

# Capítulo 2

## **A IMPORTÂNCIA DA TÉCNICA DO INSETO ESTÉRIL (TIE) PARA A FRUTICULTURA NORDESTINA\***

---

Beatriz Jordão Paranhos

Renata Morelli de Andrade Alves

Flavio Rabelo Barbosa

Neumara Pedrosa Haji

Antônio Souza Nascimento

Rodrigo Viana

Clarice Alvarenga Corsato

Raimundo Sampaio

Aldo Malavasi

Júlio Marcos Mege Walder

---

\* Os autores agradecem ao Banco do Nordeste (BNB) e à Finep pelo apoio financeiro para a realização das pesquisas. À chefia da Embrapa Semiárido pela construção do laboratório de moscas-das-frutas. Aos funcionários da Embrapa Semiárido e Biofábrica Moscamed Brasil pelo apoio nos experimentos de campo e de laboratório e a todos que direta ou indiretamente ajudaram na execução deste projeto.

## 2.1 – Introdução

Conhecida também por mosca-do-mediterrâneo ou moscamed, a *Ceratitis capitata* (Weidemann) (Diptera: Tephritidae) (Foto 1) é nativa da África Equatorial e se encontra espalhada pela Europa, Américas, Caribe, Austrália e Ilhas do Pacífico (METCALF; FLINT; METCALF, 1962). Foi constatada pela primeira vez no Brasil em 1901. É considerada uma das espécies de mosca-das-frutas mais nocivas à fruticultura mundial, pois apresenta grande plasticidade ecológica e evolutiva, adaptando-se rapidamente a novos hospedeiros e ambientes.



**Foto 1 – Macho (Direita) e Fêmea (Esquerda) de Moscamed, *Ceratitis Capitata***

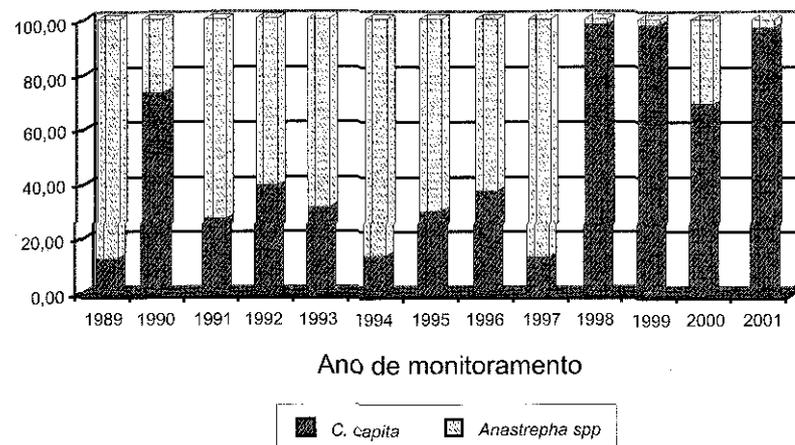
Fonte: Rui Pereira.

A família Tephritidae possui mais de 4.000 espécies distribuídas em 500 gêneros com cerca de 250 espécies de importância agrícola econômica, sendo 48 dos gêneros Bactrocera, Ceratitis, Anastrepha, Dirioxa e Toxotrypana, já relatadas como pragas de manga (WHITE; ELSON-HARRIS, 1992).

No Vale do Submédio do São Francisco, até o momento, foi constatada a presença da *C. capitata* e de onze espécies de Anastrepha, quais sejam: *A. zenilidae*, *A. obliqua*, *A. sororcula*, *A. dissimilis*, *A. montei*, *A. fraterculus*, *A. pickeli*, *A. distincta*, *A. daciformes*, *A. serpentina* e *A. manihot*. (HAJI et al., 2001). Entre estas, as espécies que apresentam barreiras quarentenárias para a exportação de frutos frescos são *C. capitata*, *A. obliqua* e *A. fraterculus*.

A população de *A. fraterculus* tem sido insignificante na região, porém a *C. capitata* passou a ser dominante em relação às espécies de Anastrepha desde 1998 (Gráfico 1), atacando uma grande variedade de frutos de diversas famílias, o que dificulta muito o seu controle.

Frequência de moscas das frutas no Vale do Submédio São Francisco (%)

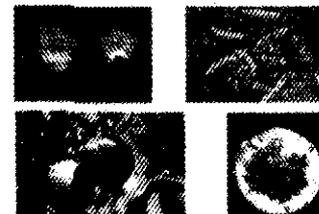


**Gráfico 1 – Flutuação Populacional de Moscas-das-frutas no Submédio do Vale do São Francisco**

Fonte: Haji et al. (2005).

Na cultura da manga, a *C. capitata* é a principal espécie de moscas-das-frutas, seguida da *A. obliqua*. (HAJI et al., 2005). Como as duas últimas espécies dividem o mesmo nicho, acredita-se que a mais agressiva suprime o crescimento populacional da outra. No caso, a *C. capitata* parece ter deslocado a *A. obliqua* das mangueiras e de outros hospedeiros (HAJI et al., 2005). Por este motivo, quando se pensa em programas de supressão regional de *C. capitata*, tem que se pensar também em *A. obliqua* para evitar surpresas.

Além dos danos diretos causados por estes insetos-pragas (Foto 2), o dano indireto ainda mais prejudicial está relacionado ao custo das medidas regulatórias requeridas para exportar frutos frescos a países que consideram esta praga de importância quarentenária, tais como EUA, Japão e outros países da Ásia (MALAVASI; NASCIMENTO, 2003).



**Foto 2 – Dano Direto Causado pelo Ataque de Moscas-das-frutas**

Fonte: Júlio Walder.

Considerando que cerca de 95% da produção de uva e manga do polo de irrigação do Semiárido destinam-se aos mercados de exportação e que a demanda no mercado nacional não tem elasticidade (MALAVASI; NASCIMENTO, 2003), a presença de *C. capitata* nesse agroecossistema pode causar o cancelamento do registro destes pomares no programa de exportação, prejudicando a sustentabilidade dos sistemas produtivos de frutas do Vale do São Francisco com impacto socioeconômico altamente negativo para a região.

