

Artigo

Feromônios: Uma Alternativa Verde para o Manejo Integrado de Pragas

Goulart, H. F.;* Lima, M. R. F.; de Moraes, R. K. S.; Bernardo, V. B.

Rev. Virtual Quim., 2015, 7 (4), 1205-1224. Data de publicação na Web: 21 de janeiro de 2015

<http://www.uff.br/rvq>

Pheromones: A Green Alternative for the Integrated Pest Management

Abstract: Agrobusiness has a pivotal role worldwide and mainly in the Brazilian economy. Several agricultural pests cause expressive economical damage. The non-restricted use of highly toxic insecticides for several decades has provoked negative effects in the environment and the poisoning of non-targeted species. For these reasons, Integrated Pest Management was created, with a great support of semiochemicals, compounds or mixtures of compounds with specific action on pests, from which, pheromones are the principal components. The present review aims to describe the principal approaches in pest control, using semiochemicals, listing the main commercially available pheromones, their targets and formulations, with analysis of challenges and perspectives in the area.

Keywords: Pests; semiochemicals; agrobusiness.

Resumo

O agronegócio tem importância econômica mundial e é fundamental para o Brasil devido à sua grande participação na pauta de exportações brasileiras. A demanda social pela conservação do meio ambiente e por alimentos livres de agrotóxicos tem imposto restrições ao uso de defensivos agrícolas sintéticos e criado desafios à ciência para a exploração dos recursos naturais no controle de pragas que causam prejuízo expressivo à agricultura. O uso não restrito de inseticidas altamente tóxicos, por muitas décadas, tem provocado efeitos negativos para o ambiente e o envenenamento de espécies não alvo. Devido a isto, o Manejo Integrado de Pragas foi criado, com um grande suporte dos semioquímicos, compostos ou misturas de compostos com ações específicas em pragas, dos quais os feromônios são os principais componentes. A presente revisão visa descrever as principais estratégias no controle de pragas, com a utilização de semioquímicos, com a listagem dos feromônios comercialmente disponíveis, seus alvos de ação e formulações, com análise de desafios e perspectivas na área.

Palavras-chave: Pragas; feromônios; agronegócios.

* Universidade Federal de Alagoas, Laboratório de Pesquisas em Recursos Naturais, Centro de Ciências Agrárias, BR 104, Km 85, s/n, CEP 57100-000, Rio Largo- AL, Brasil.

✉ henrique.goulart@ceca.ufal.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20150068](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150068)

Feromônios: Uma Alternativa Verde para o Manejo Integrado de Pragas

Henrique F. Goulart,^{a,*} Maria Raquel F. Lima,^b Renara. K. S. de Moraes,^b
Vanderson B. Bernardo^b

^a Universidade Federal de Alagoas, Laboratório de Pesquisas em Recursos Naturais, Centro de Ciências Agrárias, BR 104, Km 85, s/n, CEP 57100-000, Rio Largo- AL, Brasil.

^b Universidade Federal de Alagoas, Laboratório de Pesquisas em Recursos Naturais, Instituto de Química e Biotecnologia, BR 104, Km 85, s/n, CEP 57100-000, Rio Largo- AL, Brasil.

* henrique.goulart@ceca.ufal.br

Recebido em 3 de setembro de 2014. Aceito para publicação em 13 de janeiro de 2015

1. Introdução
2. Semioquímicos
3. Desafios e perspectivas

The Kavli Declaration: "By 2050, humanity will be unable to meet its needs for food through current agricultural practices. We must drastically transform the global agricultural system to deliver food security and net greenhouse gas absorption without losses of water availability and wild habitats. This can only be achieved by more resource-efficient agriculture. This will need to combine locally relevant crop and animal genetic improvement and resilient agronomic practices that harness local ecosystem services to minimize inputs and close nutrient loops while sequestering carbon. The success of these on-farm activities will depend on restoring degraded lands and safeguarding remaining natural habitats to ensure the continued provision of wider ecosystem services."¹

"There are many reasons for using pheromones. One is that they are elegant."²

1. Introdução

São grandes os desafios da agricultura moderna. O cenário é tempestuoso. Há necessidade de se conseguir 50% a mais de alimentos, 50% a mais de energia e 30% a mais de água potável para 2030, quando se prevê exatamente o oposto disto, devido principalmente às mudanças climáticas e aumento expressivo da população global³. Para o alcance de objetivos tão audaciosos, através da produção agrícola, há forte necessidade de mudanças no manejo da terra e em práticas agrícolas, o que é complexo e multidimensional.

Desde que o homem trocou o extrativismo pelo cultivo de plantas com a finalidade de produzir alimentos em maior escala, ele trava uma guerra constante com os insetos. Uma espécie de inseto torna-se praga agrícola porque sua população cresce

sem limites. Este crescimento desenfreado, ou sem fatores limitantes, é basicamente decorrente de quatro componentes: oferta de alimento, alta taxa reprodutiva, hábito alimentar polífago e ausência de inimigos naturais.⁴

O Brasil é o quinto maior país em área geográfica e o maior em termos de terra arável. Apesar disto, apenas uma fração dessas terras é utilizada. O país possui uma alta diversidade de plantações e de produtos agropecuários. Isto coloca o Brasil numa posição única para liderar o setor agropecuário global, em longo e médio prazos. Com uma fonte abundante de recursos naturais (água, terra e clima favoráveis) tem assim a oportunidade de ser a maior potência do agronegócio, atendendo ao mercado mundial e também à sua própria população.⁵ A agricultura brasileira, em seus dois grandes segmentos, um de desempenho econômico reconhecido (Agronegócios) e outro de grande importância social, tem desempenhado papéis importantes no abastecimento do mercado interno de alimentos e matérias-primas, na geração de riqueza, no equilíbrio das contas externas, na geração de emprego e renda e na estabilização de fluxos migratórios, entre outros de natureza social e econômica relevante (Agricultura familiar).⁶

O agronegócio representa, no Brasil, o segmento econômico que tem a maior taxa de adoção de tecnologia nacional e se distingue pela competitividade em nível mundial⁶. Esta história de sucesso reflete o processo de amadurecimento e de evolução vividos por este setor nos últimos anos e a crescente demanda por alimentos e por fontes limpas e renováveis de energia. A ampliação das conquistas do agronegócio brasileiro passa também pelo incremento da base de conhecimentos científicos e tecnológicos, da geração de inovações e do fomento à propriedade intelectual e à biotecnologia no agronegócio. Nos processos de P&D&I, a questão ambiental revela-se fundamental e produtos “ecologicamente corretos” são cada vez mais reconhecidos por consumidores exigentes e dispostos a pagar

preços diferenciados.⁷

A necessidade do controle de pragas, em larga escala, fomentou o desenvolvimento de inseticidas para prevenir as perdas agrícolas e a dispersão das doenças. No entanto o estudo toxicológico dos efeitos agudos e crônicos da exposição a estes agentes químicos revelaram que muitos inseticidas clássicos são tóxicos às espécies não alvo e também aos mamíferos e humanos.⁸

Para algumas classes de inseticidas, como os organofosforados, é reconhecido o efeito cumulativo sob exposição prolongada, o que levou a um controle regulatório mais restrito pela agência americana – US EPA – que restringiu o uso de inseticidas clássicos como os hidrocarbonetos organoclorados, organofosforados e carbamatos ou mesmo ao cancelamento de uso, como aconteceu com o DDT.⁸

Os danos causados por insetos pragas são um dos principais fatores que levam à diminuição da produção das principais culturas. Os dados mais recentes indicam que os insetos-praga causam uma perda anual média de 7,7 % na produção agrícola no Brasil, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 25 milhões de toneladas de alimentos, fibras e biocombustíveis. Por causa desta competição com os insetos, os agricultores estão abandonando as boas práticas de combate às pragas. Antes referência mundial por boas práticas no combate às pragas com redução no número de aplicações de inseticidas, estes agricultores voltam a elevar o número de pulverizações. O resultado traz preocupações tanto econômicas como ambientais. Hoje se faz inclusive a pulverização preventiva. Estas aplicações não resultam em benefícios para a produtividade ou qualidade dos grãos, além de não reduzir a intensidade do ataque da praga. Antes do período crítico, servem para eliminar os inimigos naturais da praga, favorecem o desenvolvimento de insetos resistentes, além de elevar custos e favorecer o aparecimento de espécies antes consideradas secundárias.

