

# ATRAENTES E REPELENTES PARA ADULTOS DE DIPTERA E LEPIDOPTERA

## ATTRACTIVE AND REPELLENT FOR DIPTERA AND LEPIDOPTERA ADULTS

Paulo Henrique de Almeida Cartaxo<sup>I</sup> 

João Paulo de Oliveira Santos<sup>II</sup> 

Gleidyane Novais Lopes<sup>III</sup> 

Jacinto de Luna Batista<sup>IV</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia, PB, Brasil.  
Doutorando em Agronomia.  
E-mail: paulohenriquecartaxo@gmail.com

<sup>II</sup> Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia, PB, Brasil.  
Doutorando em Agronomia.  
E-mail: jpauloos04@gmail.com

<sup>III</sup> Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia, PB, Brasil.  
Doutora em Ciências. E-mail: gnlopesm@hotmail.com

<sup>IV</sup> Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Areia, PB, Brasil.  
Doutor em Agronomia. E-mail: jacinto@cca.ufpb.br

**Resumo:** As ordens Diptera e Lepidoptera apresentam diversas espécies que possuem elevado potencial de causarem danos as culturas agrícolas, esses insetos-praga são responsáveis por perdas anuais bilionárias na agricultura mundial. Assim, estratégias para seu controle se fazem necessárias, principalmente as pautadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Nesse sentido, essa pesquisa busca revisar os principais métodos de atração e repelência de insetos adultos de Diptera e Lepidoptera, assim como sua aplicação no MIP. Três atrativos (Feromônios, Atrativos Alimentares e Luzes) e dois repelentes (Feromônios de Confundimento e Óleos Essenciais) foram identificados como sendo utilizados, ou com potencial de utilização, de forma sólida em programas de MIP, principalmente associados ao uso de armadilhas, que podem ser para captura em massa ou para atração e morte. Ainda, a exemplo dos feromônios de confundimento, podem ser utilizados para interrupção de acasalamento, notadamente em algumas espécies de lepidópteros. De modo geral, grande parte dos atrativos e repelentes levantados, apresentam modo de atuação relacionados a aspectos biológicos dessas pragas, principalmente associados a reprodução. Esses atrativos e repelentes podem ser empregados em diferentes situações no MIP, com potencial obtenção de resultados promissores; a escolha destes deve ser pautada no melhor custo benefício, observando-se os aspectos econômicos e ambientais.

**Palavras-chave:** Manejo integrado de pragas. Monitoramento. Supressão.

**Abstract:** The orders Diptera and Lepidoptera present several species that have a high potential to cause damage to agricultural crops, these pest insects are responsible for annual billion-dollar losses in world agriculture. Thus, strategies for its control are necessary, especially those based on Integrated Pest Management (IPM). In this sense, this research seeks to review the main methods of attraction and repellency of adult insects of Diptera and Lepidoptera, as well as their application in IPM. Three attractions (Pheromones, Food Attractions and Lights) and two repellents

DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v19i39.949>

Submissão: 05-01-2023

Aceite: 05-04-2023



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

(Confounding Pheromones and Essential Oils) were identified as being used, or with potential for use, in solid form in IPM programs, mainly associated with the use of traps, which can be for mass capture or for attraction and death. Still, like confounding pheromones, they can be used for mating interruption, notably in some species of lepidoptera. In general, most of the attractants and repellents raised, have a mode of action related to biological aspects of these pests, mainly associated with reproduction. These attractions and repellents can be used in different situations in the IPM, with the potential to obtain promising results; the choice of these should be based on the best cost benefit, observing the economic and environmental aspects.

**Keywords:** Integrated pest management. Monitoring. Suppression.

## Introdução

Os insetos são a maior classe do subfilo Hexapoda (STORK, 2018). A classe Insecta abriga o maior grupo de animais do mundo, essa elevada biodiversidade coloca a classe Insecta como detentora de 80% de todas as espécies do reino animal, o que implica dizer que somente Insecta detém mais espécies do que de todas as outras espécies contidas nas outras classes de animais juntas (PREMALATHA *et al.*, 2011). Mais de 1 milhão de espécies de insetos já foram identificadas, no entanto, estima-se que cerca de 80% das espécies ainda são desconhecidas pela ciência, o que indica, que globalmente, existem aproximadamente 5,5 milhões de espécies dessa classe (STORK, 2018).

Aproximadamente 0,5% dos integrantes da classe Insecta apresentam potencial de ameaça para as atividades humanas, recebendo o status de pragas; desses, os insetos-praga que atacam as atividades agrícola são uma restrição importante para atender às demandas globais de alimentos; esses insetos são responsáveis por comprometer os rendimentos potenciais de todas as culturas agrícolas, afetando-as substancialmente devido aos efeitos diretos ou indiretos de sua infestação (MAMTA & RAJAM, 2017).

A obtenção de avaliações precisas das perdas agrícolas causadas por insetos é complexa, uma vez que os danos causados por essas pragas dependem de vários fatores, como as condições ambientais, as espécies de plantas que estão sendo cultivadas, as condições socioeconômicas dos agricultores e o nível de tecnologia utilizada (OLIVEIRA *et al.*, 2014). No entanto, estima-se que os insetos-praga geram perdas anuais de 18 a 20% da produção agrícola mundial, o que representa um montante de US\$ 470 bilhões anuais para esse segmento (SHARMA *et al.*, 2017).

Os principais danos causados por insetos-praga são ocasionados por ações como consumo da seiva das plantas, folhas, caules, raízes ou frutos; ou ainda, podem ser vetores de vírus, bactérias e fungos de importância agrícola (BAKHSH *et al.*, 2015). Esses danos causam perdas econômicas substanciais e se somam aos danos econômicos gerados para o controle dessas pragas (OLIVEIRA *et al.*, 2014) e danos gerados por restrições de exportações de produtos agrícolas, visto muitos insetos-praga serem pragas quarentenárias em diversos países (MARTIN

*et al.*, 2016). Deve-se ainda considerar os impactos ambientais gerados pelo uso de inseticidas no manejo dessas pragas (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Dentro da classe Insecta, a maioria das pragas agrícolas pertence a ordem Lepidoptera, e quase não há plantas cultivadas que são livres de ataque de insetos dessa ordem (MAMTA & RAJAM, 2017). Outra ordem de reconhecida importância econômica por apresentar insetos-praga vorazes, é Díptera, principalmente por muitas de suas espécies serem importantes pragas de frutas e vegetais (VARGAS *et al.*, 2015).

