

# CAPÍTULO 17

## A Comunicação Química entre os Insetos: Obtenção e Utilização de Feromônios no Manejo de Pragas

*Marcílio José Thomazini*

### 1. Introdução

A expansão e a evolução da agricultura brasileira trouxeram avanços econômicos e tecnológicos à sociedade; no entanto, impactos negativos também foram observados, como, por exemplo, no controle de pragas que, em muitos casos, passou a ser realizado preventivamente, com base em calendários, sem saber se a praga se encontrava em um nível populacional que pudesse causar danos à cultura.

O uso indiscriminado de pesticidas resultou em problemas como resistência de pragas aos produtos químicos, aparecimento de pragas secundárias, ressurgência de pragas pela destruição de seus inimigos naturais, efeitos adversos em insetos benéficos, efeitos tóxicos ao homem e em animais e efeitos negativos ao meio ambiente.

Para fazer frente a isso, investiu-se em novas tecnologias, fundamentadas em conceitos, que pudessem minimizar os riscos dos pesticidas. Surge então o Manejo Integrado de Pragas (MIP), que visa, por meio de amostragens sistemáticas, enfatizar o controle biológico natural e os níveis de ação, manter as pragas abaixo do nível de dano econômico, de forma harmoniosa com o homem e meio ambiente.

Entre as táticas de manejo de pragas com grande importância dentro do MIP destaca-se aquela baseada no comportamento, principalmente no que se refere aos aspectos da comunicação entre insetos e insetos-plantas. Essa comunicação ocorre por meio de diferentes sinais, entre estes destacam-se os químicos, visuais e vibracionais. A longa e curta distância o sinal químico é o mais importante. Um inseto é capaz de reconhecer a quilômetros de distância o odor emitido pelo parceiro no meio de uma gama de odores na natureza.

Os odores são muito importantes na localização de presas, na defesa e agressividade, na seleção de plantas, na escolha de locais de oviposição, na corte e acasalamento, na organização das atividades sociais e em diversos outros tipos de comportamento (VILELA; DELLA LUCIA, 2001a).

## 2. Conceitos sobre Comunicação Química

A descoberta das substâncias químicas que intermedeiam as relações entre organismos da mesma espécie, denominadas feromônios, e entre espécies, denominadas aleloquímicos, pode permitir o desenvolvimento de novos produtos para uso no manejo integrado de pragas.

Os feromônios agem na comunicação intra-específica e são divididos segundo sua função como feromônio de alarme, sexual, de atração e agregação entre outros; os aleloquímicos agem na comunicação interespecífica e podem ser divididos em três classes: 1) cairomônios, um composto ou uma mistura de compostos que beneficia o receptor do sinal. Como exemplos existem os voláteis induzidos de plantas, devido ao dano causado por herbivoria, que agem na atração de parasitóides de ovos (MORAES et al., 2005a); 2) alomônios, substâncias que beneficiam o emissor do sinal. Como exemplo tem-se as substâncias de defesa de artrópodes, como veneno de vespas, substâncias repelentes em formigas, substâncias para atrair e subjugar presas e diversos compostos secundários de plantas como substâncias de defesa contra herbívoro; 3) sinomônios, sinais que beneficiam tanto o emissor como o receptor e são identificados na interação planta-herbívoro, herbívoro-predador e no terceiro nível trófico. Como exemplos de sinomônios podem ser citadas as interações formiga-pulgão, odores florais e polinizadores e planta e parasitóide. Os aleloquímicos podem se originar tanto de plantas, como insetos, alimentos ou outras fontes.

Os insetos são capazes de distinguir com precisão quantidades diminutas de um odor ou uma mistura destes na complexidade de odores que os cerca. Por exemplo, uma fêmea acasalada procurando o local ideal para oviposição deve ter a habilidade para localizar a planta hospedeira e ignorar todos os outros odores. Uma fêmea do percevejo-praga da soja *Euchistus heros* é capaz de perceber o feromônio sexual do macho no meio de uma plantação de soja de milhares de hectares.

Durante as últimas quatro décadas houve um grande avanço na importância de feromônios em programas de manejo de pragas (BIRCH, 1982; VILELA; DELLA LUCIA, 2001b). Estes compostos têm várias vantagens quando comparados aos pesticidas químicos: a) são específicos; b) não afetam populações de pragas secundárias ou inimigos naturais; e c) têm baixa toxicidade a mamíferos (SILVERSTEIN, 1981). A utilização de feromônios como um método direto de controle de pragas ou para o monitoramento de populações pode contribuir para prevenir o uso indiscriminado de inseticidas.

Os feromônios, tanto os sexuais como os compostos defensivos, em sua maioria, possuem característica multicomponente. Os compostos de defesa produzidos por percevejos são de baixo peso molecular e compartilhados por várias espécies, mas há uma tendência da mistura de componentes de defesa ser específica, isto é, as espécies apresentam vários componentes em comum, mas ao menos um é diferente ou as proporções entre eles são bem distintas entre as espécies. A mistura do feromônio sexual é constituída, no geral, por dois ou três compostos e é espécie-específica. Esta especificidade é garantida

pela presença de multicomponentes, além de insaturações, ramificações, grupos metílicos, e grupos funcionais nas cadeias lineares.

Um bom exemplo da importância da presença de multicomponentes é o feromônio sexual dos lepidópteros, grupo no qual quem libera o feromônio sexual é a fêmea. Os insetos da ordem Lepidoptera apresentam uma diversidade de feromônios baseada em poucas estruturas básicas e podem ser divididos em dois grandes grupos, chamados tipo I e II. Os compostos do grupo I apresentam estrutura carbônica linear, variando de 10 a 18 carbonos, com grupos funcionais terminais, álcool, acetato ou aldeído, e duplas ligações, sendo a sua maioria dos compostos de 0 a 3 insaturações. Os do tipo II são hidrocarbonetos de cadeias longas de  $C_{17}$  a  $C_{23}$  e seus epóxidos (ANDO et al., 2005).