Até então, o controle de *C. capitata* tem sido realizado através do uso de inseticidas altamente tóxicos, principalmente do grupo químico dos organofosforados, trazendo sérios prejuízos ao agroecossistema, meio ambiente e à saúde humana. Contudo, os fruticultores devem atender às exigências de uma agricultura sustentável exigida atualmente pelo mercado consumidor, que preconiza a ausência de contaminação ambiental e intoxicação humana. Neste contexto, a utilização da Técnica do Inseto Estéril (TIE) atende às exigências atuais desses sistemas de produção e do mercado consumidor, sendo considerada como uma eficiente técnica no controle de moscas-das-frutas em vários países (HENDRICHS et al., 2002).

As premissas básicas para a utilização da TIE no controle de insetos são: reprodução sexual, cópula única pelas fêmeas e facilidade de criação em dieta artificial.

A TIE consiste na criação massal do inseto-praga que se deseja controlar e na liberação semanal de insetos estéreis no campo. Estes insetos estéreis copulam com os selvagens e, por serem estéreis, não geram descendentes (KNIPLING, 1955).

A TIE para moscas-das-frutas tem sido usada há muitas décadas por vários países (EUA, México, Guatemala, Argentina, Chile, Peru, Portugal, Tunísia, Tailândia, África do Sul e Japão) para a erradicação ou supressão (controle) de *C. capitata*, *Bactrocera cucurbitae* Coquillett (Diptera: Tephritidae) (mosca-do-melão), *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) (mosca-das-frutas-mexicana) e *A. obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae), demonstrando sucesso em proteger áreas de fruticultura contra a infestação de moscas-das-frutas (HENDRICHS et al., 2002).

No Brasil, esta técnica foi adotada pela primeira vez em 2005 pela Biofábrica Moscamed Brasil com o apoio financeiro dos Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e da Ciência e Tecnologia com a finalidade de suprimir a população de *C. capitata* nos pólos de fruticultura irrigada do Semiárido.

Na década de 1960, quando se iniciou o programa de erradicação de *C. capitata* através da TIE no Havaí-EUA, eram liberados machos e fêmeas estéreis, já que não era possível a separação dos sexos antes da emergência dos adultos.

Entretanto, estudos mostraram que havia uma grande probabilidade de os machos estéreis copularem com as fêmeas estéreis e não com as fêmeas selvagens, o que diminuía enormemente a eficiência da TIE. Além do mais, as fêmeas liberadas em campo, apesar de depositarem apenas ovos inviáveis, continuavam com o hábito de fazer a punctura (ato de introduzir o ovipositor na casca do fruto hospedeiro para fazer oviposição), deixando os frutos vulneráveis à infecção de fungos e bactérias e, portanto, depreciados para a exportação.

Diante destes problemas, na década de 1980 os geneticistas e entomologistas da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) na Áustria desenvolveram uma linhagem mutante, "pupa branca" de *C. capitata*, cujas pupas fêmeas eram brancas, diferentes dos machos, que preservavam a cor selvagem marrom (Foto 3). Desse modo, separavam-se as fêmeas antes da emergência dos adultos e liberavam-se apenas machos no campo.

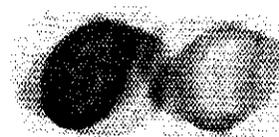


Foto 3 – Pupa Branca e Pupa Marrom (Machos) e Pupa Branca (Fêmea) da Linhagem Mutante Tsl, Vienna 8

Fonte: Gerald Franz.

Já na década de 1990, com o intuito de minimizar o custo de produção, foi desenvolvido sobre o mutante "pupa branca" um outro tipo de mutação em que as fêmeas possuem sensibilidade letal à temperatura (tsl) de 34°C, ainda na fase de embrião, sendo que os ovos de machos não morrem nesta temperatura. (Gráfico 2).

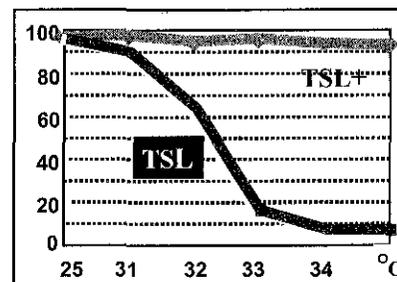
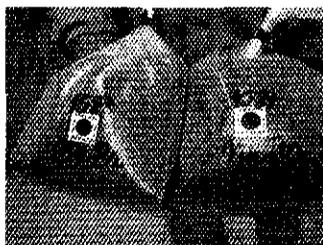


Gráfico 2 – Porcentagem de Sobrevivência de Ovos da Linhagem Tsl Vienna 8, Em Diferentes Temperaturas

Fonte: Gerald Franz.

Hoje, existem cerca de seis linhagens ts1 desenvolvidas pelos geneticistas da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO)/Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), na Unidade de Entomologia em Seibersdorf – Áustria: Vienna 4, Vienna 6, Vienna 7, Vienna 8, Sargeant e fluorescente, sempre com o intuito de melhorar a produtividade na criação massal e diminuir a recombinação gênica (ROBINSON; FRANZ; FISHER, 1999; CÁCERES, 2002).

Atualmente, todas as Biofábricas de Moscamed no mundo já utilizam linhagens mutantes ts1 com grande economia na produção. Em dezembro de 2004, a Embrapa Semiárido importou do laboratório de Seibersdorf da IAEA-Áustria, ovos e pupas de uma das linhagens mais recentemente desenvolvidas, a Vienna 8. No momento, esta linhagem está sendo criada em escala de pesquisa no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)/Universidade de São Paulo (USP) e na Embrapa Semiárido e, em escala industrial, na Biofábrica Moscamed Brasil. Dessa maneira, quando o objetivo é a liberação de machos estéreis em campo, tratam-se os ovos a uma temperatura de 34°C, por 24 horas, matando-se todos os ovos que vão originar fêmeas, então colocam-se os ovos na dieta artificial e, quando chegam na fase de pupa, todas são marrons e machos. Quarenta e oito a vinte e quatro horas antes da emergência dos adultos, as pupas são pintadas com tinta em pó fluorescente, ensacadas e irradiadas com 95Gy de radiação gama de Co-60 ou Raio X (tempo de exposição ainda em estudo). (Foto 4).



**Foto 4 – Pupas Pintadas Antes (Esquerda) e Após Serem Irradiadas (Direita)**

Fonte: Beatriz Paranhos.

