

Boletim de Pesquisa 198
e Desenvolvimento

ISSN 1676 - 340

Dezembro, 2007

**Formulação do Feromônio Sexual do percevejo-
marrom *Euschistus heros*: Eficiência de atração, Vida
útil e Raio de Ação.**



Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 198

Formulação do Feromônio Sexual do percevejo-marrom *Euschistus heros*: Eficiência de atração, Vida útil e Raio de Ação

Raul Alberto Laumann
Miguel Borges
Maria Carolina Blassioli Moraes
Carmen Silvia Soares Pires
Edison Ryoiti Sujii
Beatriz Spalding Corrêa-Ferreira
Crébio José Ávila

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na

Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia
Serviço de Atendimento ao Cidadão
Parque Estação Biológica, Av. W/5 Norte (Final) –
Brasília, DF CEP 70770-900 – Caixa Postal 02372 PABX: (61) 448-4600 Fax: (61) 340-3624
<http://www.cenargen.embrapa.br>
e.mail:sac@cenargen.embrapa.br

Comitê de Publicações

Presidente: *Sergio Mauro Folle*
Secretário-Executivo: *Maria da Graça Simões Pires Negrão*
Membros: *Arthur da Silva Marante*
Maria de Fátima Batista
Maurício Machain Franco
Regina Maria Dechechi Carneiro
Sueli Correa Marques de Mello
Vera Tavares de Campos Carneiro
Supervisor editorial: *Maria da Graça S. P. Negrão*
Normalização Bibliográfica: *Maria Iara Pereira Machado*
Edição eletrônica: *Daniele Alves Loiola*

1ª edição

1ª impressão (2007):

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

F 726 Formulação do Feromônio Sexual do percevejo-marrom *Euschistus heros*: Eficiência de atração, Vida útil e Raio de Ação / Raul Alberto Laumann ... [et al.]. -- Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. 19 p. -- (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1676 - 1340; 198).

1. *Euschistus heros* - percevejo-marrom. 2. Semioquímicos. 3. Raio de ação. 4. Armadilhas. I. Laumann, Raul Alberto. II. Série.

632.96 - CDD 21.

Formulação do Feromônio Sexual do percevejo-marrom *Euschistus heros*: Eficiência de atração, Vida útil e Raio de Ação

Raul Alberto Laumann¹
Miguel Borges²
Maria Carolina Blassioli Moraes³
Carmen Silvia Soares Pires⁴
Edison Ryoiti Sujii⁵
Beatriz Spalding Corrêa-Ferreira⁶
Crébio José Ávila⁷

Resumo

A substância 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila relatada como o principal componente do feromônio sexual de *Euschistus heros* (patente sob o número PI 9903509-0), foi formulada em forma de "pellet" e "lure", com diferentes concentrações (0,004; 0,01 e 1,0 mg). A resposta de fêmeas de *E. heros* a estas formulações foi avaliada em laboratório através de olfatométrica. Os resultados demonstraram que as diferentes concentrações apresentaram atividade biológica para as fêmeas da espécie. As taxas de liberação foram estudadas em condições de laboratório e campo para as formulações com 1 mg de feromônio. Em laboratório a formulação tipo "lure" mostrou maior meia vida que a formulação tipo "pellet". Após 37 dias o conteúdo de feromônio nos pellets mostrou perda de 60% em relação ao conteúdo original, enquanto que a formulação tipo lure somente mostrou redução de 30% do conteúdo original. As duas formulações mostraram relação linear inversa entre concentração do composto e tempo de exposição. Entretanto, a formulação de tipo lure mostrou que a taxa de liberação, medida em condições de campo, segue uma função exponencial negativa. Bioensaios de laboratório mostraram que esta formulação, manteve a atividade biológica (atração de fêmeas de *E. heros*) até 49 dias após a exposição no campo. Estes resultados indicam que os liberadores do tipo lure podem ser utilizados, no campo, durante períodos de 30 a 45 dias. Adicionalmente foram conduzidos testes para avaliar o raio de ação das iscas feromonais que sugerem que o poder de atração da formulação do feromônio é de mais de 50 metros.

Palavras-chave: Semioquímicos, Raio de ação, Percevejos da soja, Armadilhas.