Para lidar com o ataque das pragas dessas ordens, uma estratégia extremamente pertinente é o uso do Manejo Integrado de Pragas (MIP), essa técnica consiste na implementação de uma variedade de métodos de controle de insetos-praga projetados para complementar, reduzir ou substituir a aplicação de inseticidas sintéticos; dessa forma, o MIP incorpora o gerenciamento e a integração simultâneos de diferentes táticas (PRETTY & BHARUCHA, 2015), entre elas, o uso de atraentes (HAFSI *et al.*, 2020) e repelentes (YU *et al.*, 2020) para os insetos dessas ordens.

Nesse sentido, esse trabalho busca revisar os principais métodos de atração e repelência de insetos adultos de Díptera e Lepidoptera, assim como sua aplicação no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

## Metodologia

Essa pesquisa foi produzida a partir de pesquisa bibliográfica, sendo esta conduzida por meio de buscas em artigos científicos nacionais e internacionais, utilizando-se palavras-chave relacionadas a atração e repelência de insetos adultos de Díptera e Lepidoptera. Nesse sentido, adotou-se o método de revisão integrativa, tipo de método que proporciona além da síntese de conhecimento, a incorporação da aplicabilidade prática dos resultados de estudos significativos (SOUZA *et al.*, 2010).

## Resultados e discussão

### *Importância agrícola da ordem Díptera*

A ordem Díptera compreende milhares de espécies de mosquitos, pernilongos, moscas e outros; muitas dessas espécies causam danos econômicos a plantas, animais ou seres humanos através da alimentação direta de suas larvas, ou ainda, por serem transmissores de doenças; dentre as famílias de Díptera que causam prejuízos à agricultura, destacam-se Drosophilidae, Lonchaeidae e Tephritidae (EMAMEH *et al.*, 2015).

A grande maioria das moscas da família Drosophilidae se alimenta de frutas apodrecidas ou outros materiais em decomposição, não apresentando assim, potencial danoso as atividades agrícolas; no entanto, *Drosophila Suzuki* (Matsumura) possui um ovipositor morfológicamente modificado, capaz de perfurar e ovipositar em frutas em processo de amadurecimento, causando assim maciços danos agrícolas (ATALLAH *et al.*, 2014). *Drosophila melanogaster* Meigen também

apresenta capacidade de causar dano econômico a fruticultura, e é uma praga-chave nas lavouras de morangos e cerejas na China (LIN *et al.*, 2014). Recentemente, verificou-se também que *Drosophila subpulchrella* Takamori e Watabe apresenta capacidade de ovipositar em framboesas e cerejas (ATALLAH *et al.*, 2014).

A família Lonchaeidae possui mais de 540 espécies, agrupados em 2 subfamílias (Dasiopinae e Lonchaeinae) e oito gêneros (*Chaetolonchaea* Czerny, *Dasiops* Rondani, *Earomyia* Zetterstedt, *Lamprolonchaea* Bezzi, *Lonchaea* caído, *Neosilba* McAlpine, *Protearomyia* McAlpine, e *Silba* Macquart), essa família apresenta dípteros frugívoros, cujas larvas podem danificar frutas e vegetais, principalmente as espécies dos gêneros *Dasiops* e *Neosilba*, que apresentam importância econômica significativa (LEMOS *et al.*, 2015).

A família Tephritidae, verdadeira mosca-da-fruta, é uma das maiores famílias de Diptera, apresenta mais de 4900 espécies, das quais, mais de 200 são reconhecidamente importantes pragas agrícolas (BARTOLINI *et al.*, 2020) e estão distribuídas globalmente nas regiões tropicais e temperadas, predominantemente agrupadas em cinco gêneros principais: *Anastrepha* Schiner, *Rhagoletis* Loew, *Ceratitis* MacLeay, *Dacus* Fabricius e *Bactrocera* Macquart) (VIRGÍLIO *et al.*, 2014). No Brasil, somente uma das espécies do gênero *Ceratitis*, a mosca-da-fruta do Mediterrâneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann), é responsável por perdas estimadas anuais de US\$ 242 milhões na fruticultura nacional (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

### *Importância agrícola da ordem Lepidoptera*

Lepidoptera se constitui como a segunda maior ordem de Insecta, possuindo cerca de 150.000 espécies no mundo (ANDO & YAMAKAWA, 2011). Inclui animais como borboletas e mariposas, dos quais alguns são grandes pragas de culturas agrícolas; os integrantes dessa ordem são altamente adaptáveis, essas adaptações podem favorecer sua sobrevivência em meio a diferentes perturbações externas, como clima, meio ambiente e escassez de alimentos; esse alto valor adaptativo e suas condições fisiológicas em resposta ao ambiente, beneficiaram os lepidópteros na evolução de múltiplos mecanismos de sobrevivência, os potencializando como importantes insetos-praga (DAWKAR *et al.*, 2013)

As famílias de Lepidoptera que possuem importantes pragas agrícolas, muitas delas quarentenárias, incluem Crambidae, Gelechiidae, Geometridae, Gracillaridae, Lycaenidae, Lymantriidae, Metarbilidae, Noctuidae, Oecophoridae, Pyralidae, Sesiidae e Tortricidae (HALLMAN *et al.*, 2013). No entanto, algumas como Noctuidae (LIU *et al.*, 2016) e Tortricidae (HALLMAN *et al.*, 2013) se destacam por seus impactos econômicos expressivos.

Noctuidae é a maior família da ordem Lepidoptera, com mais de 35.000 espécies conhecidas, distribuídas em mais de 4.200 gêneros; muitos dos insetos da família Noctuidae são pragas de culturas economicamente importantes (LIU *et al.*, 2016). Entre as espécies de inseto-praga importantes dessa família, destacam-se alguns membros do gênero *Helicoverpa* Hardwick, como as mariposas *Helicoverpa armigera*, *Helicoverpa punctigera*, *Helicoverpa assulta*, *Helicoverpa zea* e *Helicoverpa gelotopoeon*, que são grandes pragas agrícolas que ocorrem em várias distribuições globais e muitas vezes se sobrepõem (WALSH *et al.*, 2019). Já o gênero *Spodoptera* Guenée

é um grupo de importância econômica composto por 31 espécies reconhecidas, que engloba várias pragas extremamente vorazes que atacam diversas culturas agrícolas; entre as espécies desse gênero, destaca-se *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) por sua voracidade e capacidade invasiva (RU *et al.*, 2018).