A crescente resistência de pragas a

pesticidas é um dos problemas que mais afeta o agronegócio, pois há uma demanda social pela qualidade do meio ambiente e por alimentos livres de agrotóxicos. Esta pressão tem imposto à ciência uma nova visão de exploração dos recursos naturais à disposição da agricultura, com a utilização de estratégias mais diversificadas e especialmente ligadas ao Manejo Integrado de Pestes (MIP). A concepção de MIP data dos anos 40, com desenvolvimento de estratégias combinando todas as técnicas disponíveis para a obtenção de resultados positivos, minimizando os efeitos negativos, na busca de um equilíbrio com benefícios em termos de sustentabilidade⁹. Assim, o setor agrícola tem a necessidade de estar aliado a avanços na produtividade e qualidade de produtos, insumos e recursos, na agregação de valor, em sistemas de apoio à defesa sanitária, na garantia da segurança ambiental e na inocuidade de alimentos. Isso exige a incorporação contínua de inovações, na forma de conhecimentos científicos e tecnológicos.

No ano agrícola 2013-2014, estão documentados problemas sérios com a praga polífoga *Helicoverpa armigera* cuja ocorrência já fez com que o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) decretasse estado de emergência fitossanitária em mais de 12 estados, os prejuízos já somam bilhões de dólares e também decretasse a emergência fitossanitária para a traça da uva *Lobesia botrana* que chegou ao Chile depois a Argentina e agora o Brasil procura proteger-se da entrada desta praga decretando este estado de emergência. Isto permite que sejam usados métodos de controle ainda não registrados, novos inseticidas e etc.. para impedir que a praga se estabeleça no país. Os feromônios são essenciais tanto para a detecção como para o controle das mesmas e seu uso foi autorizado após um prazo de dois anos, período no qual se deve regularizar a documentação.

Neste sentido, os semioquímicos, substâncias químicas que regulam a

interação entre os organismos, podem oferecer excelentes oportunidades para o desenvolvimento de novas tecnologias para o controle de pragas, como descoberta de novas moléculas, as quais poderão originar produtos mais específicos e menos prejudiciais ao meio ambiente e à vida. Em função destas peculiaridades, essa área de estudo vem merecendo cada vez maior atenção por parte da comunidade científica como estratégia de controle das principais pragas da agricultura.

A presente revisão visa relatar o desenvolvimento das principais abordagens no controle de pragas utilizando semioquímicos como alternativa, com listagem dos principais feromônios em uso comercial, seus alvos, formulações e análise de desafios e perspectivas na área, com enfoque econômico.

2. Semioquímicos

A ideia de usar substâncias químicas, modificadoras do comportamento, de ação espécie-específica, para o controle de um inseto nocivo à agricultura, à horticultura, à floresta, aos produtos armazenados e aos insetos vetores de doenças tem sido a força motriz, por mais de cinco décadas, da pesquisa com feromônios. Centenas de feromônios e semioquímicos foram descobertos e são úteis para monitorar a presença e abundância de insetos e para proteger as plantas e animais contra os insetos.¹⁰

Os feromônios são, de fato, ferramentas elegantes e seguras para o controle de insetos. É possível controlar populações de insetos por meio da manipulação da comunicação sexual, sem afetar adversamente outros organismos benéficos.¹⁰ Na Figura 1, são classificados os agentes de controle de pragas, enfatizando os agentes biológicos e os semioquímicos e suas estratégias de ação e a Tabela 1 permite comparar semioquímicos com pesticidas

tradicionais,⁹ indicando os principais elementos responsáveis pelo seu fascínio e aplicabilidade em MIP.

A eficiência dos semioquímicos na

comunicação química depende de várias propriedades físico-químicas, incluindo sua natureza química, volatilidade, solubilidade, estabilidade.

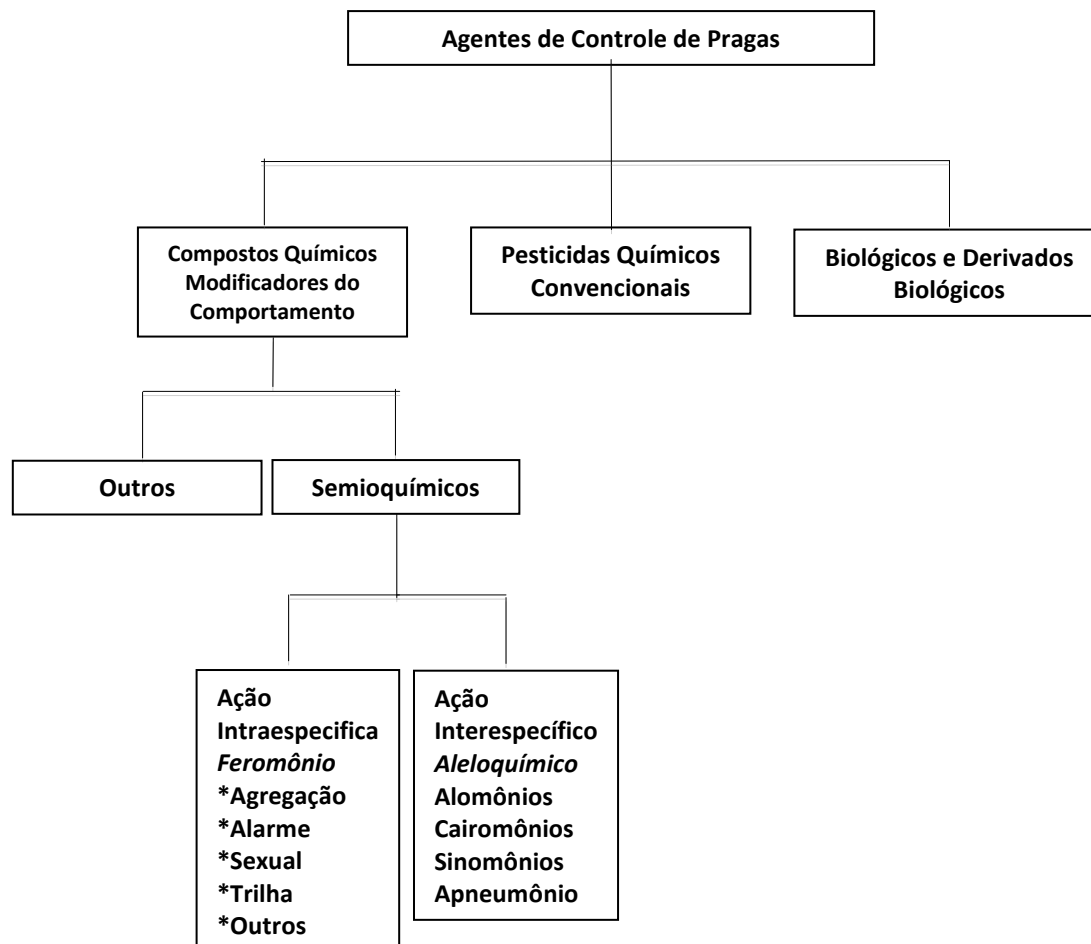


Figura 1. Classificação de agentes usados no controle de pragas⁹

Tabela 1. Comparação entre Semioquímicos e Agrotóxicos^{9, 11}

| FEROMÔNIOS | AGROTÓXICOS |
|---|---|
| Ação seletiva às pragas | Destruição não seletiva de insetos |
| Não há distúrbio do equilíbrio biológico | Distúrbio do equilíbrio (eliminação da maioria dos insetos) |
| Não poluentes | Causa contaminação ambiental |
| Não tóxicos | Tóxicos para humanos e outros animais |
| Instáveis, decompõem-se no campo | Muitos são estáveis |
| Não existem dados sobre ocorrência de resistência | Desenvolvimento de resistência |
| Quantidades mínimas necessárias para | Grande quantidade necessária (10^{-6} g para |