A mariposa do bicho-da-seda, *Bombyx mori*, foi o primeiro lepidóptero a ter seu feromônio identificado e produz como feromônio sexual um composto do tipo I (KARLSON; BUTENANDT, 1959), chamado de bombicol (Fig. 1).



Fig. 1. Estrutura química do feromônio sexual da mariposa *Bombyx mori*, (E,Z)-10,12-Hexadecadien-1-ol.

Na ordem Heteroptera a diversidade dos compostos pertencentes ao feromônio sexual é muito maior do que nas mariposas e não há padrões de estrutura química tão bem estabelecidos para famílias ou subfamílias. No entanto, é possível observar um padrão dentro do mesmo gênero, embora isso nem sempre ocorra (MILLAR et al., 2005). Na família Pentatomidae quem libera o feromônio sexual são os machos. Os gêneros *Acrosternum* e *Nezara* compartilham os mesmos componentes na mistura do feromônio sexual, o *trans*-(Z)-epóxi-bisaboleno ((Z)-(1' S,3' R,4' S) (-)-2-(3',4'-epoxi-4'-metilciclohexil)-6-metilhepta-2,5-dieno) (Fig. 2); *trans*-Z-BAE e seu isômero *cis* (*cis*-Z-BAE) (BAKER et al., 1987; ALDRICH et al., 1987; McBRIEN et al., 2001). A especificidade do feromônio sexual ocorre devido a diferentes proporções destes dois compostos na mistura feromonal.

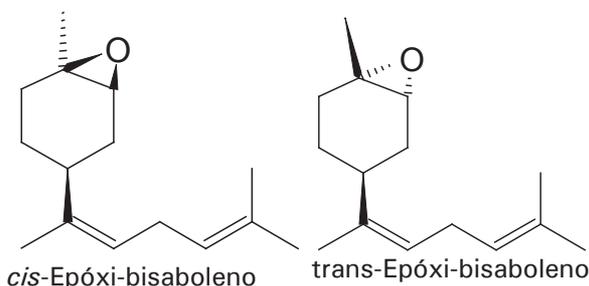
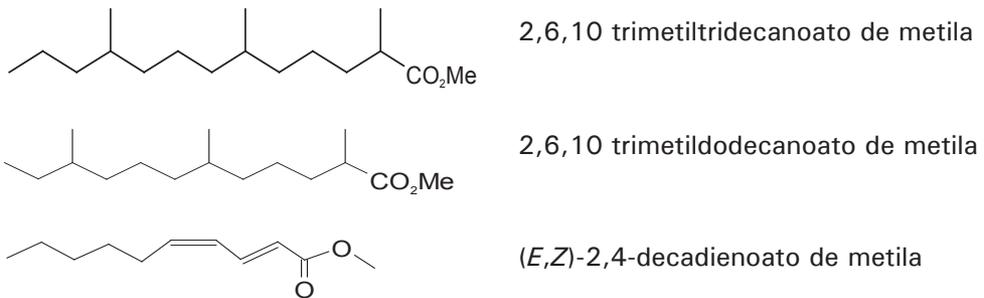


Fig. 2. *Cis* e *trans*-(Z)-epóxi-bisaboleno ((Z)-(1' S,3' R,4' S) (-)-2-(3',4'-epoxi-4'-metilciclohexil)-6-metilhepta-2,5-dieno), o feromônio sexual produzido por diferentes gêneros de *Acrosternum* e *Nezara*.

O percevejo *Tibraca limbativentris*, praga da cultura do arroz, libera o sesquiterpeno alcoólico zingibeno (BORGES et al., 2006). Este composto é altamente atrativo às fêmeas em bioensaios usando olfatômetros em Y. Um outro pentatomídeo que tem como feromônio sexual um sesquiterpeno, o (7*R*)-sesquifelandreno, é *Piezodorus guildinii*, praga da cultura da soja. Já *E. heros* e *Thyanta perditor* têm como feromônio sexual ésteres acetatos. Em *E. heros* foram identificados três acetatos específicos do macho, 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila, (*E,Z*)-2,4-decadienoato de metila e 2,6,10 trimetildodecanoato de metila (Fig. 3). *T. perditor* tem um único composto específico no macho que é o éster (*E,Z*,Z6) decatrienoato de metila (BORGES et al., 1997; MORAES et al., 2005b).



**Fig. 3.** Estrutura química dos componentes do feromônio sexual do macho do percevejo *Euschistus heros*.

Nos curculionídeos os machos produzem o feromônio sexual e os compostos identificados no geral são de origem terpenóide. O bicudo-do-algodoeiro, *Anthonomus grandis*, tem quatro componentes na sua mistura feromonal, todos derivados do isopreno. Os dois principais componentes consistem de álcoois terpenóides, o álcool grandisol (1*R*,2*S*)-*cis*-2-isopropenil-1-metilcyclobutanoetanol e o álcool (*Z*)-3,3 dimetil delta-1-beta-ciclohexanoetanol e, em menores quantidades, dois aldeídos terpênicos, os (*Z*)-3,3-dimetil-delta-1-alfa-ciclohexanoacetaldeído e (*E*)-3,3-dimetil-delta-1-alfa-ciclohexanoacetaldeído (TUMLINSON et al., 1969).

Atualmente na literatura é possível encontrar milhares de compostos identificados como feromônio de insetos (THE PHEROBASE, 2007), mas sabe-se muito pouco sobre a função destes compostos na comunicação química entre inseto-inseto ou inseto-planta para torná-los uma nova ferramenta no manejo de inimigos naturais e outros insetos.