¹ Biólogo, Dr., EMBRAPA - Recursos Genéticos e Biotecnologia/NTCB,

² Biólogo, PhD., EMBRAPA - Recursos Genéticos e Biotecnologia/NTCB,

³ Química, Dra., EMBRAPA - Recursos Genéticos e Biotecnologia/NTCB,

⁴ Bióloga, PhD., EMBRAPA - Recursos Genéticos e Biotecnologia/NTCB,

⁵ Eng. Agrônomo, Dr., EMBRAPA - Recursos Genéticos e Biotecnologia /NTCB,

⁶ Bióloga, Dra., Embrapa Soja

⁷ Eng. Agrônomo, Dr., Embrapa Agropecuária Oeste

INTRODUÇÃO

Os percevejos da família Pentatomidae formam um complexo de espécies que danificam grãos e sementes de soja no Brasil, sendo os responsáveis pela maior parte da aplicação de inseticidas químicos na soja em todas as regiões produtoras (CORRÊA-FERREIRA e MOSCARDI, 1996). As principais espécies desse complexo são *Nezara viridula* (Linnaeus), *Piezodorus guildinii* (Westwood) e *Euschistus heros* (Fabricius), sendo que este último tem se tornado a espécie mais abundante em toda a Região centro-sul.

O sistema de comunicação química do percevejo marrom, *E. heros*, foi elucidado culminando com a identificação (ALDRICH et al., 1994; BORGES e ALDRICH, 1994) e síntese química do feromônio sexual (MORI e MURATA, 1994; FERREIRA e ZARBIN, 1996). A substância 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila foi relatada como o principal componente do feromônio sexual de *E. heros*, seguido dos ésteres 2,6,10-trimetildodecanoato de metila e 2,4,-decadienoato de metila (ALDRICH et al., 1994). Bioensaios em laboratório demonstraram que o emprego de uma mistura dos compostos 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila e 2,6,10-trimetildodecanoato de metila, em proporções próximas àsquelas observadas nos extratos naturais produzidos pelos machos, atuam de maneira mais significativa na atratividade de fêmeas de *E. heros*, quando comparado aos compostos isolados (ZARBIN et al., 2000). Recentemente, as análises dos voláteis emitidos pelos machos e fêmeas de *E. heros* foram refinadas utilizando eletroantenografia acoplada a um cromatógrafo gasoso (GC-EAD) (ZHANG et al., 2003). Nesta nova análise a proporção dos três ésteres já identificados mostrou-se diferente da determinada nos estudos anteriores realizados por Aldrich et al. (1994). O composto 2,4,-decadienoato de metila foi detectado nessas novas análises na porcentagem de 53% da mistura feromonal enquanto que os ésteres 2,6,10-trimetildodecanoato de metila e 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila aparecem na proporção de 3% e 44%, respectivamente (ZHANG et al., 2003).

Estudos preliminares em campo demonstraram que armadilhas iscadas com uma mistura racêmica sintética do composto 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila são capazes de capturar diferentes espécies do complexo de percevejos-praga da soja (BORGES et al., 1998). Posteriormente, Pires et al. (2006), mostraram que o composto 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila é mais eficiente que misturas total dos componentes. Pires et al. (2006) estudaram, também, diferentes modelos de armadilhas e locais de distribuição em campos de soja estabelecendo as bases práticas para o uso de armadilhas visando o monitoramento de populações de percevejos.

Através de uma cooperação entre a Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia e as empresas Biocontrole Métodos de Controle de Pragas Limitada e Fuji Flavor Co., foi possível dispor do feromônio sexual de *E. heros* formulado para uso comercial.

Os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar, em laboratório, a eficiência de diferentes formulações (diferentes liberadores e doses) na atração dos machos de *E. heros*; 2) estabelecer a vida útil do composto formulado em diferentes liberadores em condições de laboratório e campo e 3) estabelecer o raio de ação de armadilhas iscadas com o composto 2,6,10-trimetiltridecanoato de metila.

METODOLOGIA

O feromônio formulado (2,6,10-trimetildodecanoato de metila) foi fornecido pela empresa Bio Controle Ltda em parceria com a Fuji Flavor (Japão), seguindo a rota sintética proposta por Mori e Murata (1994). O composto foi fornecido em três concentrações distintas: 0,004, 0,01 e 1,0 mg, em duas formulações do tipo “pellet” e em substrato do tipo “lure” de pastilhas poliméricas.

1. Teste da bioatividade do feromônio formulado em laboratório

A metodologia para os bioensaios consistiu de testes em olfatômetro de dupla escolha de tipo “Y”. Os bioensaios foram realizados em laboratório com controle das condições físicas (temperatura, umidade, luminosidade) adequadas à espécie estudada ($25 \pm 1^\circ\text{C}$, 14:00h Luz). Os bioensaios foram conduzidos no período entre 14:00 e 22:00h.

