas quando os insetos foram criados nas copas Hamilim e Pêra e o porta-enxerto foi diferente, apresentando para todas as copas os menores valores de viabilidade na combinação com Citrumelo 'Swingle'. Os maiores valores de viabilidade (71,07%) foram obtidos na combinação Pêra/ limão Cravo mostrando diferenças significativas com os dados obtidos nas combinações Valência/Citrumelo

‘Swingle’, Hamilim /Cravo e Hamilim/Citrumelo ‘Swingle’ e Pêra/ Citrumelo ‘Swingle’ (Tabela 4).

Os insetos que foram criados em laranja Hamilim enxertada em Citrumelo ‘Swingle’ apresentaram menores valores de viabilidade para ovos e para o período de ovo a adulto (Tabela 4). Os resultados obtidos mostraram que esta combinação, foi a que menos favoreceu o desenvolvimento e reprodução de *D. citri*.

Tabela 4. Média (\pm erro padrão) de viabilidade (%) e razão sexual (RS) de *D. citri* criados em diferentes hospedeiros.

Hospedeiros	N	RS	Viabilidade (%)*	
			Ovos	Ovos- adultos
Pêra/Cravo	12	0,65 \pm 0,03 a	81,69 \pm 5,40 a	71,07 \pm 6,05 a
Hamilim /Cravo	12	0,64 \pm 0,05 ab	78,96 \pm 7,60 abc	62,93 \pm 7,91 bc
Valência/Cravo	12	0,59 \pm 0,06 b	82,03 \pm 4,27 a	66,11 \pm 6,10 ab
Pêra/C. ‘Swingle’	12	0,59 \pm 0,06 b	79,92 \pm 4,10 ab	64,52 \pm 7,06 ab
Valência/C. ‘Swingle’	12	0,50 \pm 0,05 c	74,73 \pm 4,81 bc	60,53 \pm 5,20 bc
Hamilim/C. ‘Swingle’	12	0,48 \pm 0,06 c	73,66 \pm 4,18 c	56,16 \pm 6,50 c
F		23,95	5,534	7,22
Df		5,66	5,66	5,66
P		< 0,01	< 0,01	< 0,01

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < .05$). Temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, $60 \pm 10\%$ de umidade relativa (UR), e Fotofase de 14 hs. As médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey.

As diferenças encontradas com respeito à duração das fases de desenvolvimento de *D. citri* nos diferentes hospedeiros podem estar relacionadas com a qualidade nutricional da planta hospedeira, principalmente na qualidade da seiva e a concentração de aminoácidos disponíveis (Teck *et al.* 2011). As diferenças na sobrevivência e desenvolvimento dos insetos também podem ser causadas pela ingestão de compostos tóxicos ou mesmo pela insuficiência nutricional do hospedeiro (Vendramim e Guzzo 2012).

A razão sexual (RS) de *D. citri* apresentou diferenças significativas entre os hospedeiros. As laranjas enxertadas em limoeiro Cravo apresentam a maior RS, sugerindo que a combinação da laranja sobre este porta-enxerto está favorecendo a emergência das fêmeas, com valores acima de 0,50. Na combinação Pêra/Cravo foi

obtido o maior valor de RS, apresentando diferenças significativas com Valência/Cravo (Tabela 4). Estes resultados da razão sexual indicam que o porta-enxerto está favorecendo a emergência de fêmeas influenciando no incremento da taxa líquida de reprodução (R_0) da praga.

3.2. Longevidade e fecundidade dos adultos

Os valores da longevidade média das fêmeas apresentaram diferenças significativas ($F = 6,32$; $df = 3,76$; $P < 0,01$) entre os hospedeiros avaliados (Fig. 1). A fêmea de *D. citri* teve a menor longevidade média quando foi mantida em Citrumelo 'Swingle' (34,25 dias) e a maior no limoeiro Cravo (45,65 dias). Por outro lado, o valor máximo para a longevidade das fêmeas (60 dias) também foi observado em limoeiro Cravo. Tsai & Liu (2000) verificaram que os valores médios de longevidade foram de 39,7 dias a 25 °C em *M. paniculata* no estado da Florida, EUA e relataram que a longevidade máxima das fêmeas foi influenciada principalmente pela temperatura, apresentando maiores valores de longevidade (117 dias) a 15 °C.

Outros estudos a respeito da longevidade média de adultos foram obtidos por Chavan e Summanwar (1993) em limão mexicano, *Citrus aurantifolia* (Christm.), que obtiveram em torno de 20 dias no verão, embora registraram valores de sobrevivência de um adulto com mais de 75 dias, e 190 dias no inverno. Fung e Chen (2006) também verificaram que a longevidade dos adultos de *D. citri* sobre *M. paniculata* se reduz pela metade quando a temperatura aumenta de 20°C para 28°C.

