KLS

Entomologia Aplicada à Agronomia

Entomologia Aplicada à Agronomia

Isabella Alice Gotti
Carolina Belei Saldanha
Sharrine Omari Domingues de Oliveira Marra

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente
Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica
Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Danielly Nunes Andrade Noé
Grasiele Aparecida Lourenço
Isabel Cristina Chagas Barbin
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
Carla Samara dos Santos Ferreira
Carolina Belei Saldanha
Mauro Stopatto

Editorial
Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)
Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Gotti, Isabella Alice
G686e Entomologia aplicada à agronomia / Isabella Alice Gotti, Carolina Belei Saldanha, Sharrine Omari Domingues de Oliveira Marra. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.
192 p.

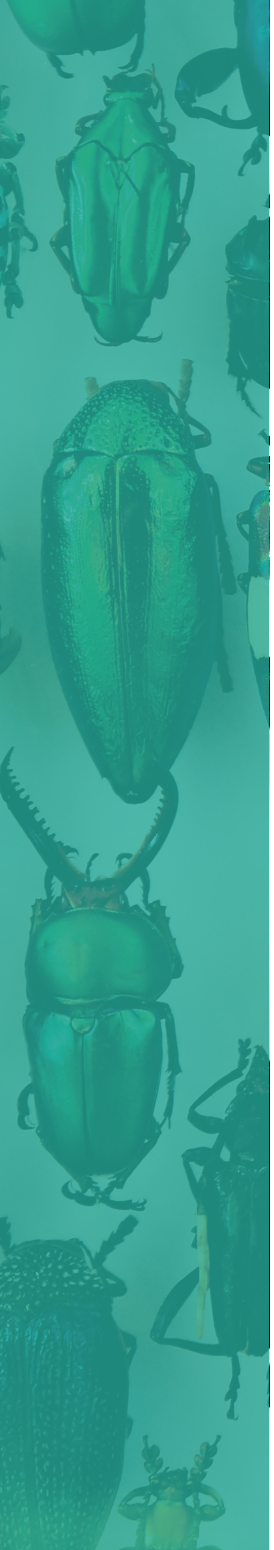
ISBN 978-85-522-1380-2

1. Insetos. 2. Manejo integrado de pragas. 3. Pragas. I. Gotti, Isabella Alice. II. Saldanha, Carolina Belei. III. Marra, Sharrine Omari Domingues de Oliveira. IV. Título.

CDD 570

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 — Londrina — PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: http://www.kroton.com.br/



Sumário

Unidade 1

Introdução ao estudo dos insetos 7

Seção 1.1

Introdução à entomologia 9

Seção 1.2

Importância do estudo dos insetos para a agricultura 22

Seção 1.3

Ecologia dos insetos 36

Unidade 2

Anatomia, fisiologia e desenvolvimento dos insetos 55

Seção 2.1

Morfologia externa dos insetos 56

Seção 2.2

Anatomia interna e fisiologia dos insetos 70

Seção 2.3

Desenvolvimento e metamorfose dos insetos 83

Unidade 3

Ecologia aplicada e conservação de insetos 97

Seção 3.1

Relação inseto-planta e inseto-animal 99

Seção 3.2

Classificação dos insetos: principais ordens e famílias 113

Seção 3.3

Caixa entomológica 128

Unidade 4

Entomologia econômica e controle de pragas 145

Seção 4.1

Entomologia econômica 147

Seção 4.2

Métodos de controle de pragas 160

Seção 4.3

Manejo Integrado de Pragas (MIP) 175

Palavras do autor

Olá, aluno! Seja bem-vindo à disciplina de Entomologia Aplicada à Agronomia. Neste estudo conheceremos o mundo dos insetos e como eles influenciam tanto nas atividades agrícolas quanto no nosso dia a dia. Você já parou para pensar em como estes pequenos organismos podem nos trazer tanto danos quanto benefícios? E é a partir dessa premissa que iniciaremos nossos estudos.

Com isso, você será capaz de compreender, de forma ampla e integrada, como os insetos influenciam em todas as atividades humanas. Para o desenvolvimento do seu aprendizado, estudaremos os conteúdos distribuídos em quatro unidades de ensino:

A primeira unidade é intitulada "Introdução ao estudo dos insetos" e nela estudaremos a entomologia de forma introdutória, com históricos e definições importantes, além das principais características morfológicas e fisiológicas. Também estudaremos a importância dos insetos no nosso dia a dia, suas funções ecológicas e ações, tanto benéficas como aquelas prejudiciais ao ser humano e suas atividades.

Na segunda unidade de ensino estudaremos a anatomia, fisiologia e desenvolvimento dos insetos, na qual temas importantes serão abordados, como morfologia, anatomia e fisiologia. Ainda estudaremos sobre o ciclo de vida dos insetos, seu desenvolvimento e metamorfose.

Na terceira unidade de ensino, chamada "Ecologia aplicada e conservação de insetos", vamos aprender como ocorrem as relações entre os insetos e as plantas, e também entre os insetos e animais. Além disso, você aprenderá a identificar e classificar os insetos em famílias e ordens, e todas as regras para montar uma caixa entomológica. Esses conhecimentos são necessários para que você apresente uma boa coleção entomológica.

Por fim, na quarta unidade, intitulada "Entomologia econômica e controle de pragas", você conseguirá relacionar todos os conhecimentos adquiridos nas unidades anteriores ao estudar a entomologia econômica, os métodos de manejo de pragas e o Manejo Integrado de Pragas (MIP).

Esta unidade curricular é introdutória para todas as outras e, em todas as unidades, o ensino será orientado para situações reais e na solução de diversos problemas relacionados às situações próximas da nossa realidade profissional.

Vamos começar com a certeza de que o sucesso só depende de nós mesmos. Pronto para iniciar nossos estudos?

Unidade 1

Introdução ao estudo dos insetos

Convite ao estudo

Seja bem-vindo, aluno! Nesta unidade você será apresentado ao mundo dos insetos e como eles interagem e influenciam nas mais diversas áreas. Acreditamos que você esteja ansioso para ingressar nas questões mais práticas desta matéria, não é mesmo? Mas tenha sempre em mente que a parte conceitual é muito importante para que consigamos resolver os problemas do dia a dia do engenheiro agrônomo. Em entomologia aplicada à agronomia, vamos dar um enfoque bastante prático e atual, o que facilitará a assimilação de vários conceitos importantes.

O nosso estudo tem como objetivo desenvolver sua capacidade de reconhecimento dos insetos, tanto de pragas quanto daqueles que nos são benéficos, e sua importância para o agroecossistema. Todos esses conceitos serão essenciais quando você estudar as práticas de manejo. Para articular os conteúdos teóricos a situações objetivas, vamos a uma reflexão sobre um problema real na agricultura?

Você, engenheiro agrônomo, foi contratado para trabalhar em uma fazenda produtora de tomate *(Lycopersicum esculentum*, Mill) na região do Distrito Federal, com área de 200 hectares e com sistema de irrigação por sulco. Ao ser contratado, o senhor Ezequiel, proprietário da fazenda, expõe que a área constantemente apresenta surtos de vários insetos-praga, inclusive da praga *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae), anteriormente identificada pelo agrônomo que era responsável pela fazenda.

Para confirmar a informação do produtor, você decidiu fazer uma observação na área, a fim de verificar se realmente a praga está presente na lavoura. Para fazer isso de maneira mais assertiva, você sabe que deve conhecer os hábitos alimentares da praga e a sua posição preferencial na planta, ou seja, seu habitat. Sabendo disso, como você faria a observação na lavoura em questão? Quais fatores devem ser considerados para saber se realmente o inseto está sendo uma praga para cultura? Quais os principais danos que essa praga poderá ocasionar na produção agrícola?

Mesmo sabendo o habitat preferencial do inseto-praga, outro grande problema enfrentado no campo é a falta de habilidade e conhecimento técnico para a correta identificação dos insetos. Por isso, conhecimentos de

morfologia, como divisões do corpo, antenas e aparelho bucal, são essenciais para que você consiga, não apenas reconhecê-lo como inseto-praga, como também diferenciá-lo de um inimigo natural.

Neste ponto você já consegue perceber quanto os mais diversos temas estão interligados? Vamos mais a fundo. Sabendo que as aplicações de inseticidas são intensivas, você consegue analisar quais são as consequências danosas que esta prática pode trazer, tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente?

A partir dessa situação analisaremos implicações em nossos estudos por toda esta unidade em diferentes aspectos. Em cada seção, será observado um aspecto dessa questão. Assim, na Seção 1.1, você aprenderá sobre as principais características morfológicas e fisiológicas dos insetos e os tipos de danos causados. Na Seção 1.2, você entenderá melhor sobre a influência dos insetos nas atividades agrícolas, o que são insetos-pragas e quais são os insetos benéficos. E por fim, na Seção 1.3 você estudará sobre a influência dos fatores ambientais no desenvolvimento dos insetos.

Agora, vamos iniciar nossos estudos sobre entomologia?

Seção 1.1

Introdução à entomologia

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você aprenderá sobre a importância da entomologia em nossas vidas e como os insetos podem influenciar em nossas atividades. Como engenheiro agrônomo, você deverá ter conhecimentos sobre suas principais características morfológicas e fisiológicas, reconhecer os danos causados na lavoura, assim como os benefícios que podem ocasionar em nossas atividades.

Você sabia que, observando os danos presentes no vegetal e em qual parte ocorreu o ataque, você terá uma informação que contribuirá para identificar qual praga está na lavoura? Da mesma maneira, observando o habitat correto, você poderá não só identificar insetos benéficos na lavoura como estimular o seu desenvolvimento? Este conhecimento vai auxiliá-lo a monitorar de forma correta a lavoura e fazer as recomendações de manejo. Com base nisso, vamos retomar a situação apresentada anteriormente.

Você, como agrônomo, foi contratado por uma fazenda produtora de tomate (*Solanum lycopersicum*), na região do Distrito Federal, com área de 200 hectares e com sistema de irrigação por sulco. O senhor Ezequiel, proprietário da fazenda, avisa a você que observou a presença de besouros de coloração verde com pequenas manchas amarelas caminhando nas folhas do tomateiro.

Ciente da situação, você vai à área realizar o monitoramento e faz observações em todas as partes da planta. Assim, você observou a presença de besouros adultos com 4 mm de comprimento, com coloração verde e manchas amareladas, alimentando-se das folhas. Ao se alimentar, o inseto fazia pequenos buracos na folha, representativo do aparelho bucal do tipo mastigador. Ao observar o sistema radicular, é possível verificar que as raízes estão danificadas, com a presença de larvas com o corpo esbranquiçadas e pequenas manchas negras, com a cabeça preta.

A partir dessas características você consegue identificar que a praga presente na lavoura é a *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae), fazendo a recomendação de controle. Porém, o produtor não consegue entender como apenas uma espécie pode se apresentar de formas tão diferentes e causar danos em diferentes partes da planta. Dessa forma, como você explicaria ao produtor as diferenças morfológicas sofridas pelo inseto durante o seu ciclo de vida e quais são as características que justificam seus diferentes hábitos alimentares?