Os estudos comportamentais consistiram de observação direta da resposta de fêmeas virgens sexualmente maduras ao feromônio formulado em diferentes concentrações e liberadores ou à fonte natural de feromônio (machos virgens, sexualmente maduros) em relação a um tratamento controle (branco).

Para realização dos bioensaios, grupos de dez fêmeas virgens com idade de 20 dias foram utilizados em cada repetição. O tempo de duração de cada bioensaio foi estabelecido em 20 minutos, sendo realizadas de 10 a 15 repetições para cada tratamento. Após este período o número de insetos presentes nos braços controle e tratamento e o número de insetos presentes na câmara de liberação foram computados. O número médio de insetos presentes no tratamento e controle foi comparado através de teste não paramétrico de Mann-Whitney ($p = 0,05$).

2. Vida útil do feromônio formulado

2.1. Avaliação do tempo de vida útil do feromônio formulado em condições de laboratório.

Para estabelecer a taxa de liberação das formulações foi realizado um experimento em condições de laboratório onde os liberadores (tipo pellet e tipo lure) foram pesados em balança analítica e posteriormente impregnados com 1 mg de 2,6,10-trimetildodecanoato de metila. Os liberadores assim formulados (n = 10 para cada tipo) foram mantidos em condições de laboratório (24 a 27 °C e 60-70% UR) durante um período de 40 dias. A intervalos periódicos (3 dias) os liberadores foram pesados em balança analítica e foi estabelecida a quantidade de feromônio presente em cada liberador a partir da fórmula abaixo:

$$QLx = (PO - Px)$$

Onde: QLx = Quantidade de composto no lure no tempo x, PO = Peso original dos liberadores (mg) e Px = Peso após o tempo x (mg).

Com estes dados foram construídas as curvas de liberação. Para estabelecer a taxa de liberação, os dados foram ajustados a modelos de regressão linear.

2.2. Avaliação do tempo de vida útil do feromônio formulado em condições de campo.

Este experimento foi instalado no período que corresponde ao final da época seca na Região centro-oeste durante um período de 63 dias no campo.

Os liberadores (n = 5) foram colocados na área externa da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (Cenargen), acondicionados em armadilhas confeccionadas em garrafas transparentes PET de 2L de refrigerante modificada de Borges et al. (1998) (ver detalhes das armadilhas em Pires et al., 2006). Após 24 horas de exposição, os liberadores foram aerados em câmaras de vidro por 24 horas e os voláteis liberados foram capturados com adsorvente químico Super Q. Posteriormente os voláteis coletados foram eluídos com 1 ml de n-hexano. Após esta primeira amostragem foram realizadas amostragens semanais por um período de 9 semanas. Os extratos obtidos da aeração foram analisados por cromatografia gasosa, usando padrão interno (dodecano 0,25 mg/ml) para quantificação e determinação das taxas de liberação (quantidade de composto/24 hs.).

Para estabelecer o padrão de liberação os dados foram ajustados a um modelo exponencial através de análises de regressão.

Durante o período do experimento foram registradas temperaturas máxima e mínima e UR%. Quando os dados climáticos não puderam ser registrados "in situ" foram obtidos a partir do banco de dados climáticos da Embrapa Cerrados (<http://www.cpac.embrapa.br/tempoeagri/tempoeagri.html>).

Em cada data de aeração um dos lures foi utilizado, para realização de bioensaios em olfatômetro seguindo a metodologia descrita anteriormente. Desta maneira, além de estabelecer a curva de liberação de feromônio a partir da formulação foi possível estabelecer o tempo que a mesma permanece ativa para atrair os insetos.

Os bioensaios foram desenvolvidos utilizando fêmeas virgens e maduras sexualmente de *E. heros* as quais foram colocadas em forma individual no olfatômetro e sua escolha pelas áreas tratamento ou controle registrada. Os dados de escolha inicial foram analisados através de teste de χ^2 ($p=0,05$).

3. Avaliação do raio de ação do feromônio e o espaçamento entre armadilhas:

Para estudar o raio de ação do feromônio formulado foi conduzido um experimento na área da Embrapa Sede (Vitrine de Tecnologias), tendo esta aproximadamente 0,6 ha cultivada com feijão de porco (*Canavalia ensiformis*). No centro desta área foi colocada uma armadilha com um lure contendo 1 mg de 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila. O modelo de armadilha utilizado foi o desenvolvido pelo grupo de pesquisa da Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia (PIRES et al., 2006). Em pontos localizados a 15 (n=4), 50 (n=2) e 65 (n=4) metros da armadilha foram liberadas, trezentas fêmeas virgens de *E. heros* maduras sexualmente (30 indivíduos em cada ponto, n=10 pontos) proveniente de uma colônia de laboratório (Figura 1). Cada grupo de fêmeas foi marcado no pronoto e escutelo com uma pequena gota de cola plástica colorida atóxica, utilizando diferentes padrões de pontuação e cores para os diferentes locais de liberação. Foram realizadas inspeções diárias da armadilha (durante um período de 5 dias) a fim de identificar os insetos capturados (número e posição de liberação).