### 3. Metodologias para Obtenção de Feromônios

Feromônios, principalmente os sexuais, são geralmente obtidos em quantidades diminutas, de  $\mu\text{g}$  a  $\text{mg}$ , sendo moléculas orgânicas com centros quirais e/ou instaurações e ramificações, em geral, de baixo peso molecular de 60 a 220 u, o que garante a volatilidade da molécula. A maior dificuldade de se trabalhar com feromônios é que esses compostos são produzidos e liberados

pelos insetos em quantidades muito pequenas. No caso do feromônio sexual é mais complicado devido à presença de uma série de compostos defensivos produzidos em grandes quantidades que podem mascarar sua identificação.

A identificação de um feromônio sexual requer uma série de etapas interligadas: criação e manutenção de uma colônia de insetos; bioensaios com insetos vivos, para entender o comportamento e avaliar quem é o sexo produtor do feromônio sexual; aeração ou extração do feromônio por solvente; análise química, para identificação estrutural do composto; síntese do feromônio e mais bioensaios para avaliar se o feromônio isolado e o sintético estimulam alguma mudança no comportamento do inseto. Após estas etapas, a eficiência dos compostos voláteis será testada em campo, com uso de diferentes armadilhas.

Zarbin (2001) relata, detalhadamente, os principais procedimentos para extração, isolamento e identificação de substâncias voláteis de insetos e enfatiza que as pesquisas com feromônios caracterizam-se pela interdisciplinaridade, envolvendo várias áreas do conhecimento, e técnicas que permitam obter materiais naturais puros, com bom rendimento, em escala de nanogramas.

Para o primeiro feromônio sexual identificado, o da mariposa *B. mori* no final da década de 1950, foram utilizados mais de 500 mil insetos. Nos dias atuais é possível a identificação de um feromônio sexual com poucos insetos e, algumas vezes, com até um único inseto, devido ao grande avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas.

### 3.1. Coleta do Material

A obtenção de um feromônio pode ser feita usando diferentes metodologias. É importante conhecer a fisiologia do inseto para poder decidir qual a melhor metodologia de extração.

Para os percevejos pentatomídeos, quando se está interessado na coleta dos compostos defensivos dos adultos o mais indicado é coletar o material diretamente da glândula, usando um microcapilar de vidro. Os percevejos apresentam uma glândula grande de cor alaranjada chamada de glândula metatorácica (GM), podem ser dissecados e a GM pode ser facilmente encontrada e exposta (BORGES; ALDRICH, 2001). Com o auxílio de um microcapilar de vidro, afinado em uma das extremidades, pode-se cuidadosamente inserir a extremidade afinada na glândula e a secreção que está no seu interior sobe por capilaridade. A secreção pode ser dissolvida em um solvente orgânico como diclorometano, éter, hexano. No caso de ninfas de percevejos as glândulas estão localizadas na parte abdominal dorsal. Assim sendo, é mais fácil obter os compostos das glândulas mergulhando as exúvias, nas quais as glândulas estão presentes, direto em uma pequena quantidade de solvente.

Para coletar o feromônio sexual de mariposas é possível extrair a glândula das fêmeas, que fica no ovipositor. A lagarta-elasma, *Elasmopalpus lignosellus*, tem hábito noturno e expõe a glândula durante a noite, liberando o feromônio para atrair os machos. Neste caso, pode-se tanto cortar a glândula quando está exposta e mergulhá-la em um solvente para a extração, ou realizar aerações. No primeiro caso há a vantagem da facilidade e rapidez, mas a desvantagem

de contaminação da amostra com outros compostos que estão no interior da glândula e tecidos que a envolvem.

Na extração por aeração a garantia de que somente os compostos voláteis liberados estão sendo extraídos é maior. A aeração é conduzida com machos e fêmeas colocados, separadamente, em câmaras de vidro de 1 litro (ZHANG et al., 1994) (Fig. 4). O ar é introduzido na câmara de vidro através de uma bomba de vácuo. Antes de alcançar o olfatômetro o fluxo de ar deve ser filtrado usando, por exemplo, um filtro de carvão ativado a uma taxa de 1.000 ml/h. A bomba de vácuo é conectada a dois tubos de vidro (15 cm de comprimento x 1,5 cm de diâmetro) contendo alguns miligramas de adsorvente químico, como Super Q (Alltech Associates, Inc., Deerfield, IL), Tenax, Porapak ou carvão ativado, nos quais os voláteis serão retidos (MILLAR, 1998). O formato e volume da câmara podem variar conforme os requerimentos do inseto (tamanho, características biológicas e quantidade necessária de insetos a fim de obter voláteis em número suficiente para as análises químicas e bioensaios).



Foto: Arquivo da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

**Fig. 4.** Exemplo de um sistema de aeração para coleta de voláteis de insetos.

Durante as aerações os insetos podem ou não ser alimentados. Para alguns percevejos pentatomídeos a vagem fresca de feijão pode ser usada como alimento. Neste caso é importante fazer a aeração do alimento como controle.

Os insetos são aerados continuamente durante vários dias e a extração dos voláteis do adsorvente que está nos tubos é feita diariamente usando-se hexano, éter ou outros solventes orgânicos.

Os extratos obtidos nesse processo são concentrados sob um leve fluxo de nitrogênio a, aproximadamente, 0,1 inseto/equivalente (I.E.)/ $\mu$ l para serem usados em bioensaios. Nas análises quantitativas o volume do extrato é reduzido para, aproximadamente, 200  $\mu$ l.

### 3.2. Análise e Fracionamento dos Extratos

Os extratos e as frações podem ser analisados por cromatografia gasosa, com cromatógrafo equipado com um detector de ionização por chama para análise quantitativa. Na identificação dos compostos os extratos são submetidos à cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. A coluna e o programa de temperatura devem ser escolhidos dependendo da classe de compostos presentes nos extratos.