Ainda na família Noctuidae, o gênero *Agrotis* inclui muitas espécies de mariposas que causam danos extensos a várias culturas vegetais, com no mínimo cinco espécies altamente prejudiciais, como *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermuller), *Agrotis flammatrix* Denis & Schiffermuller, *Agrotis interacta* Walker e *Agrotis spinifera* Hubner (VASHISTH *et al.*, 2018). No gênero *Heliothis*, uma espécie consagrada por seus danos a diversas culturas, principalmente algodão e tabaco, é *Heliothis virescens* (BLANCO *et al.*, 2012).

A família Tortricidae possui aproximadamente 10.300 espécies de mariposas descritas, das quais, quase 700 são pragas em potencial de plantas agrícolas, portanto, está entre as principais linhagens de Lepidoptera em termos de riqueza de espécies e importância econômica (ŠÍCHOVÁ *et al.*, 2013).

### *Atrativos usados no manejo dessas ordens*

#### Feromônios de atração

A busca da obtenção de um ambiente agrícola sustentável, assim como a redução da frequência de utilização e de doses de inseticidas químicos, aliados à procura de estratégias de garantia de segurança ambiental, tem estimulado o desenvolvimento de novos métodos de controle de pragas agrícolas, com destaque para a aplicação de métodos biológicos, como os baseados no uso de feromônios, poderosa estratégia alternativa no manejo de pragas (LIU *et al.*, 2020).

Os lepidópteros herbívoros durante as fases larvais usam seus sentidos químicos (olfação e gustação) para escolher sua comida; já na vida adulta, usam esses sentidos para encontrar um companheiro sexual (TERRADO *et al.*, 2019). Feromônios sexuais são secretados pelas fêmeas como uma sugestão química na comunicação de acasalamento, apresentando forte atividade na atração de machos da mesma espécie, assim, a presença de feromônios específicos da espécie impede o cruzamento entre espécies diferentes e desempenha um papel importante no isolamento reprodutivo; nesse sentido, feromônios sintéticos podem ser utilizados com sucesso em sistemas de gerenciamento integrado dessas pragas (ANDO & YAMAKAWA, 2011).

Em algumas espécies de Díptera, principalmente as de importância agrícola, como as da família Tephritidae, o acasalamento é mediado por uma combinação de sinais químicos, acústicos e visuais; nessas espécies os feromônios desempenham um papel fundamental durante a fase de procura de parceiros, sendo produzidos principalmente pelos machos, com a finalidade de afetar o comportamento das fêmeas, atraindo-as para a cópula (BŪDA *et al.*, 2020).

O uso de feromônios no controle de adultos de Díptera e Lepidoptera se dá principalmente associado a armadilhas (ROWLEY *et al.*, 2018; CRUZ-LÓPEZ *et al.*, 2020). A partir dessas estruturas, os feromônios se dispersam no ar na forma de plumas, sendo detectadas por esses

insetos, que seguem contra o vento até a fonte do odor; a estrutura da pluma de feromônios, assim como a capacidade do inseto de chegar até a armadilha, sofrem influência de diversos fatores externos, como a concentração dos feromônios utilizados, velocidade e direção do vento, características da paisagem, e interferência de sinais químicos de outras fontes (ROWLEY *et al.*, 2018).

Essas armadilhas utilizando feromônios podem funcionar de duas formas distintas: para a captura em massa desses insetos, ou para atração e morte (GUERRERO *et al.*, 2014). A técnica de captura em massa utilizando feromônios tem apresentado resultados satisfatórios para diversas espécies de Lepidoptera, como por exemplo, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae) (LIU *et al.*, 2020) e *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) (CRUZ-LÓPEZ *et al.*, 2020). Já para Diptera, essa técnica também é amplamente utilizada, com bons resultados obtidos para muitas espécies, como *Haplodiplosis marginata* (Diptera: Cecidomyiidae) (ROWLEY *et al.*, 2018) e *Rhagoletis batava* (Diptera: Tephritidae) (BŪDA *et al.*, 2020). Nessa técnica, utilizam-se feromônios específicos para a espécie a ser monitorada/controlada, e estes atraem os insetos para as armadilhas onde ficam confinados e morrem; a densidade e eficiência dessas armadilhas e o poder de atração dos feromônios, devem ser satisfatórios para capturar uma quantidade de insetos suficientes para reduzir os danos econômicos dessas pragas na lavoura (GUERRERO *et al.*, 2014).

O uso de feromônios para atração e morte de insetos é uma ação muito utilizada em programas de aniquilação masculina em moscas-das-frutas; nessa técnica, utiliza-se uma combinação de um feromônio atrativo e um agente matador, que são aplicados em uma alta densidade com o objetivo de atrair e matar uma proporção extremamente alta de machos; para *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae), por exemplo, utiliza-se com sucesso a combinação do atrativo masculino metil eugenol em associação com o inseticida espinosade (MANOUKIS *et al.*, 2019). Em Lepidoptera, essa técnica também é utilizada, e mostra resultados satisfatórios para pragas importantes, como *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), uma das mais graves pragas de insetos de produtos armazenado no mundo (CAMPOS & PHILLIPS, 2013).

Os métodos de controle de adultos de Diptera e Lepidoptera baseados no uso de feromônios apresentam várias vantagens; por exemplo, a especificidade dos feromônios sexuais (evitando atingir espécies não alvo), necessidade de doses muito pequenas, não indução de resistência química, além de não apresentarem toxicidade; no entanto, para que alcance um retorno econômico satisfatório e eficaz controle de pragas, o manejo de pragas com utilização de feromônios deve ser aplicado em grandes áreas (LIU *et al.*, 2020). Deve-se ainda se atentar para alguns fatores que interferem na eficácia dos feromônios, como o tipo de armadilha utilizado, a altura que essa armadilha é colocada nas fruteiras e a troca periódica da isca com feromônio, visto que este perde sua eficácia com o passar do tempo (CRUZ-LÓPEZ *et al.*, 2020).