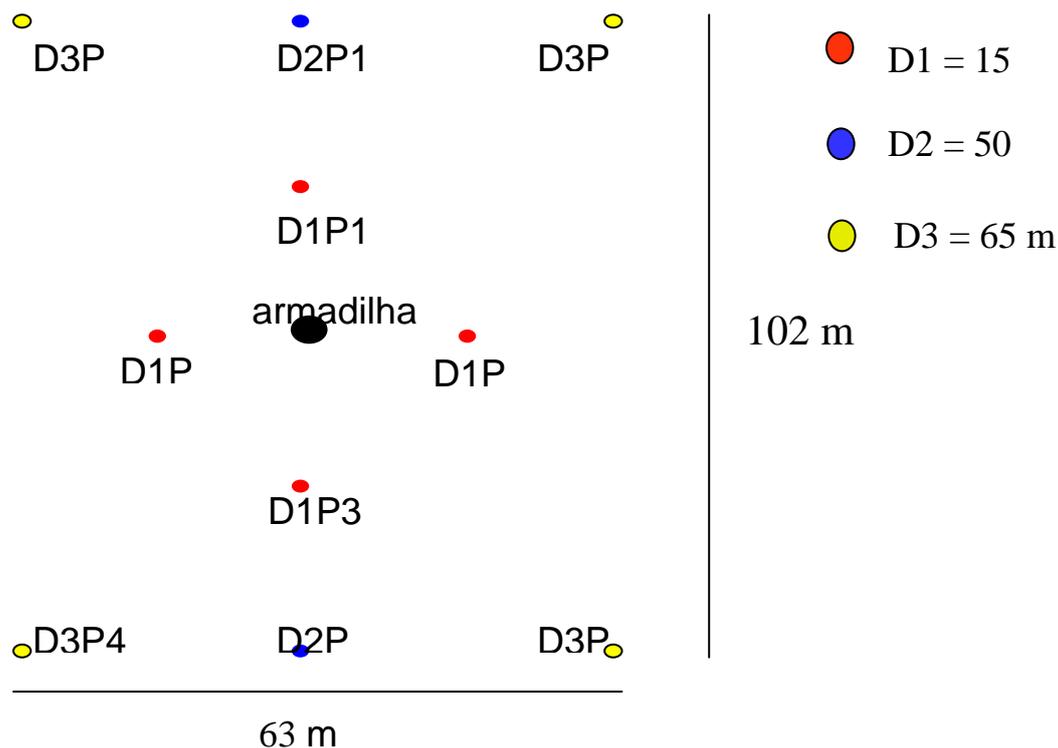


Figura 1. Croqui geral do experimento conduzido para analisar o raio de ação da formulação tipo lure contendo o componente do feromônio sexual de *E. heros* (1 mg de 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila). O círculo preto indica a posição da armadilha na área experimental. Os círculos coloridos indicam os pontos de liberação (marcados com a letra P) de fêmeas virgens e maduras sexualmente de *E. heros* (n = 30 em cada ponto de liberação) e as distâncias respectivas (indicadas com a letra D).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Teste da bioatividade do feromônio formulado em laboratório

Os resultados evidenciaram que as diferentes concentrações do feromônio apresentaram atividade biológica para as fêmeas de *E. heros* (Figura 2). No entanto, a sugestão apresentada pela Fuji Flavor, companhia que sintetizou e formulou o feromônio para os testes, foi de que a concentração de 1.0 mg fosse a concentração a ser levada a campo, uma vez que o tempo de permanência da mesma no campo pudesse ser viável aos produtores. Adicionalmente, a resposta para a formulação com 1 mg foi similar à resposta observada para o feromônio natural liberado pelos machos vivos (tratamento 10 machos) (Figura 2).