Os extratos poderão ser fracionados usando diferentes estratégias dependendo da classe dos compostos separados. Em geral, os fracionamentos são conduzidos utilizando-se colunas de sílica gel e solventes de diferentes polaridades. As proporções entre os solventes podem variar conforme a característica química dos compostos presentes nos extratos (MILLAR, 1998).

### 3.3. Identificação Estrutural dos Componentes

Os componentes presentes nos extratos de insetos machos e fêmeas e de plantas são identificados por comparação do padrão de fragmentação usando-se uma biblioteca de dados de espectro de massas. As identificações são confirmadas por comparação do tempo de retenção e comparação do espectro de massas com padrões autênticos e cálculo dos índices de Kovats em colunas cromatográficas capilares polares e apolares.

Microderivatizações podem ser conduzidas para auxiliar na identificação estrutural dos compostos. Há uma vasta gama de possíveis estratégias para identificar a presença de grupos funcionais na molécula e localizar a posição de insaturações e ramificações na cadeia (ATTYGALLE, 2000). Um exemplo de uso de microderivatizações na identificação de feromônio foi o estudo conduzido com *T. limbativentris*, cujo feromônio sexual foi identificado como o zingiberenol. O espectro de massas obtido para este composto por impacto por elétrons não apresentou o íon molecular  $m/z$  222, mas o padrão de fragmentação sugeria um sesquiterpeno e a perda de água e, portanto, a provável presença de um grupo alcoólico. Para confirmar a presença do grupo OH foi conduzida uma microderivatização usando o reagente de sililação *N*-metil-*N*-(trimetilsilil) trifluoroacetamida (MSFTA). O novo espectro de massas obtido do extrato derivatizado mostrou um íon molecular em  $m/z = 294$ , confirmando a presença do grupo OH (BORGES et al., 2006). O aumento do peso molecular ocorreu devido ao grupo  $\text{Si}(\text{CH}_3)_3$  que substituiu o próton lábil do grupo OH (Fig. 5).

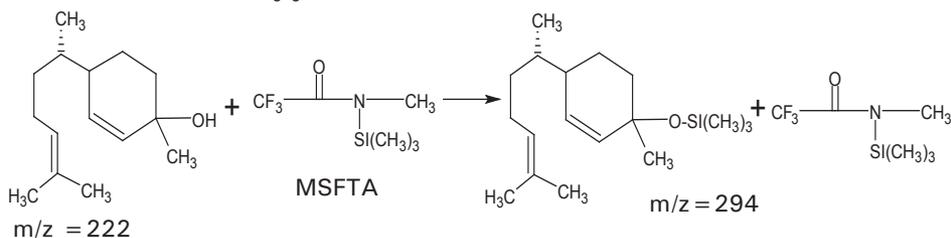


Fig. 5. Reação de sililação do zingiberenol, feromônio sexual do percevejo *Tibraca limbativentris*, com MSFTA.

### 3.4. Eletroantenografia

A eletroantenografia é uma técnica que usa como detector a antena do inseto. Tanto a eletroantenografia usando compostos puros de forma discreta como a eletroantenografia acoplada à cromatografia gasosa, que analisa extratos puros com multicomponentes, permitem aos pesquisadores a identificação de compostos que geram respostas eletrofisiológicas e que provavelmente terão algum papel no comportamento de uma determinada espécie. No entanto, por meio da eletroantenografia não é possível discernir qual o papel deste composto (para isto são conduzidos bioensaios em laboratório e/ou no campo), mas essa técnica auxilia na identificação de possíveis compostos, dentro de uma mistura, que podem ser ativos, eliminando a necessidade de realizar bioensaios com insetos vivos com todos os compostos identificados na mistura (BJOSTAD, 1998).

### 3.5. Síntese Química

A última etapa necessária para ter certeza da estrutura química de um determinado composto é a síntese química e a posterior comparação dos dados espectrais e cromatográficos do produto sintético com o natural, além dos bioensaios com esses produtos. Muitos feromônios apresentam sítios assimétricos, sendo o inseto capaz de distinguir enantiômeros. No caso de *E. heros*, foram identificados três acetatos específicos do macho, sendo o 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila o mais abundante, seguido pelo 2*E*,4*Z* decadienoato de metila e 2,6,10 trimetildodecanoato de metila. Bioensaios em laboratório e testes de campo mostraram que fêmeas de *E. heros* são atraídas principalmente pelo componente mais abundante, sendo a presença dos outros dois componentes desnecessária (BORGES et al., 1999, 1998a, 1998b). O 2,6,10 trimetiltridecanoato tem três centros quirais que geram oito estereoisômeros possíveis. Para identificar qual a configuração absoluta do composto produzido pelo inseto os oito estereoisômeros foram sintetizados (MORI; MURATA, 1994) e testados em laboratório (COSTA et al., 2000).

### 3.6. Bioensaios

Cada passo do trabalho deve ser monitorado por um bioensaio adequado, baseado na resposta comportamental do inseto com relação ao semioquímico testado. A metodologia para os bioensaios consiste de testes em olfatômetros em ambientes com controle das condições físicas (temperatura, umidade, luminosidade) necessárias aos insetos. As respostas dos insetos em relação à fonte natural de feromônio serão comparadas com as respostas à fonte artificial (compostos sintéticos ou formulações).

Baseando-se nos resultados obtidos por meio dos experimentos em laboratório, os feromônios serão testados em condições de campo, com a finalidade de verificar se poderão ser usados como uma ferramenta para o controle biológico de insetos-praga. Os testes devem ser feitos com diferentes tipos/formatos de armadilhas e de fontes de feromônio.

## 4. Feromônios de Insetos no Manejo de Pragas

Basicamente, os feromônios podem ser utilizados para monitoramento do nível populacional da praga, captura massal visando ao controle da praga e confundimento, por meio da saturação da atmosfera com feromônios, de forma a evitar a localização do sexo oposto, impedindo assim o acasalamento.