Assim que os machos emergem, ficam marcados com a tinta fluorescente e, quando atingem 3 a 5 dias de idade, são liberados no campo. Quando se faz o monitoramento nas armadilhas Jackson no campo, é possível distinguir machos selvagens de machos estéreis sob luz negra ou em microscópio com epifluorescência, pois os estéreis ficam fluorescentes (Foto 5).



**Foto 5 – Triagem Machos Estéreis e Selvagens, em Microscópio com Luz Epifluorescente**

Fonte: Aldo Malavasi

Na aplicação da TIE para moscamed, os machos estéreis que são liberados em campo devem apresentar boa capacidade de dispersão, sobrevivência e desempenho sexual. Portanto, a eficiência e eficácia da utilização da TIE dependem do sucesso dos machos estéreis, na competição com os machos selvagens pela cópula das fêmeas.

Para que a TIE de moscamed com a utilização de machos ts1 Vienna 8 seja tecnicamente viável no controle de moscamed, segundo a IAEA (2003), é preciso ocorrerem no mínimo 20% de cópulas entre machos estéreis e fêmeas selvagens.

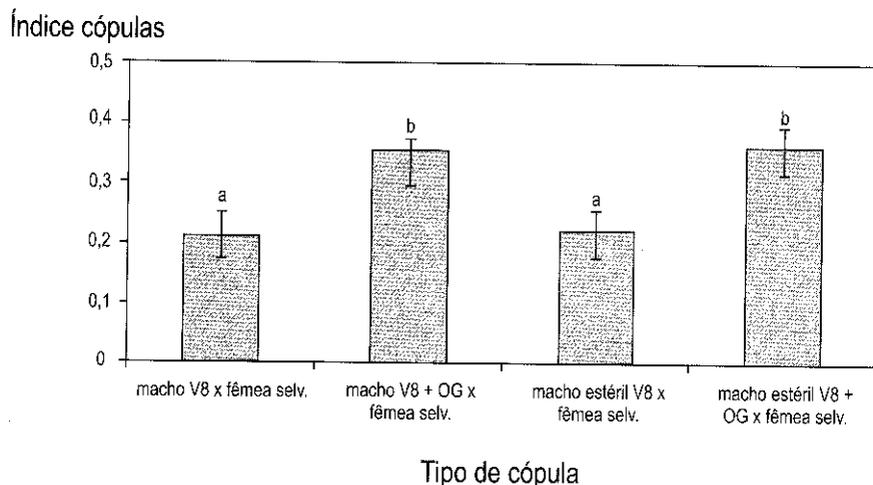
Sabe-se que os insetos tornam-se menos competitivos ao longo das gerações em ambientes e alimentos artificiais e isso também ocorre para linhagens ts1 de moscamed (MCINNIS; LANCE; JACKSON, 1996; CAYOL, 2000; LANCE, 2000). Diante do exposto, cientistas de diversos países têm buscado meios simples e econômicos de atenuar os efeitos negativos causados pela criação massal e pela manipulação destes insetos antes da liberação em campo.

Um dos meios de se aumentar a eficiência da TIE é a liberação de uma população nove a cem vezes maior de machos estéreis em relação à população selvagem presente no campo, pois aumenta a probabilidade de as fêmeas selvagens serem copuladas pelos machos estéreis (KNIPLING, 1955).

O conhecimento do comportamento e estratégias utilizadas pelos machos selvagens criados em laboratório (PROKOPY, 1980; BRICEÑO; EBERHARD, 2002) e estéreis na abordagem das fêmeas para cópula tem grande relevância para os programas da TIE, já que determinam a aceitação e resposta das fêmeas selvagens. Em machos de *C. capitata*, por exemplo, o sucesso reprodutivo tem sido relacionado com o nível nutricional, o tamanho do corpo, a atividade sexual e a diminuição da assimetria morfológica (RODRIGUERO, 2002).

A aromaterapia dos machos estéreis de *C. capitata* com o óleo de raiz de gengibre tem mostrado uma melhora em sua *performance* sexual (MCINNIS; SHELLY; KOMATSU, 2002; SHELLY; MCINNIS; RENDON, 2005; PARANHOS et al., 2006b). Este óleo contém 0,4% do atrativo -copaene, além de outros semioquímicos de atratividade conhecida (SHELLY; MCINNIS, 2001).

Estudos realizados no Brasil mostram que machos estéreis da linhagem mutante Vienna 8, utilizada na Biofábrica Moscamed Brasil, apresentam compatibilidade sexual com as fêmeas selvagens presentes no Submédio do Vale do São Francisco (PARANHOS et al., 2006b), pois apresentaram um índice de cópula maior de 0,2 ou 20% (Gráfico 3), sendo que a irradiação de 95Gy (fonte Co-60) para esterilizar os machos não diminuiu o comportamento de cópula.

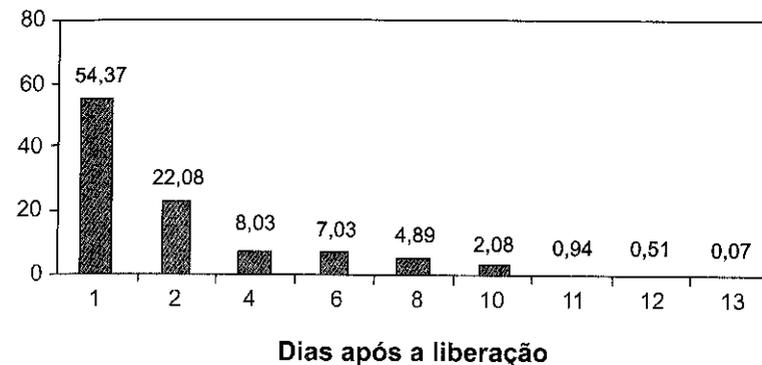


**Gráfico 3 – Índice de Cópula entre Machos Estéreis e Fêmeas Selvagens não Tratados e Tratados com Óleo de Gengibre (OG)**

Fonte: Paranhos et al. (2006).