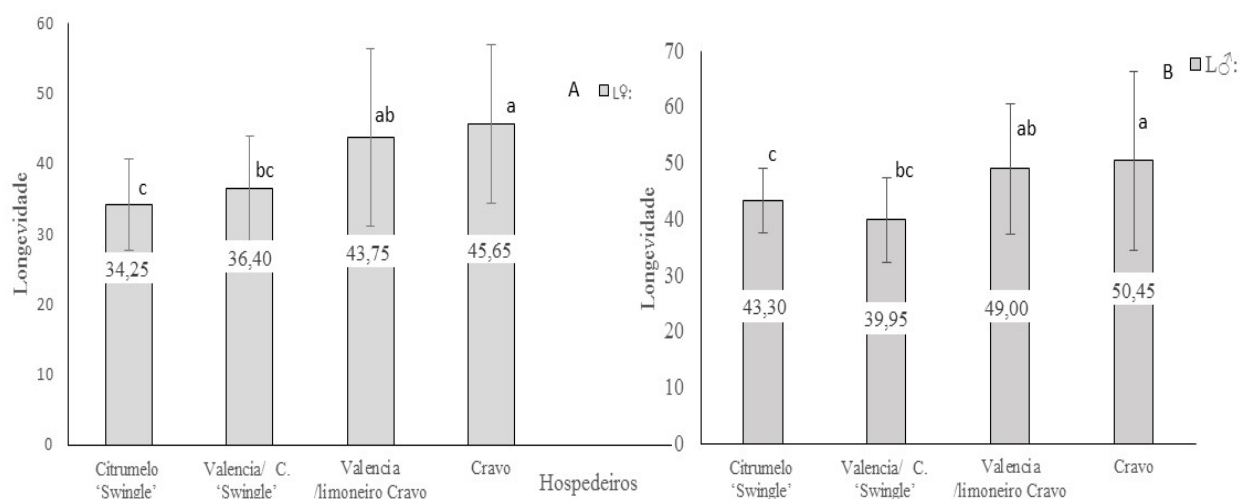


Figura 1. Longevidade média (dias) e desvio padrão de fêmeas (A) e machos (B) de *Diaphorina citri* criados em diferentes hospedeiros. Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ de umidade relativa (UR), e fotofase de 14 hs. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O menor período de pré-oviposição do inseto foi observado em limoeiro Cravo (10,45 dias) e o maior período foi notado em Citrumelo 'Swingle' (14,10 dias), com diferenças significativas entre estes hospedeiros ($F = 8,07$; $df = 3,76$; $P < 0,01$) e sugerindo que o limoeiro Cravo propicia as melhores condições para o início da oviposição, enquanto o Citrumelo 'Swingle' retarda o mesmo.

Não se observou diferença significativa entre a laranja Valência enxertada sobre Citrumelo 'Swingle' e a nestes porta-enxertos, indicando que os porta-enxertos não influenciam o início da oviposição, enquanto que para o período de oviposição foram observadas diferenças significativa ($F = 8,92$; $df = 3,76$; $P < 0,01$), nas combinações Valência/limoeiro Cravo e Valência/ Citrumelo 'Swingle', observando-se que na laranja Valência enxertada em Citrumelo 'Swingle', o inseto apresentou um período de oviposição mais curto (Fig. 2). Dos hospedeiros avaliados, no limoeiro cravo foi observado o período de oviposição mais longo (Fig. 2).