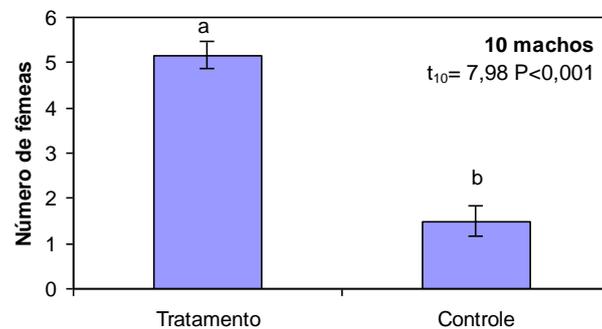
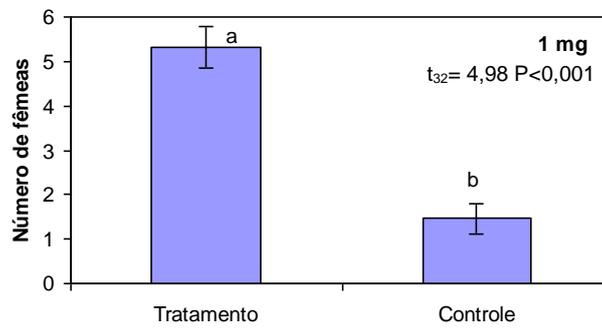
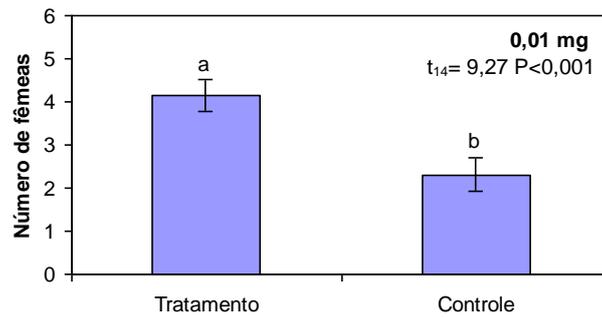
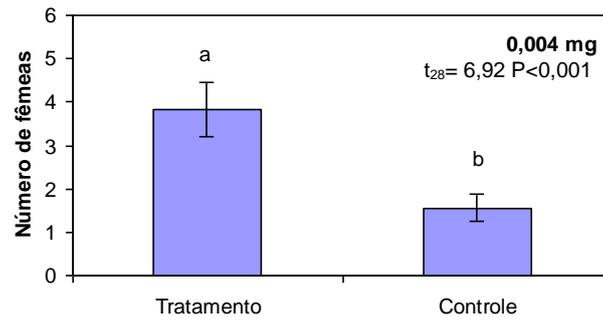


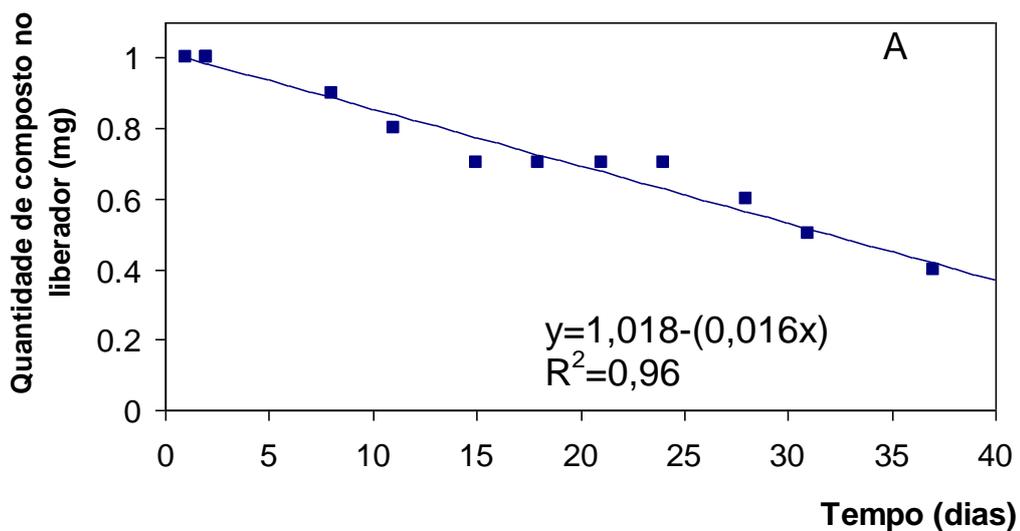
Figura 2. Número (média \pm erro padrão) de fêmeas em cada braço do olfatômetro "Y" em resposta a diferentes tratamentos. Diferentes letras sobre as colunas em cada gráfico indicam diferenças estatísticas entre as médias (Teste t $p = 0,05$).

2. Vida útil do feromônio formulado

2.1. Avaliação do tempo de vida útil do feromônio formulado em condições de laboratório.

Em condições de laboratório a formulação de tipo pellet mostrou uma diminuição mais rápida do conteúdo feromonal ao longo do tempo, quando comparada a formulação do tipo lure (Figura 3). Após 37 dias o conteúdo de feromônio nesta formulação foi de 0,4 mg (perda de 60%), enquanto que na formulação tipo lure o conteúdo de feromônio foi de 0,7 mg (perda de 30%). Estes resultados indicam que a formulação de tipo lure proporciona um maior tempo de vida útil do feromônio em condições de laboratório.