A partir dessa situação e dos temas abordados nesta seção, estaremos aptos a responder esses questionamentos, sempre preocupados com o bem-estar da sociedade, dos produtores e funcionários que trabalham diretamente na lavoura. Pronto para começar? Vamos lá?

Não pode faltar

Começaremos nosso estudo compreendendo o que significa entomologia. A palavra **entomologia** tem origem grega, cuja união de dois radicais, *entomon* (inseto) e *logos* (estudo), designam **estudo dos insetos**. Assim, a entomologia é a especialidade da Biologia que estuda os insetos e suas relações com as mais diversas áreas de conhecimento, como ecologia, comportamento, controle biológico, manejo integrado de pragas, resistência de plantas a artrópodes, entomologia florestal, urbana e veterinária, entre outros (LEITE, 2011).

Os insetos são o grupo dominante de animais na Terra e superam, em número, todos os outros grupos de animais terrestres. Especialistas acreditam que o número total de espécies existentes dentro deste grupo pode se aproximar de 30 milhões, sendo que algumas centenas de milhares já foram descritas (o triplo da quantidade que existe no reino animal) (TRIPLEHORN; JONNSON, 2011).

Reflita

Para você ter uma ideia, os insetos são habitantes antigos da Terra, com vestígios de sua presença datando de 350 milhões de anos, ao contrário dos seres humanos, cuja presença data de menos de 2 milhões de anos. Mas como esses insetos conseguiram sobreviver por tantos anos?

A razão principal da sua sobrevivência por tanto tempo é sua capacidade de evolução e adaptação dos insetos, especialmente observada na capacidade em se alimentar utilizando diversas fontes de nutrientes, incluindo desde a ingestão de detritos, materiais em decomposição, madeira morta e viva, fungos, filtração aquática e alimentação de fitoplâncton, herbivoria (incluindo a sucção de seiva), até predação e parasitismo (TRIPLEHORN; JONNSON, 2011).

Toda essa variedade de ambientes em que os insetos podem sobreviver e a diversidade de alimentos de que podem se alimentar são refletidos na sua morfologia e fisiologia, como os insetos que são pragas de grãos armazenados. Estes insetos, na maioria dos casos, são adaptados fisiologicamente para não precisar de água, por viverem em um armazém com taxas de

umidade muito baixas e se alimentarem de grãos secos, por exemplo o inseto *Zabrotes subfasciatus* (LORINI *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Porém, algumas características estarão sempre presentes, como a divisão do corpo em três partes: **cabeça, tórax e abdome**, sendo essa a principal característica dos organismos pertencentes à classe **Insecta**. O tórax dos insetos é dividido em três partes e, em cada parte, há um par de pernas. Ou seja, os insetos apresentam **três pares de pernas**. Ainda no tórax podem estar presentes as **asas**, que podem variar quanto ao número (ausentes, um par ou dois pares) (GALLO et. al., 2002).

Diferente do ser humano, os insetos possuem o esqueleto fora do corpo, sendo chamado de exoesqueleto. Devido a esta característica, seu corpo fica limitado a um tamanho relativamente pequeno, com aproximadamente 0,25 a 330 mm de comprimento. Porém, há insetos mais longos e extremamente delgados, como os besouros, que podem ter o corpo tão grande quanto o punho de uma pessoa (TRIPLEHORN; JONNSON, 2011).

Os insetos não têm pulmões, mas respiram por meio de vários orifícios distribuídos atrás da cabeça. O oxigênio é transportado diretamente para os tecidos através de vários tubos ramificados. Assim, o coração e o sangue não são importantes no transporte do oxigênio. Aliás, na verdade o sangue dos insetos é chamado de **hemolinfa**, é incolor e atua nas trocas de nutrientes por excretas nos tecidos. O **coração** é dorsal e bombeia a hemolinfa para a extremidade anterior, fazendo-a atingir todas as lacunas do corpo do inseto (TRIPLEHORN; JONNSON, 2011).

Os cheiros podem ser percebidos por meio de estruturas sensitivas presentes nas antenas e alguns sentem os gostos com os pés. Os sons podem ser ouvidos através de órgãos especiais no abdome (gafanhoto) e pernas frontais (esperanças e grilos), chamados de **tímpanos** (IMENES; IDES, 2002).

Muitos insetos têm dois tipos de olhos posicionados na cabeça. Os olhos podem ser classificados como simples (**ocelos**), responsáveis pela percepção luminosa, e como **olhos compostos**, responsáveis pela reprodução de imagens. Os olhos compostos são normalmente grandes, ocupando maior parte da cabeça, e consistem em milhares de "olhos" individuais (SILVA, 2014). Ainda na cabeça você poderá observar a presença de um par de **antenas**, responsáveis pela orientação do inseto, e o **aparelho bucal**, que pode ser de vários tipos, de acordo com o hábito alimentar dele (GALLO *et al.*, 2002).

Algumas características morfológicas podem, ainda, impedir que você confunda uma praga com um inimigo natural. Neste momento é importante que você saiba a diferença entre um e outro. Vamos pensar em praga como sendo um inseto que pode causar algum tipo de dano. No caso da agricultura, este inseto poderá prejudicar as plantas cultivadas ou ainda os produtos que

serão comercializados, como as sementes (GALLO *et al.*, 2002). Agora, quando pensamos em inimigo natural, pensamos em algum organismo presente na natureza que vai se alimentar, por exemplo, de outros organismos, como os insetos-praga. Existem vários organismos que podem atuar como inimigos naturais de insetos, como algumas espécies de pássaros e aranhas, além dos próprios insetos (GALLO *et al.*, 2002). Assim, a presença de inimigos naturais capazes de se alimentarem de insetos-praga é desejável para todos, pois auxilia no controle de pragas e reduz a necessidade de aplicação de inseticidas.

Dica

Para compreender melhor como a presença de olhos compostos facilita a vida dos insetos, leia mais a respeito da visão em moscas (ordem Diptera), por exemplo, e entenda o porquê delas terem o reflexo tão ágil: COMO são estes olhos e o que eles veem? **Centro de Pesquisa sobre o Genoma Humano e Células-Tronco,** São Paulo, [s.d.].

A presença de asas permite que os insetos deixem um habitat quando ele se torna inadequado. Algumas espécies estão tão adaptadas a um determinado habitat que apenas desenvolvem asas exatamente no período em que vão precisar sair do local em busca de outro. Este é o caso dos insetos aquáticos que apresentam asas apenas quando entram na fase adulta. De acordo com Triplehorn e Jonnson (2011), as asas de insetos são expansões da parede corporal.

Exemplificando

Os tipos de asas e as veias formam padrões que são usados para identificação de diferentes grupos de insetos, os quais você irá aprender nas próximas seções. Quase sempre há dois pares (anteriores e posteriores) de asas presentes no tórax, como você pode observar na Figura 1.1.

Figura 1.1 | Asas anteriores (rígidas, chamadas de élitros) e as asas posteriores, membranosas

Fonte: iStock

A temperatura é um fator importante para esses animais, uma vez que não são capazes de regular a temperatura corporal, ou seja, são animais **ectotérmicos** (animais de sangue frio). Quando a temperatura do ambiente cai, os processos fisiológicos do inseto tornam-se mais lentos. O tempo que os insetos conseguem sobreviver a temperaturas congelantes pode variar. Alguns utilizam substâncias como o etileno glicol e glicerol, armazenadas em seus tecidos, para protegê-los durante o inverno. O etileno glicol e glicerol atuam como anticongelantes, ou seja, são capazes de formar pontes de hidrogênio com a água presente no corpo do inseto e, assim, reduzir a temperatura necessária para o congelamento da hemolinfa e das estruturas corporais do inseto (TRIPLEHORN; JONNSON, 2011; LEITE, 2011).

O órgão utilizado para depositar ovos é chamado de **ovipositor** e é encontrado na região final do abdome. Este pode ser extremamente variável dentre os diversos grupos de insetos, evidenciando sua especialização e adaptação dos mais diversos ambientes.

Exemplificando

As abelhas, vespas e algumas formigas têm o ovipositor desenvolvido em um aguilhão de veneno (ferrão), cuja extremidade proximal é ligada às glândulas de venenos abdominais, servindo como meio de ataque e defesa. Alguns insetos parasitoides possuem ovipositor semelhante a um pelo de 100 mm de comprimento, capaz de penetrar na madeira sólida (TRIPLEHORN; JONNSON, 2011; LEITE; TANURE, 2016).

Figura 1.2 | Aguilhão de veneno em abelhas

Fonte: http://www.elmundo.es/cronica/2014/01/05/52c7fec622601d1c098b4570.html. Acesso em: 3 out. 2018.

Em geral, os insetos apresentam grande capacidade reprodutora. Estes organismos possuem os sexos separados, ou seja, existem os machos e as fêmeas de cada espécie. Dessa forma, reproduzem-se de forma sexuada, com fecundação interna por meio de gametas. Os insetos são organismos **ovíparos**, ou seja, produzem ovos após o acasalamento, que são depositados diretamente no ambiente pela fêmea através do seu ovipositor (GALLO et al., 2002).

De acordo com Gallo *et al.* (2002), os insetos passam por várias etapas de desenvolvimento, caracterizadas por **metamorfose**, ou seja, são as transformações corporais (tanto morfológicas quanto fisiológicas) do organismo durante todo o seu ciclo de vida. Dessa forma, o tipo de metamorfose orientará a classificação do ciclo de vida dos insetos:

Ametabolia: neste grupo os insetos não passam por transformações em seu corpo, ou seja, desde a eclosão do ovo, forma juvenil, até o adulto vão apresentar o corpo com a mesma forma. Ou seja, o inseto não passa por metamorfose.

Hemimetabolia: este grupo reúne os insetos que sofrem um desenvolvimento gradativo, ou seja, o desenvolvimento é indireto e incompleto. Após a eclosão do **ovo**, o inseto (chamado de **ninfa**) passa por várias mudas (trocas do exoesqueleto), o que possibilita o seu crescimento sem, contudo, apresentar alterações morfológicas ou fisiológicas. Após sucessivas mudas, o inseto se transforma em **adulto** e as asas são desenvolvidas.

Holometabolia: são aqueles insetos que apresentam o desenvolvimento indireto e completo. Ou seja, passam por uma metamorfose completa. Estes organismos passam pela fase de ovo, larva (fase larval – no caso das borboletas e mariposas, chamaremos de lagarta), pupa ou crisálida (fase em que o organismo fica alojado em um casulo e passa por transformações que resultarão no organismo adulto), e o adulto com asas.

Assimile

Inseto ametábolo é aquele que não sofre metamorfose durante o seu desenvolvimento, apresentando aparência igual em qualquer fase do ciclo de vida, diferindo apenas em seu tamanho. Por exemplo: traça do livro (*Lepisma saccharina*); **inseto hemimetábolo** é aquele que sofre metamorfose parcial. Passa pelas fases de **ovo, ninfa e adulto**. Esse tipo de desenvolvimento é característico dos percevejos; **inseto holometábolo** sofre metamorfose completa. Passa pelas fases de **ovo, larva, pupa e adulto**. No caso dos besouros, a larva é comumente chamada de coró. No caso de mariposas, borboletas e moscas, as larvas são comumente chamadas de lagartas.