O monitoramento de insetos no campo com feromônios pode ser empregado para detecção de incidência prematura de pragas, por meio de um sistema sensível de armadilhas; levantamento de áreas infestadas, principalmente em grandes áreas como florestas, cana-de-açúcar, armazéns; inspeção quarentenária, monitorando a entrada de pragas exóticas em portos, aeroportos, divisas de países; determinação de limiares de ação, utilizando a sensibilidade dos feromônios aliada à correlação com parâmetros climáticos e fenológicos para prever níveis populacionais que justifiquem um controle; obtenção de estimativas populacionais, correlacionando o número de insetos capturados na armadilha e a quantidade de ovos e/ou larvas no campo, normalmente os primeiros instares (BENTO, 2001).

No caso da coleta massal exige-se, em geral, um grande número de armadilhas para coletar a maior quantidade possível de insetos. As características das armadilhas, como modelo, tamanho, custo, facilidade de construção, cor, retenção de insetos, número de armadilhas/área, localização, atraentes e liberadores de feromônios, influenciam a eficiência do método. Os maiores casos de sucesso com coleta massal ocorrem em florestas e grandes armazéns (BENTO, 2001).

O confundimento é uma técnica que necessita de grandes quantidades de feromônios no campo, em formulações apropriadas para desorientar e impedir o acasalamento (BENTO, 2001). A formulação deve ter uma taxa de liberação de longo período e o feromônio precisa ser estável. Quanto às pragas polífitas deve-se considerar que provavelmente não estarão na cultura na maior parte do tratamento, e que muitas vezes chegam à cultura já acasaladas. Com relação às pragas monófitas o confundimento pode ser bastante eficiente, como para o percevejo *Campylopus verbasci*, praga das macieiras, em que os dois componentes do feromônio foram usados com sucesso (McBRIEN et al., 1996). Outro exemplo do sucesso do método ocorreu com *Pectinophora gossypiella*, a lagarta-rosada-do-algodoeiro, sendo o feromônio liberado no campo na forma de capilares, com ação de 3 semanas.

O mercado mundial de semioquímicos representa cerca de 1% do mercado dos inseticidas químicos e aproximadamente 30% do mercado dos produtos biológicos, incluídos nestes últimos os entomopatógenos, inseticidas botânicos e os insetos benéficos.

Os semioquímicos, especialmente feromônios sexuais, têm sido investigados intensivamente por vários pesquisadores da área de controle de pragas por mais de uma década. Como resultado, foram descobertos excelentes caminhos para o seu emprego e vários programas que os utilizam têm sido implementados (CARDÉ et al., 1977; DEJONG, 1980; BENTO et al., 1995). Além disso, muitos inimigos naturais usam os feromônios como um "caminho" para encontrar o hospedeiro (caimônios) (BORGES; ALDRICH, 2001).

Pesquisadores investigaram também o emprego de feromônio de alarme (GRIFFITHS; PICKETT, 1980) e ainda o uso de cairomônios para insetos benéficos (predadores e/ou parasitóides) (ALDRICH et al., 1984), como uma nova estratégia em programas integrados de controle de pragas.

No Brasil, o primeiro feromônio sintético utilizado foi o gossyplure, para monitoramento da lagarta-rosada-do-algodão, em 1979, segundo Flint et al. (1979), citado por Bento et al. (2001a), os quais também relatam que os maiores avanços nos estudos com feromônios de insetos coletados no Brasil começaram a partir de 1990 e os principais casos de sucesso ocorreram com o besouro *Mygdolus frianus* em cana-de-açúcar (LEAL et al., 1994), a traça-do-tomate, *Tuta absoluta* em tomate (SVATOS et al., 1996) e a lagarta-enroladeira, *Bonagota cranaodes* em maçã (UNELIUS et al., 1996).

Complementando a revisão de Bento et al. (2001a) é possível citar outras pesquisas mais recentes com feromônios no Brasil e suas implicações a campo, como no caso das respostas de percevejos-praga da cultura da soja ao feromônio de *E. heros* (BORGES et al., 1998b), das pesquisas com a broca-das-palmáceas, *Rhynchophorus palmarum*, no que se refere aos testes de armadilhas e atrativos (TIGLIA et al., 1998; MOURA et al., 1998; DUARTE et al., 2003; FERREIRA et al., 2003) e taxas de liberação do feromônio de agregação (DUARTE; LIMA, 2001).

Também devem ser citados os trabalhos em tomateiro como o monitoramento da traça-do-tomateiro, *T. absoluta*, com armadilhas contendo feromônio (MICHEREFF FILHO et al., 2000; GOMIDE et al., 2001; BAVARESCO et al., 2005b) e a avaliação do feromônio sexual da broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis* (BADJI et al., 2003). Em algodão, destacam-se o controle da lagarta-rosada-do-algodoeiro, *P. gossypiella*, com o feromônio de interrupção do acasalamento (PAPA et al., 2000) e a utilização do feromônio de agregação do bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis*, para atração dos adultos na entressafra (FERNANDES et al., 2001). Michereff et al. (2000) relataram o uso de diferentes formulações de feromônio e de armadilhas para captura da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, em repolho.

Em citros, ressalta-se o monitoramento do bicho-furão-dos-citros, *Ecdytoplopha aurantiana*, com feromônio sexual (BENTO et al., 2001b; PARRA et al., 2004; REIS JUNIOR et al., 2005) e o trabalho de identificação, síntese e avaliação de campo do feromônio sexual do minador-dos-citros, *Phyllocnistis citrella* (LEAL et al., 2006).