A liberação do feromônio ajustou, nos dois casos, a um modelo linear, com a quantidade do composto na formulação diminuindo em relação ao tempo de exposição às condições ambientais (Figura 3). A formulação de tipo lure apresentou uma queda do conteúdo de feromônio menos constante com intervalos onde a liberação de feromônio foi próxima a 0 (Figura 3B).



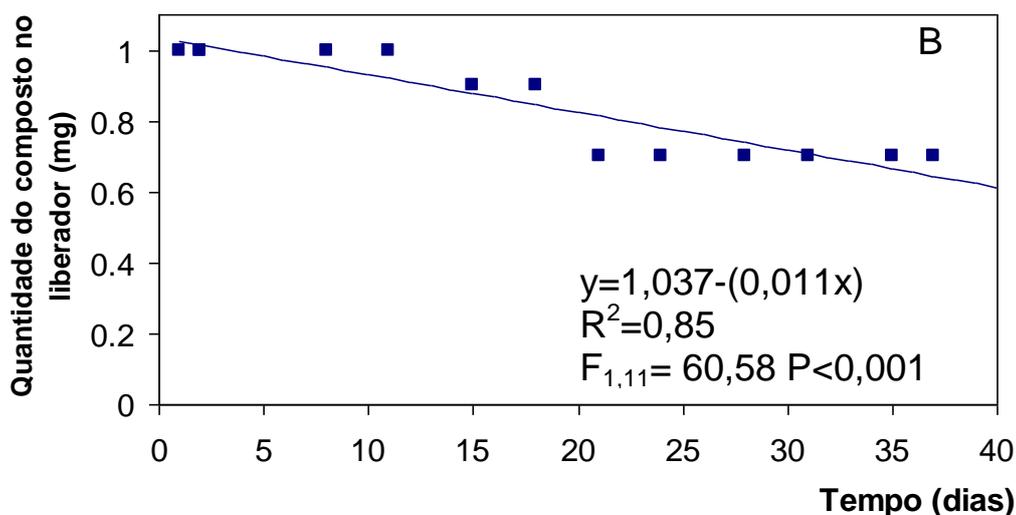


Figura 3. Liberação do feromônio em condições de laboratório. A = liberador tipo “Pellet” e B = liberador tipo “Lure”. Concentração inicial para cada formulação = 1.0 mg. Os quadrados representam a média de 10 liberadores.

2.2. Avaliação do tempo de vida útil do feromônio formulado em condições de campo.

Em condições de campo a perda do feromônio a partir do liberador tipo lure seguiu um padrão diferente afastando-se do modelo linear observado no laboratório. A taxa de liberação, medida em condições de campo em intervalos de 7 dias, segue uma função exponencial negativa (Figura 4). Esta poderia ser considerada a máxima taxa de liberação nas condições climáticas da Região Centro-Oeste, já que o período no qual o experimento foi conduzido corresponde ao de temperaturas máximas e umidade mínima (meses de agosto a outubro) (Figura 5).

Bioensaios de laboratório mostraram que os liberadores do tipo lure mantiveram a atividade biológica (atração de fêmeas de *E. heros* em bioensaios em olfatometro) até 49 dias após a exposição no campo (Tabela 1).

Estes resultados indicam que os liberadores do tipo lure podem ser seguramente utilizados durante períodos de 30 a 45 dias sendo, portanto necessário apenas 2

lures/armadilha/safra. Este fato pode ser decisivo para o estabelecimento da viabilidade econômica da tecnologia.

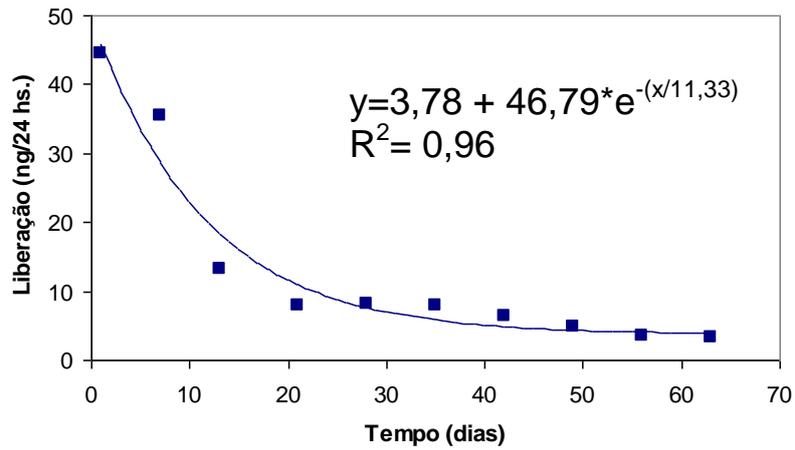


Figura 4. Liberação de feromônio em condições de campo a partir de liberadores do tipo lure. Os quadrados representam as médias da taxa de liberação (ng/24 hs) de 3 a 5 lures medidos em intervalos de 7 dias durante o experimento.