Exemplificando

A mosca-da-fruta (*Anastrepha pseudoparallela*) (Diptera: Tephritidae), por exemplo, apresenta o desenvolvimento holometabólico e é capaz de produzir em torno de 25 gerações em apenas um ano. Cada fêmea é capaz de depositar 100 ovos, em condições ideais, com proporção sexual de 50:50. Essa característica pode ser um problema, quando pensamos em pragas agrícolas e urbanas. É importante ressaltar que o meio ambiente pode favorecer em muito a capacidade reprodutiva dos insetos. Quando o clima apresenta elevada umidade relativa do ar e altas temperaturas, a capacidade reprodutiva desses organismos sobe substancialmente (BRITO, 2007).

Os insetos estão intimamente associados com a nossa sobrevivência, uma vez que podem causar diversos danos à nossa saúde, à de animais domésticos e à agricultura. Contudo, os insetos são responsáveis por diversos processos ecológicos e têm fundamental importância para o funcionamento do ecossistema como um todo.

Os insetos hematófagos que se alimentam de sangue podem transmitir diversos vírus para a corrente sanguínea da sua presa, sendo responsável por disseminar uma série de doenças viróticas. Um dos insetos de maior importância para a saúde pública é o *Aedes aegypti*. Este inseto é transmissor da dengue, uma das mais sérias doenças virais transmitidas por artrópodes no mundo, cujos principais sintomas são a febre, dores pelo corpo e fraqueza (WHO, 1997; RIGAU-PÉREZ *et al.*, 1998; WHO, 2002).

Na agricultura, os insetos que causam danos são os **fitófagos** (aqueles que se alimentam de partes vegetais) e vários são os danos e prejuízos que eles podem causar. Para que você compreenda melhor os danos que esses organismos causam nas plantas, vamos classificá-los como danos diretos e danos indiretos (GALLO *et al.*, 2002).

Os **danos diretos** são aqueles causados pelo inseto quando ele se alimenta diretamente do produto que será comercializado. Já os **danos indiretos** ocorrem quando o ataque compromete qualquer parte da planta que não será comercializada. Alguns insetos, apesar de se alimentarem da planta, causam mais danos devido à capacidade de transmitir patógenos vegetais (fungos, bactérias e vírus) ou facilitando sua proliferação (PICANÇO, 2010).

Como você pode perceber, os danos são causados devido ao hábito alimentar do inseto, que apresentará a morfologia adequada para o seu sucesso adaptativo. Assim, os insetos-praga podem apresentar o

aparelho bucal do **tipo mastigador** (ou triturador), e **sugador-picador**. O inseto mastigador realizará cortes na planta, ou ainda raspar a folha. Quando isso ocorre, há redução da capacidade fotossintética das folhas, reduzindo seu desenvolvimento. Dependendo do nível populacional da praga, pode causar a morte da planta. Esses insetos podem, ainda, formar galerias nas raízes e nos caules, afetando o transporte de seiva pelos vasos condutores. Podem também afetar as estruturas reprodutivas das plantas, reduzindo a produção de semente. O inseto picador-sugador se alimenta introduzindo parte do aparelho bucal em várias partes da planta, sugando a seiva elaborada. Com isso, podem ocorrer necroses, danos aos órgãos florais e ao poder germinativo de sementes ou qualidade dos grãos. Ainda podem introduzir toxinas que causam deformações nas plantas e que facilitam a entrada de agentes patogênicos, transmitindo viroses (GALLO *et al.*, 2002).

Exemplificando

Insetos que consomem folhagem podem ser exemplificados por lagartas, besouros e gafanhotos. Já os **insetos que se alimentam da seiva** são os percevejos, pulgões, cigarrinhas, tripes e cochonilhas. Entre os **insetos que se alimentam das hastes** estão os besouros adultos, larvas e lagartas. E por fim os **insetos que atacam raízes** são os besouros, lagartas, cigarras, cupins e larvas de moscas.

Há também a classificação dos insetos fitófagos quanto a sua alimentação. Os insetos **polífagos** podem se alimentar de várias espécies de plantas, o que dificulta o seu manejo. Os insetos **monófagos** alimentam-se de apenas uma única espécie (FAZOLIN; SILVA, 1997).

Como você pode perceber, os sintomas que as plantas apresentam refletem a praga que a está atacando e, normalmente, são os primeiros vestígios observados pelo agrônomo em campo. Por isso, você deve estar sempre atento e realizando o monitoramento periódico na lavoura.

Mas os insetos não são apenas pragas. São organismos muito importantes do ponto de vista ecológico, com papéis essenciais na manutenção do equilíbrio ambiental e da plantação. Esses insetos são chamados de **insetos benéficos** e são representados, basicamente, pelos **polinizadores** e produtores de mel (abelhas), e aqueles que contribuem para o controle de outros insetos, como os **predadores** e **parasitoides** (GALLO *et al.*, 2002). Lembre-se de que vários organismos também podem atuar como inimigos naturais, como aranhas, aves, etc. (ZUBEN, 2006). Ainda, temos aqueles responsáveis pela **decomposição da matéria orgânica** e ciclagem

dos nutrientes, como os **detritívoros e decompositores** (GALLO *et al.*, 2002).

Alguns insetos podem ainda servir diretamente de alimento para os seres humanos. Diversas populações originárias da África central e meridional, Ásia, Austrália e América latina utilizam os insetos como complementação alimentar (CARRERA, 1992; VATICAN NEWS, 2014). De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2011), os insetos suplementam a dieta de mais de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo, representando uma importante fonte de proteína, vitamina e minerais de alta qualidade. Por exemplo, a formiga da espécie *Atta cephalotes* (tanajura) possui mais proteínas (42,59%) do que a carne de frango (23%) ou bovina (20%). A sua eficiência na conversão de ração em carne comestível também é uma grande vantagem. Em média, os insetos precisam de 2 kg de ração para converter 1 kg de carne. O gado bovino, em comparação, exige 8 kg de ração para produzir 1 kg de carne. Assim, a **entomofagia** (consumo humano de insetos como fonte alimentar) pode trazer benefícios nutricionais aos seres humanos e ao meio ambiente (ROMEIRO; OLIVEIRA; CARVALHO, 2015).

Os insetos podem, ainda, produzir uma série de produtos com valor econômico para nós. Este é o caso da **seda** dos casulos do bicho-da-seda (*Bombyx mori*), que é usada em tecidos há séculos (PORTO *et al.*, 2005). Há também o corante vermelho carmim de cochonilha, obtido comercialmente de cochonilhas *Dactylopius coccus* (SPELLMEIER; STÜLP, 2009). Considerando a variedade de compostos produzidos pelos insetos e nossa ignorância quanto à diversidade de espécies, há grande probabilidade de que novas descobertas com aplicação direta na sociedade sejam realizadas (GULLAN; CRANSTON, 2008).

Nesta seção, você aprendeu sobre temas bastante relevantes, principalmente sobre a importância dos insetos em nossa vida e suas principais características. Apesar de ser bastante teórico, esse tema é a base para que você consiga identificar os insetos e iniciar uma recomendação de manejo. Tenha esses conceitos bem consolidados em sua mente, isso facilitará nossos estudos daqui para frente.

Sem medo de errar

Agora que você já teve um primeiro contato com a entomologia e alguns importantes conceitos da área, já pode se sentir mais seguro para responder ao questionamento do produtor rural que contratou você para solucionar os problemas advindos da presença de pragas agrícolas na cultura do tomateiro.

Nesta situação-problema, você foi apresentado à fazenda do senhor Ezequiel, onde ele produz tomate (*Solanum lycopersicum)*, na região do Distrito Federal, com área de 200 hectares e com sistema de irrigação por sulco. Após ouvir a suspeita do produtor, você realizou o monitoramento na área e observou a presença de um besouro adulto com 4 mm de comprimento, com coloração verde e manchas amareladas, alimentando-se das folhas, o que ocasionou a formação de pequenos buracos nesta. Você também observou as raízes e verificou que estas estavam danificadas, além da presença de larvas de inseto, que apresentam a cabeça preta e pequenas manchas negras pelo corpo.

A partir dessas características você identificou que a praga presente na lavoura é a *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae), e fez a recomendação de controle. Porém, o produtor não conseguiu entender como apenas uma espécie pode se apresentar de formas tão diferentes e causar danos em diferentes partes da planta. Assim, como você explicaria ao produtor as diferenças no ciclo de vida dessa praga e quais são as características que justificam seus diferentes hábitos alimentares?

Para iniciar sua resposta ao produtor sobre a situação da lavoura e sobre a sua recomendação, você deve expor que na holometabolia os insetos apresentam o desenvolvimento indireto e completo, ou seja, passam por uma metamorfose completa. Estes organismos passam pela fase de ovo, larva (fase larval – no caso das borboletas e mariposas, chamaremos de lagarta), pupa ou crisálida (fase em que o organismo fica alojado em um casulo e passam por transformações que resultarão no organismo adulto), e o adulto com asas.

Ainda, é importante explicar que, nesse caso, tanto a larva quanto o adulto apresentam aparelho bucal do tipo mastigador, capacitando-o a realizar cortes na planta, ou ainda raspar a folha. Esses insetos podem formar galerias nas raízes e nos caules, afetando o transporte de seiva pelos vasos condutores.

Com esses conhecimentos, você, como responsável técnico, poderá explicar ao produtor que a praga *Diabrotica speciosa* passa por fases como a larval e adulta, com características e hábitos alimentares distintos. Durante a fase larval, tem preferência por permanecer no solo, se alimentando das raízes. Já na fase adulta, pode se alimentar das folhas.

Entregue ao produtor um relatório expondo suas explicações para que ele consiga assimilar como é a ação do inseto e posteriormente conseguir compreender o plano de manejo que será proposto para a área.

Avançando na prática

Mosca da fruta, uma ameaça à fruticultura

Descrição da situação-problema

Você foi contratado para trabalhar em uma fazenda em Minas Gerais que, entre outras culturas, tinha uma área com 3 hectares de maracujá. Ao ser contratado, o dono da fazenda lhe explicou que a lavoura estava sendo atacada por um inseto, mas que não saberia informar qual era. Ao realizar o monitoramento, você observou a presença de um organismo que apresentava as seguintes características: o corpo era formado por cefalotórax e abdome, quatro pares de pernas e sem antenas. Ao verificar essa situação, você é capaz de dizer se o dono da fazenda estava certo em afirmar que o organismo encontrado trata-se de um inseto? Como você explicaria a ele? Caso o produtor insistisse em aplicar algum controle para este organismo, como você explicaria o porquê de não haver necessidade de recomendar algum controle?