| | |
|--|---|
| atrair um único inseto (10^{-15} – 10^{-18} g) | destruir um único inseto) |
| Investimento para P&D até o mercado relativamente baixo | Investimento para P&D até o mercado muito alto |
| Investimento para P&D até o mercado em fase inicial é geralmente mais alto, porém em longo prazo este custo diminui | Investimento para P&D até o mercado em fase inicial é menos custoso |
| Necessidade de desenvolver estudos básicos sobre inseto-praga e as interações com o ambiente para o método ser eficiente | Sem necessidade imediata de desenvolver estudos básicos sobre inseto-praga e as interações com o ambiente para o método ser eficiente |
| Há dificuldades em relacionar o número de insetos capturados com os limiares de dano econômico das pragas | Não há dificuldades em relacionar o número de insetos capturados com os limiares de dano econômico das pragas |
| Exigência de metodologias complexas para obtenção de feromônios com alta pureza estereoquímica | Não há necessidade de pureza estereoquímica |
| Necessidade de desenvolver metodologia de liberação no campo, etapa complexa | Liberação simples e eficiente |
| Compostos isolados e identificados podem não promover resposta satisfatória em campo | Pouca ou nenhuma possibilidade de não se ter resposta satisfatória no campo |

Na agricultura, empregam-se os feromônios no contexto do manejo de insetos-praga basicamente de duas maneiras: no monitoramento com armadilhas para auxiliar na tomada de decisão quanto à necessidade de aplicação de inseticida e volume a ser aplicado ou no controle através das técnicas de coleta massal, atrai e mata, confusão sexual e “push-pull”. As definições de cada uma das estratégias são indicadas a seguir.

✓ **Monitoramento:** No monitoramento de pragas é empregado em um pequeno número de armadilhas (uma por 2-3 hectares), geralmente com feromônio sexual, para detectar a presença ou a ausência de uma espécie com o objetivo de medir o aumento ou a diminuição da população entre gerações, e como tentativa de medir a população em relação ao dano potencial, o que contribuiria para a determinação da época de aplicação de medidas de controle na cultura. A armadilha atua como indicador

específico e sensível com respeito ao inseto alvo. A informação coletada como número de insetos coletados por dia/semana, local de coleta e outros irão auxiliar ao agricultor a tomar a decisão da necessidade ou não de fazer o controle químico e se houver vai auxiliá-lo a decidir onde, quando, o que e quanto ele terá que aplicar para o controle da praga⁹. Por meio desta técnica, pode-se estabelecer a percentagem mínima de plantas infectadas para que se inicie a aplicação do inseticida, como é o caso da praga do tomateiro *Neoleucinodes elegantalis*,¹² para a qual se faz o controle químico quando a infestação atinge 5% dos frutos. Outro exemplo clássico de sistema bem estabelecido de monitoramento com o emprego de armadilhas com feromônio sexual é o da mariposa da ervilha (*Cydia nigricana*).¹³⁻¹⁶ O monitoramento é feito em campos individuais menores que 50 ha, que recebem duas armadilhas colocadas em uma distância específica uma da outra. Cada armadilha contém 3 mg do acetato de (E,E)-

8,10-dodecadien-1-ila. A armadilha é vistoriada a cada dois dias e se o *threshold* de captura é alcançado (10 ou mais mariposas em dois dias consecutivos) o plantio é pulverizado.¹⁷

✓ **Coleta Massal:** na coleta massal (ou eliminação de insetos), o feromônio é usado na captura de insetos por meio de um sistema de armadilhas, capaz de remover um número significativo de indivíduos, reduzindo a população a níveis economicamente aceitáveis. Um exemplo de sucesso do emprego desta estratégia é o uso do Rincoforol, feromônio de agregação da Broca do olho do coqueiro, *Rhynchophorus palmarum*. As armadilhas contendo o feromônio e pedaços de cana de açúcar atraem ambos os sexos, reduzindo a população do inseto.¹⁸

✓ **Atrai e Mata:** no atrai e mata, o feromônio é empregado juntamente a um inseticida. O feromônio faz a atração da praga de forma específica, aumentando a chance de contato do inseto ao inseticida, o que aumenta seu potencial de controle. Além disto, a aplicação localizada impede que o inseticida atinja o ambiente e o produto a ser colhido. O uso de armadilhas contendo atraente e inseticida reduz significativamente a infestação de *Bonagota salubricola* e *Grapholita molesta*, pragas da macieira, quando comparado ao tratamento tradicional utilizado nos pomares.¹⁹

✓ **Confusão Sexual:** assim como a coleta massal, este uso do feromônio é um método de controle. O conceito da confusão sexual, confundimento ou ainda interrupção de acasalamento, baseia-se na interferência ou impedimento da transmissão de sinais entre os parceiros sexuais. Isto tem sido

obtido com a liberação de uma quantidade maior de feromônio sintético na área em que se deseja o controle, para diminuir ou impedir o inseto de localizar seu respectivo parceiro e, dessa forma, reduzir o acasalamento e, conseqüentemente, sua nova geração. O controle através deste método reduziu em mais de 90% a taxa de acasalamento de *Plodia interpunctella*, importante praga de cereais, em estudo realizado com produtos armazenados.²⁰

“**Push-Pull**”: a estratégia do “push-pull”, também conhecida como direcionamento por estímulo-inibição, é a mais nova estratégia descrita como prática de MIP²¹. A estratégia de “push-pull” consiste na combinação de estímulos de repelência e atração, modificando o comportamento dos insetos-praga ou de seus inimigos naturais. Os insetos são inibidos ou repelidos das plantas (estratégia push), simultaneamente são atraídos por outro chamariz (estratégia “pull”) e concentrados em outra área onde são coletados ou eliminados de maneira controlada. Esta técnica requer um maior conhecimento da interação entre os hospedeiros, inimigos naturais e coespecíficos. Resultados promissores foram obtidos no controle de *Sitona lineatus*, praga de leguminosas. O óleo de Neem (*Azadirachta indica*) foi usado como repelente, combinado a armadilhas, contendo feromônio, e se observou a redução da prole de *Sitona lineatus* e, por conseguinte, do dano causado à cultura de feijão.^{22,23}

A figura 2 relaciona exemplos de feromônios utilizados nas diferentes estratégias de controle de praga descritas acima