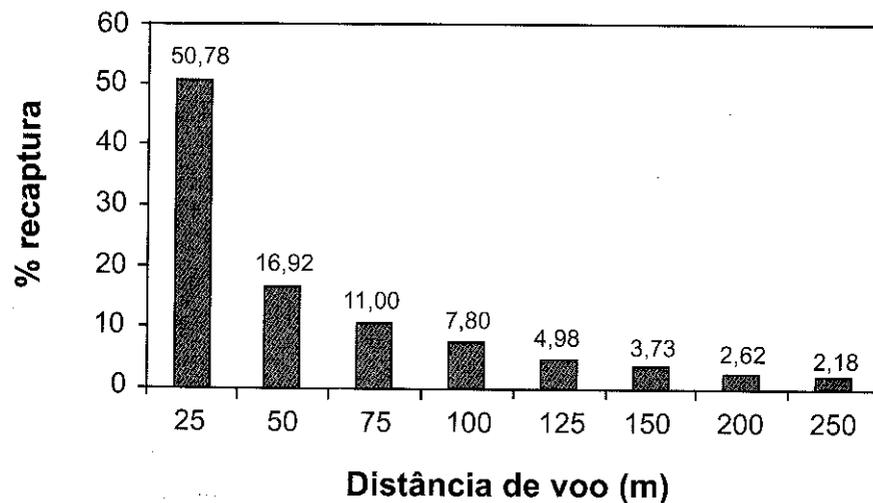
Além disso, mostrou que grande parte da população liberada sobrevive até quatro dias no campo (Gráfico 4) e voa até 100m de distância do ponto de liberação nos pomares de manga irrigada na região Semiárida (Gráfico 5) (PARANHOS et al., 2006a).

**Recaptura (%)**



**Gráfico 4 – Porcentagem de Machos Estéreis Recapturados no Campo Após a Liberação em Campo**

Fonte: Paranhos et al. (2006b).

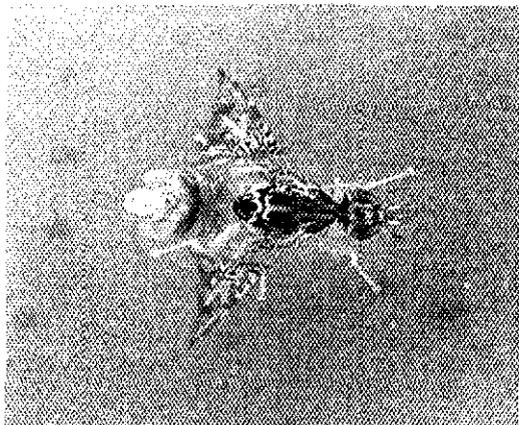


**Gráfico 5 – Porcentagem de Machos Estéreis Recapturados nas Diferentes Distâncias a partir do Centro do Pomar de Mangueiras**

Fonte: Paranhos et al. (2006b).

Também foi comprovado que machos estéreis tratados com óleo de gengibre tiveram um aumento de 40% no índice de cópulas com fêmeas selvagens (PARANHOS et al., 2006b). Entretanto, é necessário ajustar a dose de óleo de gengibre e o método de tratamento aromático que será aplicado a esses machos em escala industrial.

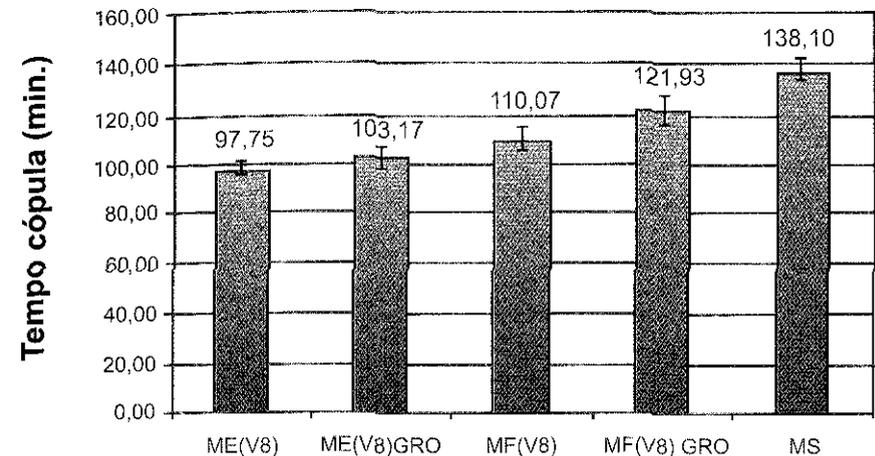
A estratégia de cópula em moscas-das-frutas consiste em: a) aglomeração dos machos na parte inferior de folhagens de plantas hospedeiras ou não (leks), b) emissão do feromônio sexual (Foto 6), c) chamada através do batimento das asas (calling), d) chegada da fêmea, ficando a fêmea frente a frente ao macho, e) ambos se tocam com as antenas, f) macho pula sobre a fêmea e inicia a cópula (a fêmea pode ou não aceitar o macho) e g) fim da cópula.



**Foto 6 – Macho de Moscamed Liberando Feromônio Sexual**

Fonte: Rodrigo Viana.

A cópula pode durar até 4 horas, com média de 2,5 horas entre os selvagens. O tempo da cópula estéril mostrou-se menor; entretanto, quando os machos estéreis foram tratados com óleo de gengibre aumentou significativamente este tempo (Foto 7). Esse tempo é importante na transferência de sêmen do macho para as duas espermatecas (bolsa que armazena o esperma) das fêmeas. Caso as espermatecas não sejam preenchidas completamente, a fêmea poderá procurar outro macho para uma nova cópula e se este for selvagem vai gerar descendentes. Após a cópula, as fêmeas iniciam a busca de seus hospedeiros para a oviposição.



**Tipo de macho x fêmea selvagem**

**Gráfico 6 – Tempo Médio de Cópula entre Vários Tipos de Machos com Fêmeas Selvagens: Machos Estéreis (ME) Tratado ou não com Óleo de Gengibre (GRO) e Machos Selvagens**

Fonte: Paranhos et al. (2006a).

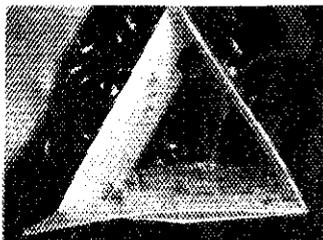
Segundo Fleisher (2004), *C. capitata* possui mais de 200 frutos hospedeiros e é classificada como polífaga por se alimentar de várias famílias de plantas. As espécies de *Anastrepha* possuem um número de hospedeiros variado, de acordo com a espécie, sendo mais ou menos específicas, podendo ser monófagas (alimentam-se apenas de uma espécie), estenófagas (alimentam-se de plantas do mesmo gênero), oligófagas (alimentam-se de vários gêneros da mesma família) e algumas polífagas, como *A. fraterculus*, *A. zenilidae*, *A. sororcula*, *A. obliqua*, entre outras (ZUCCHI, 2000).