## Atrativos alimentares

Atrativos alimentares têm sido utilizados como ferramentas para avaliar a diversidade de espécies de Lepidoptera, notadamente mariposas, assim como para monitorar a abundância relativa de certas espécies e para gerenciamento desses insetos-pragas; normalmente, esses atrativos são a base de odores florais, cuja finalidade é atrair as mariposas que estão em busca de néctares de flores (LANDOLT *et al.*, 2011; LANDOLT *et al.*, 2013). O uso de iscas a base de melão de cana-de-açúcar, principalmente as com ácido acético derivado da fermentação desse melão, também é uma importante estratégia de captura para essa ordem (LANDOLT *et al.*, 2013), com eficácia comprovada para muitas espécies da família Noctuidae, e algumas espécies das famílias Erebidae, Geometridae, Crambidae, Pyralidae, Thyatiridae, Sphingidae (LANDOLT *et al.*, 2011) e Gelechiidae (RIVEIRO *et al.*, 2017).

Para Díptera, especialmente para as espécies que são pragas de frutíferas, o uso de armadilhas baseadas no uso de atrativos alimentares se constitui como uma das principais ferramentas para o monitoramento e controle dessas pragas (MANOUKIS, 2016). Essa técnica se utiliza de um princípio de atração, no qual os adultos, particularmente as fêmeas, são atraídos por alimentos proteicos para amadurecer sexualmente (MANRAKHAN & KOTZE, 2011). A captura eficaz de moscas-das-frutas requer o uso de atrativos capazes de atrair essas pragas de forma mais eficaz do que as fontes naturais de alimentos, no caso em questão, as frutas dos pomares (LASA *et al.*, 2014).

Dois tipos principais de atrativos alimentares são utilizados no monitoramento de mosca-das-frutas, os hidrolisados proteicos líquidos e as iscas sintéticas que contêm análogos dos principais componentes voláteis contidos nos hidrolisados proteicos; em comum, estes apresentam na maioria das vezes, compostos com nitrogênio que atraem as moscas adultas em busca de proteínas, no entanto, de modo geral podem atrair tanto fêmeas como machos e não apresenta especificidade (EPSKY *et al.*, 2014).

Outros atrativos também podem ser utilizados em armadilhas para captura de moscas-das-frutas, a exemplo de sucos de fruta e melão de cana-de-açúcar, e a eficiência destes é influenciada principalmente pela quantidade de substâncias aromáticas e teor de açúcar presente (GANCHOZO-MENDOZA *et al.*, 2018). O suco de uva foi reportado como um bom atrativo alimentar de captura da mosca-da-fruta mexicana *Anastrepha ludens* Loew (Diptera: Tephritidae) (MANGAN & THOMAS, 2015), já o suco de goiaba mostra boa atratividade para *Anastrepha obliqua*, *A. fraterculus*, *A. striata* e *A. leptozona* (GANCHOZO-MENDOZA *et al.*, 2018).

O uso de melão em armadilhas mostra resultados satisfatórios para atração de moscas-das-frutas, como por exemplo, para *Ceratitis cosyra* (Walker) (Diptera: Tephritidae), principal praga de mangueiras na África Subsaariana (MUTURIKI *et al.*, 2019). Esse tipo de atrativo, mostra uma importância ainda mais considerável em países como o Brasil, onde o uso de armadilhas com isca de melão de cana se torna uma alternativa economicamente viável, visto a grande disponibilidade do produto proveniente das usinas de açúcar; no entanto, melhorias são necessárias no uso desse atrativo, como o desenvolvimento de formulações aprimoradas,

conservantes do melão e distribuição ideal de armadilhas nas culturas em monitoramento (RIVEIRO *et al.*, 2017).

Diversos atrativos alimentares comerciais (Tabela 1) estão disponíveis no mercado para uso em armadilhas de mosca-das-frutas, e apresentam resultados atestados para diferentes espécies desses insetos, como *Anastrepha ludens* (Loew) (LASA *et al.*, 2014), *Bactrocera invadens* Drew, Tsuruta, & White (EKESI *et al.*, 2014), *Anastrepha obliqua* Macquart (MESQUITA *et al.*, 2018) e *Ceratitidis capitata* Wiedmann (HAFSI *et al.*, 2020).

Tabela 1. Exemplos de atrativos alimentares comerciais utilizados no manejo de mosca-das-frutas.

Atrativo	Base	Referência
BioAnastrepha	Concentrado solúvel desenvolvido com proteína hidrolisada de origem vegetal	Mesquita <i>et al.</i> (2018)
Biolure	Atrativo sintético seco à base de acetato de amônio, trimetilamina e putrescina	Ekesi <i>et al.</i> (2014)
Bionis YE MF	Extrato de levedura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Meyen [Saccharomycetaceae])	Mesquita <i>et al.</i> (2018)
CeraTrap	Concentrado solúvel de hidrolisado proteico enzimático de origem animal que libera uma série de compostos voláteis, principalmente aminas e ácidos orgânicos	Hafsi <i>et al.</i> (2020)
Nulure	Solução aquosa de hidrolisado de milho	Ekesi <i>et al.</i> (2014)
Starce	Concentrado solúvel desenvolvido com base em um hidrolisado proteico enzimático de origem vegetal, enriquecido com nitrogênio e fósforo	Hafsi <i>et al.</i> (2020)
Torule	Extrato de levedura ( <i>Candida utilis</i> (Henneberg) Lodder & Kreger Van-Rij [Saccharomycetaceae])	Ekesi <i>et al.</i> (2014)

Assim como acontece com a utilização de feromônios em armadilhas, os atrativos alimentares podem ser utilizados em programas de captura massal (LASA *et al.*, 2014; HAFSI *et al.*, 2020), ou de atração e morte (MUTURIKI *et al.*, 2019). Embora bastante efetivos, o uso de atrativos, principalmente os comerciais, são geralmente caros e de baixa disponibilidade para alguns produtores de frutas, especialmente os de pequeno porte e em países em desenvolvimento, assim, o desenvolvimento de novos atrativos alimentares de baixo custo e com matéria-prima disponível localmente, torna-se uma demanda de pesquisa necessária (CANDIA *et al.*, 2018).