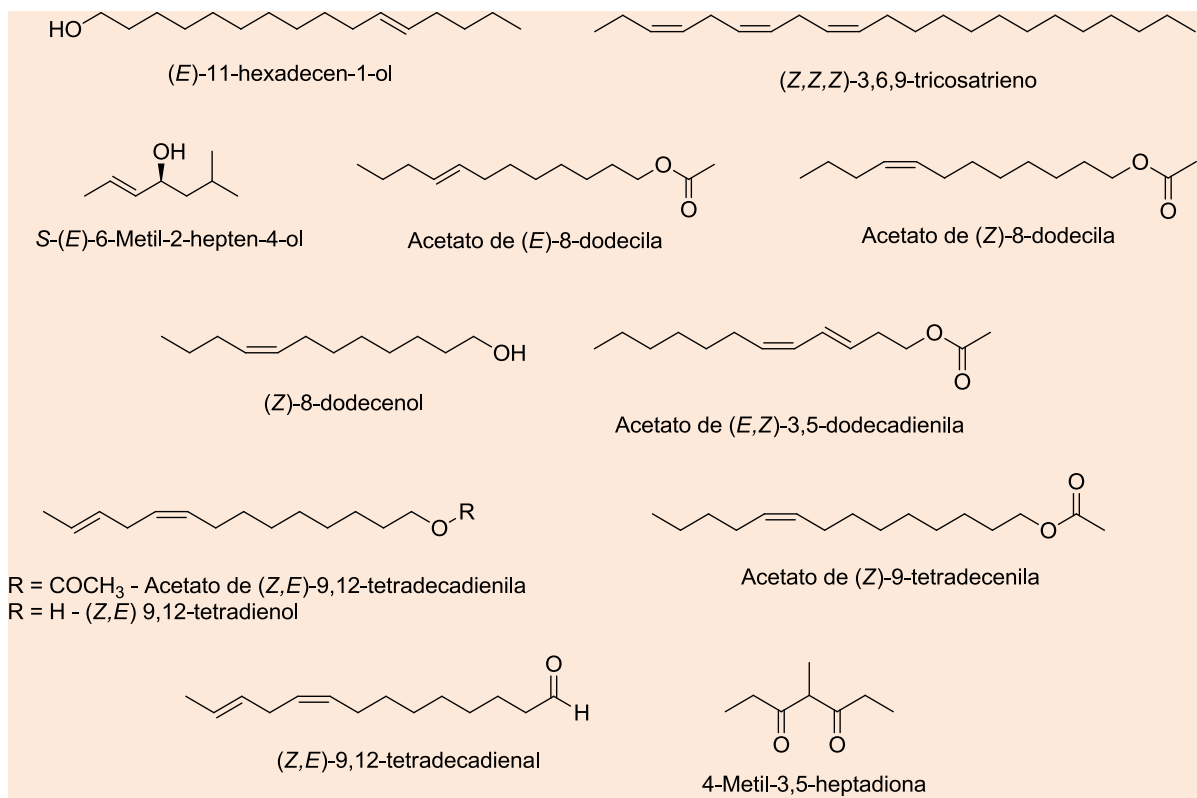


Figura 2. Exemplos de feromônios usados nas diferentes estratégias de controle de pragas citadas. (1, 2) *Neoleucinodes elegantalis*; (3) *Rhynchophorus palmarum*; (4, 5, 6, 7) *Bonagota salubricolae*, *Grapholita molesta*; (8, 9, 10, 11) *Plodia interpunctella*; (12) *Sitona lineatus*

Os insetos usam os feromônios sexuais para se comunicarem para a cópula. A saturação da cultura com o feromônio sintético pode quebrar a comunicação química e assim impedir o acasalamento. Assim a técnica de impedir o acasalamento, tornou-se a aplicação mais comumente utilizada dos semioquímicos para o controle de populações de insetos,²⁴⁻²⁶ diferentemente da coleta massal, onde, para ser efetivo, o feromônio natural não é utilizado para impedir o acasalamento e sim para a coleta visando a redução da população. Uma mistura de feromônios, moléculas atrativas e não atrativas, são usadas uma vez que as misturas podem resultar na redução de custos.^{20,27,28} Sinais negativos incluindo os feromônios de antiagregação têm sido combinados com atraentes nas técnicas de *push-pull*.^{29,30}

O uso comercial ou em larga escala da técnica de ruptura do acasalamento dos insetos tornou-se possível somente após a

realização de síntese em escala comercial, no final dos anos de 1980. Como um guia geral, a aplicação de 10 g e 100 g por ha por estação do ano é necessária para se alcançar a ruptura do acasalamento, a concentração aérea resultante é de no mínimo de 1ng/m³.^{20,31}

Nas abordagens de uso de feromônios existe a necessidade de dispositivos que os liberem com cinética lenta e por longos períodos,^{32,33} pois, diferente dos inseticidas, projetados para matar por contato ou por ingestão por uma única aplicação, sistemas de liberação de feromônios devem permitir uma liberação constante e adequada durante toda a estação de crescimento, enquanto insetos adultos estão presentes³⁴. Assim, as condições ideais para a liberação são:

1) A cinética de emissão deve ser de ordem zero, ou seja, a velocidade da liberação não deve variar em função da concentração de feromônio; e deve ser

próxima da velocidade ótima que depende das condições do campo, da intensidade da praga, e do tipo de tratamento que está sendo empregado;

2) O liberador deve ser adaptável de forma que atenda às necessidades do feromônio em relação ao tipo de tratamento e condições climáticas (deve ser resistente à oxidação, à umidade, aos raios UV, à temperatura, entre outros fatores);³³

3) A liberação dos componentes de um feromônio deve ser exata e proporcional, isto

porque grande parte dos feromônios são misturas complexas de compostos, que frequentemente tem diferentes volatilidades, e devem ser emitidos em proporções adequadas durante o tratamento;

4) O liberador de feromônio deve ser biodegradável.^{32,35}

Conforme visto na figura 3, a aplicação comercial de um feromônio exige uma série de procedimentos, que serão detalhados a seguir:

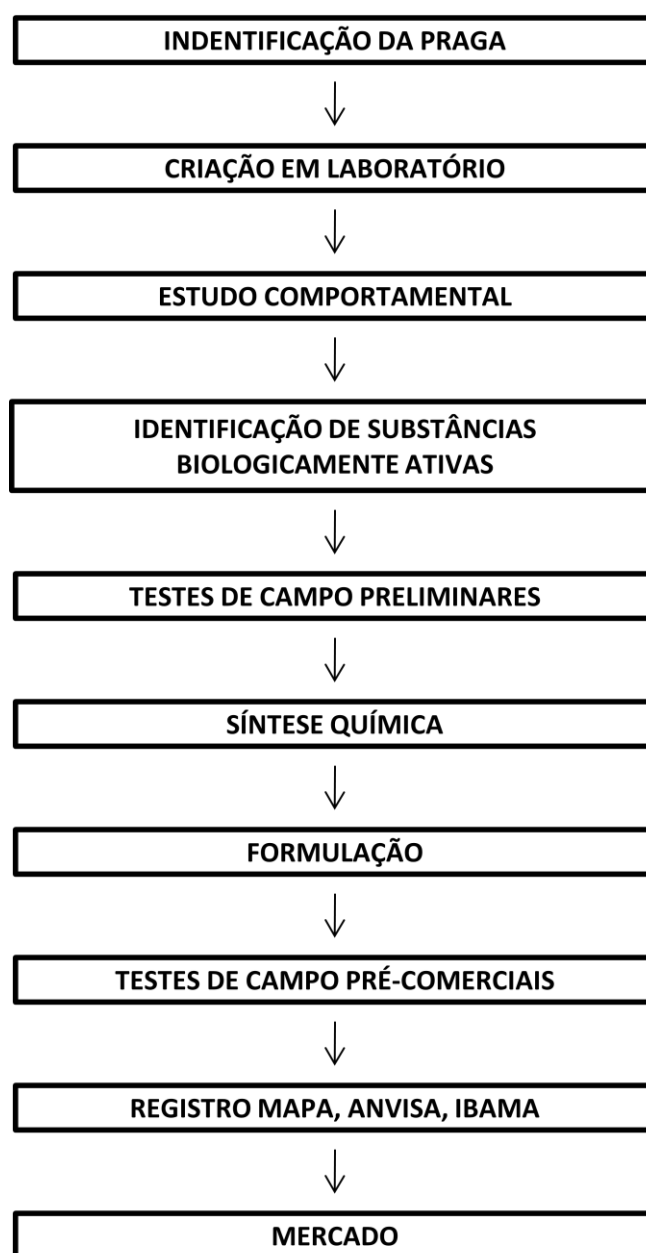


Figura 3. Esquema para aplicação comercial de feromônios

✓ **Identificação da Praga:** a primeira etapa é a correta identificação da praga.

✓ **Criação em Laboratório:** o próximo passo consiste no desenvolvimento de uma dieta artificial que permita que a praga seja continuamente mantida no laboratório.