Fêmeas de *C. capitata* podem ovipositar mais de um ovo por hospedeiro, aproveitando furos já existentes na casca, mesmo que este já contenha ovos, sejam estes de *C. capitata* ou de outras espécies de moscas-das-frutas. As moscas-das-frutas podem colocar até 1.000 ovos/fêmea, dependendo da espécie.

O ciclo da mosca varia com o clima da região; em temperaturas mais altas, o ciclo diminui e em temperaturas mais baixas aumenta. Em regiões quentes e com muitas espécies de frutas hospedeiras, como no Submédio do Vale do São

Francisco, a mosca tem ciclo curto (menos de 30 dias de ovo a adulto) e passa de um hospedeiro a outro durante todo o ano, chegando a ter 12 gerações ao ano.

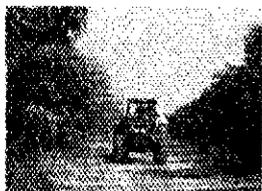
O programa de supressão de moscamed através da TIE no Brasil deve estar dentro de um programa de manejo integrado das moscas-das-frutas. O monitoramento com armadilhas Jackson (Foto 7) é o ponto inicial e imprescindível para detectar o nível de infestação, os focos e os pontos de entrada das moscas no pomar.



**Foto 7 – Armadilha Jackson, Tipo Delta, com Piso Contendo Cola Entomológica + Atrativo para Machos de Moscamed, *Trimedlure***

Fonte: Beatriz Paranhos.

Com os dados coletados nas armadilhas, calcula-se o índice MAD (moscas/armadilha/dia) dividindo-se o número de moscas pelo número de armadilhas e pelo número de dias que ficaram em exposição no campo. A população de *C. capitata* deve ser suprimida dos pomares de manga e de uva para exportação quando o índice Mosca por Armadilha Dia (MAD) estiver acima de 0,5. Para tanto, fileiras alternadas dos pomares devem ser pulverizadas com iscas tóxicas (água + atrativo alimentar + inseticidas registrados e seletivos) (Foto 8). A liberação de machos estéreis deve iniciar-se quando o MAD estiver abaixo de 0,1. Acima deste índice, a TIE torna-se ineficiente e economicamente inviável.



**Foto 8 – Aplicação de Isca Tóxica em Pomares de Manga**

Fonte: Beatriz Paranhos.

O controle mecânico pela catação dos frutos remanescentes no solo ou nas plantas e enterrio destes a uma profundidade de 1 (um) metro no mínimo é indispensável para impedir que o ciclo da mosca se complete. (Foto 9).



**Foto 9 – Catação e Enterrio dos Frutos**

Fonte: Raimundo Sampaio.

O programa Moscamed Brasil visa à liberação de cerca de 1.000 machos estéreis/ha. (Foto 10). Os machos estéreis devem atender a um padrão de controle de qualidade determinado pela Agência Internacional de Energia Atômica (FAO, 2003), a fim de serem capazes de voar, atrair as fêmeas, copular e transferir o sêmen mesmo sendo inférteis.

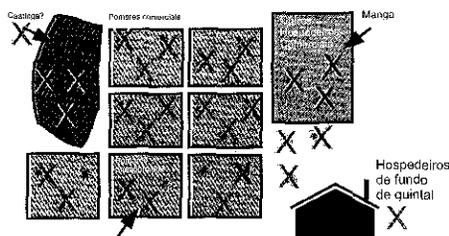


**Foto 10 – Liberação Terrestre de Machos Estéreis**

Fonte: Rodrigo Viana.

A TIE pode e deve ser empregada em áreas amplas, que consiste na liberação em áreas totais, quais sejam: pomares comerciais, pomares domésticos, matas com hospedeiros nativos, se houver hospedeiros da moscamed, e áreas urbanas com plantas hospedeiras (Figura 1). É um método que não causa a contaminação do meio ambiente ou dos operadores.

## Controle de Pragas pela TIE em Área Ampla



**Figura 1 – Liberação Terrestre de Machos Estéreis, em Área Ampla, Exceto na Caatinga, onde não há Hospedeiros**

Fonte: Gerald Franz.

A TIE será utilizada com a finalidade de suprimir a população de mosca-do-mediterrâneo, já que é difícil obter a erradicação em áreas que não sejam geograficamente isoladas, visto que podem ocorrer constantes reinfestações, principalmente se não houver barreiras fitossanitárias intermunicipais e interestaduais eficientes.

Convém salientar que a técnica do inseto estéril é o método mais específico e eficiente no controle de *C. capitata*, a principal espécie de mosca-das-frutas e sobre a qual será utilizada a TIE. Entretanto, como existem outras espécies do gênero *Anastrepha* na região, será também utilizado o programa de controle biológico aplicado (CBA) pela utilização do parasitóide exótico, *Diachasmimorpha longicaudata* (Foto 11), que é uma vespa da família Braconidae, parasito do último estágio larval de todas as espécies de moscas-das-frutas, inclusive as do gênero *Anastrepha*. (Foto 12).



**Foto 11 – Parasitóide Exótico *D. Longicaudata*, Vespa que Será Criada na BMB e Liberada no VSF para Controlar Várias Espécies de Moscas-das-Frutas**

Fonte: Beatriz Paranhos.



**Foto 12 – Mosca-das-Frutas do Gênero *Anastrepha***

Fonte: Beatriz Paranhos.

No Brasil, existem muitas espécies nativas, tais como: *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti), *D. brasiliensis* (Szépligeti), *D. fluminensis* (Szépligeti), *Opius bellus* (Gahan), *Utetes anastrephae* (Szépligeti) (Braconidae); *Aganaspis pelleranoi* (Bréthes) (Eucolidae) e *Pachycrepoideus viriendemmiæ* (Rondani) (Pteromalidae), as quais atacam larvas e pupas das duas principais espécies de moscas-das-frutas dos gêneros *Anastrepha* (Wiedemann) e *Ceratitis* (Wiedemann) (ZUCCHI; CANAL, 1996). Contudo, levantamentos realizados no Submédio do Vale do São Francisco mostram que a população de parasitóides é extremamente baixa nesta região e a única espécie de parasitóide nativo encontrada até o momento foi *Doryctobracon areolatus* (Hymenoptera: Braconidae). (HAJI et al., 1998; PARANHOS et al., 2004).