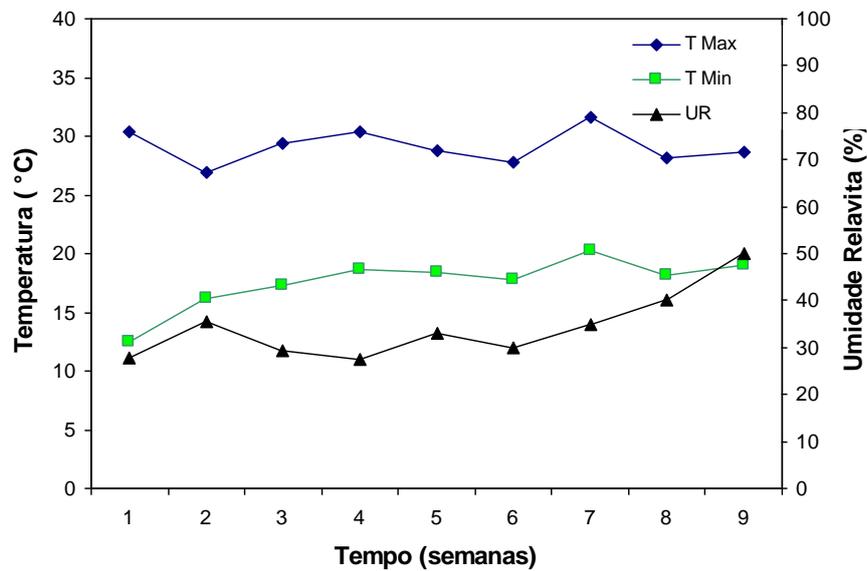


Figura 5. Condições térmicas (°C) e de umidade relativa (%) ocorridas durante o período nas quais os liberadores do tipo lure foram mantidos no campo. Os pontos representam os valores médios dos intervalos de 7 dias (semanas) nos quais os lures permaneceram no campo.

Tabela 1. Tempo de vida útil do feromônio de *E. heros* formulado em liberadortes do tipo lure, avaliado através de atividade biológica frente a fêmeas da espécie em bioensaios em olfatômetro.

Tempo (dias)	Resposta (Número de Insetos)		Significância	Sem resposta (Número de Insetos)
	Tratamento	Controle		
7	14	5	$\chi^2_1 = 7,11$ p = 0,008	2
14	12	3	$\chi^2_1 = 5,4$ p = 0,02	1
21	9	2	$\chi^2_1 = 4,45$ p = 0,03	5
28	10	2	$\chi^2_1 = 5,33$ p = 0,02	4
35	11	2	$\chi^2_1 = 6,23$ p = 0,01	4
42	9	1	$\chi^2_1 = 7,11$ p = 0,008	5
49	11	2	$\chi^2_1 = 6,24$ p = 0,01	3
56	10	6	$\chi^2_1 = 1,0$ p = 0,32	5
63	8	4	$\chi^2_1 = 1,33$ p = 0,25	4

3. Avaliação do raio de ação do feromônio e o espaçamento entre armadilhas:

Foram capturados insetos (total de insetos = 6) liberados em distâncias de 15 e 50 metros da armadilha iscada com feromônio (Figura 7). O baixo número de insetos capturados pode ser resultado da baixa densidade populacional utilizada no experimento (liberação de 300 fêmeas = 0,05 indivíduos/m²). Essa densidade populacional é extremamente baixa comparando-se com a densidade populacional do limiar de controle (2 percevejos/m ≈ 4 percevejos/m²).

Contudo, as observações realizadas neste experimento, coincidem com o observado num experimento de campo onde a utilização de 1 armadilha por hectare mostrou o mesmo nível de captura que tratamentos com maior densidade de armadilhas. Isto indicaria que o raio de ação da formulação é de aproximadamente 50 metros. Para poder ter uma estimativa mais precisa torna-se necessário aplicar esta metodologia experimental numa área de maior superfície.