## Luz

A luz apresenta relevante papel no comportamento sexual de espécies de Lepidoptera, assim, o uso de luzes em programas de monitoramento e controle de insetos dessa ordem é estudado há muitos anos devido à grande variabilidade nos hábitos dessas espécies (LI *et al.*,



2015). As mariposas, são caracterizadas pela sensibilidade a fontes de luz, como as luzes artificiais à noite, nesse sentido, as fototaxia desses insetos tem sido amplamente utilizada para monitorar ou controlar aqueles que são pragas para a agricultura (KIN *et al.*, 2018).

Armadilhas luminosas são o método mais eficaz e amplamente usado para coletar dados sobre comunidades de mariposas, incluindo as de importância agrícola (TRUXA & FIELDLER, 2012). As armadilhas de luz podem ser projetadas para capturar insetos de diversas formas e operadas usando diferentes fontes de luz (JONASON *et al.*, 2014). Essas fontes podem ser, por exemplo, lâmpadas de vapor de mercúrio e lâmpadas fluorescentes, ambas com uma ampla gama de comprimentos de onda e potencial para capturar diferentes espécies de insetos em áreas agrícolas, incluindo lepidópteros (BIAN *et al.*, 2018). A eficiência dessas armadilhas, além da fonte de luz utilizada, depende de fatores como o clima e época do ano (JONASON *et al.*, 2014).

Devido à falta de especificidade do uso de armadilhas luminosas com fontes de luz tradicional, o que acarreta a captura de diferentes tipos de insetos, inclusive os que não são pragas, uma das novas vertentes no uso de luz como atração, é a utilização de fontes de luz com comprimentos de onda seletivos, como os diodos emissores de luz LED (BIAN *et al.*, 2018). O uso de luz LED já se mostrou mais eficiente para atração de pragas como *Mythimna separata* Walker (Lepidoptera: Noctuidae) do que a luz de lâmpadas tradicionais (KIN *et al.*, 2018). Resultados semelhantes também foram reportados para *Ectropis obliqua* Prout (Lepidoptera: Geometridae), importante praga das plantações chinesas de chá, em que a luz LED de 385 nm foi mais eficiente na atração dessas mariposas do que as fontes de luz controle, além de terem atraído uma menor quantidade de insetos que são inimigos naturais (BIAN *et al.*, 2018).

## **Repelentes Usados no Manejo dessas Ordens**

### **Feromônios de Confundimento**

Embora bastante utilizados para fins de atração de pragas para armadilhas (CRUZ-LÓPEZ *et al.*, 2020; LIU *et al.*, 2020), os feromônios também podem ser utilizados para repelência de pragas, notadamente em algumas mariposas, através da técnica de interrupção de acasalamento (COCCO *et al.*, 2013; KONG *et al.*, 2014).

Nessa técnica, o controle de pragas é realizado através da liberação para a atmosfera de uma mistura de feromônios ou componentes inibidores, estes são capazes de interromper a comunicação química entre os sexos, reduzindo assim a frequência de acasalamento, consequentemente, reduzem a oviposição, o desenvolvimento larval e os prejuízos causados por esses insetos-praga (GUERRERO *et al.*, 2014). Se o ar de um pomar estiver saturado por um feromônio sexual sintético, os insetos machos durante seu voo em zigue-zague irão encontrar fontes pontuais de feromônio artificial em altas doses e fontes pontuais de feromônio naturais das fêmeas em doses baixas; dessa forma, como os machos preferencialmente vão ao encontro das fontes artificiais de feromônio do que das plumas de feromônio femininos, eles não conseguem localizar com precisão as fêmeas, modificando assim as trilhas de voo e impedindo com sucesso que os machos encontrem e acasalem com as fêmeas (KONG *et al.*, 2014).

Para *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae), umas das principais pragas do tomateiro, o uso de feromônio sexual sintético interrompeu a comunicação sexual entre os adultos dessa espécie, além de reduzir significativamente o dano nas folhas e frutos causados por essa praga (COCCO *et al.*, 2013). Também com a cultura do tomate, resultados promissores dessa técnica foram reportados para *Helicoverpa armigera* (Hubner)(Lepidoptera: Noctuidae), em que o uso de feromônio sexual demonstrou eficácia na interrupção do acasalamento dessa mariposa, bem como na redução de danos aos frutos, deve-se destacar que melhores resultados foram obtidos quando essa técnica foi aplicada em áreas maiores (BURGIO *et al.*, 2020).

Para a obtenção de bons resultados utilizando feromônios para interrupção de acasalamento de lepidópteros, é essencial que preliminarmente se compreenda os mecanismos de atração dessas pragas ao feromônio, como nível mínimo para resposta, distância do dispensadores e formulação do feromônio utilizado; deve-se levar em consideração também as condições ambientais, como o clima, velocidade do vento, folhagem, etc.; ademais, o tamanho da população dessas pragas deve ser levado em consideração para elaboração de estratégias de controle apropriadas (ANGUELOV *et al.*, 2017).

### Óleos Essenciais

Nos últimos anos, os óleos essenciais (OE) têm sido apontados como alternativas atraentes aos inseticidas químicos sintéticos para o manejo de pragas; estes são misturas naturais de compostos caracterizados por baixo peso molecular, volatilidade e natureza lipofílica e já sendo bastante utilizados para o controle de mariposas, e seu uso para o controle de dípteros, como as moscas-das-frutas, vem crescendo (RIZZO *et al.*, 2020). Esses óleos apresentam elevada diversidade de fitoquímicos, incluindo muitos monos e sesquiterpenos, e podem apresentar atividades repelentes e tóxicas para insetos-praga, apresentando assim grande potencial para uso no manejo dessas pragas (RENKEMA *et al.*, 2016).

Em Lepidoptera, é sabido que os mecanismos sensoriais são essenciais para que fêmeas reconheçam seus hospedeiros e rejeitem plantas inadequadas, de forma que esses insetos ovipositarão em hospedeiros nos quais sua prole poderá desenvolver de forma mais satisfatória; assim, o comportamento seletivo de fêmeas de lepidópteros herbívoros pode ser influenciado pela falta de estimulantes e pela presença de impedimentos químicos, como os constituintes de óleos essenciais (GÖTTIG *et al.*, 2017).