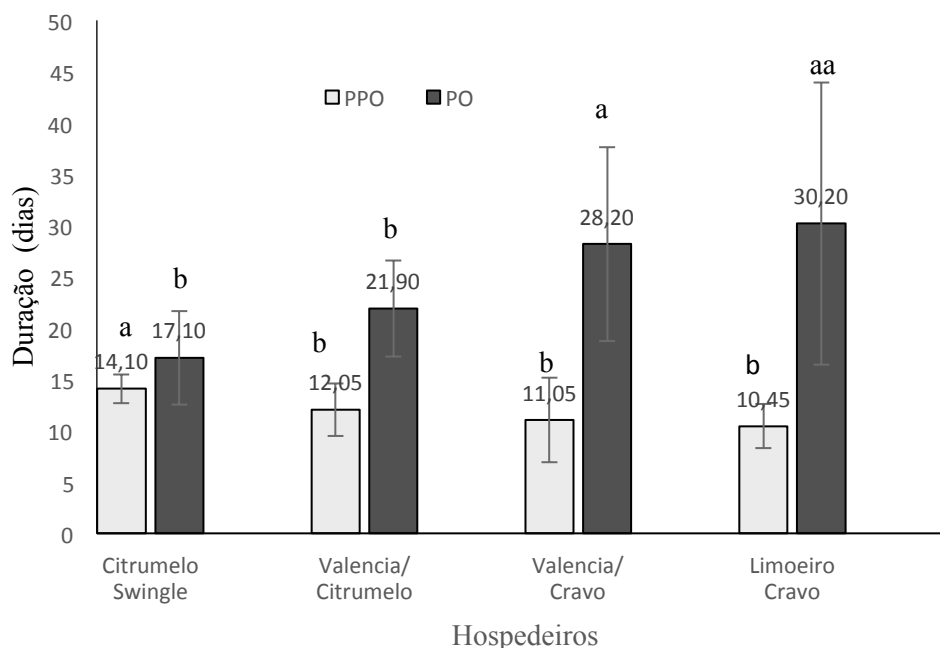


Figura 2. Duração em dias do período de pre-oviposição (PPO) (dias) e período de oviposição (PO) de *D. citri* criados em diferentes hospedeiros. Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ de umidade relativa (UR), e Fotofase de 14 hs. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si nos tratamentos pelo teste de Tukey ($p>0.05$), para o mesmo período.

A média do período de pré-oviposição no presente experimento foi maior que dez dias em todos os hospedeiros avaliados e está próximo da média encontrada por Nava *et al.* (2007), que indicam valores para o período de pré-oviposição próximo aos dez dias em todos os hospedeiros analisados. Alves *et al.* (2014) relataram valores menores para o período de pré-oviposição que os encontrados neste trabalho, e que os registrados por Nava *et al.* (2007).

Alves *et al.* (2014) atribuíram estas diferenças na duração do período de pré-oviposição, a presença ou ausência de brotos novos e/ou de folhas maduras nos hospedeiros usado nos experimentos, já que segundo as pesquisas de Uechi e Iwanami (2012), a presença de brotos novos no hospedeiro favorece a maturidade dos ovários de *D. citri*.

A fecundidade média (ovos/fêmea de *D. citri*) variou entre os hospedeiros ($F = 3,601$; $df = 3,76$; $P < 0,01$), sendo que o limoeiro Cravo (Fig. 3) foi o hospedeiro onde o inseto apresentou maiores valores da média de fecundidade (254,15). Foram

observados valores de fecundidade média do inseto menores na copa de Valência enxertada em Citrumelo 'Swingle', mas sem diferenças significativas com a combinação Valência /limoeiro Cravo (Fig. 3).