O parasitóide nativo *D. areolatus* é amplamente distribuído em todo o Brasil e, apesar de ser agressivo e eficiente, não se obteve sucesso em sua criação massal, impedindo o seu uso em programas de controle biológico aplicado (CBA). Estudos de sua biologia foram realizados sobre *A. ludens* criadas em sistemas semiartificiais, onde as larvas são oferecidas em dietas artificiais envoltas em papel filme de PVC com odores de frutas (EITAM et al., 2003). A larva sozinha não apresenta atratividade ao parasitismo e a utilização de frutos pode encarecer demasiadamente a sua criação massal, além de se tratar de uma espécie com alto risco de ocorrer perdas de atributos comportamentais e degeneração genética no processo de colonização (CANCINO; RUIZ, 2004).

Recentemente, o parasitóide exótico *Tetrastichus giffardianus* (Hymenoptera: Eulophidae) foi detectado no Submédio do Vale do São Francisco parasitando larvas de *C. capitata* em carambolas (PARANHOS et al., 2004) (Foto 13).

Este parasitóide foi introduzido no Estado de São Paulo pelo Instituto Biológico em 1937 para o controle biológico clássico de *Anastrepha* spp e *C. capitata* (FONSECA; AUTUORI, 1940). O fato de ter sido encontrado na região Semiárida, a 2.500km de distância do ponto inicial de liberação, mostra que esta espécie se estabeleceu onde quase não há parasitóides nativos e, apesar de o parasitismo natural por *T. giffardianus* ser muito baixo na região, este se mostra como um ótimo candidato a ser usado em Controle Biológico Aplicado (CBA), devendo-se, entretanto, definir métodos de criação massal eficiente e econômica.

Por outro lado, a espécie exótica *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) apresenta facilidade na criação massal, podendo ser criada tanto sobre *C. capitata* como sobre várias espécies do gênero *Anastrepha* (WALDER et al., 1995). No Brasil, ela tem sido multiplicada em pequena escala sobre larvas da linhagem Vienna 8 de *C. capitata* nos laboratórios de Entomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP e da Embrapa Semiárido e na Embrapa Mandioca e Fruticultura sobre a linhagem bissexual de *C. capitata*. Em outros países, como no México, são criadas sobre larvas de *A. ludens*, conferindo um maior tamanho e vigor aos adultos, visto que as larvas desta espécie são bem maiores que as de *C. capitata* (Foto 14).



**Foto 13 – Parasitóide de C. Capitata Encontrado no VSF**

Fonte: Júlio Walder.



**Foto 14 – Criação do Parasitóide sobre Larvas de Anastrepha Ludens, no México**

Fonte: Aldo Malvasi.

*D. longicaudata* é originária da região Indo-australiana, como parasita do gênero *Bactrocera* sp. Foi introduzida no Havaí, na década de 1940, para o controle de *Bactrocera dorsalis*, onde se adaptou, controlando também a população de *C. capitata*, que era muito alta. Atualmente, tem sido usado com sucesso em programas de controle biológico aplicado de moscas-das-frutas no Havaí, Flórida, México, Argentina e Brasil.

A espécie *D. longicaudata* foi introduzida na Flórida em 1972, vinda do Havaí e México para controlar a mosca-do-caribe (*A. suspensa*). Milhares de parasitóides foram liberados por cinco anos e, com isso, conseguiram-se 40% de redução na infestação desta mosca (THOMPSON, 1991).

Em breve, a Biofábrica Moscamed Brasil, em Juazeiro-BA, estará produzindo e liberando semanalmente cerca de 10 milhões de parasitóides, *D. longicaudata*, para serem usados em conjunto com a TIE, de modo a controlar também as espécies de moscas-das-frutas do gênero *Anastrepha* presentes no Submédio do Vale do São Francisco.

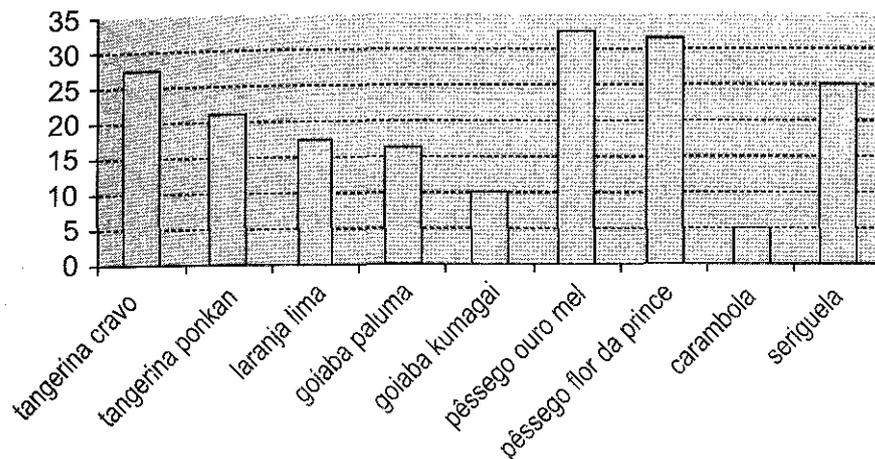
O controle biológico através de parasitóides apresenta as mesmas vantagens da TIE: não polui o meio ambiente, minimiza a utilização de inseticidas, não intoxica operadores de campo, não deixa resíduos tóxicos nos frutos, não causa resistência dos insetos pragas, sendo que a TIE apresenta grande eficiência em áreas amplas e é o mais específico entre todas as técnicas disponíveis. Portanto, a combinação dos dois métodos de controle contribui para a preservação do meio ambiente, para a saúde humana e dos animais e se adequa aos padrões de segurança alimentar exigidos pelos países importadores.