✓ **Estudo Comportamental:** estágios de desenvolvimento da praga, o seu número de ínstares, sobrevivência e duração do ovo, larva e pupa, bem como a longevidade de adultos e sua postura de ovos, tempo de vida, fertilidade, além de caracterização do dimorfismo sexual de larvas, pupas e adultos.

✓ **Testes de Campo Preliminares:** investigação dos fatores que afetam as populações da praga, em condições de campo.

✓ **Identificação de Substâncias**

Biologicamente Ativas: Utilização de cromatografia gasosa, cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas e eletroantenograma.

✓ **Síntese Química:** escolha de uma síntese viável economicamente e que seja capaz de produzir o produto químico em quantidade comercial.

✓ **Formulação:** escolha do liberador correto e determinação das condições necessárias para não degradação da molécula.

✓ **Testes de Campo Pré-Comerciais:** área de influência, dosagem, período de atração, nível de controle, dispensadores etc.

Registro do MAPA, ANVISA e IBAMA: como exemplificado abaixo (Figura 4):

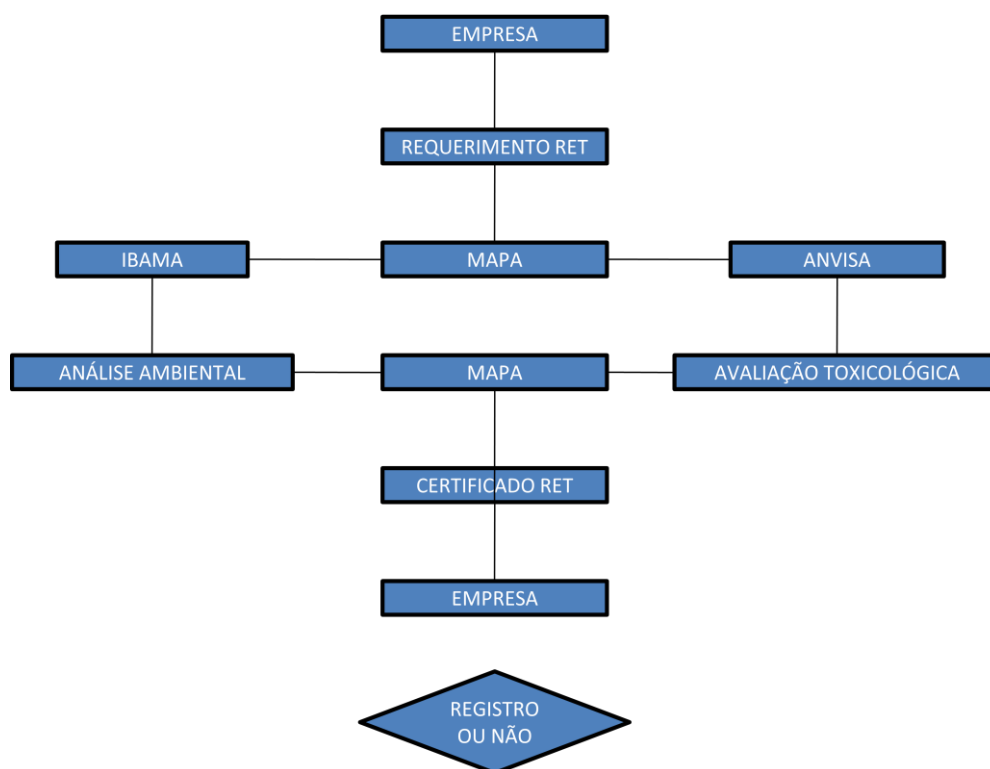


Figura 4. Fluxograma para registro de produtos agrotóxicos no Brasil

Desde a publicação da Lei de Agrotóxicos e de seus decretos regulamentadores, inovações interessantes a respeito do registro de produtos como os feromônios,

considerados produtos de baixa toxicidade e periculosidade, frente aos agrotóxicos convencionais, vêm se destacando. Como exemplo, no caso dos Semioquímicos

(feromônios), pode-se mencionar a isenção das taxas de RET (Registro Especial Temporário) cobradas no IBAMA, a não destruição das áreas utilizadas para a experimentação com produtos que não entram em contato com as culturas ou com o solo, como é o caso das armadilhas com feromônios. Além disso, a retirada da caveira com as tíbias cruzadas (produto tóxico) na faixa dos pictogramas constantes dos rótulos

e bulas foi um dos maiores avanços da legislação até esta data.

Mercado: Atualmente, no Brasil, existem 21 feromônios (anteriormente registrados apenas como feromônio) e 24 feromônios sintéticos registrados³⁶, como mostra a Tabela 1, sendo que apenas uma empresa é detentora do registro de 14 deles, e os outros estão distribuídos por outras 5 (tabela 2).

Tabela 2. Produtos comerciais, pragas-alvo, cultura, formulação, finalidade e empresas³⁶

| Produto | Praga-alvo | Cultura | Liberador | Finalidade | Empresa |
|--|---|--|---------------------------------------|--|--------------|
| 1-Bio Bonagota | Lagarta enroladeira de folhas (<i>Bonagota cranaodes</i>) | Maçã | Septo de borracha | Monitoramento | Bio Controle |
| 2-Bio Broca | Broca do café (<i>Hypothenemus hampei</i>) | Café | Sache de plástico | Monitoramento / Controle massal | Bio Controle |
| 3-BioCeratitis 4-BioTrimedilure | Mosca das frutas (<i>Ceratitidis capitata</i>) | Citros, Goiaba, Manga, Mamão e Pêssego | Plug de borracha / sache de plástico | Monitoramento | Bio Controle |
| 5-BioCydia | Bicho da maçã (<i>Cydia pomonella</i>) | Maçã | Septo de borracha | Monitoramento | Bio Controle |
| 6-BioGrapholita 7-Biolita | Mariposa-oriental (<i>Grapholita molesta</i>) | Maçã e Pêssego | Septo de borracha / sache de plástico | Monitoramento populacional / controle populacional | Bio Controle |
| 8-BioMea | Traça da batatinha, Cegadeira (<i>Phthorimaea operculella</i>) | Batata, Tomate, Fumo, Berinjela e Pimentão | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 9-BioNeo | Broca pequena do tomateiro (<i>Neoleucinodeselegantis</i>) | Tomate, Berinjela e Pimentão | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Bio Controle |

| | | | | | |
|------------------------------|---|--|---------------------|--|--------------|
| 10-Bio Pectinophora | Lagarta-rosada (<i>Pectinophora gossypiella</i>) | Algodão | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 11-Bio Plutella | Traça das crucíferas (<i>Plutella xylostella</i>) | Brócolis, Couve ou Repolho | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 12-Bio Serrico | Bicho do fumo (<i>Lasioderma serricorne</i>) | Fumo armazenado | Pastilhas Fibrosas | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 13-Bio Spodoptera | Lagarta do cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>) | Algodão, amendoim, arroz, batata, cana-de-açúcar, milho, pastagens, soja sorgo, tomate e trigo | Sache de plástico | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 14-Bio Tribolium | Besouro-castanho (<i>Tribolium castaneum</i>) | Armazenados de grãos e cereais | Pastilhas | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 15-Bio Tuta | Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>) | Tomate | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 16-Bio Cosmolure | Moleque da bananeira (<i>Cosmopolites sordidus</i>) | Banana | Sache de plástico | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 17-Bio Gachon | Traças (<i>Ephestia cautella</i> , <i>Ephestia elutella</i> e <i>Plodiainter punctella</i>) | Armazenados de grãos de cereais e seus subprodutos. | Pastilhas Fibrosas | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 18-Bio Luretape BW-10 | Bicudo do algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i>) | Algodão | Pastilhas plásticas | Monitoramento populacional | Bio Controle |
| 19-Bio Migdo | Broca da cana (<i>Migdolus fryanus</i>) | Cana-de-açúcar | Pellets de plástico | Monitoramento populacional/Coleta massal | Bio Controle |