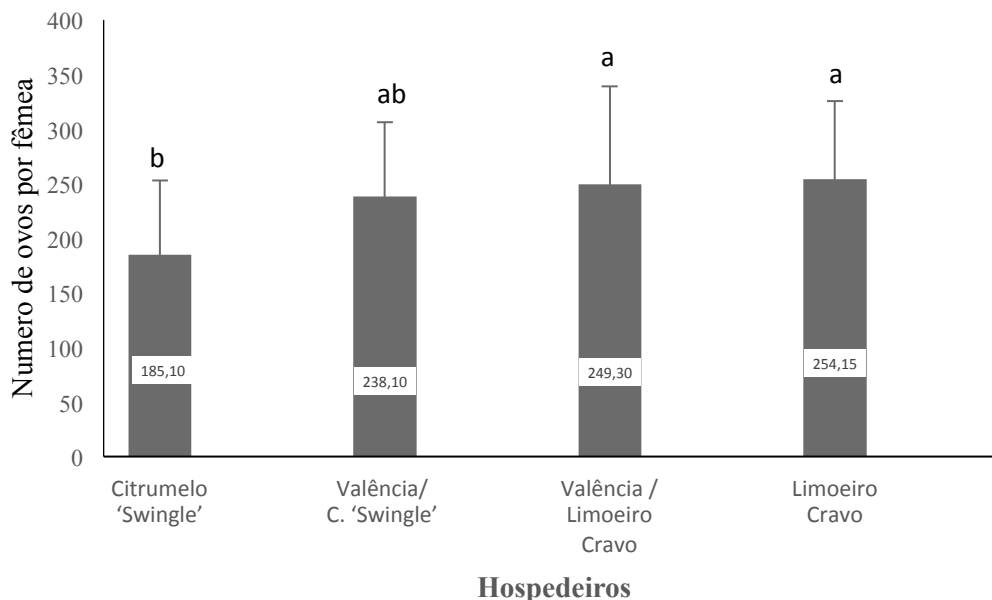


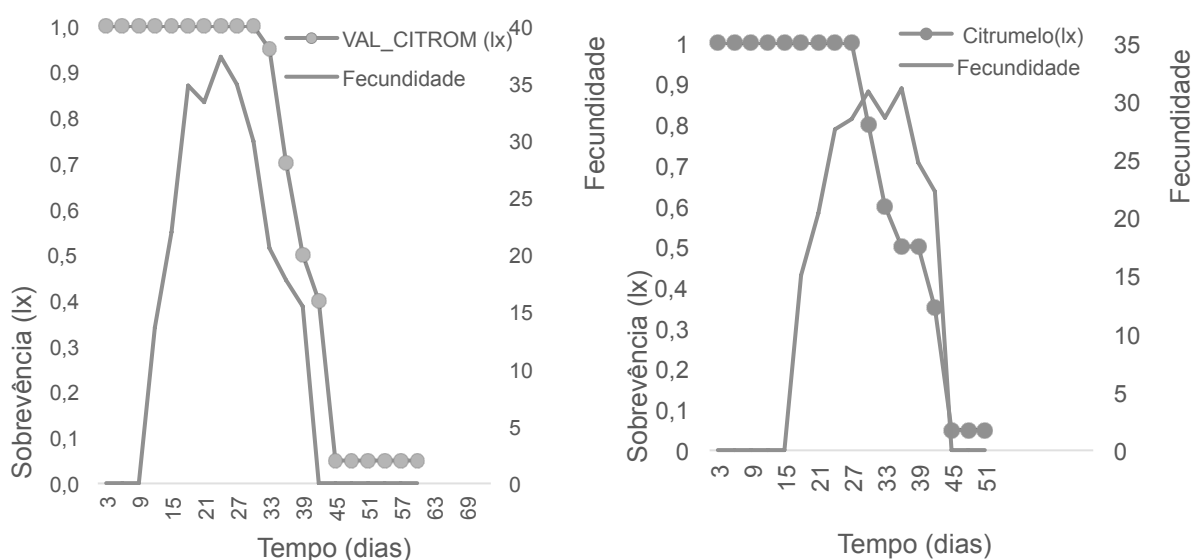
Figura 3. Média do número de ovos de *Diaphorina citri* criados em diferentes hospedeiros. Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ de umidade relativa (UR), e fotofase de 14 hs. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p>0.05$).

Estes resultados mostram que o hospedeiro influenciou este parâmetro biológico. A média de ovos por fêmea obtida em todos os hospedeiros está dentro da variação de 185 a 300 relatado por Pande (1971). Estes resultados também estão de acordo com os resultados obtidos por Nava *et al.* (2007) que relatam diferenças significativas na fecundidade média de fêmeas de *D. citri* entre os hospedeiros avaliados, sendo que em *M. paniculata* (348,4) e limão cravo (265, 1) ocorreram os maiores valores para a fecundidade.

Outros autores também destacaram os valores médios de fecundidade (630 a 1230 ovos) maiores que os obtidos neste trabalho (Huang 1990). Tsai e Liu (2000) sugerem que estas variações na fecundidade e longevidade podem ser causadas pela alimentação nos diferentes hospedeiros ou por biótipos da praga ou por ambos os fatores.

3.3. Oviposição e curva de sobrevivência de *Diaphorina citri*

Os dados da Figura 4 mostram o comportamento de oviposição de *D. citri* e a curva de sobrevivência em cada hospedeiro. O pico de oviposição está compreendido no período entre o 27 dia e os 33 dias a partir do início da oviposição. O principal pico de oviposição pode ser observado no 27º dia depois de iniciar a oviposição em todos os hospedeiros. De acordo com os principais tipos de curvas de sobrevivência que são propostos na literatura, *D. citri* se assemelha a uma curva de tipo I que é caracterizada pela mortalidade natural que ocorre com os indivíduos mais velhos na população (Southwood & Henderson 2000; Rabinovich 1978). Durante o pico de oviposição. Praticamente nenhuma mortalidade foi observada nos primeiros 12 dias de vida de dos adultos (Fig. 4), Outros Palomares-Pérez *et al.* (2015) relatam uma curva de sobrevivência tipo II descreve que a mortalidade natural afeta fundamentalmente os indivíduos jovens da população (Rabinovich1980), para as populações de *D. citri* no verão. Estes resultados diferem dos encontrados no presente trabalho, e as diferenças podem estar relacionadas a população que foi avaliada. Neste trabalho a curva de sobrevivência está descrevendo a sobrevivência da população adulta de *D. citri*.