O uso de óleos essenciais é bem documentado para controle de mariposas que são pragas de grãos armazenados, como por exemplo, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae), em que os óleos essenciais de lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), hortelã-pimenta (*Mentha piperita* L.), gerânio (*Geranium maculatum* L.), palmarosa (*Cymbopogon martinii* (Roxb.) Wats), eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) e bergamota (*Citrus bergamia* Risso) produziram atividade letal e afetaram a fecundidade de machos e fêmeas dessa praga (JESSER *et al.*, 2017). Também em insetos adultos, o óleo essencial de *Artemisia herba alba* Asso (Asteraceae) além de apresentar atividade inseticida, induziu nas fêmeas uma redução da postura de ovos e reduziu

a taxa de eclosão desses ovos em *Ephestia kuehniella* Zeller (**Lepidoptera**: Pyralidae), a traça da farinha mediterrânea (AMEL *et al.*, 2017).

Em Díptera, o uso de óleos essenciais é empregado tanto nas fases larvais, como em adultos (PAPANASTASIOU *et al.*, 2020), nesses últimos se mostrou eficiente em diversas espécies, como *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae), em que os óleos de *Eugenia caryophyllus* (Spreng), *Ocimum basilicum* L. e *Thymus vulgaris* L., apresentaram alta toxicidade para essa mosca-da-fruta, como mortalidade de até 100% (BUENTELLO-WONG *et al.*, 2016). Além de sua boa ação inseticida, a aplicação de óleo essenciais em frutos podem dissuadir a oviposição, a exemplo de *Drosophila suzukii* Matsumura (Diptera: Drosophilidae) (RENKEMA *et al.*, 2016). Efeito semelhante foi observado com o uso de linalol, um composto oriundo de óleos essenciais cítricos, na oviposição de mosca-da-fruta do Mediterrâneo, *Ceratitis capitata* Wiedmann (Diptera: Tephritidae) em laranjas, maçãs e nectarinas (PAPANASTASIOU *et al.*, 2020).

Os óleos essenciais apresentam bom potencial de uso em estratégias de manejo integrado de pragas (RENKEMA *et al.*, 2016; JESSER *et al.*, 2017; RIZZO *et al.*, 2020). No entanto, ainda existem algumas lacunas a serem solucionadas para que seu uso possa ser mais expressivo, como por exemplo: a escassez de recursos naturais para a produção, a necessidade de padronização química e controle de qualidade, e dificuldades de registro; ademais, embora vários óleos essenciais de plantas, como os de cravo, hortelã e citronela, sejam aprovados como repelentes, ainda faltam possibilidades de uso desses e de outros óleos essenciais no controle seguro contra diferentes tipos de pragas (GÖTTIG *et al.*, 2017).

## Considerações finais

As ações para o manejo integrado de pragas de diversas espécies das ordens Díptera e Lepidoptera contam com diferentes estratégias para monitoramento e controle. Independentemente de serem de atração ou repelência, essas estratégias podem ser empregadas em diferentes situações, apresentando elevado potencial de obtenção de bons resultados. A escolha do atrativo ou repelente que vai ser utilizado, deve ser pautada no melhor custo benefício, tanto econômico, como ambiental.

## Referências

- AMEL, D. *et al.* Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of *Artemisia herba alba* (Asteraceae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **International Journal of Biosciences**, v. 10, n. 2, p. 130-137, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/10.2.130-8>
- ANDO, T.; YAMAKAWA, R. Analyses of lepidopteran sex pheromones by mass spectrometry. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 30, n. 7, p. 990-1002, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.trac.2011.03.010>

- ANGUELOV, R.; DUFOURD, C.; DUMONT, Y. Mathematical model for pest–insect control using mating disruption and trapping. **Applied Mathematical Modelling**, v. 52, p. 437-457, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.07.060>
- ATALLAH, J. *et al.* The making of a pest: the evolution of a fruit-penetrating ovipositor in *Drosophila suzukii* and related species. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1781, e20132840, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2840>
- BAKSHSH, A. *et al.* Insect-resistant transgenic crops: retrospect and challenges. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 39, n. 4, p. 531-548, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3906/tar-1408-69>
- BARTOLINI, I.; RIVERA, J.; NOLAZCO, N.; OLÓRTEGUI, A. Towards the implementation of a DNA barcode library for the identification of Peruvian species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). **Plos One**, v. 15, n. 1, e0228136, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228136>
- BIAN, L. *et al.* Decreased capture of natural enemies of pests in light traps with light emitting diode technology. **Annals of Applied Biology**, v. 173, n. 3, p. 251-260, 2018. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1111/aab.12458>
- BLANCO, C. A. *Heliothis virescens* and Bt cotton in the United States. **GM Crops & Food**, v. 3, n. 3, p. 201-212, 2012. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.4161/gmcr.21439>
- BŪDA, V. *et al.* Male-Produced (-)-Heptalactone, Pheromone of Fruit Fly *Rhagoletis batava* (Diptera: Tephritidae), a Sea Buckthorn Berries Pest. **Insects**, v. 11, n. 2, e138, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11020138>
- BUENTELLO-WONG, S. *et al.* Toxicity of some essential oil formulations against the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Loew)(Diptera: Tephritidae). **Industrial Crops and Products**, v. 85, p. 58-62, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.040>
- BURGIO, G. *et al.* Mating Disruption of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on Processing Tomato: First Applications in Northern Italy. **Insects**, v. 11, n. 4, e206, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11040206>
- CAMPOS, M.; PHILLIPS, T. W. Laboratory evaluation of attract-and-kill formulations against the Indianmeal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner)(Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p. 12-20, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2012.09.005>
- CANDIA, I. F. *et al.* Potential of locally sustainable food baits and traps against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* in Bolivia. **Pest Management Science**, v. 75, n. 6, p. 1671-1680, 2019. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ps.5286>