Resolução da situação-problema

Os insetos apresentam o corpo visivelmente divido em três partes: cabeça, tórax e abdome, sendo essa a principal característica dos organismos pertencentes à classe Insecta (Filo Arthropoda). O tórax dos insetos é dividido em três partes e, em cada parte, há um par de pernas (três pares de pernas no total). Os insetos apresentam, ainda, um par de antenas localizada na cabeça.

Com esses conceitos bem assimilados, fica claro que o organismo relatado pelo dono da fazenda não é um inseto. Com características básicas como número de pernas, divisão do corpo e presença ou ausência de antenas, você poderá ter uma ideia do organismo de que se trata.

Sobre a necessidade de não ser preciso propor um controle, ressalte ao produtor que vários organismos podem atuar como inimigos naturais e que eles podem afetar positivamente as atividades agrícolas, auxiliando a manutenção do equilíbrio ambiental e da plantação.

Faça valer a pena

1. São muitas as espécies de pragas encontradas nos mais diversos cultivos. Os insetos podem se alimentar de várias partes vegetais, desde raízes, colmo, caule, folhas e até as estruturas reprodutivas. Um mesmo inseto pode se alimentar de várias espécies de plantas, ou ainda pode se alimentar de apenas uma espécie.

Considerando o que você estudou nesta seção, indique a classificação do inseto que se alimenta de várias espécies vegetais.
a) Fitófago, polífago.
b) Heterótrofo, polífago.
c) Fitófago, monófago.
d) Autótrofo, monófago.
e) Entomófago, onívoro.

2. Dentre as principais pragas de grãos, encontram-se os insetos popularmente conhecidos como carunchos. Estes, ao se alimentarem do cotilédone, reduzem a massa da semente e prejudicam a germinação, favorecendo a entrada de fitopatógenos. Ainda, reduzem a qualidade nutricional para alimentação, devido, inclusive, à presença de larvas, ovos e excrementos no interior do grão. De acordo com as pragas de grãos armazenados e os danos que causam, marque a alternativa correta:
I – Dentre os danos causados aos grãos por esses insetos-praga, podemos citar a perda da germinação.
II – Danos diretos são aqueles causados pelos insetos que se alimentam do produto a ser comercializado.
III – Os carunchos pertencem ao grupo dos besouros e apresentam o aparelho bucal do tipo mastigador.
IV – Os percevejos, com aparelho bucal do tipo sugador-picador, são as únicas pragas de grãos armazenados.

De acordo com as afirmativas descritas no texto-base, marque a alternativa que contém apenas as afirmações corretas.
a) I e II, apenas.
b) II e III, apenas.
c) I, II e III, apenas.
d) II, III e IV, apenas.
e) I, II, III e IV.

3. Os insetos holometábolos (*holos* = todo): são os insetos que passam por transformações muito mais significativas, durante algumas fases da vida. Quem já comparou uma larva de borboleta com um adulto da mesma espécie pode perceber como essas transformações são radicais. Do ovo sai um organismo vermiforme e nitidamente segmentado, a larva. Alimenta-se com grande apetite durante alguns dias e cresce bastante. Ao se imobilizar, adquire um revestimento mais escuro e espesso, assumindo a forma característica de pupa (ou crisálida). A pupa permanece imóvel, pendurada em galhos de árvores enrolada em folhas, em buracos no solo ou nos troncos das árvores.

Sobre insetos holometabólicos, marque o item correto sobre metamorfose e ciclo de vida deste grupo:

a) Apresentam desenvolvimento direto e metamorfose completa.
b) Apresentam metamorfose completa. Um exemplo de inseto que apresenta esse tipo de desenvolvimento é a traça-do-livro (*Lepisma saccharina*).
c) Insetos que apresentam esse tipo de desenvolvimento passam pelas fases de ovo, ninfa e adulto.
d) São insetos que durante toda a vida não apresentam mudanças fisiológicas.
e) Apresentam desenvolvimento indireto e metamorfose completa.

Seção 1.2

Importância do estudo dos insetos para a agricultura

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção você irá estudar a influência dos insetos na agricultura, tanto aqueles que podem nos trazer prejuízos quanto aqueles que são essenciais para as atividades agrícolas. Entre os insetos que podem causar danos aos vegetais, podemos citar os fitófagos. Porém, há aqueles que são benéficos, como os insetos decompositores de matéria orgânica, os polinizadores e os que atuam como inimigos naturais.

Sem a presença dos insetos decompositores de matéria orgânica, os nutrientes presentes na biomassa vegetal e animal não são disponibilizados e isso poderá acarretar maior necessidade de fertilizantes químicos. A ausência de insetos polinizadores reduz drasticamente a produtividade agrícola e, consequentemente, a receita do produtor e a disponibilidade de alimento. Sem a presença dos inimigos naturais, há maior necessidade de aplicação de inseticidas químicos, prática que pode provocar danos ao meio ambiente e para a saúde. Visto isso, você consegue perceber que o conjunto de ações promovidas por esses organismos, presentes no meio de forma equilibrada, são capazes de reduzir o custo de produção? Isso sem considerarmos todos os benefícios ambientais e sociais!

Dessa forma, todo o manejo realizado deve ser pensado em preservar e, se possível, aumentar as populações dos organismos benéficos. Com isso, vamos retomar a nossa situação, em que você é o engenheiro agrônomo responsável por uma fazenda produtora de tomate (*Lycopersicum esculentum, Mill*).

O produtor realizou uma reunião com toda a equipe para informar que pretende separar uma área com 10 hectares para cultivar tomate orgânico. Contudo, há uma preocupação muito importante: durante os monitoramentos na época da frutificação, foi observado que as folhas do tomateiro apresentam danos em forma de "minas" e os frutos apresentam perfurações enegrecidas, causadas pela alimentação de larvas. Após a observação dos danos, você notou a presença de mariposas pequenas, de coloração cinza, confirmando a identificação da praga *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae).

Com essas informações, o produtor pede para que você, agrônomo responsável pela área, faça uma recomendação para controlar a praga em questão sem o uso de agrotóxico. Assim sendo, o que você recomendaria

para reduzir naturalmente a densidade populacional da praga? Como você explicaria a sua escolha para o produtor?

Este questionamento irá permear nossas conversas e, com base nos estudos dos temas "influência dos insetos nas atividades agrícolas", "insetos como pragas", e "insetos benéficos: inimigos naturais e polinizadores", você será capaz de compreender a importância dos insetos em nossas vidas e como utilizá-los a nosso favor. De maneira mais aplicada, isso significa que, apesar de se tornarem um problema para nós em determinados momentos, eles podem nos trazer a solução para diversos outros problemas.

E, então? Pronto para começar?

Não pode faltar

Os insetos podem apresentar papéis benéficos e maléficos em diversas atividades que afetam o homem. E na agricultura não é diferente! Alguns insetos podem prejudicar nossas atividades, como a agropecuária. Eles podem estar presentes tanto no campo quanto nos armazéns e supermercados, e os custos para o seu controle são geralmente altos.

Exemplificando

Um exemplo é o bicudo-do-algodoeiro (*Anthonomus grandis*), pertencente à ordem Coleoptera e família Curculionidae. Este inseto-praga é reconhecidamente a principal praga dos algodoais em todas as regiões produtoras, inclusive no Brasil. Seu controle é feito quase que exclusivamente por meio do uso de inseticidas químicos (OLIVEIRA-MARRA *et al.*, 2018). De acordo com o Instituto Mato-grossense do algodão - IMAmt (SORIA *et al.*, 2013), estimou-se que, na safra de 2012, o bicudo-do-algodoeiro causou uma perda (incluindo gastos com controle e perdas médias) de 70 a 130 US$/ha no Brasil.

Já os insetos benéficos para a agricultura são aqueles que podem trazer alguns benefícios, tanto na forma de serviço quanto na forma de produto. Dentro desse grupo, podemos citar os insetos polinizadores ("serviço" essencial para a manutenção da vida como conhecemos), produtores de mel e cera; os insetos responsáveis pelo transporte e disseminação de sementes; os decompositores de matéria orgânica, os quais se alimentam de animais e vegetais mortos, contribuindo para a transformação de minerais orgânicos

em inorgânicos; e aqueles que atuam como inimigos naturais de pragas agrícolas (THOMAZINI;THOMAZINI, 2000).

Devemos compreender que as mais diversas espécies de insetos (inclusive aquelas consideradas pragas) têm funções muito importantes na cadeia alimentar, em todos os níveis tróficos, e tendem a viver em equilíbrio populacional (WINK *et al.*, 2005). Os insetos podem servir de alimento para os mais diversos animais **insetívoros ou entomófagos** (CORSEUIL, 2007). Isso significa que a presença de insetos em uma lavoura, por exemplo, é considerada normal e necessária, ou seja, eles fazem parte do **agroecossistema**. Caso nosso objetivo fosse eliminar o inseto-praga da lavoura, poderíamos causar o colapso de várias outras espécies tão importantes quanto e, assim, uma reação em cadeia catastrófica para o meio ambiente como um todo.

Vocabulário

Insetívoro/entomófago: aqueles organismos que se alimentam de inseto.
Agroecossistema: conjunto de diversas comunidades em um local determinado, relacionando-se com a atividade agrícola.

Todo esse contexto deve ser levado em consideração ao recomendar o inseticida para controle da praga, uma vez que o seu uso indiscriminado poderia eliminar também os insetos benéficos. Com isso em mente, nosso objetivo como agrônomos é reduzir todos os fatores que podem contribuir ou estimular o desenvolvimento exagerado de populações de insetos-praga, e estimular aqueles que são favoráveis ao desenvolvimento de inimigos naturais, a fim de manter o agroecossistema equilibrado e a rentabilidade do agronegócio.

Você se lembra do conceito de pragas agrícolas visto na seção anterior? Vamos agora relembrá-lo de maneira mais aprofundada. As pragas agrícolas compreendem uma população de organismos que se alimentam diretamente da seiva, dos tecidos ou órgãos de plantas (ROSSETTO; SANTIAGO, [s.d.]). Devido à grande diversidade de espécies, os insetos-praga podem ser encontrados em todas as estruturas da planta que são suscetíveis ao seu ataque, ocasionando perda da capacidade fotossintética (devido à redução da área foliar causada pelo desfolhamento), danos nas raízes, no caule e nas estruturas reprodutivas (flores, botões florais, vagens, espigas, etc). Estes danos podem afetar diretamente o rendimento e a qualidade dos produtos ou subprodutos (rações, madeira, fibras, etc.) a serem comercializados, trazendo diversos prejuízos aos produtores e ao país (ROSSETTO; SANTIAGO, [s.d.]).

Como você pode perceber, o conceito de inseto-praga está diretamente relacionado com os danos econômicos que ele pode causar. Isso significa

dizer que a presença de apenas um inseto na lavoura não o caracteriza como praga, pois um único inseto não é capaz de causar dano econômico que compense recomendar a aplicação de defensivo em uma área tão extensa. Isso será feito apenas quando a densidade populacional for alta o suficiente para que compense economicamente o custo de aplicação do defensivo químico (ROSSETTO; SANTIAGO, [s.d.]).