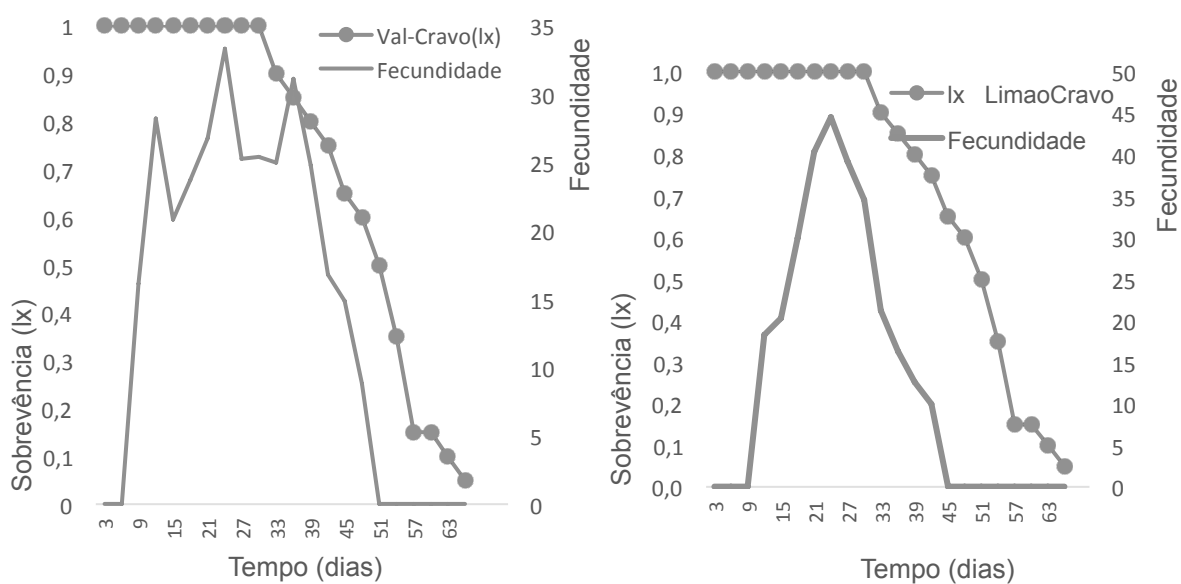


Figura 4. Oviposição e curva de sobrevivência de *Diaphorina citri* criadas em diferentes hospedeiros. Temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, $60\pm 10\%$ de umidade relativa (UR), e fotofase de 14 hs.

3.4. Correlação da fecundidade total com períodos de pré-oviposição, oviposição e longevidade

A fecundidade total das fêmeas (oviposição total) apresentou correlação positiva e significativa com a longevidade e o período de oviposição. O período de pré-oviposição se correlacionou de forma negativa com o período de oviposição, mostrando que as fêmeas que tinham maior período de pré-oviposição, tinham menor período de oviposição, mas não apresentaram correlação significativa com a longevidade (Tabela 5). Estes resultados diferem dos resultados obtidos por Ma e Wang (2001) na China, e observaram que fêmeas com um período de pré-oviposição mais curto apresentavam menor longevidade.

Tabela 5. Correlação da fecundidade de *Diaphorina citri* com períodos de pré-oviposição, oviposição e a longevidade.

Fator de correlação	PO	LF	Fecundidade
Período de pré-oviposição (PPO)	-0.38189 0.0005	-0.20516 0.0679	0.10269 0.2262
Período de oviposição (PO)	1.00	0,77979 <.0001	0,39011 0.0003
Longevidade da fêmea (LF)		1.00	0,23440 0,0364
Longevidade do macho (LM)			0,17557 0,1193

3.5. Parâmetros populacionais

Os parâmetros populacionais em condições controladas representam o potencial reprodutivo que uma espécie tem de enfrentar o ambiente e, portanto, constituem elementos básicos para a interpretação da dinâmica da população (Rabinovich 1980). Utilizando a tabela de vida de fertilidade, foi possível determinar o potencial de crescimento de *D. citri* em diferentes hospedeiros.

A taxa líquida de reprodução (R_o) apresentou diferenças significativas (Tabela 6), em limoeiro Cravo foi obtida o maior valor de R_o (160,57) e observou-se diferenças significativas entre o limoeiro Cravo e os outros hospedeiros avaliados. Este valor de R_o indica que o inseto pode incrementar sua população em 160,57 fêmeas em cada geração em limoeiro Cravo. Por outro lado, os menores valores de R_o foram obtidos em Citrumelo 'Swingle' (93, 27).

Os valores da taxa líquida de reprodução (R_o) alcançou valores maiores que 100 em Valência/Citrumelo 'Swingle', Valência/ Cravo e Limoeiro Cravo, revelando que a população está crescendo nesses hospedeiros segundo considerações teóricas de Southwood e Henderson (2000) e Rabinovich (1980). Em contraste, o valor R_o no tratamento Citrumelo 'Swingle' foi menor de 100 sugerindo que este tratamento é menos favorável para a reprodução de *D. citri*.