- COCCO, A.; DELIPERI, S.; DELRIO, G. Control of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lepidoptera: Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 16-28, 2013. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1439-0418.2012.01735.x>
- CRUZ-LÓPEZ, L.; VÁZQUEZ, M. A.; CASTILLO, A. Effectiveness of the Sex Pheromone for Monitoring *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae) in Avocado Orchards. **Neotropical Entomology**, v. 2020, p. 1-5, 2020. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s13744-019-00749-7>
- DAWKAR, V. V. *et al.* Molecular insights into resistance mechanisms of lepidopteran insect pests against toxicants. **Journal of Proteome Research**, v. 12, n. 11, p. 4727-4737, 2013. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1021/pr400642p>
- EKESI, S.; MOHAMED, S.; TANGA, C. M. Comparison of food-based attractants for *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) and evaluation of Mazoferm–Spinosad bait spray for field suppression in mango. **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 1, p. 299-309, 2014. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1603/EC13393>
- EMAMEH, R. Z. *et al.* *Drosophila melanogaster*: a model organism for controlling Dipteran vectors and pests. **Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry**, v. 30, n. 3, p. 505-513, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3109/14756366.2014.944178>
- EPSKY, N. D.; KENDRA, P. E.; SCHNELL, E. Q. History and development of food-based attractants. In: **Trapping and the detection, control, and regulation of tephritid fruit flies**. Springer, Dordrecht, 2014. p. 75-118. DOI: [https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-94-017-9193-9\\_3](https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-94-017-9193-9_3)
- GANCHOZO-MENDOZA, E. *et al.* The Strategy of Organic Pest Control in Ecuador: Capture Effectiveness of Fruit Fly (*Anastrepha*) Species in Orange Tree Regulated by Volatile Alimentary Attractants. **Agrivita**, v. 40, n. 3, p. 472-480, 2018. DOI: <http://doi.org/10.17503/agrivita.v40i0.1916>
- GÖTTIG, S.; KORN, S.; HERZ, A. Repellent and toxic properties of plant oils and extracts on *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera: Crambidae). **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 50, n. 13-14, p. 658-673, 2017. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1080/03235408.2017.1358506>
- GUERRERO, A.; MALO, E. A.; COLL, J.; QUERO, C. Semiochemical and natural product-based approaches to control *Spodoptera* spp.(Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Pest Science**, v. 87, n. 2, p. 231-247, 2014. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10340-013-0533-7>
- HAFSI, A.; ABBES, K.; HARBI, A.; CHERMITI, B. Field efficacy of commercial food attractants for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mass trapping and their impacts on

non-target organisms in peach orchards. **Crop Protection**, v. 128, e104989, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104989>

HALLMAN, G. J.; ARTHUR, V.; BLACKBURN, C. M.; PARKER, A. G. The case for a generic phytosanitary irradiation dose of 250 Gy for Lepidoptera eggs and larvae. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 89, p. 70-75, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2013.03.046>

JESSER, E. N.; WERDIN-GONZÁLEZ, J. O.; MURRAY, A. P.; FERRERO, A. A. Efficacy of essential oils to control the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hübner)(Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 4, p. 1122-1129, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.08.004>

JONASON, D.; FRANZEN, M.; RANIUS, T. Surveying moths using light traps: effects of weather and time of year. **PloS One**, v. 9, n. 3, e9245, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092453>

KIM, K. N. *et al.* Effect of several factors on the phototactic response of the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 21, n. 3, p. 952-957, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.07.010>

KONG, W. N. *et al.* Sex-pheromone-mediated mating disruption technology for the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck)(Lepidoptera: Tortricidae): overview and prospects. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 2014, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1155/2014/253924>

LANDOLT, P. J.; ADAMS, T.; ZACK, R. S.; CRABO, L. A diversity of moths (Lepidoptera) trapped with two feeding attractants. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 104, n. 3, p. 498-506, 2011. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1603/AN10189>

LANDOLT, P. J.; TÓTH, M.; MEAGHER, R. L.; SZARUKÁN, I. Interaction of acetic acid and phenylacetaldehyde as attractants for trapping pest species of moths (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 69, n. 2, p. 245-249, 2013. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ps.3381>

LASA, R.; VELÁZQUEZ, O. E.; ORTEGA, R.; ACOSTA, E. Efficacy of commercial traps and food odor attractants for mass trapping of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 1, p. 198-205, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1603/EC13043>

LEMOS, L. N. *et al.* New findings on Lonchaeidae (Diptera: Tephritoidea) in the Brazilian Amazon. **Florida Entomologist**, v. 98, n. 4, p. 1227-1237, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.098.0433>

- LI, H. *et al.* Dim light during scotophase enhances sexual behavior of the oriental tobacco budworm *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 98, n. 2, p. 690-696, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.098.0244>
- LIN, Q. C. *et al.* Comparative developmental times and laboratory life tables for *Drosophila suzukii* and *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). **Florida Entomologist**, v. 97, n. 4, p. 1434-1442, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.097.0418>
- LIU, B. *et al.* Practical Synthesis and Field Application of the Synthetic Sex Pheromone of Rice Stem Borer, *Chilo suppressalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Chemistry**, v. 2020, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/5632534>
- LIU, Y.; QI, M.; CHI, Y.; WURIYANGHAN, H. De novo assembly of the transcriptome for oriental armyworm *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae) and analysis on insecticide resistance-related genes. **Journal of Insect Science**, v. 16, n. 1, e92, 2016. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1093/jisesa/iew079>
- MAMTA, B.; RAJAM, M. V. RNAi technology: a new platform for crop pest control. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, n. 3, p. 487-501, 2017. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12298-017-0443-x>
- MANGAN, R. L.; THOMAS, D. B. Comparison of torula yeast and various grape juice products as attractants for Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 2, p. 591-600, 2014. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1603/EC12376>
- MANOUKIS, N. C. To catch a fly: Landing and capture of *Ceratitis capitata* in a Jackson trap with and without an insecticide. **PloS one**, v. 11, n. 2, e0149869, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149869>
- MANOUKIS, N. C. *et al.* A field test on the effectiveness of male annihilation technique against *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) at varying application densities. **PloS One**, v. 14, n. 3, e0213337, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213337>
- MANRAKHAN, A.; KOTZE, C. Attraction of *Ceratitis capitata*, *C. rosa* and *C. cosyra* (Diptera: Tephritidae) to proteinaceous baits. **Journal of Applied Entomology**, v. 135, n. 1 2, p. 98-105, 2011. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1111/j.1439-0418.2009.01479.x>
- MARTIN, R. R.; CONSTABLE, F.; TZANETAKIS, I. E. Quarantine regulations and the impact of modern detection methods. **Annual Review of Phytopathology**, v. 54, p. 189-205, 2016. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-phyto-080615-100105>
- MESQUITA, P. R. R. *et al.* Sources of protein as food baits for *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae): tests in a wind tunnel and the field. **Florida Entomologist**, v. 101, n. 1, p. 20-24, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.101.0105>