Verificou-se o efeito do feromônio sexual sintético na captura da lagarta-enroladeira, *B. cranaodes*, em macieira (KOVALESKI et al., 2003), a atração de machos da lagarta-das-fruteiras, *Argyrotaenia sphaleropa*, ao feromônio sintético em caqui (BAVARESCO et al., 2005a), a flutuação populacional da mariposa-oriental, *Grapholita molesta*, na cultura do pessegueiro (ARIOLI et al., 2005) e o controle desta praga com feromônio de confundimento (BOTTON et al., 2005).

No café, Bacca et al. (2006) verificaram o espaçamento ótimo de armadilhas contendo feromônio para monitoramento do bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella*. Em milho, Batista-Pereira et al. (2006) isolaram, identificaram, sintetizaram e

realizaram testes de campo com o feromônio sexual da lagarta-do-cartucho-do-milho, *Spodoptera frugiperda*.

Existem empresas no Brasil que comercializam feromônios para algumas pragas importantes da nossa agricultura (BIO CONTROLE, 2007; ISCA TECNOLOGIAS, 2007). Entre os produtos estão os feromônios sexuais sintéticos para monitoramento das seguintes pragas: bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis*; mosca-das-frutas, *Ceratitis capitata*; broca-pequena-do-tomateiro, *N. elegantalis*; traça-do-tomateiro, *T. absoluta*; traça-da-batatinha, *Phthorimaea operculella*; traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*; lagarta-rosada-do-algodoeiro, *P. gossypiella*; lagarta-do-cartucho-do-milho, *S. frugiperda*; moleque-da-bananeira, *Cosmopolites sordidus*; vaquinha, *Diabrotica speciosa*; bicho-da-maçã, *Cydia pomonella*; mariposa-oriental, *G. molesta*, em maçã e pêssego; lagarta-enroladeira-da-maçã, *B. cranaodes*; bicho-do-fumo, *Lasioderma serricorne*, em fumo armazenado; traças de grãos armazenados; besouro-castanho, *Tribolium castaneum*, em grãos de cereais armazenados. Há um feromônio sexual sintético para monitoramento e também coleta massal, como no caso do besouro-da-cana-de-açúcar, *M. fryanus*, e um feromônio sintético de agregação, para monitoramento e coleta massal da broca-do-olho-do-coqueiro, *R. palmarum*.

## 5. Referências

- ALDRICH, J. R.; KOCHANSKY, J. P.; ABRAMS, C. B. Attractant for a beneficial insect and its parasitoids: Pheromone of the predatory spined soldier bug, *Podisus maculiventris* (Hemiptera, Pentatomidae). **Environmental Entomology**, v. 13, n. 4, p. 1031-1036, 1984.
- ALDRICH, J. R.; OLIVER, J. E.; LUSBY, W. R.; KOCHANSKY, J. P.; LOCKWOOD, J. A. Pheromone strains of the cosmopolitan pest, *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae). **Journal of Experimental Zoology**, v. 244, n. 1, p. 171-175, 1987.
- ANDO, T.; INOMATA, S.; YAMAMOTO, M. Lepidopteran sex pheromones. In: SCHULZ, I. S. (Ed.). **The chemistry of pheromones and other semiochemicals**. Berlin: Springer, New York: Heidelberg, 2005, p. 51-96.
- ARIOLI, C. J.; CARVALHO, G. A.; BOTTON, M. Flutuação populacional de *Grapholita molesta* (Busck) com armadilhas de feromônio sexual na cultura do pessegueiro em Bento Gonçalves, RS, Brasil. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, p. 1-5, 2005.
- ATTYGALLE, A. B. Microchemicals techniques. In: MILLAR, J. G.; HAYNES, K. F. (Eds.). **Methods in chemical ecology-Chemical methods**. 2. ed., 1 v. Kluwer Academic Publishers, 2000, p. 207-281.
- BACCA, T.; LIMA, E. R.; PICANÇO, M. C.; GUEDES, R. N. C.; VIANA, J. H. M. Optimum spacing of pheromone traps for monitoring the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 119, n. 1, p. 39-45, 2006.
- BADJI, C. A.; EIRAS, A. E.; CABRERA, A.; JAFFE, K. Avaliação do feromônio sexual de *Neoleucinodes elegantalis* Guenee (Lepidoptera: Crambidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 221-229, 2003.

- BAKER, R.; BORGES, M.; COOKE, N. G.; HERBERT, R. H. Identification and synthesis of (Z)-(1'S,3'R,4'S)-(-)-2-(3',4'epoxy-4'methylcyclohexyl)-6-methylhepta-2,5-diene, the sex pheromone of the southern green stinkbug, *Nezara viridula* (L.). **Journal of the Chemical Society D. Chemical Communications**, n. 1453, p. 414-416, 1987.
- BATISTA-PEREIRA, L. G.; STEIN, K.; PAULA, A. F.; MOREIRA, J. A.; CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L. C.; PERRI JUNIOR, J.; CORREA, A. G. Isolation, identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone of the Brazilian population of *Spodoptera frugiperda*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 5, p. 1085-1099, 2006.
- BAVARESCO, A.; NUNEZ, S.; GARCIA, M. S.; BOTTON, M.; SANT'ANA, J. Atração de machos da lagarta-das-fruteiras *Argyrotaenia sphaleropa* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) aos componentes do feromônio sexual sintético na cultura do caqui. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 619-625, 2005a.
- BAVARESCO, A.; TORRES, A. N. L.; PILATI, G. Uso do feromônio sexual sintético para o monitoramento da flutuação populacional da traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta*, no Planalto Norte Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, v. 18, n. 2, p. 83-86, 2005b.
- BENTO, J. M. S. Fundamentos do monitoramento, da coleta massal e do confundimento de insetos-praga. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001, p. 135-144.
- BENTO, J. M. S.; VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. Considerações sobre a história do estudo e emprego de feromônios no Brasil. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001a. p. 147-150.
- BENTO, J. M. S.; VILELA, E. F.; PARRA, J. R. P.; LEAL, W. S. Monitoramento do bicho-furão-dos-citros com feromônio sexual: bases comportamentais para utilização dessa nova estratégia. **Laranja**, v. 22, n. 2, p. 351-366, 2001b.
- BENTO, J. M. S.; VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C.; LEAL, W. S.; NOVARETTI, W. R. T. **Migdolus**: biologia, comportamento e controle. Salvador, 1995. 58 p.
- BIO CONTROLE. **Métodos de controle de pragas**. Disponível em: <<http://www.biocontrole.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2007.
- BIRCH, M. C.; HAYNES, K. F. **Insect pheromones**. London: E. Arnold, 1982. 58 p. (The Institute of Biology's Studies in Biology, 147).
- BJOSTAD, L. B. Electrophysiological methods. In: MILLAR, J. G.; HAYNES, K. F. (Ed.). **Methods in chemical ecology-Chemical methods**. Kluwer: Academic Publishers, 1998, v. 1. p. 339-375.
- BORGES, M.; ALDRICH, J. R. Attractant pheromone for Nearctic stink bug, *Euschistus obscurus* (Heteroptera: Pentatomidae): insight into a neotropical relative. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, n. 5, p. 1095-1102, 1994.
- BORGES, M.; ALDRICH, J. R. Feromônios de Heteroptera. Oportunidades para o manejo de insetos benéficos. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 93-98.