Tabela 6. Parâmetros populacionais de adultos de *D. citri* criados em diferentes hospedeiros em condições controladas. Temperatura 25 ±2°C, URar 70 ±10 % e Fotofase de 14 hs.

Hospedeiros	Parâmetros				
	R_o	T(G)	r_m	λ	DT
Limoeiro Cravo	160,57a**	31,54b*	0,1469d**	1,158ab**	4,71b**
Valência/ Cravo	126,75b**	31,89c*	0,1517c**	1,163a**	4,56cd**
Valência/Citrumelo 'Swingle'	114,65c*	34,54b**	0,1396a*	1,149c*	4,95c**
Citrumelo 'Swingle'	93,27d*	35,78a**	0,1268b*	1,135d*	5,46a**

** altamente significativo ($p \leq 0,01$) e * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente na vertical para o teste- t Studens.

O tempo médio de uma geração (T) de *D. citri* foi menor em limoeiro Cravo (31,54) e em Valência enxertada em Limoeiro Cravo (31,89), diferenciando-se do Citrumelo 'Swingle' e da laranja Valência enxertada em Citrumelo 'Swingle' (Tabela 6). Os valores de lambda (λ) foram superiores à unidade em todos os hospedeiros, o que implica um crescimento da população.

No porta-enxerto Citrumelo 'Swingle' é onde a população tem menor crescimento, encontrando-se o menor valor de lambda (Tabela 6). O tempo mínimo para duplicar a população foi de 4,56 dias em Valência/limoeiro Cravo e o tempo máximo de 5,46 dias em Citrumelo 'Swingle'. Em estudos realizados por Liu e Tsai (2000) na Florida, EUA, obteve-se menor tempo para duplicar a população de *D. citri* que foi de 3,5 dias a uma temperatura de 28 °C.

4. CONCLUSÕES

Os porta-enxertos estudados influenciam nos parâmetros reprodutivos de *D. citri*, principalmente os parâmetros relacionados com o período de oviposição e a fecundidade, representado nos maiores valores da taxa líquida de reprodução (R_o) e a taxa intrínseca de crescimento (r_m) em limoeiro Cravo e na laranja Valência enxertada em limoeiro Cravo. As copas de laranja Valência e Pêra foram as mais favoráveis para o inseto se desenvolver e reproduzir proporcionando os maiores valores de sobrevivência e menor tempo de desenvolvimento (T).

O Citrumelo 'Swingle' foi o hospedeiro que mais afetou negativamente os

parâmetros biológicos estudados. A laranja Hamilim sobre Citrumelo 'Swingle' foi combinação menos preferida para oviposição da praga. Estes resultados sugerem a importância do uso de combinações de copas e porta-enxertos como alternativa no manejo de *D. citri*.

5. REFERÊNCIAS

ALBRECHT, U.; BOWMAN, K. D. 2011. Tolerance of the trifoliolate citrus hybrid US-897 (*Citrus reticulata* Blanco × *Poncirus trifoliata* L. Raf.) to Huanglongbing. *HortScience* 46:16–22.

ALVES, G. R.; DINIZ, A. J. F.; PARRA, J. R. P. 2014. Biology of the Huanglongbing Vector *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) on Different Host Plants. *Journal of Economic Entomology* 107: 691–696.

AUBERT, B. 1987. *Trioza erythrae* (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.

BEGON, M.; HARPER, J. L., COLIN, C. R. 1988. *Ecología: individuos, poblaciones y comunidades*. Editorial Omega S. A. Barcelona. 883p.

BELASQUE, J. JR.; YAMAMOTO, P.T.; DE MIRANDA, M.; BASSANEZI, R.; AYRES, A.; BOVÉ, J. M. 2010. Controle do Huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. *Citrus Research & Technology* 31: 53–64.

BOVÉ, J. M.; CALAVAN, E. C.; CAPOOR, S. P.; CORTEZ, R. E.; SCHWARZ, R. E. 1974. Influence of temperature on symptoms of California stubborn, South African greening, Indian citrus decline and Philippines leaf mottling diseases. Pages 12-15 *En: Proc. 6th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, CA.*

BOVÉ, J. M. 2006. Huanglongbing: A destructive, newly-emerging, century-old disease of *Citrus*. *Journal of Plant Pathology* 88: 7–37.