MUTURIKI, L.; CHITAKUNJE, T. J.; NDIGWIREI, S.; MUBAIWA, S. N. Seasonal Spatial Distribution of the Mango Fruit Fly (*Ceratitis cosyra*) in Mango Trees Pruned to Give Three Different Pruning Canopies in High Density Mango Production in the South Eastern Lowveld of Zimbabwe. **Asian Research Journal of Agriculture**, v.11, n. 1, p. 1-8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/arja/2019/v11i130050>

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v. 56, p. 50-54, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.10.022>

OLIVEIRA, C. M.; AUAD, A. M.; MENDES, S. M.; FRIZZAS, M. R. Economic impact of exotic insect pests in Brazilian agriculture. **Journal of Applied Entomology**, v. 137, n. 1-2, p. 1-15, 2013. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jen.12018>

PAPANASTASIOU, S. A.; IOANNOU, C. S.; PAPADOPOULOS, N. T. Oviposition deterrent effect of linalool—a compound of citrus essential oils—on female Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **Pest Management Science**, e5858, 2020. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ps.5858>

PREMALATHA, M.; ABBASI, T.; ABBASI, T.; ABBASI, S. A. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: The use of edible insects. **Renewable and Sustainable Energy reviews**, v. 15, n. 9, p. 4357-4360, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.115>

PRETTY, J.; BHARUCHA, Z. P. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. **Insects**, v. 6, n. 1, p. 152-182, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects6010152>

RENKEMA, J. M.; WRIGHT, D.; BUITENHUIS, R.; HALLETT, R. H. Plant essential oils and potassium metabisulfite as repellents for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2016. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1038/srep21432>

RIVERO, Y. R. *et al.* New attractant food for catching adult rednecked peanutworm (Lepidoptera: Gelechiidae) in peanut. **Florida Entomologist**, v. 100, n. 3, p. 660-662, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.100.0326>

RIZZO, R. *et al.* Developing green insecticides to manage olive fruit flies? Ingestion toxicity of four essential oils in protein baits on *Bactrocera oleae*. **Industrial Crops and Products**, v. 143, p. 111884, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111884>

ROWLEY, C. *et al.* Factors affecting trap catch in pheromonebased monitoring of saddle gall midge *Haplodiplosis marginata* (Diptera: Cecidomyiidae). **Pest Management Science**, v. 74, n. 2, p. 406-412, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.4721>

RU, B. L. *et al.* Re-establishment of *Spodoptera teferii* Laporte in Rougeot (Lepidoptera: Noctuidae, Noctuinae), with an updated molecular phylogeny for the genus *Spodoptera*



Guenée. **Annales de la Société Entomologique de France**, v. 54, p. 497-510, 2018. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1080/00379271.2018.1528886>

SHARMA, S.; KOONER, R.; ARORA, R. Insect pests and crop losses. In: **Breeding insect resistant crops for sustainable agriculture**. Springer, Singapore, 2017. p. 45-66. DOI: [https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-981-10-6056-4\\_2](https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-981-10-6056-4_2)

ŠÍCHOVÁ, J.; NGUYEN, P.; DALIKOVA, M.; MAREC, F. Chromosomal evolution in tortricid moths: conserved karyotypes with diverged features. **PLoS One**, v. 8, n. 5, e64520, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064520>

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, p. 102-106, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-45082010RW1134>

STORK, N. E. How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth?. **Annual Review of Entomology**, v. 63, p. 31-45, 2018. DOI: <https://doi-org.ez15.periodicos.capes.gov.br/10.1146/annurev-ento-020117-043348>

TERRADO, M.; PINNELLI, G. R.; SANES, J.; PLETTNER, E. Binding Interactions, Structure-Activity Relationships and Blend Effects in Pheromone and Host Olfactory Detection of Herbivorous Lepidoptera. In: **Olfactory Concepts of Insect Control-Alternative to Insecticides**. Springer, Cham, 2019. p. 265-310. DOI: [https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-030-05165-5\\_11](https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-030-05165-5_11)

TRUXA, C.; FIEDLER, K. Attraction to light-from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light?. **European Journal of Entomology**, v. 109, n. 1, p. 77-84, 2012. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2012.010>

VARGAS, R. I.; PIÑERO, J. C.; LEBLANC, L. An overview of pest species of *Bactrocera* fruit flies (Diptera: Tephritidae) and the integration of biopesticides with other biological approaches for their management with a focus on the Pacific region. **Insects**, v. 6, n. 2, p. 297-318, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects6020297>

VASHISTH, S.; CHANDEL, Y. S.; CHANDEL, R. S. Biological control potential of North West Himalayan strains of heterorhabditid nematodes against the turnip moth, *Agrotis segetum* (Denis & Schiffermuller)(Lepidoptera: Noctuidae). **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 28, n. 1, e37, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-018-0040-5>

VIRGILIO, M.; WHITE, I.; MEYER, M. A set of multi-entry identification keys to African frugivorous flies (Diptera, Tephritidae). **ZooKeys**, n. 428, p. 97-108, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3897/zookeys.428.7366>

WALSH, T. K. *et al.* Mitochondrial DNA genomes of five major *Helicoverpa* pest species from the Old and New Worlds (Lepidoptera: Noctuidae). **Ecology and Evolution**, v. 9, n. 5, p. 2933-2944, 2019. DOI: <https://doi-org.ez19.periodicos.capes.gov.br/10.1002/ece3.4971>

YU, J. *et al.* Identification of a General Odorant Receptor for Repellents in the Asian Corn Borer *Ostrinia furnacalis*. **Frontiers in Physiology**, v. 11, p. 176, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00176>