BORGES, M.; MORI, K.; COSTA, M. L. M.; SUJII, E. R. Behavioural evidence of methyl-2,6,10-trimethyltridecanoate as a sex pheromone of *Euschistus heros* (Het., Pentatomidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 122, n. 6, p. 335-338, 1998a.

BORGES, M.; SCHMIDT, F. G. V.; SUJII, E. R.; MEDEIROS, M. A.; MORI, K.; ZARBIN, P. H. G.; FERREIRA, J. T. B. Field responses of stink bugs to the natural and synthetic pheromone of the Neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). **Physiological Entomology**, v. 23, n. 3, p. 202-207, 1998b.

BORGES, M.; BIRKETT, M.; ALDRICH, J. R.; OLIVER, J. E.; CHIBA, M.; MURATA, Y.; LAUMANN, R. A.; BARRIGOSI, J. A.; PICKETT, J. A.; MORAES, M. C. B. Sex attractant pheromone from the rice stalk stink bug, *Tibraca limbativentris* Stal. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 12, p. 2749-2761, 2006.

BOTTON, M.; KULCHESKI, F.; COLLETTA, V.; ARIOLI, C. J.; PASTORI, P. L. Avaliação do uso do feromônio de confundimento no controle de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) em pomares de pessegueiro. **Idesia**, v. 23, n. 1, p. 43-50, 2005.

CARDÉ, R. T.; BAKER, T. C.; CASTROVILLO, P. J. Disruption of sexual communication in *Laspeyresia pomonella* (Codling moth), *Grapholitha molesta* (Oriental fruit moth) and *G. prunivora* (lesser appleworm) with hollow fiber attractant sources. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 22, n. 3, p. 280-288, 1977.

COSTA, M. L. M.; BORGES, M.; VILELA, E. F. Effect of stereoisomers of the main component of the sex pheromone of *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) in the attractiveness of females. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 3, p. 413-422, 2000.

DEJONG, D. G. Monitoring techniques, forecasting systems and extension problems in relation to the summer tortricid *Adoxophyes orana* (F.v.R.). **EPPO Bulletin**, v. 10, p. 213-221, 1980.

DUARTE, A. G.; LIMA, I. S. Eficiência de diferentes taxas de liberação do feromônio de agregação na captura de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 2, p. 217-221, 2001.

DUARTE, A. G.; LIMA, I. S.; NAVARRO, D. M. A. F.; SANT'ANA, A. E. G. Captura de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) em armadilhas iscadas com o feromônio de agregação e compostos voláteis de frutos do abacaxi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 81-84, 2003.

FERNANDES, W. D.; CARVALHO, S. L.; HABIB, M. E. E. M. Between-season attraction of cotton boll weevil, *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) adults by its aggregation pheromone. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 2, p. 229-234, 2001.

FERREIRA, J. M. S.; LEAL, M. L. S.; SARRO, F. B.; ARAÚJO, R. P. C.; MOURA, J. I. L. Avaliação de diferentes fontes atrativas e suas prováveis interações na captura de *Rhynchophorus palmarum*. **Manejo Integrado de Pragas y Agroecologia**, n. 67, p. 23-29, 2003.

GOMIDE, E. V. A.; VILELA, E. F.; PICANÇO, M. Comparação de procedimentos de amostragem de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) em tomateiro estaqueado. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 4, p. 697-705, 2001.

GRIFFITHS, D. C.; PICKETT, J. A. A potential application of aphid alarm pheromones. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 27, n. 2, p. 199-201, 1980.

ISCA Tecnologias. Disponível em: <<http://www.isca.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2007.

KARLSON, P.; BUTENANDT, A. Pheromones (ectohormones) in insects. **Annual Review of Entomology**, v. 4, p. 39-58, 1959.

KOVALESKI, A.; BOTTON, M.; NAKANO, O; VILELA, E. F.; EIRAS, A. E. Concentração e tempo de liberação do feromônio sexual sintético de *Bonagota cranaodes* (Meyrick) (Lepidoptera: Tortricidae) na cultura da macieira. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 1, p. 45-48, 2003.

LEAL, W. S.; BENTO, J. M. S.; VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. Female sex pheromone of the longhorn beetle *Migdolus fryanus* Westwood: N-(2'S)-methylbutanoyl 2-methylbutylamine. **Experientia**, v. 50, n. 9, p. 853-856, 1994.

LEAL, W. S.; PARRA-PEDRAZZOLI, A. L.; COSSE, A. A.; MURATA, Y.; BENTO, J. M. S.; VILELA, E. F. Identification, synthesis, and field evaluation of the sex pheromone from the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 1, p. 155-168, 2006.