| | | | | | |
|--|--|--|----------------------|--|-------------------------|
| 20-RMD-1 | Broca do olho do coqueiro (<i>Rhynchophorus palmarum</i>) | Coco e Dendê | Sache de plástico | Monitoramento populacional / coleta massal | Bio Controle |
| 21-Rincoforol | Broca do olho do coqueiro (<i>Rhynchophorus palmarum</i>) | Coco e Dendê | Sache tipo Eppendorf | Monitoramento populacional / coleta massal | Interacta Química Ltda. |
| 22-Ferocitrus Furão | Bicho furão (<i>Ecdytolopha aurantiana</i>) | Citrus | Pellets de plástico | Monitoramento | Coopercitrus |
| 23-Splat Grafo Bona | Lagarta enroladeira da folha (<i>Bonagota cranaodes</i>) | Maçã | Septo de borracha | Disruptura de Acasalamento | Isca Tec |
| 24-Splat Cida Grafo Bona ; | | | Septo de borracha | Disruptura de Acasalamento | |
| 25-Iscaleure Bonagota | | | Septo de borracha | Disruptura de Acasalamento | |
| 26-Iscaleure Tuta | Traça do tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>) | Tomate | Septo de borracha | Controle massal | Isca Tec |
| 27-Feromônio Platô p/ Lagarta militar | Lagarta do cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>) | Algodão, amendoim, arroz, batata, cana-de-açúcar, milho, pastagens, soja sorgo, tomate e trigo | Septo de borracha | Coleta massal | Plato |
| 28-Iscaleure Grafolita | Mariposa-oriental (<i>Grapholita molesta</i>) | Maçã e pêssego | Septo de borracha | Monitoramento | Isca Tec |
| 30-Splat Grafo | | | | | |
| 29-Iscaleure lasiCydia | Bicho da maçã (<i>Cydia pomonella</i>) | Maçã | Septo de borracha | Monitoramento | Isca tec. |
| 30-Feromônio Platô p/ Lagarta Rosada | Lagarta-rosada (<i>Pectinophora gossypiella</i>) | Algodão | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Plato |

| | | | | | |
|--|---|---|-------------------|----------------------------|---------------|
| 31-PB-Rope-L | Bicudo do algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i>) | Algodão | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Iharabras |
| 32-Feromônio Platô p/ Bicudo do Algodão | Bicudo do algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i>) | Algodão | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Plato |
| 33-Monitrap | Bicho do fumo (<i>Lasioderma serricorne</i>) | Fumo armazenado | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Casa Bernardo |
| 34-Serricornin Fersol | Bicho do fumo (<i>Lasioderma serricorne</i>) | Fumo armazenado | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Fersol |
| 35-Isalure TML Plug | Mosca das frutas (<i>Ceratitidis capitata</i>) | Citros, Goiaba, Manga, Mamão e Pêssego | Septo de borracha | Monitoramento populacional | Isca Tec. |
| 36-Cetro | Mariposa-oriental (<i>Grapholita molesta</i>) | Maçã e pêssego | Pastilha | Monitoramento populacional | BASF |
| 37 – Bio Bicudo | Bicudo do algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i>) | Algodão | Sache | Monitoramento | Bio Controle |
| 38 – Bio BM | Bicho mineiro do café (<i>Leucoptera coffeella</i>) | Café | Pastilha | Monitoramento | Bio Controle |
| 39 - BioCarambolae | Mosca da carambola (<i>Bactrocera carambolae</i>) | Carambola, citros, goiaba, jambo, manga | Septo de borracha | Monitoramento | Bio Controle |
| 40 - BioDiabrotica | Larva alfinete (<i>Diabrotica speciosa</i>) | Diversas | Sache | Monitoramento | Bio Controle |
| 41 – BioHelicoverpa | (<i>Helicoverpa spp</i>) | Milho, soja, algodão | Septo de borracha | Monitoramento | Bio Controle |

| | | | | | |
|------------------------------|---|---|-------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 42 - BioPseudo plusia | Lagarta falsa-medideira (<i>Pseudoplusia includens</i>) | Soja, algodão, tomate, batata | Pastilha | Monitoramento | Bio Controle |
| 43 - Iscalure BW 10 | Bicudo do algodoeiro (<i>Anthonomus grandis</i>) | Algodão | Septo de borracha | Monitoramento | Isca Tec. |
| 44 - Lasitrap | Bicho do fumo (<i>Lasioderma serricorne</i>) | Fumo | Pastilha | Controle populacional | Tecnocell Agroflore stal Ltda. |
| 45 - Pectichem | Lagarta-rosada (<i>Pectinophora gossypiella</i>) | Algodão | Septo de borracha | Monitoramento | Bio Controle |
| 46 - Biogenol | Mosca da carambola (<i>Bactrocera carambolae</i>) | Carambola, citros, goiaba, jambo, manga | Sache | Monitoramento | Bio Controle |
| 47 - Splat ME | Mosca da carambola (<i>Bactrocera carambolae</i>) | Carambola, citros, goiaba, jambo, manga | Pasta | Monitoramento | Isca Tec. |

Os compostos químicos liberados para uso como feromônios estão listados na Tabela 3. Alguns são utilizados em conjuntos em misturas feromonais ou isolados. Seu grupamento químico também está indicado.

Tabela 3. Listagem de feromônios em uso, nome comercial, nomenclatura química e função orgânica³⁶

| Nome Comum | Nomenclatura química | Função Orgânica |
|---|--|--------------------|
| ACETATO DE (E)-8-DODECENILA | Acetato de (E)-8-dodecenila | Éster insaturado |
| (E)-8-DODECENOL | (E)-8-Dodecenol | Álcool Insaturado |
| GRANDLURE I | (1R,2S)-1-Metil-2-(1-metiletetil)ciclobutano etanol: | Álcool alifático |
| GRANDLURE II | (Z)-2-(3,3-Dimetilciclohexilideno)etanol | Álcool alifático |
| GRANDLURE III | (E)-(3,3-Dimetilciclohexilideno)acetaldeído | Aldeído alifático |
| GRANDLURE IV | (Z)-(3,3-Dimetilciclohexilideno)acetaldeído | Aldeído alifático |
| ACETATO DE (E,Z)-4,7-TRIDECADIENILA | Acetato de (E,Z)-4,7-tridecadienila | Éster insaturado |
| ACETATO DE (E,Z,Z)-4,7,10-TRIDECADIENILA | Acetato de (E,Z,Z)-4,7,10-tridecadienila | Éster insaturado |
| (Z)-11-HEXADECENAL | (Z)-11-Hexadecenal | Aldeído insaturado |
| (Z)-9-HEXADECENAL | (Z)-9-Hexadecenal | Aldeído insaturado |