Podemos classificar as pragas de acordo com o aparelho bucal que apresentam. Assim podem ser classificadas em **pragas mastigadoras** ou **pragas sugadoras**, dependendo do aparelho bucal que apresentam (IMENES; IDE, 2002). Ainda, os insetos-praga podem ser classificados de acordo com a estrutura da planta que é atacada. Sendo assim, teremos as **pragas de solo** e as **pragas de parte aérea.**

As **pragas de solo** são insetos que vivem sob o solo ou em sua superfície, durante todo o ciclo de vida ou apenas em parte dele (LEITE, 2011), como a **lagarta-elasmo** (*Elasmopalpus lignosellus*). Este inseto permanece no solo apenas durante algumas fases do seu desenvolvimento (em casulos construídos a partir de teias e partículas do solo) (VIANA; MENDES, 2011). De uma forma geral, estas pragas se alimentam das raízes ou do colmo, em regiões próximas ao solo, acarretando a interrupção da circulação de seiva e, consequentemente, a morte da planta (HOFFMANN-CAMPO *et al.*, 2000). Observe no Quadro 1.1 alguns exemplos de pragas do solo e os principais danos que causam.

Quadro1.1 | Pragas de solo, principais características e danos

Pragas de solo		
Espécie	**Culturas hospedeiras**	**Principais danos**
Sphenophorus levis (Vaurie, 1978)	Cana-de-açúcar	Suas larvas (corós) abrem galerias nos internódios basais.
Migdolus fryanus	Cana-de-açúcar	As larvas são rizófagas, ou seja, alimentam-se das raízes.
Euetheola humilis (Burmeister)	Arroz, cana-de-açúcar, milho, trigo, repolho, soja, entre outras.	Danificam as sementes após o plantio, quando larva (caso do milho) e broqueiam os toletes recém-plantados, em cana-de-açúcar (adulto).
Atarsocoris brachiariae e Scaptocoris castanea	Soja, milho, pastagem, entre outras.	Larvas rizófagas

Diabrotica speciosa	Abóbora, alho, batata, berinjela, beterraba, brócolis, canola, cebola, entre outras.	Larvas rizófagas
Mahanarva fimbriolata	Cana-de-açúcar, milho e pastagens.	Larvas rizófagas
Diatraea saccharalis	Arroz, aveia, cana-de-açúcar, milho, pastagens, sorgo e trigo.	As larvas abrem galerias nos colmos.
Elasmopalpus lignosellus	Algodão, amendoim, arroz, aveia, centeio, cevada, feijão, feijão-caupi, gengibre, milho, soja, sorgo e trigo.	Atacam o caule (região próxima ao solo) e as folhas das plantas recém-germinadas.
Dichelops spp.	Soja, trigo, sorgo, milho, entre outras.	Danificam os tecidos da planta ao introduzir o aparelho bucal.
Gryllus assimilis e *Anurogryllus mutycus*	Eucalipto, hortaliças e gramíneas.	As larvas abrem galerias nas raízes e nos colmos.

Fonte: adaptado de Salvadori *et al.* (2002); Garcia (2013); Barrigosi e Martins ([s.d.]).

Já as pragas de parte aérea são insetos que, devido ao seu hábito alimentar, causarão danos no colmo, nas folhas e/ou em estruturas reprodutivas das cultivares de importância econômica (LEITE, 2011), como exemplificado no Quadro 1.2.

Quadro1.2 | Pragas de parte aérea, principais características e danos

Pragas de parte aérea		
Pragas mastigadoras		
Espécie	**Culturas hospedeiras**	**Principais danos**
Spodoptera frugiperda	Milho	As lagartas raspam os tecidos verdes de um lado da folha, deixando o outro lado intacto. Lagartas maiores em geral dirigem-se para o interior do cartucho e começam a fazer buracos na folha.
Grillus assimilis	Milho, soja e feijão.	O adulto possui hábito noturno, podendo cortar plântulas e a espiga (no caso do milho).
Anthonomus grandis	Algodão	As larvas e os adultos alimentam-se de estruturas reprodutivas.

Frankliniella williansi, Heliothrips haemorrhoidalis, Chaetanaphothrips spp., entre outros.	Milho, mandioca, frutíferas, entre outras.	Raspam as folhas e sugam os líquidos extravasados.
Helicoverpa zea	Abóbora, abobrinha, algodão, berinjela, chuchu, jiló, linhaça, melancia, entre outros.	No milho, as larvas atacam os estigmas, reduzindo a fertilidade. Atacam também os grãos nas espigas. Em outras culturas, brocam os frutos.
Euxesta spp.	Milho	As larvas se alimentam dos grãos leitosos na espiga.
Pragas sugadoras		
Espécie	**Culturas hospedeiras**	**Principais danos**
Aphis spiraecola, Toxoptera citricidus, entre outros.	Milho, soja, algodão, hortaliças, entre outras.	É um inseto sugador de seiva, que se alimenta pela introdução de seu aparelho bucal nas folhas novas. São também transmissores de diversas viroses.
Nezara viridula	Abacate, arroz, feijão, citrus, pimentão, amendoim, trigo, milho, hortaliças, entre outras.	Alimentam-se introduzindo o aparelho bucal (estiletes) na fonte nutricional (seiva).
Deois flavopicta	Pastagens e milho.	Alimentam-se introduzindo o aparelho bucal (estiletes) na fonte nutricional (seiva).
Euschistus heros	Algodão, girassol e soja.	Sucção de seiva dos ramos ou hastes e de vagens.
Bemisia tabaci	Citros, hortaliças, feijão, algodão, entre outras.	Sucção de seiva e transmissão de viroses.

Fonte: adaptado de Moreira e Aragão (2009); Hoffmann-Campo *et al.* (2000); Perring (2001); Oliveira-Marra *et al.* (2018).

Como você pode perceber, os insetos podem atacar as plantas das mais variadas formas, em locais diferentes e em momentos distintos. Além disso, a necessidade de uso constante de inseticida químico traz vários prejuízos, tanto econômicos quanto ambientais. Porém, se você imaginar o mundo sem os insetos, perceberá que eles fariam muita falta para nós (BARBIERI, 2010).

Como já estudado anteriormente, existem vários insetos que são benéficos e são capazes de atuar em todos os níveis tróficos da cadeia alimentar, daí

sua importância. Entre os insetos benéficos, podemos citar os **detritívoros** e **decompositores de matéria orgânica,** inimigos naturais e os insetos polinizadores (WINK *et al.*, 2005).

Vocabulário

Autótrofos: organismos produtores do seu próprio alimento, ou seja, são organismos que realizam fotossíntese ou quimiossíntese, como as plantas, algas e algumas bactérias.

Heterótrofos: aqueles que não produzem seu próprio alimento. Como exemplo temos todos os demais organismos vivos que não são autótrofos.

Herbívoros: que se alimentam de tecidos vegetais.

Carnívoros: aqueles que se alimentam de outros animais vivos.

Onívoros: aqueles que se alimentam tanto de vegetais quanto de animais vivos.

Detritívoros e **decompositores:** aqueles que se alimentam de material orgânico morto (TEIXEIRA; HOFFMANN; SILVA-FILHO, 2009).

Chegamos aqui em um ponto importante. Compreenda que tanto os organismos detritívoros quanto os decompositores alimentam-se de tecidos orgânicos mortos, como uma planta ou animal morto, por exemplo. Porém, há uma diferença muito importante entre eles. Os organismos detritívoros, ao se alimentarem da matéria orgânica morta, transformam moléculas orgânicas complexas em moléculas orgânicas simples. Já os organismos decompositores, transformam a molécula orgânica em moléculas ainda mais simples, em geral, **inorgânicas** (CUNHA-SANTINO; SCIESSERE; JÚNIOR, 2008).

O carbono presente na biomassa de organismos produtores e consumidores (ou seja, na forma orgânica) será decomposto e transformado em dióxido de carbono (forma inorgânica), e liberado no meio ambiente. Somente na forma inorgânica o carbono poderá ser aproveitado pelos organismos produtores (durante a fotossíntese). Sendo incorporado por eles, ou seja, voltando a fazer parte da biomassa desses organismos, será transferido para os organismos heterótrofos durante sua alimentação, passando por toda a cadeia alimentar novamente. Lembre-se de que não apenas o carbono se beneficia da ação dos organismos decompositores, todos os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas e, consequentemente, para todos os seres vivos, dependem da ação dos organismos decompositores. Dessa forma, a ação de **ciclagem dos nutrientes** realizada pelos organismos decompositores (e auxiliado

pelos detritívoros) é fundamental para o equilíbrio dos ecossistemas (MARTINS *et al.*, 2003; PAZ *et al.* 2006).

Agora que você já sabe a diferença entre organismo detritívoro e decompositor de matéria orgânica e sua importância na ciclagem de nutrientes, é importante que você saiba que existem classificações desses organismos baseadas no seu hábito alimentar. Dessa forma, observe o Quadro 1.3 e verifique os exemplos de insetos pertencentes a cada classificação.

Quadro 1.3 | Classificação de insetos detritívoros e decompositores

Insetos detritívoros			
Classificação	**Tipo de alimento**	**Principais danos**	**Observações**
Xilófagos	Alimentam-se de madeira/celulose	Cupins de uma forma geral Besouros	Os insetos contêm protozoários, bactérias ou fungos vivendo em simbiose, os quais auxiliam na degradação da madeira.
Coprófagos	Alimentam-se ou desenvolvem-se em massas fecais	Besouros Mosca	Destruição e incorporação das fezes no solo. É uma das principais pragas do rebanho bovino no Brasil.
Necrófagos	Alimentam-se de cadáveres	Besouros Mosca	São muito importantes para a polícia científica e peritos criminais.
Insetos decompositores			
Tipo de alimento		**Nome comum**	**Observações**
Alimentam-se de madeira/celulose		Cupins	São decompositores primários.

Fonte: adaptado de Abreu *et al.* (2002); Lima e Costa-Leonardo (2007); Pujol-Luz, Arantes e Constantino (2008); Monção *et al.* (2011).

Assimile

Os **insetos xilófagos**, em geral **cupins**, são responsáveis pela decomposição da madeira em diversos estágios. É possível que mais de 50% dos troncos e galhos sejam decompostos por estes insetos (BANDEIRA; MACAMBIRA, 1988). Para que você tenha uma ideia da importância desses insetos para a agricultura, locais onde as populações de cupins xilófagos estão presentes, há maior disponibilização de nutrientes no solo. Além disso, a presença da matéria orgânica

decomposta promove a formação de poros no solo, aumentando a aeração, a infiltração e retenção de água no solo, o que reduz processos erosivos (BANDEIRA, 1979).

Você pôde notar a importância da presença dos insetos para a agricultura, não é mesmo? Os insetos são tão importantes que podem solucionar problemas que o homem, muitas vezes, não consegue resolver. Este é o caso quando falamos dos inimigos naturais.

Os **inimigos naturais** são organismos vivos que atuam como agentes de controle biológico. Esse grupo é formado por **predadores** e **parasitoides**, e são classificados como **entomófagos**. Estes organismos devem ser capazes de manter a população de um inseto-praga em níveis abaixo do estabelecido para o dano econômico em determinado cultivo (PARRA *et al.*, 2002).