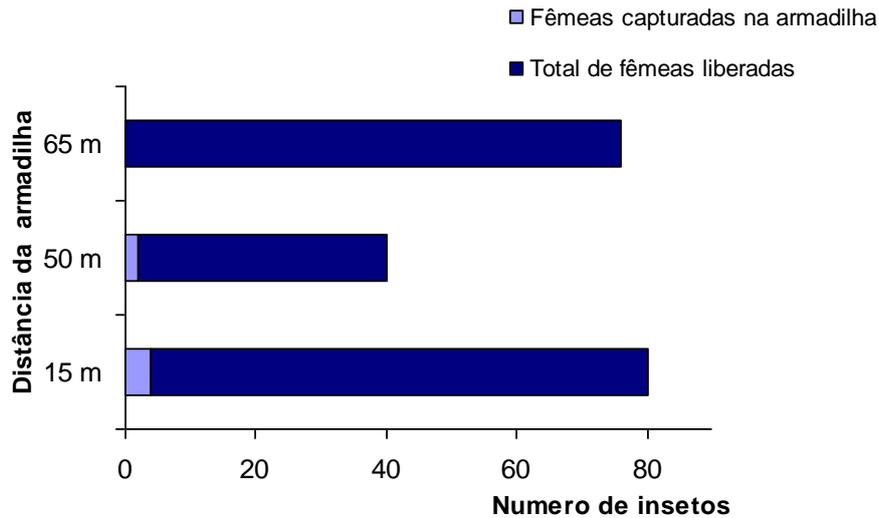


Figura 7. Número de fêmeas de *E. heros* liberadas em pontos a diferente distância da armadilha iscada com feromônio e número de insetos capturados na armadilha após um período de 5 dias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 1- A formulação do feromônio 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila em "pellet" ou "lures" contendo 0,004; 0,01 e 1 mg do composto apresentaram poder de atração para fêmeas de *E. heros* em laboratório.
- 2- Os lures apresentaram uma vida média de mais de 30 dias em condições de campo. Após este período a formulação ainda apresentou poder de atração para fêmeas de *E. heros*.
- 3- Os resultados do experimento de raio de ação sugerem que as armadilhas com a formulação do 2,6,10 trimetiltridecanoato de metila sintético podem ser atrativas em distâncias de aproximadamente 50 m. Contudo é necessário realizar experimentos em áreas maiores para estimar com maior precisão a distância máxima de ação das armadilhas.

REFERÊNCIAS

- ALDRICH, J. R.; OLIVER, J. E.; LUSBY, W. R.; KOCHANSKY, J. P.; BORGES, M. Identification of male-specific volatiles from Nearctic and Neotropical stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Journal of Chemical Ecology**, New York. v. 20, p. 1103-1111, 1994.
- BORGES, M.; ALDRICH, J. R. Attractant pheromone for Nearctic stink bug, *Euschistus obscurus* (Heteroptera: Pentatomidae): insight into a Neotropical relative. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 20, p. 1095-1102, 1994.

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**, Oxford, GB, v. 23, n. 3, p. 202-207, 1998.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. Biological control of soybean stink bugs by inoculative releases of *Trissolcus basal*s. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 79, p. 1-7, 1996.

FERREIRA, J. T. B.; ZARBIN, P. H. G. Pheromone synthesis: a tropical approach. Enantioselective synthesis of the (2R, 6S, 10S) and (2S, 6S, 10S) isomers of methyl 2, 6, 10-trimethyldodecanoate. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, Oxford, GB, v. 4, n. 3, p. 381-388, 1996.

MORI, K.; MURATA, N. Synthesis of methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate, the male-produced pheromone of the stink bugs, *Euschistus heros* and *E. obscurus*, as a stereoisomeric mixture. **Liebigs Annals of Chemistry**, v. 12, p. 637-639, 1994.

PIRES, C. S. S.; SUJII, E. R.; SCHMIDT, F. G. V.; ZARBIN, P. H. G.; ALMEDI, J. R. M. de; BORGES, M. Potencial de uso de armadilhas iscadas com o feromônio sexual do percevejo marrom, *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) para o monitoramento populacional de percevejos praga da soja. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Turrialba, Costa Rica, v. 77, p. 70-77, 2006.

ZARBIN, P. H. G.; RECKZIEGEL, A.; PLASS, E.; BORGES, M.; FRANCKE, W. Synthesis and biological activity of methyl 2,6,10-trimethyldodecanoate and methyl 2,6,10-trimethyltridecanoate; male-produced sexual pheromones of stink bugs *Euschistus heros* and *Piezodorus guildinii*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 26, n. 12, p. 2737-2746, 2000.

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