| | | |
|---|--|---------------------------|
| (Z,Z,Z)-3,6,9-TRICOSATRIENO | (Z,Z,Z)-3,6,9-tricosatrieno | Hidrocarboneto insaturado |
| ACETATO DE (E,Z)-3,5-DODECADIENILA | Acetato de (E,Z)-3,5-dodecadienila | Éster insaturado |
| ACETATO DE (Z)-11-HEXADECENILA | Acetato de (Z)-11-hexadecenila | Éster insaturado |
| (Z)-13-OCTADECENA | (Z)-13-octadecenal | Aldeído insaturado |
| ACETATO DE (Z)-8-DODECENILA | Acetato de (Z)-8-dodecenila | Éster insaturado |
| ACETATO DE (Z)-9-DODECENILA | Acetato de (Z)-9-dodecenila | Éster insaturado |
| (Z)-8-DODECENOL | (Z)-8-dodecenol | Álcool alifático |
| ÁLCOOL LAURÍLICO | 1-Dodecanol | Álcool alifático |
| ETANOL-METANOL | Etanol-metanol | Álcool saturado |
| 4,8-DIMETILDECANAL | 4,8-Dimetildecanal | Aldeído insaturado |
| METILEUGENOL | 1,2-Dimetóxi-4-(2-propenil)benzeno | Éter aromático |
| ACETATO DE (Z)-7-DODECENILA | Acetato de (Z)-7-dodecenila | Éster insaturado |
| RINCOFOROL | 6-Metil-2(E)-hepten-4-ol | Álcool alifático |
| SORDIDINA | 2,8-Dióxi-1-etil-3,5,7-trimetilbicyclo[3.2.1]octano | Cetal bicíclico |
| 5,9-DIMETILPENTADECANO | 5,9-Dimetilpentadecano | Hidrocarboneto |
| ACETATO DE (Z)-11-HEXADECENILA | Acetato de (Z)-11-hexadecenila | Éster insaturado |
| N-2-S-METILBUTIL-2-METILBUTILAMIDA | N-2S-metilbutil-2-metilbutilamida | Amida |
| ACETATO DE (E,Z)-3,8-TETRADECADIENILA | Acetato de (E,Z)-3,8-tetradecadienila | Éster insaturado |
| ACETATO DE (E)-8-DODECENILA | Acetato de (E)-8-dodecenila | Éster insaturado |
| ACETATO DE (Z,E)-9-12-TETRADECADIENILA | Acetato de (Z,E)-9-12-tetradecadienila | Éster insaturado |
| CODLELURE | (8E,10E)-Dodeca-8,10-dien-1-ol | Álcool insaturado |
| SERRICORNIN | 4,6-Dimetil-7-hidroxinonan-3-ona | Cetona alifática |
| GOSSIPLURE | Acetato de (Z,E)-7,11-hexadecadienila | Éster insaturado |
| TRIMEDLURE | Carboxilato de <i>t</i> -butil-2-metil-4-clorocicloexano | Éster saturado |
| 1,4-DIMETOXIBENZENO | 1,4-Dimetoxibenzeno | Éter aromático |

Poucas indústrias químicas convencionais têm investido em feromônios, parte disso devido à alta especificidade do produto (atende ao controle de uma praga) e parte devido à complexidade química das moléculas de feromônios. O mercado é formado por empresas de pequeno porte, em sua maioria “spin-offs” resultantes de laboratórios de pesquisas ou de pessoas provenientes deles (algumas pertencentes a Universidades), especializadas em um nicho específico de produto, e que têm flexibilidade e despesas gerais mais baixas, podendo fazer seus investimentos em semioquímicos.

3. Desafios e perspectivas

O sucesso da agricultura moderna é devido, em parte, à adoção dos produtos químicos no controle de pragas. Hoje se sabe que o grande aumento da produção agrícola alcançado na chamada “revolução verde” não teria sido possível sem a contribuição destes inseticidas verdes naturais/sintéticos. Com a abundância de alimentos nos países desenvolvidos foi eliminada de certa forma a preocupação com o acesso aos alimentos, no entanto a preocupação volta agora com respeito à qualidade do produto ofertado ao consumidor em relação a resíduos de pesticidas e outros. Isto tem trazido experiências novas para o controle integrado de pragas com compostos naturais bioativos que são usados diretamente ou são derivatizados para o uso como pesticidas como uma alternativa aos compostos sintéticos, inclusive na agricultura orgânica³⁷. Esta também é a oportunidade para o uso dos feromônios e outros semioquímicos no manejo estratégico de pragas, mesmo com as dificuldades da síntese em contar com produtos de partida de preço acessível e qualidade desejada o que vem obstruindo a produção comercial dos feromônios.

Não se pode perder de vista que há um forte sistema de produção de insumos ligados aos defensivos agrícolas, movimentando, no País, algo em torno de 2,5

bilhões de dólares, gerando, conseqüentemente, milhares de empregos. Considerando que o controle por semioquímicos tem inúmeras interfaces ligadas ao agronegócio, o mesmo necessita evidenciar, com clareza, o seu potencial como gerador de riquezas e de empregos, além, é claro, dos aspectos de não agressão ambiental. Neste particular, as tendências econômicas apresentam o Brasil como excepcional mercado para a expansão do consumo de defensivos agrícolas, o que exigirá esforços redobrados para consolidar o Manejo Integrado de Pragas (MIP). A pesquisa por novas alternativas para o controle de pragas tem se intensificado e a busca por moléculas com uma atividade inseticida mais seletiva, com menor toxicidade ao ambiente e as espécies não alvo e ao homem têm sido priorizadas. Alguns compostos considerados “ambientalmente mais amigos” como os neonicotinoides, piretroides e reguladores de crescimento de insetos têm sido introduzidos no mercado.

A Ecologia Química evoluiu substancialmente em várias partes do globo como na Europa, América do Norte e Ásia, nas mais diferentes vertentes, incluindo neuroetologia de insetos, ecologia comportamental, bioquímica de insetos e plantas, química de síntese de produtos naturais, e tecnologias para aplicação de semioquímicos na agricultura, esta última sempre sob a égide de patentes e informações geradas por empresas que não são divulgadas no meio científico. No Brasil, houve progresso com a ajuda de grandes centros internacionais, e por certo, estas colaborações continuarão a ser desenvolvidas. No entanto, as dificuldades geradas quanto ao transporte de insetos entre continentes, barreiras fitossanitárias, entre outros, determinam que este tipo de conhecimento seja gerado aqui, em nossas condições e para que isto aconteça uma rede, unindo esforços de equipes já constituídas, certamente reverterá em bases mais sólidas e adequadas ao controle dos problemas entomológicos do Brasil.

As cadeias produtivas de alimentos, biocombustíveis, madeira e de *commodities* de exportação como soja, laranja, café e outros necessitam de inovações que podem vir da Ecologia Química, como no caso de alternativas para o controle de pragas. Também na saúde pública, suas contribuições podem ser muito relevantes para a solução de sérios problemas como o do monitoramento e controle de insetos vetores de doenças ao homem e aos animais domésticos, como o *Aedes aegypti* e o *Culex quinquefasciatus*, vetores de doenças como a dengue e a filaríose.

Estratégias inovadoras para a proteção de colheitas são necessárias para tornar a agricultura mais eficiente em termos de recursos (terra, água, energia, nutrientes), reduzindo o desperdício. Estas serão imprescindíveis para vencer os desafios listados na Declaração de Kavli (2013).