Os **insetos predadores** são, geralmente, maiores do que suas presas e podem apresentar comportamento predatório em qualquer fase de vida (PARRA *et al.*, 2002). De acordo com Oliveira *et al.* (2012), um importante predador generalista de pragas agrícolas é o *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae), o qual apresenta alto potencial de controle biológico de várias pragas presentes em diversos cultivos, como tomate (*solanum lycopersicum*), soja (Glycine max (L.) Merr) e algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (MEDEIROS *et al.*, 2000).

Os **insetos parasitoides** são aqueles que completam o seu ciclo de vida dentro de um outro inseto hospedeiro. Para que isso ocorra, o hospedeiro morre ao final do ciclo (PARRA *et al.*, 2002). As vespas do gênero ***Trichogramma*** têm tido destaque em nossa agricultura, apresentando elevada eficiência no controle de pragas, notadamente do complexo de **lagartas**, pragas de grandes culturas, como o milho, o sorgo e tomate (BESERRA e PARRA, 2004). Contudo, há outros parasitoides tão importantes quanto, como a *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae), *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Scelionidae), *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Platygastridae), *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae), *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae) (BUENO *et al.*, [s.d.]). São vários os casos de sucesso quando pensamos no controle de pragas por meio de inimigos naturais, tanto utilizando predadores quanto parasitoides (ZANUNCIO *et al.*, 2002; SIMONATO; GRIGOLLI e OLIVEIRA, 2014). Os resultados são tão animadores que é possível reduzir a quantidade de inseticida aplicado na lavoura (SIMONATO; GRIGOLLI e OLIVEIRA, 2014).

Dica

Para compreender como o tipo de cultivo e as características do meio ambiente podem influenciar na presença dos inimigos naturais nas lavouras, leia o artigo a seguir:

CIVIDANES, F. J.; YAMAMOTO, F. T. Pragas e inimigos naturais na soja e no milho cultivados em sistemas diversificados. **ScientiaAgrícola,** São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, v. 59, n. 4, p. 683-687, 2002.

Reflita

Considerando os insetos como pragas, você acha que deveriam ser eliminados completamente das áreas de lavoura? Vamos lembrar que todos os insetos têm um papel no ecossistema e a ausência de um deles poderia causar um efeito em cadeia catastrófico no meio ambiente.

Como já conversamos na Seção 1.1, os **insetos polinizadores** são organismos que visitam as flores de várias espécies de plantas em busca de recursos (comportamento de forrageamento), como o pólen e néctar, além de calor, abrigo, entre outros. Durante sua visita nas flores, entram em contato (de forma proposital ou por acidente) com o pólen, que fica preso nos seus corpos e acabam sendo transferidos para outras flores. Dessa forma, a polinização é realizada. Para que você entenda a importância das abelhas, elas são responsáveis pela polinização de 50% de todas as plantas presentes nas florestas tropicais e no cerrado. Pensando em agricultura, elas são responsáveis pela polinização de 73% das espécies cultiváveis (CUNHA; NÓBREGA e ANTONIALLI JR., 2014).

Nesta seção, você aprendeu sobre temas importantes, como a influência dos insetos em nossas vidas, os danos e os benefícios que nos trazem. Com uma visão mais aplicada, você aprendeu como os insetos podem ser classificados como praga e quais os danos que podem causar na lavoura. Essa parte é bastante teórica, mas será a base para as próximas unidades, em que o aprendizado se dará de forma mais integrada com a realidade rural.

Sem medo de errar

Após você ter estudado sobre insetos-pragas e organismos benéficos (principalmente sobre inimigos naturais e a importância deles no controle de várias pragas agrícolas), você já tem informações suficientes para responder

o questionamento do produtor rural, de maneira embasada. Antes de iniciarmos a resolução dessa situação, vamos relembrá-la?

Em uma reunião com toda a equipe, o produtor informou que pretende separar uma área com 10 hectares para cultivar tomate orgânico. Contudo, a preocupação com a presença em alta densidade da praga *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) durante o período reprodutivo do tomateiro é preocupante e representa um empecilho para implementar a agricultura orgânica. Dessa forma, o produtor pede para que você, agrônomo responsável pela área, indique o melhor caminho para controlar a praga em questão sem o uso de agrotóxico. Assim sendo, o que você recomendaria para reduzir naturalmente a densidade populacional da praga? Como você explicaria a sua escolha para o produtor?

Atenção

Para propor uma solução ao produtor é muito importante que você relembre conceitos como pragas agrícolas e inimigos naturais.

A presença dos inimigos naturais nas áreas de lavoura são uma excelente estratégia para auxiliar no controle de pragas, além de ajudar a manter o agroecossistema equilibrado. Dentre esses organismos, podemos citar os predadores e os parasitoides, e ambos podem ser usados para controlar as pragas do tomateiro.

Com o aumento da população de inimigos naturais na lavoura, haverá cada vez menos necessidade de uso de inseticidas químicos e, assim, será viável implementar a agricultura orgânica.

O que você recomendaria para reduzir naturalmente a densidade populacional da praga? É importante que você recomende ao produtor a aplicação imediata de insetos que atuam como inimigos naturais. Estes insetos têm a função de regular a densidade populacional dos insetos-praga nas lavouras e são muito eficientes. Tanto predadores quanto parasitoides poderão ser usados para o controle desta praga e o manejo estará de acordo com os preceitos da agricultura orgânica.

Como você explicaria a sua escolha para o produtor? Você deverá expor ao produtor que é preciso considerar, com essa tecnologia, a possibilidade de favorecer o agroecossistema e torná-lo sustentável, diminuindo o risco ambiental com os químicos e promovendo o equilíbrio do ambiental.

Ao finalizar o seu trabalho solucionando os problemas do produtor, você deverá fazer o monitoramento na área, observando (nos locais preferenciais

de cada organismo) a densidade populacional do inseto-praga, assim como a densidade populacional dos inimigos naturais, confirmando sua eficiência. Dessa forma, você poderá comprovar ao produtor como os insetos que atuam como inimigos naturais podem impactar de forma positiva na produção agrícola.

Avançando na prática

Insetos de grandes cultivos: prejuízos e benefícios

Descrição da situação-problema

Você, como engenheiro agrônomo foi contrato pelo senhor Antônio, proprietário de uma fazenda com 3 mil hectares no estado do Mato Grosso, para gerenciar o sistema de rotação de cultivos, sendo o primeiro plantio com a soja e posteriormente o milho "safrinha".

Em sua primeira visita à área, você observa a presença de cupins e que se trata de cupins xilófagos. Portanto, não deveria realizar nenhum tipo de aplicação de inseticida. Assim sendo, como você faria o relatório técnico, explicando a importância da presença e da manutenção desses insetos na lavoura? Quais os benefícios econômicos que esses insetos podem trazer para a produção agrícola?

Resolução da situação-problema

Para iniciar a justificativa do seu relatório técnico, é importante que você demonstre que, apesar de a maioria das espécies de cupins serem consideradas como pragas agrícolas, existem espécies que são benéficas para a agricultura, como no caso dos cupins xilófagos.

Insetos xilófagos alimentam-se de material vegetal morto, isso significa que esses insetos têm a importante função de auxiliar na decomposição da palhada da cultura anterior. Este processo tem aplicação direta na ciclagem de nutrientes, aumentando a disponibilidade de nitrogênio, potássio, fósforo, enxofre, carbono, entre outros. Esse processo irá impactar a atividade agrícola da fazenda, pois irá melhorar as características físicas e químicas do solo. Como consequência do aumento da disponibilidade de nutrientes no solo, a necessidade de aplicação de adubação química será menor e, consequentemente, o custo de produção para o produtor também poderá ser reduzido.

Dessa forma, ficará claro ao produtor a importância de insetos benéficos para a agricultura, como os cupins xilófagos, e como eles podem impactar na atividade agrícola.

Faça valer a pena

1. Os insetos podem apresentar uma grande diversidade de hábitos alimentares, o que contribui para que estes organismos sejam abundantes e habitem os mais diversos ambientes. Assim, de acordo as classificações baseadas nos hábitos alimentares dos insetos e sobre entomologia geral, julgue os itens a seguir:

( ) Os insetos classificados como detritívoros se alimentam de material vegetal vivo.

( ) Todos os insetos classificados como de parte da área podem passar uma etapa do seu ciclo de vida no subsolo.

( ) Insetos classificados como herbívoros se alimentam de outros insetos.

( ) Os insetos decompositores podem se alimentar de todos os tipos de organismos, desde que estejam mortos.

Qual alternativa apresenta a correta sequência da classificação das afirmativas em V para as verdadeiras e F para as falsas.

a) F, V, V, V.
b) V, V, F, F.
c) V, F, F, F.
d) F, F, F, V.
e) V, F, V, F.

2. As pragas agrícolas são populações de organismos que se alimentam diretamente da seiva, dos tecidos ou órgãos de plantas. Esses organismos podem ser encontrados em diversas culturas, causando prejuízos econômicos. Por isso, é essencial que saibamos tanto as características destas pragas e seus hábitos alimentares, quanto dos inimigos naturais presentes na área, a fim de auxiliarmos seu manejo.

I. Insetos que vivem na superfície do solo e que se alimentam de partes vegetais localizadas nesse meio, causando danos e prejuízos aos produtores.

II. Insetos-praga que se alimentam de inflorescências e frutos de diversas culturas, localizados na parte superior.

III. Insetos que necessitam de um hospedeiro, seja ovo ou indivíduo adulto, para completar o seu desenvolvimento.

IV. Insetos que se alimentam de vários outros insetos, também chamados de presas, durante toda a sua vida.

( ) Inseto-praga classificado como praga de parte aérea.

( ) Insetos parasitoides.

( ) Praga de solo.

( ) Insetos predadores.

Faça a correspondência entre as colunas das pragas agrícolas ou inimigos naturais e suas características principais, respectivamente:
a) I, III, IV, II.
b) II, IV, I, III.
c) II, III, I, IV.
d) IV, I, II, III.
e) I, II, IV, III.

3. Os insetos provocam severos danos às plantas de importância agrícola, diminuindo a produtividade e afetando a qualidade dos produtos que serão comercializados. Normalmente o controle é feito com o uso de inseticidas químicos. Contudo, esta prática tem afetado de maneira significativa o meio ambiente, inclusive organismos benéficos para a agricultura, como os inimigos naturais.
Analise as afirmativas a seguir:
I. Os insetos considerados como pragas podem ter inimigos naturais que reduzem sua densidade populacional atuando como um controle de pragas.
II. A utilização de inimigos naturais, como predadores e parasitoides, no controle de pragas agrícolas provoca a morte de insetos polinizadores.
III. A utilização de insetos parasitoides nas lavouras sempre causa a redução da população de insetos predadores.
IV. O inseto, ao se alimentar de uma planta cultivada, provoca nela uma injúria. Quando o inseto ataca as raízes da cultura, este é classificado como praga de solo.