Nos Estados Unidos, é muito utilizado o controle biológico em associação com a técnica de insetos estéreis no controle de moscas-das-frutas e o custo desta integração fica em torno de 2,16 dólares, contra 30,80 dólares por hectare com aplicação convencional de inseticida (KNIPLING, 1992). Em relação à eficiência dos dois métodos utilizados juntos, foi observado parasitismo de 42,7% em áreas onde foram liberados parasitóides e machos estéreis (388 mil parasitóides de *D. tryoni* e 3 milhões de machos estéreis de *C. capitata*/semana em 13 km<sup>2</sup>) contra 20,3% de parasitismo em áreas sem liberação. Entretanto, o mais interessante foi o número de larvas/kg de fruto, o qual foi de  $9,8 \pm 1,3$  em áreas de liberação contra  $92,6 \pm 22,7$  em área sem liberações (WONG, 1992).

Desde a introdução de *D. longicaudata* no Brasil em 1994, realizado pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, estudos têm sido realizados para verificar sua eficiência em diferentes frutas hospedeiras (PARANHOS et al., 2001a, 2001b, 2003) mostrando diferentes porcentagens de parasitismo, de acordo com a fruta (Gráfico 7), bem como seu comportamento em campo perante os parasitóides nativos, observando-se que *D. longicaudata* não se sobrepõe aos nativos *Aganaspis pelleranoi* e *D. areolatus* pelo nicho (Gráfico 8), como observado por Matrangolo et al. (1998) e que, mesmo liberado massivamente no campo, em locais onde há grande quantidade de nativos, não consegue sobrepor-se à agressividade dos nativos (PARANHOS et al., 2001a). Estudos de dispersão em pomares de laranja no Estado de São Paulo mostraram que, no verão, *D. longicaudata* se dispersa mais rapidamente, além de sobreviver mais tempo no campo, e, no inverno, é necessário a liberação de uma população oito vezes maior para cobrir a mesma área (PARANHOS et al., 2007). Este problema não deve ocorrer aqui no Submédio do Vale do São Francisco, devido à pouca variação de temperatura durante o ano.

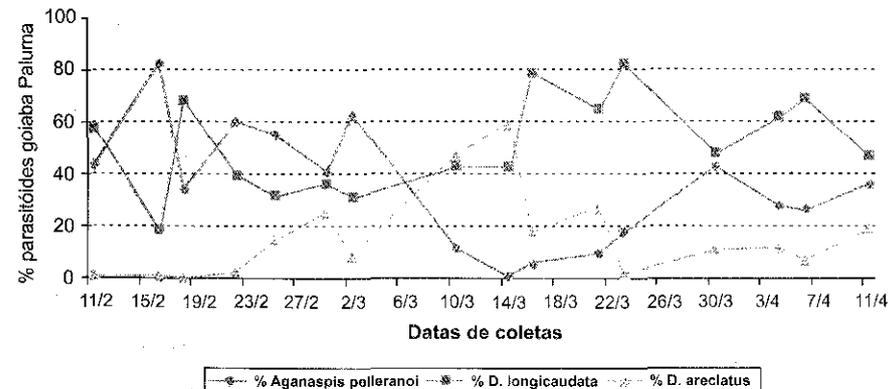
Até o momento, os resultados mostram que é viável a utilização do parasitóide exótico *D. longicaudata* em programas de controle biológico aplicado no Brasil. Entretanto, novos estudos devem ser realizados no ambiente semiárido, para verificar sua dispersão e sua sobrevivência, a fim de ajustar o número de insetos a ser liberado, a distância entre pontos de liberação e o intervalo entre as liberações.

% parasitismo por *D. longicaudata*



**Gráfico 7 – Parasitismo de Larvas de Moscas-das-Frutas em Diferentes Frutas, em Piracicaba-SP**

Fonte: Paranhos et al. (2006b).



**Gráfico 8 – Porcentagem de Parasitismo por *A. Pelleranoi*, *D. Longicaudata* e *D. Areolatus* em Goiabas Vermelhas (Paluma), em Piracicaba-SP**

Fonte: Paranhos et al. (2006b).

## REFERÊNCIAS

- BRICEÑO, R. D.; EBERHARD W. G. Decisions during courtship by male and female medflies (diptera, tephritidae): correlated changes in male behavior and female acceptance criteria in mass-reared flies. **Florida Entomologist**, v. 1, n. 85, p. 14-41, 2002.
- CÁCERES, C. Mass rearing of temperature sensitive genetic sexing strains in the Mediterranean fruit fly (*Ceratitis capitata*). **Genetica**, v. 116, p. 107-116, 2002.
- CANCINO, J.; RUIZ, L. Especies de parasitoides con importancia en la aplicación del control biológico de moscas de la fruta en América. In: CURSO DE CONTROL BIOLÓGICO DE MOSCAS DE LA FRUTA, 2004, Metapa de Dominguez. **Memoria...** Metapa de Dominguez: Programa Moscamed-Moscafrut, 2004, p. 59-60.
- CAYOL, J. P. Changes in sexual behavior and in some life history traits of tephritid species caused by mass-rearing processes. In: ALUJA, M.; NORRBOM, A. (Ed.). **Fruit flies (tephritidae): phylogeny and evolution of behavior**. Boca Raton: CRC Press, 2000, p. 843-860.
- EITAM, A. et al. Use of host fruit chemical cues for laboratory rearing of doryctobracon areolatus (hymenoptera: braconidae): a parasitoid of anastrepha spp. (diptera: tephritidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 86, n. 2, p. 211-216, 2003.
- FAO. **Manual for product quality control and shipping procedures for sterile mass reared tephritid fruit flies: version 5.0**. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003.
- FLEISHER, F. D. Importancia de la familia tephritidae en la fruticultura. In: CURSO DE CONTROL BIOLÓGICO DE MOSCAS DE LA FRUTA, 2004, Metapa de Dominguez. **Memoria...** Metapa de Dominguez: Programa Moscamed-Moscafrut, 2004, p. 11-15.
- FONSECA, J. P.; AUTUORI, M. Processos de criação da "vespinha africana" parasita da "mosca do mediterrâneo". **O Biológico**, v. 6, n. 12, p. 345-351, dez. 1940.
- HAJI, F. N. P. et al. **Monitoramento e levantamento de hospedeiros e inimigos naturais de moscas-das-frutas na cultura da manga no Submédio São Francisco**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 1998.
- \_\_\_\_\_. **Monitoramento de moscas-das-frutas na cultura da manga, no Submédio do Vale do São Francisco**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2001.
- \_\_\_\_\_. In: MENEZES, A. M.; BARBOSA, F. R. (Ed.). **Pragas da mangueira: monitoramento, nível de ação e controle**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2005, p. 83-96.
- HENDRICH, J. et al. Medfly areawide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication: the importance of mating behavior studies. **Florida Entomologist**, v. 85, n. 1, p. 1-13, 2002.
- IAEA. **Agriculture and biotechnology laboratory: Seibersdorf-Austria: annual report**. Viena, 2003.
- KNIPLING, E. F. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. **Journal of Economic Entomology**, v. 48, p. 459-462, 1955.
- \_\_\_\_\_. **Principles of insect parasitism analyzed from new perspectives**. Washington, DC: USDA-ARS, 1992.
- LANCE, D. R. et al. Courtship among sterile and wild ceratitis capitata (diptera: tephritidae) in field cages in Hawaii and Guatemala. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 93, p. 1179-1185, 2000.
- MALAVASI, A.; NASCIMENTO, A. S. Programa Biofábrica Moscamed Brasil. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 8., Águas de São Pedro, 2003. **Resumos...** Águas de São Pedro: SEB, 2003, p. 52.
- MATRANGOLO, W. J. R. et al. Parasitoids of fruit flies (diptera: tephritidae) associated with tropical fruits. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil, Londrina**, v. 27, n. 4, p. 593-603, 1998.
- MCINNIS, D. O.; LANCE, D. R.; JACKSON, C. G. Behavioral resistance to the sterile insect technique by the Mediterranean fruit fly (diptera: tephritidae) in Hawaii. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 89, p. 739-744, 1996.
- MCINNIS, D. O.; SHELLY, T. E.; KOMATSU, J. Improving male mating competitiveness and survival in the field for medfly, ceratitis capitata (diptera: tephritidae) SIT programs. **Genetica**, v. 116, p. 117-124, 2002.
- METCALF, C. L.; FLINT, W. P.; METCALF, R. L. **Destructive and useful insects, their habits and control**. New York: McGraw-Hill Book, 1962.
- PARANHOS, B. A. J. et al. Controle biológico de anastrepha sp. (diptera: tephritidae) em seriguelas e goiabas, pela liberação do diachasmimorpha