CHAVAN, V. M.; SUMMANWAR, A. S. 1993. Population dynamics and aspects of the biology of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuw. in Maharashtra. *En: Morales, V. P.; Fonseca, O.; Noguera, Y.; Cabaña, W.; Ramos, F.; Escalona, E.; Rosales, C.; Cermeli, M.; Salas, B.; Sandoval, E. 2010. Evaluación del ciclo de vida del psílido*

asiático de los cítricos en cinco plantas hospederas. *Agronomía Tropical* 60: 283-286.

FERNÁNDEZ, M.; MIRANDA, I. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte II: Conducta preferencial con relación a la fenología del cultivo. *Revista de Protección Vegetal, Cuba* 20: 22–24.

FUNG, Y. C.; CHEN, C. N. 2006. Effects of temperature and host plant on population parameters of the citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). *Formosan Entomologia* 26: 109–123.

GOTTWALD, T. R. 2010. Current Epidemiological Understanding on Citrus Huanglongbing. *Annual review of phytopathology* 48: 119–139.

GRAFTON-CARDWELL, E. E.; STELINSKI, L. L.; STANSLY, P. A. 2013. Biology and Management of Asian Citrus Psyllid, Vector of the Huanglongbing Pathogens. *Annual Review of Entomology* 58: 413–432.

HALBERT, S. E.; MANJUNATH, K. L. 2004. Asian Citrus Psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and Greening Disease of Citrus: a Literature Review and Assessment of Risk in Florida. *Florida Entomologist* 87: 330–353.

HALBERT, S. E.; NUÑEZ, C. A. 2004. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae), in the Caribbean basin. *Florida Entomologist* 87: 401-402.

HALL, D. G.; RICHARDSON, M. L.; AMMAR, D.; HALBERT, S. 2013. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus huanglongbing disease. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 146: 207–223.

LIU, Y. H.; TSAI, J. H. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). *Annals of Applied Biology* 137: 201–206.

LLAUGER, R.; LUÍS, M.; COLLAZO, C.; GONZÁLEZ, C.; PEÑA, I.; LÓPEZ, D.; BATISTA, L.; CUETO, J. 2008. Huanglongbing (ex-greening) y su vector en la citricultura cubana. *Naranja, Cordeirópolis* 29: 7–22.

MA, X.; WANG, Z. 2001. Occurrence and population dynamics of citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, and its control measures. *Zhejiang Citrus* 18: 26–28.

MAIA A. DE H. N.; LUIZ, A. J. B.; CAMPANHOLA, C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93: 511-518.

MEAD, F. W.; FASULO, T. R. 2010. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). FDACS/DPI Entomology. Circular 180. University of Florida, Gainesville, FL.

NAVA, D. E.; TORRES, M. L. G.; RODRIGUES, M. D. L.; BENTO, J. M. S.; PARRA, J. R. P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology* 131: 709–715.

PADULLA., L.F. 2007. Estudo de fungos entomopatogênicos para o controle de ninfas do psílideo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera : Psyllidae). Mestre em Ciências Agrícolas. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, São Paulo. Brasil. 91 p.

PALOMARES-PÉREZ, M.; CÓRDOBA, E. G.; SÁNCHEZ, J. A.; MEDINA, N. I.; HERNÁNDEZ, R.; PÉREZ, V. H.; ARREDONDO, H. C. 2015. Aspectos biológicos de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) bajo condiciones no controladas en invernadero. *Revista Colombiana de Entomología* 41: 228-234.

PANDE, Y. D. 1971. Biology of citrus psylla, *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera: Psyllidae). *Israel Journal of Entomology* 6(2): 307–311.

PARRA, J. R. P.; LOPES, J. R. S.; TORRES, M. L. G.; NAVA, D. E.; PAIVA, P. E. B. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. *Citrus Research & Technology* 31(1): 37–51.

PÉREZ-ARTILES, L.; GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C.; HERNÁNDEZ-ESPINOSA, D.; RODRÍGUEZ-TAPIA, J. L.; FERNÁNDEZ-ARGUDIN, M. 2011. Ciclo de vida de *Diaphorina citri* Kuw. (Hemiptera : Psyllidae) en *Citrus aurantifolia* L . y *Murraya paniculata* (L .) Jack en condiciones de laboratorio. *CitriFrut, Cuba* 28(2): 12–18.

QURESHI, J. A.; ROGERS, M. E.; HALL, D. G.; STANSLY, P.A. 2009. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. *Journal of Economic Entomology* 102: 247–256.

RABINOVICH, J. E. 1978. Ecología de poblaciones animales. CECSA ed. Caracas, Venezuela: Washington :. OEA,. 1978. vi. 114 p.

RABINOVICH, J. E. 1980. Introducción a la Ecología de Poblaciones Animales. Compañía Editorial Continental S.A., México, D.F.