De acordo com os seus conhecimentos sobre insetos-praga e inimigos naturais, leia as afirmativas a seguir e assinale a alternativa **correta**.
a) Apenas a afirmativa I.
b) Apenas as afirmativas II e IV.
c) Apenas as afirmativas II e III.
d) Apenas as afirmativas I e IV.
e) Apenas as afirmativas I, II e III.

Seção 1.3

Ecologia dos insetos

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção aprenderemos sobre a influência do meio ambiente no desenvolvimento dos insetos e como ela pode interferir no comportamento deles. Essa influência corresponde aos fatores ambientais, que podem ser manipulados a fim de um melhor controle do crescimento populacional das pragas agrícolas. Você também aprenderá como os fatores ambientais podem influenciar a decomposição da matéria orgânica e saberá quais insetos fazem parte desse processo. Após compreender esses fatores, você será apresentado a um grupo de insetos altamente especializado, que utiliza a comunicação química de maneira intensa para manter a organização e cooperação entre os indivíduos da colônia. Esses são os insetos sociais.

Com base nesse contexto, retomaremos a situação que estamos trabalhando nesta unidade: a *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) é uma das principais pragas da cultura do tomateiro e de difícil controle. Durante a fase larval (lagarta), esse inseto apresenta o aparelho bucal do tipo mastigador, promovendo a raspagem das folhas durante a alimentação, formando minas e reduzindo a capacidade fotossintética das plantas.

Na fazenda em que você trabalha, o manejo dessa praga vinha sendo feito de maneira que a população de tal inseto permanecia baixa. Em determinado momento, a temperatura, que estava em torno de 32 °C, caiu para 25 °C. Logo em seguida o produtor constatou um aumento populacional da praga em questão. Contudo, o produtor não entendeu o que ocasionou essa situação, pois imaginava que quanto maior a temperatura, mais o inseto se desenvolveria. Dessa forma, você decidiu monitorar a área para quantificar o crescimento populacional. Como engenheiro agrônomo, como explicaria o que ocorreu para o produtor? Como você faria para monitorar a área constantemente e de maneira eficiente?

Com os conhecimentos a serem adquiridos nesta seção, você será capaz de propor soluções viáveis ao problema do produtor. Por exemplo, ao estudar a "influência de fatores ambientais e sinecologia" e "comunicação química", você compreenderá, principalmente, como esses fatores são importantes e podem contribuir para o manejo de pragas. Não se esqueça de estudar atentamente os temas "processos de decomposição de matéria orgânica e os insetos" e "insetos sociais e suas aplicações em nosso cotidiano", pois eles

serão importantes para o seu bom desempenho durante nossos estudos e em sua vida profissional.

Vamos começar?

Não pode faltar

Os insetos, assim como todos os seres vivos, estão expostos a diversos fatores ambientais. Dessa forma, fica fácil entender que as características do meio ambiente influenciam fortemente o desenvolvimento de uma espécie, de forma positiva ou negativa (LARA, 1995). Isso significa dizer que determinados fatores ambientais podem favorecer o desenvolvimento de alguns insetos ou limitar seu crescimento. Por isso, estudos que avaliam como o meio ambiente pode influenciar o desenvolvimento dos insetos são tão importantes (CARVALHO, 1996).

Surgiu então um ramo da ciência especializado em estudar as relações entre os organismos (animais ou vegetais), entre si e suas relações com o meio ambiente. Esse campo do conhecimento é chamado de **Ecologia**, mais especificamente em nosso caso, **ecologia dos insetos**. Essa ciência foi descrita pela primeira vez em 1869 pelo zoólogo alemão Ernest Haeckel, que postulou a palavra *oekologie*, ou seja, do grego *oikis* = habitação, ambiente, e *logos* = estudo. A ecologia se divide, ainda, em várias partes: autoecologia (estuda como cada espécie reage a fatores ambientais), demoecologia (dinâmica das populações), **sinecologia (ecologia comunitária)**, macroecologia (busca entender quais são os mecanismos que geram os padrões encontrados em grandes escalas geográficas e temporais), ecofisiologia (ecologia ambiental) e agroecologia (GASTON; BLACKBURN, 2000).

Os fatores ambientais são qualquer elemento do meio ambiente que possa causar alguma influência, direta ou indireta, nos seres vivos. Portanto, fatores ambientais também podem ser chamados de **fatores ecológicos**. Dentre os principais fatores ambientais que podem influenciar o desenvolvimento dos insetos e sua distribuição dentro do ambiente, podemos citar: **temperatura, umidade, fotoperíodo, vento**, a disponibilidade de **alimento** e a presença de **inimigos naturais** (RODRIGUES, 2004). Em um primeiro momento, abordaremos esses fatores de maneira individual, mas lembre-se de que existe uma interação entre eles e devemos entender tudo de maneira integrada.

A t**emperatura** é de fundamental importância para qualquer ser vivo, pois influencia tanto o metabolismo quanto as atividades de maneira geral. Entretanto, cada organismo apresenta uma adaptação para se adequar às variações de temperatura. Assim, temos organismos **homeotérmicos** ou

pecilotérmicos (RODRIGUES, 2004). **Homeotérmicos** são os animais que conseguem manter a temperatura corporal relativamente constante, chamados de animais de sangue quente ou animais de temperatura constante, proporcionada por uma elevada taxa metabólica devido à intensa combustão de alimento nas células. Lembre-se de que o prefixo "homo" significa igual, homogêneo. Portanto, temperaturas homogêneas (SILVA, 2000). Os **pecilotérmicos** são os animais de sangue frio, também conhecidos como poiquilotérmicos ou ectotérmicos. São organismos que necessitam do calor do ambiente para se aquecer, ou seja, não são capazes de autorregular a temperatura corporal. Esse é o caso dos insetos, que precisam permanecer em ambientes com temperaturas favoráveis para o seu desenvolvimento (SILVA, 2000).

A temperatura apresenta grande influência no desenvolvimento dos insetos (RODRIGUES, 2004). Por exemplo, pode influenciar diretamente a taxa metabólica de cada organismo. A temperatura ótima para o desenvolvimento dos insetos é 25 °C. Contudo, existem variações entre as espécies (RODRIGUES, 2004). Assim, a faixa de temperatura considerada como ótima para o desenvolvimento da maioria dos insetos é de 15 °C a 38 °C, sendo que a temperatura de 38 °C é considerada **limiar máximo** e a de 15°C é considerada o **limiar mínimo**, prejudicando o desenvolvimento dos insetos. Em temperaturas abaixo de 15 °C o organismo do inseto entra em **hibernação** temporária. Abaixo de 0 °C, ocorre o congelamento dos fluidos do corpo do inseto. Quanto menor a temperatura, maior é o estado de congelamento, até que o organismo entre em estado de **anabiose irreversível** (-20 °C). Porém, quando as temperaturas estão altas, entre 38 °C e 48 °C, os insetos entram em estado de **estivação** temporária (**torpor**), podendo voltar às atividades normais quando a temperatura estiver mais amena. Entre 48 °C e 52 °C os insetos entram em estivação permanente, ou seja, não voltam às suas atividades normais, o que leva à sua morte. Perceba que a temperatura interferirá na taxa metabólica do inseto, influenciando diretamente o seu desenvolvimento e comportamento (CARVALHO, 1996).

Exemplificando

O inseto *Coccus hesperidium* (Homoptera: Coccidae) teve seu ciclo de desenvolvimento e a influência da temperatura estudados por Fonseca (1955). Assim, observe os resultados da pesquisa na tabela a seguir e perceba que a duração do ciclo aumenta quanto menor é a temperatura, ou seja, a duração do ciclo é inversamente proporcional à temperatura.

Tabela 1.1 | Duração do ciclo evolutivo de *Coccus hesperidium* (Hemiptera: Coccidae)

Temperatura (°C)	Duração do ciclo (dias)
30	24,7
25	35
20	60
15	210

Fonte: adaptada de Fonseca (1955).

Reflita

Agora pense sobre a seguinte questão: se com temperaturas baixas o ciclo de desenvolvimento do inseto é maior, e com temperaturas relativamente altas o tempo de desenvolvimento é menor, como isso poderá influenciar o manejo de pragas na agricultura?

Como você deve saber, a água é o componente de maior proporção nos seres vivos, e com os insetos não é diferente. Contudo, essa proporção pode variar de acordo com a espécie, tipo de alimento que consome e o meio em que é adaptado a viver. De uma forma geral, a proporção de água no corpo do inseto pode variar de 70% a 90%. Já a faixa de **umidade** que favorece o desenvolvimento dos insetos varia entre 40% e 80% (RODRIGUES, 2004). A umidade manifesta-se pela ação da chuva, umidade do solo e do ar (representada pela proporção de vapor de água existente na atmosfera). Quando falamos em umidade favorável, referimo-nos àquela umidade que favorece a velocidade de desenvolvimento, a maior longevidade (tempo de vida) e maior fecundidade (capacidade de produção de ovos) (RODRIGUES, 2004).

O **fotoperíodo** (duração do dia) é, na verdade, a presença de luz durante algumas horas do dia. Assim, ele depende da localidade, ou seja, da latitude e da estação do ano (BERGAMASCHI, 2004). O fotoperíodo pode interferir diretamente no ciclo biológico do inseto, uma vez que cada espécie necessita de um determinado número de horas de sol e de escuro para completar o seu desenvolvimento. Essa interferência pode ocorrer na eclosão dos ovos, na longevidade, fertilidade e mesmo na determinação da **diapausa** nos insetos (RODRIGUES, 2004).

Ao perceber as variações luminosas, os insetos poderão reagir de acordo com o seu **fototropismo (reação à luz)**. Essa reação pode ocorrer de maneira positiva ou negativa em relação à presença de luz: muitos insetos movimentam-se em direção a ela, sendo classificados como insetos **fototrópicos positivos**, como abelhas, mariposas. Outros insetos fogem da luz, como as baratas, sendo classificados como **fototrópicos negativos** (RODRIGUES, 2004).

O **vento** é um componente do clima, que pode influenciar a temperatura e precipitação (umidade). As correntes marítimas, carregadas de umidade, sofrem resfriamento ao passarem sobre áreas de influência da corrente fria, o que causa grandes precipitações de chuva. Em regiões mais áridas, esse vento já chega sem umidade, por isso as chuvas são escassas. Com ausência das chuvas, as temperaturas permanecem altas e a umidade relativa, baixa (FEHN, 1982; ALEXANDRE, 1996).

Um dos fatores ambientais que influenciam muito o desenvolvimento dos insetos, e de vários outros organismos, é a **disponibilidade de alimento**. Assim, a **monocultura** (elevado número de uma mesma espécie de vegetal em uma área) favorece o crescimento populacional de insetos-praga. Isso ocorre devido à elevada disponibilidade de alimento, criando condições favoráveis para seu desenvolvimento (RODRIGUES, 2004).