longicaudata (hymenoptera: braconidae). In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 7., 2001, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: UFLA, 2001<sup>a</sup>, p. 140.

\_\_\_\_\_. Dispersão e sobrevivência de machos estéreis de moscamed, linhagem mutante tsl, no Submédio do Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 21., Recife, 2006. **Resumos...** Recife: SEB, 2006a. 1 CD-Rom.

\_\_\_\_\_. Dispersion patterns of diachasmimorpha longicaudata (hymenoptera: braconidae) in citrus orchards in southern Brazil. **Biocontrol Science and Technology**, v. 17, p. 375-385, 2007.

\_\_\_\_\_. Índice de parasitismo por diachasmimorpha longicaudata sobre moscas-das-frutas em citrus e carambola no campo. In: SICONBIOL SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 7., 2001, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas: UFLA, 2001<sup>b</sup>, p. 264.

\_\_\_\_\_. Parasitismo natural de moscas-das-frutas no Submédio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004. Gramado. **Resumos...** Gramado: SEB, 2004. V. 1, p. 661.

\_\_\_\_\_. A simple method to study parasitism and field biology of the parasitoid diachasmimorpha longicaudata (hymenoptera: braconidae) on ceratitis capitata (diptera: tephritidae). **Biocontrol Science and Technology**, v. 13, n. 6, p. 631-639, Sept. 2003.

\_\_\_\_\_. Sterile medfly males of the tsl Vienna 8 genetic sexing strain improved mating performance with ginger root oil. In: INTERNATIONAL FRUIT FLY SIMPOSIUM, 7., Salvador, 2006. **Abstract...** Salvador: Neotropical Entomology, 2006b. 1 CD-ROM.

PROKOPY, R. J. Mating behavior of frugivorous tephritidae in nature. In: CONGRESS ENTOMOLOGY, 15., Kioto, 1980. **Proceedings...** Kioto, 1980. p. 37-46.

ROBINSON, A. S.; FRANZ, G.; FISHER, K. Genetic sexing strains in the medfly, ceratitis capitata: development, mass rearing and field application. **Trends in Entomology**, v. 2, p. 81-104, 1999.

RODRIGUERO, M. S. et al. Morphometric traits and sexual selection in medfly (diptera: tephritidae) under field cage conditions. **Florida Entomologist**, v. 85, n. 1, p. 143-149, 2002.

SHELLY, T. E.; MCINNIS, D. O. Exposure to ginger root oil enhances the mate competitiveness of irradiated, mass reared males of the Mediterranean fruit fly (diptera: tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 1413-1418, 2001.

SHELLY, T. E.; MCINNIS, D. O.; RENDON, P. The sterile insect technique and the Mediterranean fruit fly: assessing the utility of aromatherapy in large field enclosures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 116, p. 199-208, 2005.

THOMPSON, C. R. Diachasmimorpha longicaudata (ashmead) (hymenoptera: braconidae), biological control agent for the caribbean fruit fly. **Biological Control**, n. 1, p. 2-7, 1991.

WALDER, J. M. M. et al. Criação e liberação do parasitóide diachasmimorpha longicaudata (ashmead) (hymenoptera: braconidae) para controle de moscas-das-frutas no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, n. 1, p. 149-153, 1995.

WHITE, I. M.; ELSON-HARRIS, M. **Fruit flies of economic significance**. Wallingford: CAB International, 1992.

WONG, T. T. Y. et al. Suppression of a mediterranean fruit fly (diptera: tephritidae) population with concurrent parasitoid and sterile fly releases in Kula, Maui, Hawaii. **Journal of Economic Entomology**, v. 85, n. 5, p. 1671-1681, 1992.

ZUCCHI, R. A.; CANAL D. N. A. Braconídeos parasitóides de moscas-das-frutas na América do Sul. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 5., 1996, Foz de Iguaçu. **Resumos...** Foz de Iguaçu: SEB, 1996, p. 89-92.

ZUCCHI, R. A. Espécies de anastrepha, sinónímias, plantas hospedeiras e parasitóides. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos, 2000, p. 41-48.