SAS INSTITUTE INC. 2012. SAS procedures guide, versión 9.3. SAS. Institute Inc., Cary, NC.

SOUTHWOOD, R.; HENDERSON, P. A. 2000. Ecological Methods. Third Edition. Blackwell Publishing Ltd. 575p.

SOUZA, T. R.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C. 2012. Nutrientes na savia de plantas cítricas fertirrigadas. Revista Brasileira de Fruticultura 34: 482–492.

TECK, S.; FATIMAH, A.; BEATTIE, A. 2011. Influence of host plant species and flush growth stage on the asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 6: 536-543.

TEIXEIRA DC, WULFF NA, MARTINS EC, KITAJIMA EW, BASSANEZI R, AYRES AJ, S. EVEILLARD, C. SAILLARD, AND J. M. BOVÉ. A phytoplasma closely related to the pigeon pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in the state of São Paulo, Brazil. Phytopathology. 2008;98(9):977–84.

TSAI, J. H.; LIU, Y. H. 2000. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. Journal of Economic Entomology 93: 1721–1725.

TSAI, J. H.; WANG, J.-J.; LIU, Y.-H. 2002. Seasonal Abundance of the Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Southern Florida. Florida Entomologist 85: 446–451.

UECHI, N.; IWANAMI, T. 2012. Comparison of the ovarian development in *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in relation to the leaf age of orange jasmine, *Murraya paniculata* (L.) Jack. Bulletin of the NARO Institute of Fruit Tree Science 13: 39–42.

VENDRAMIM, J. D., E. C. GUZZO.2012. Plant resistance and insect bioecology and nutrition, pp. 657–686. *En:* A. R. Panizzi and J.R.P. Parra (eds.), *Insect bioecology and nutrition for integrated pest management*. CRC, Boca Raton, FL.

CAPÍTULO 4. Considerações finais

O manejo do patossistema *D. citri*/HLB constitui, na atualidade, o principal desafio da citricultura mundial e, apesar do número de estudos feitos sobre a doença e o inseto vetor, não se tem uma estratégia de manejo que permita a erradicação da doença quando já está estabelecida num país ou região. O difícil manejo da doença se deve, principalmente, a fatores como o período de incubação longo, a sintomatologias diferentes entre as variedades de citros e a existência de hospedeiros alternativos, tanto da bactéria quanto do vetor. Os resultados obtidos nesta tese podem contribuir para entender as bases ecológicas de inseto e incluem resultados de dois países, Brasil e Cuba. Sugere continuar na procura de combinações porta-enxertos e variedades que proporcionem uma redução de gerações da praga no ano e também na redução na preferência á oviposição deste inseto

O uso de diferentes combinações de porta-enxertos-variedade pode ser uma alternativa no manejo da praga. O Citrumelo 'Swingle' como porta-enxerto teve influência nos parâmetros reprodutivos de *D. citri*, encontrando nas copas enxertadas sobre esta espécie os menores valores de oviposição e fecundidade. Os menores valores de taxa líquida de reprodução (R_0) e de taxa intrínseca de crescimento (r_m), também, foram obtidos em Citrumelo 'Swingle', sendo este hospedeiro o que mais afetou negativamente os parâmetros biológicos estudados. A laranja Hamilim com Citrumelo 'Swingle' foi a combinação menos preferida para oviposição da praga. Esses resultados sugerem a importância do uso de combinações de copas e porta-enxertos como alternativa no manejo de *D. citri*.

Os resultados obtidos em Cuba, representam o primeiro estudo de flutuação populacional do parasitoides feito no país após de presença de doença (2006). O controle biológico por conservação, também, pode ser uma tática empregada no manejo de *D. citri*. Nas condições de Cuba, *T. radiata* exerceu o controle natural do psilídeo, com porcentagem de parasitismos superior a 50% no outono. *T. radiata* foi observada no agroecossistema durante todas as avaliações, mesmo com baixa densidade do hospedeiro, uma característica que é desejável num agente de controle biológico. O percentual de parasitismo foi positivamente correlacionado com

a população de imaturos de *D. citri*.

Em conclusão, os resultados apresentados nesta tese apresentam dados importantes sobre a biologia e controle de *D. citri*, e fornece resultados específicos sobre os parâmetros populacionais da praga em combinações de laranja doce e dois porta-enxertos. Os resultados obtidos também reflexam a importância de *T. radiata* no controle de *D. citri* e sugere o emprego deste parasitoide num programa de manejo da praga

A seleção de combinações de variedades comerciais e porta - enxertos que não são favoráveis ao desenvolvimento de *D. citri* e o estudo de controle natural por *Tamarixia radiata* fornecem os elementos básicos para o desenho de uma estratégia para o manejo integrado desse inseto.