LIMA, E. R.; DELLA LUCIA, T. M. C. Biodinâmica dos feromônios. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. (Eds.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 13-25.

McBRIEN, H. L.; JUDD, G. J. R.; BORDEN, J. H. Potential for pheromone-based mating disruption of the mullein bug, *Campylomma verbasci* (Meyer) (Heteroptera: Miridae). **Canadian Entomologist**, v. 128, n. 6, p. 1057-1064, 1996.

McBRIEN, H. L.; MILLAR, J. G.; GOTTLIEB, L.; CHEN, X.; RICE, R. E. Male-produced sex attractant pheromone of the green stink bug, *Acrosternum hilare* (Say). **Journal of Chemical Ecology**, v. 27, n. 9, p. 1821-1839, 2001.

MICHEREFF, M. F. F.; VILELA, E. F.; MICHEREFF FILHO, M.; MAFRA NETO, A. Uso do feromônio sexual sintético para captura de machos da traça-das-crucíferas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 10, p. 1919-1926, 2000.

MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E. F.; ATTYGALLE, A. B.; MEINWALD, J.; SVATOS, A.; JHAM, G. N. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromone traps. **Journal of Chemical Ecology**, v. 26, n. 4, p. 875-881, 2000.

MILLAR, J. G. Liquid chromatography. In: MILLAR, J. G.; HAYNES, K. F. (Ed.). **Methods in chemical ecology-Chemical methods..** Kluwer Academic Publishers, 1998, v. 1. p. 38-84.

MILLAR, J. G. Pheromones of the true bugs. In: SCHULZ, I. S. (Ed.). **The chemistry of pheromones and other semiochemicals**. Berlin: Springer; New York: Heidelberg, 2005, p. 37-84.

MORAES, M. C. B.; LAUMANN, R.; SUJII, E. R.; PIRES, C.; BORGES, M. Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid, *Telenomus podisi*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 115, n. 1, p. 227-237, 2005a.

MORAES, M. C. B.; MILLAR, J. G.; LAUMANN, R. A.; SUJII, E. R.; PIRES, C. S. S.; BORGES, M. Sex attractant pheromone from the neotropical red-shouldered stink bug, *Thyanta perditor* (F.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 6, p. 1415-1427, 2005b.

MORI, K.; MURATA, N. Synthesis of all of the eight stereoisomers of methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate, the male-produced pheromone of the stink bugs, *Euschistus heros* and *E. obscurus*. **Liebigs Annalen Der Chemie**, n. 12, p. 1153-1160, 1994.

MOURA, J. I. L.; VILELA, E. F.; FERREIRA, J. M. S. Una trampa con feromona para el control de *Rhynchophorus palmarum* en palma africana. **Manejo Integrado de Plagas**, n. 50, p. 55-59, 1998.

PAPA, G.; SILVA, R. B.; ALMEIDA, F. J. Efficacy and total release interval of mating disruption pheromone on the control of pink bollworm - *Pectinophora gossypiella* - in cotton under field conditions in Brazil. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCES, 2000, San Antonio. **Proceedings...** Memphis, USA: National Cotton Council, 2000. v. 2. p. 1022-1024.

PARRA, J. R. P.; BENTO, J. M. S.; GARCIA, M. S.; YAMAMOTO, P. T.; VILELA, E. F.; LEAL, W. S. Development of a control alternative for the citrus fruit borer, *Ecdytolopha aurantiana* (Lepidoptera, Tortricidae): from basic research to the grower. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 4, p. 561-567, 2004.

REIS JUNIOR, R.; PARRA, J. R. P.; BENTO, J. M. S. Desenvolvimento de um modelo para previsão de ocorrência do bicho-furão-dos-citros, *Ecdytolopha aurantiana* (Lima) (Lepidoptera: Tortricidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 4, p. 627-637, 2005.

SILVERSTEIN, R. M. Pheromones: background and potential use in insect pest control. **Science**, v. 213, n. 4514, p. 1326-1332, 1981.

SVATOS, A.; ATTYGALLE, A. B.; JHAM, G. N.; FRIGUETTO, R. T. S.; VILELA, E. F.; SAMAN, D.; MEINWALD, J. Sex pheromone of the tomato pest *Scrobipalpus absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Chemical Ecology**, v. 22, n. 4, p. 787-800, 1996.

THE PHEROBASE. **Data base of insect pheromones and semiochemicals**. Disponível em: <<http://www.pherobase.com/>>. Acesso em: 23 abr. 2007.

TIGLIA, E. A.; VILELA, E. F.; MOURA, J. I. L.; ANJOS, N. Eficiência de armadilhas com feromônio de agregação e cana-de-açúcar na captura de *Rhynchophorus palmarum* (L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 2, p. 177-183, 1998.

UNELIUS, C. R.; EIRAS, A.; WITZGALL, P.; BENGTSOON, M.; KOVALESKI, A.; VILELA, E. F.; BORG-KARLSON, A. K. Identification and synthesis of the sex pheromone of *Phtheocroa cranaodes* (Lepidoptera: Tortricidae). **Tetrahedron Letters**, v. 37. n. 9, p. 1505-1508, 1996.

VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. Introdução aos semioquímicos e terminologia. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001a. p. 9-12.

VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. M. C. **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001b. 206 p.

ZARBIN, P. H. G. Extração, isolamento e identificação de substâncias voláteis de insetos. In: VILELA, E. F.; DELLA LUCIA, T. (Ed.). **Feromônios de insetos: biologia, química e emprego no manejo de pragas**. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p. 45-50.

ZHANG, A.; BORGES, M.; ALDRICH, J. R.; CAMP, M. Stimulatory male volatiles for the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 4, p. 713-717, 2003.