Referências Bibliográficas

- ¹ Poppy, G. M.; Jepson, P. C.; Pickett, J. A.; Birkett, M. A. Achieving food and environmental security: new approaches to close the gap. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **2014**, *369*, 20120272. [CrossRef]
- ² Arn, H. Em Behavior-modifying chemicals for insect management: applications of pheromones and other attractants; Ridgway, R. L.; Silverstein, R. M.; Inscoc, M. N. eds.; Marcel Dekker: New York, 1990.
- ³ Beddington J. 2009 Food, energy, water and the climate: a perfect storm of global events? Sustainable Development UK Annual Conf., London, 2009. [Link]
- ⁴ Zarbin, P. H. G.; Rodrigues, M. A. C. M.; Lima, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. *Química Nova* **2009**, *32*, 722. [CrossRef]
- ⁵ Gartlan, G.; Abreu, K. D. The global power of Brazilian agribusiness. *Economist Intelligence Unit Limited* **2010**, *1*. [Link]
- ⁶ Sítio do MAPA. Disponível em: <<http://sidonet.planejamento.gov.br/docs/cadacao/cadacao2009/downloads/1156.PDF>>. Acesso em: 26 maio 2013.
- ⁷ Neves, M. F.; Lazzarini, S.G.; Machado Filho, C. A. P. *Resumos do Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, Natal, Brasil, 1997.
- ⁸ Lopez, O.; Fernandez-Bolanos, J. G.; Gil, M. V. New trends in pest control: the search for greener insecticides. *Green Chemistry* **2009**, *7*, 431. [CrossRef]
- ⁹ Shani, A. Chemical communication agents (pheromones) in integrated pest management. *Drug Development Research* **2000**, *50*, 400. [CrossRef]
- ¹⁰ Witzgall, P.; Kirsch, P.; Cork, A. Sex Pheromones and Their Impact on Pest Management. *Journal of Chemical Ecology* **2010**, *36*, 80. [CrossRef]
- ¹¹ Moreira, M. A. B.; Zarbin, P. H. G.; Coracini, M. D. A. Feromônios associados aos coleópteros-praga de produtos armazenados. *Química Nova* **2005**, *28*, 472. [CrossRef]
- ¹² Benvenga, S. R.; Bortoli, S. A.; Gravena, S.; Barbosa, J. C. Monitoramento da broca-pequena-do-fruto para tomada de decisão de controle em tomateiro estaqueado. *Horticultura Brasileira* **2010**, *28*, 435. [CrossRef]
- ¹³ Macaulay, E. D. M.; Etheridge, P.; Garthwaite, D. G.; Greenway, A. R.; Wall, C.; Goodchild, R. E. Prediction of optimum spraying dates against pea moth, *Cydia nigricana* (F.), using pheromone traps and temperature measurements. *Crop Protection* **1985**, *4*, 85. [CrossRef]
- ¹⁴ Bartelt, R.J.; Weisleder, D.; Dowd, P.F.; Plattner, R.D. Male-specific tetraene and triene hydrocarbons of *Carpophilus hemipterus*: structure and pheromonal activity *Journal of Chemical Ecology* **1992**, *18*, 379. [CrossRef]
- ¹⁵ Bengtsson, M.; Karg, G.; Kirsch, P. A.; Löfqvist, J.; Sauer, A.; Witzgall, P. Mating disruption of pea moth *Cydia nigricana* F. (Lepidoptera: Tortricidae) by a repellent blend of sex pheromone and attraction inhibitors.

- Journal of Chemical Ecology* **1994**, *20*, 871. [[CrossRef](#)]
- ¹⁶ Witzgall, P.; Bengtsson, M.; Karg, G.; Bäckman, A. C.; Streinz, L.; Kirsch, P. A.; Blum, Z.; Löfqvist, J. Behavioral observations and measurements of aerial pheromone in a mating disruption trial against pea moth *Cydia nigricana* F. (Lepidoptera, Tortricidae). *Journal of Chemical Ecology* **1996**, *22*, 191. [[CrossRef](#)]
- ¹⁷ Howse, P.; Stevens, J. M.; Jones, O. *Insect Pheromones and Their Use in Pest Management*, Chapman & Hall: Londres, 1998.
- ¹⁸ Navarro, D. M. A. F.; Murta, M. M.; Duarte, A. G.; Lima, I. S.; Nascimento, R. R.; Sant'ana, A. E. G. Aspectos práticos relacionados ao uso do rincoforol, o feromônio de agregação da broca-do-olho-do-coqueiro *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) no controle de pragas do coqueiro. Análise de sua eficiência em campo. *Química Nova* **2002**, *25*, 32. [[CrossRef](#)]
- ¹⁹ Pastori, P. L.; Arioli, C. J.; Botton, M.; Monteiro, L. B.; Stoltman, L.; Mafra-Neto, A. Integrated control of two tortricid (Lepidoptera) pests in apple orchards with sex pheromones and insecticides. *Revista Colombiana Entomologia* **2012**, *38*, 224. [[Link](#)]
- ²⁰ Ryne, C.; Svensson, G. P.; Löfstedt, C. Mating disruption of *Plodia interpunctella* in small-scale plots: effects of pheromone blend, emission rates, and population density. *Journal of Chemical Ecology* **2001**, *27*, 2109. [[CrossRef](#)]
- ²¹ Cook, S. M.; Khan, Z. R.; Pickett, J. A. The use of push-pull strategies in integrated pest management. *Annual Review of Entomology* **2007**, *52*, 375. [[CrossRef](#)]
- ²² Smart, L. E.; Blight, M. M.; Pickett, J. A.; Pye, B. J. Development of field strategies incorporating semiochemicals for the control of the pea and bean weevil, *Sitona lineatus* L. *Crop Protection* **1994**, *13*, 127. [[CrossRef](#)]
- ²³ Khan, Z. R.; Midega, C. A. O.; Pittchar, J. O.; Murage, A. W.; Birkett, M. A.; Bruce, T. J.A.; Pickett, J. A. Achieving food security for one million sub-Saharan African poor through push-pull innovation by 2020. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **2014**, *369*, 20120284. [[CrossRef](#)]
- ²⁴ Baker, T. C.; Heath, J. J. Pheromones: function and use in insect control. *Comprehensive Molecular Insect Science* **2005**, *6*, 407. [[CrossRef](#)]
- ²⁵ Witzgall, P.; Stelinski, L.; Gut, L.; Thomson, D. Codling moth management and chemical ecology. *Annual Review of Entomology* **2008**, *53*, 503. [[CrossRef](#)]
- ²⁶ Rhainds, M.; Kettela, E.G.; Silk, P.J. Thirty-five years of pheromone-based mating disruption studies with *Choristoneura fumiferana* (Clemens) (Lepidoptera: Tortricidae). *Canadian Entomology* **2012**, *144*, 379. [[CrossRef](#)]
- ²⁷ Cork, A.; De Souza, K.; Krishnaiah, K.; Kumar, D. V. S. S. R.; Reddy, A. A.; Casagrande, E. Control of yellow stem borer, *Scirpophaga incertulas* (Lepidoptera: Pyralidae) by mating disruption on rice in India: effect of unnatural pheromone blends and application time on efficacy. *Bulletin Entomological Research* **1996**, *86*, 515. [[CrossRef](#)]
- ²⁸ Stelinski, L. L.; Miller, J. R.; Rogers, M. E. Mating disruption of citrus leafminer mediated by a noncompetitive mechanism at a remarkably low pheromone release rate. *Journal of Chemical Ecology* **2008**, *34*, 1107. [[CrossRef](#)]
- ²⁹ Borden, J. H. Em *Insect Pheromone Research*; Carde, R. T.; Minks, A. K. eds.; Chapman & Hall: New York, 1997, 421. [[CrossRef](#)]
- ³⁰ Schlyter, F.; Birgersson, G. Em Pheromones of non-lepidopteran insects associated with agricultural plants; Hardie, R. J.; Minks, A. K., eds.; Wallingford: CAB International, 1999, 113.
- ³¹ Cork, A.; Souza, K.; Halla, D. R.; Jonesc, O. T.; Casagrande, E.; Krishnaiah, K.; Syede, Z. Development of PVC-resin-controlled release formulation for pheromones and use in mating disruption of yellow rice stem borer, *Scirpophaga incertulas*. *Crop Protection* **2008**, *27*, 248. [[CrossRef](#)]
- ³² Stipanovic, A. J.; Hennessy, P. J.; Webster, F. X.; Takahashi, Y. Microparticle dispensers for the controlled release of insect

pheromones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2004**, *52*, 2308. [CrossRef]

³³ Zada, A.; Falach, L.; Byers, J. A. Development of sol-gel formulations for slow release of pheromones. *Chemoecology* **2009**, *19*, 37. [CrossRef]

³⁴ Tomaszewska, E.; Hebert, V. R.; Brunner, J. F.; Jones, V. P.; Doerr, M.; Hilton, R. Evaluation of pheromone release from commercial mating disruption dispensers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2005**, *53*, 2399. [CrossRef]

³⁵ Muñoz-Pallares, A.; Corma, J. P.; Primo-Yufera, E. Zeolites as pheromone dispensers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **2001**, *49*, 4801. [CrossRef]

³⁶ Sítio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 15 fevereiro 2014.

³⁷ Dayan, F.E.; Cantrell, C.L.; Duke, S.O. Natural products in crop protection. *Bioorganic and Medicinal Chemistry* **2009**, *17*, 4022. [CrossRef]