A população de insetos-praga pode ser controlada pela ação direta de outros organismos que atuam como **inimigos naturais**, como predadores e parasitoides. Esse tipo de controle envolve o mecanismo de densidade recíproca, em que uma população de insetos (praga) é controlada por outra população de insetos (inimigo natural). Assim, mantém-se o equilíbrio natural do agroecossistema, em que uma população aumentará à medida que a outra aumentar (FOERSTER, 2002).

Como você pode perceber existem diversos fatores inter-relacionados que podem influenciar o desenvolvimento de todos os seres vivos que habitam nosso planeta. Por isso, o estudo da **sinecologia** é tão importante, já que é o ramo da ecologia que estuda todas as interações entre as comunidades (AZEVEDO; HELMER, 1999).

Vocabulário

Espécie: unidade de classificação dos indivíduos.
População: conjunto de indivíduos de uma mesma espécie.
Comunidade: conjunto de populações em uma mesma área.
Ecossistema: conjunto formado por comunidades que habitam e interagem em uma determinada região, assim como os fatores ambientais que exercem influência sobre essas comunidades (SAWAIA, 1996).

Você deve estar se perguntando: como os mais diversos organismos se comunicam e interagem entre si? Há diferença entre essas interações quando ocorrem entre indivíduos da mesma espécie ou de espécies diferentes? Uma planta pode se comunicar com outros organismos, como insetos predadores, para se defender de insetos fitófagos? Você poderá obter todas essas respostas após aprender sobre semioquímicos.

Assimile

O termo **semioquímico** vem da palavra grega *semeîon*, que significa sinal, ou seja, sinal químico. Esses sinais químicos são utilizados para intermediar as relações entre os seres vivos.

Os semioquímicos têm diversas classificações, dependendo das espécies envolvidas e da resposta que induzirem. Quando os compostos químicos são utilizados para comunicação entre indivíduos de uma mesma espécie (comunicação intraespecífica), esses compostos são chamados de **feromônios**. Quando são utilizados para comunicação entre organismos de espécies diferentes (comunicação interespecífica), esses compostos são chamados de **aleloquímicos** (ZARBIN; RODRIGUES; LIMA, 2009).

Os feromônios são compostos químicos utilizados na comunicação entre insetos de uma mesma espécie. Eles são reconhecidos pelo receptor e produzem comportamentos neste, que podem ser: de atração de indivíduos do sexo oposto para acasalamento (feromônio sexual); agregação para alimentação (feromônio de agregação); demarcação de trilhas e espaços, muito utilizados pelas formigas (feromônio de trilha ou espaços); feromônios utilizados para alertar sobre a presença de inimigos (feromônio de alarme); e vários outros feromônios sintetizados por insetos sociais para organizar as atividades nas colônias (HÖLLDOBLER; CARLIN, 1987).

Os aleloquímicos podem ser classificados em alomônios, cairomônios ou sinomônios. Os **alomônios** favorecem a espécie emissora, como um comportamento de defesa, por exemplo; os **cairomônios** favorecem a espécie que recebe o estímulo químico, como para a localização de uma presa; e os **sinomônios**, que beneficiam ambas as espécies, tanto o emissor quanto o receptor (MARTINS *et al.*, 2003).

Os feromônios podem auxiliar no manejo de pragas agrícolas de diversas maneiras. Entre elas, podemos citar o monitoramento e coleta massal por meio de armadilhas e confusão sexual (PEREIRA, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Ao utilizar armadilhas com feromônio sexual sintético, por exemplo, podemos detectar a presença e a densidade populacional de uma determinada praga. Seu objetivo é determinar o momento correto de iniciar o controle, químico ou biológico, da praga em questão. A coleta massal tem como objetivo diminuir a população de inseto-praga na área de cultivo e utiliza para isso o maior número de armadilhas possível. A confusão sexual ocorre pela liberação intensiva de feromônio sintético na área que se deseja efetuar o controle, de maneira que confunda os insetos e os impeça de encontrar o parceiro. Dessa forma, é possível reduzir os acasalamentos e sua nova geração (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O uso de armadilhas para o monitoramento de pragas tem sido muito difundido em vários cultivos e para várias espécies, com resultados animadores. Assim como as técnicas de coleta massal e confusão sexual, que ainda são restritas a determinadas condições (AMBROGI; LIMA; SOUSA-SOUTO, 2006; MONTEIRO; SOUZA; BELLI, 2008).

É importante lembrar que todos esses compostos químicos são liberados no meio ambiente, ou seja, sofrem diretamente a influência do meio ambiente, como temperatura e umidade relativa do ar (GOULD; GOULD, 1988; ALMEIDA, 2004).

Os fatores ambientais (temperatura, umidade e teor de oxigênio) também interferem na decomposição da matéria orgânica. A temperatura e o calor aceleram o processo de decomposição, garantindo maior reprodução dos organismos que auxiliam a decomposição da matéria orgânica e o seu metabolismo. A umidade, como você já viu, é essencial para a manutenção da vida, lembrando que a sua falta causa dessecação das estruturas celulares e o seu excesso pode estimular o desenvolvimento de várias doenças. O oxigênio é essencial para a respiração celular, fundamental para os organismos aeróbios responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (BASTOS *et al.*, 2005).

Os processos de decomposição no meio ambiente são importantíssimos fatores ecológicos, pois propiciam a ciclagem biogeoquímica e resultam de processos tanto bióticos como abióticos que ocorrem simultaneamente na natureza.

Agora, lembraremos do grupo de insetos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica que você estudou na Seção 1.2. Esses insetos são os **detritívoros** ou **decompositores**. Os hábitos alimentares desses insetos, como besouros, vespas, formigas e cupins, são extremamente importantes em processos de formação do solo, uma vez que espalham, misturam e redistribuem a matéria orgânica, a qual atua como agente "cimentante", unindo as partículas do solo, promovendo a aeração e retenção de água devido à formação de poros no solo. Além de melhorar as características físicas do deste último, a decomposição da matéria orgânica permite que nutrientes e minerais anteriormente imobilizados na biomassa vegetal e animal sejam disponibilizados, garantindo a autossustentabilidade dos ecossistemas.

Relembremos também a classificação dos insetos quanto ao seu hábito alimentar, apresentada na Seção 1.2. Dentre esses organismos, temos os coprófagos, que se alimentam de excrementos de animais carnívoros e herbívoros; os necrófagos, que se alimentam de cadáveres; e os xilófagos, que se alimentam de matéria vegetal morta. Ademais, existem vários outros organismos que fazem parte desses grupos, como os milípedes, minhocas, ácaros, colêmbolos e outros pequenos artrópodes (SCHOWALTER, 2006).

Agora que você já sabe como os insetos podem se comunicar e como os fatores ambientais podem influenciar o seu desenvolvimento e comunicação, estudaremos sobre um grupo de insetos altamente especializados, os insetos sociais, cuja comunicação é fator-chave para seu modo de vida.

Os insetos sociais (**eusociais**) são aqueles que vivem em grupos, de forma organizada, e com alto nível de cooperação entre si. Apresentam uma relação ecológica harmônica, a qual chamamos de sociedade. Entre esses insetos, podemos encontrar as formigas (Formicidae), cupins e algumas vespas (Vespidae) e abelhas (Apidae) (GULLAN; CRANSTON, 2007). Como você pode perceber, os conceitos-chave para insetos sociais são **organização** e **cooperação**. Você consegue imaginar no que consiste essa organização? Na verdade, o que ocorre é uma **divisão de trabalho** (castas), **cuidado parental** (ou seja, membros da colônia cuidam da prole) e a **sobreposição de geração.** Esses insetos têm a habilidade de organizar todos os operários da colônia para ajudar a superar as dificuldades, o que significa um grande avanço para a sobrevivência em ambientes inóspitos. Apresentam vários mecanismos de defesa contra predadores, além da capacidade de constrição de ninho (colônia), o que auxilia ainda mais na proteção dos indivíduos sob condições desfavoráveis (WILSON, 1971). Essas são características comuns para todos os grupos.

Todos os indivíduos da colônia são divididos em castas. Temos, então, as **castas reprodutivas** e **não reprodutivas** (TROITINO, 2017). Na casta reprodutiva temos o casal responsável pelo acasalamento (no caso dos cupins), na casta das abelhas e formigas, só existe uma rainha responsável pela reprodução. No caso das abelhas-rainhas, elas são as únicas na colônia com capacidade de reprodução e são criadas especificamente para essa função (ROOT; ROOT, 1980). A rainha se desenvolve a partir de um ovo igual aos demais, contudo, o que a diferencia é o tipo de alimentação que recebe. Para se diferenciar como rainha, a alimentação da larva é feita exclusivamente através de geleia real, rica em proteína e hormônios, produzida pelas operárias. Consequentemente, a rainha desenvolve-se como um adulto sexualmente maduro, ao contrário das operárias (que são inférteis) (HAYDAK, 1970). A rainha jovem fará o voo nupcial, ou seja, sairá da colônia e se acasalará com vários machos (zangões). Esse voo depende das condições ambientais e caso a rainha não consiga realizá-lo, torna-se infértil e a colônia entra em colapso. A rainha tem apenas um voo de acasalamento em toda a sua vida. Os espermas dos zangões são armazenados na **espermateca** e liberados para fecundar os ovos de acordo com a necessidade da colônia, ou seja, é a rainha quem decide quando fecundar os ovos (OLDROYD; RATNIEKS; WOSSLER, 2002). Perceba que os ovos fertilizados geram operárias, e ovos não fertilizados geram zangões.

A rainha é constantemente cuidada pelas operárias, que fornecem alimento e cuidados com os ovos produzidos pela rainha. Ela é, ainda, responsável por liberar um feromônio que inibe as operárias de criarem rainhas novas. Note a importância da comunicação feromonal para manutenção da colônia (SEELEY, 1996). A casta não reprodutiva compreende as operárias e os soldados. As operárias são responsáveis por todo o trabalho na colmeia, como a limpeza, forrageamento (coleta de pólen e néctar), e cuidam dos recém-nascidos. Os soldados são responsáveis pela defesa da colmeia (TROITINO, 2017).

A comunicação entre esses organismos pode ser feita por vários meios, como sons, substâncias químicas (feromônios e aleloquímicos), tato ou estímulos magnéticos (BILLEN; MORGAN, 1998).

Assim, chegamos ao final de mais uma seção, em que aprendemos sobre como o meio ambiente pode influenciar o desenvolvimento do inseto e suas comunicações. Ampliamos nossos conhecimentos sobre os vários insetos que existem e como podemos usá-los em nosso favor. Com isso, começamos a aplicar os conhecimentos teóricos à realidade rural.

Dica

Para compreender melhor como a comunicação química influencia as atividades das castas de insetos sociais, leia o texto a seguir:

BILLEN, J. A importância de glândulas exócrinas na sociedade de insetos. *In:* VILELA, E. *et al.* (Orgs.). **Insetos sociais:** da biologia à aplicação. Viçosa: Editora UFV, 2008. cap. 5, p. 87-92.

Sem medo de errar

No início da unidade, propomos o seguinte problema: você trabalha em uma fazenda produtora de tomate (*Lycopersicum esculentum, Mill*) que tem apresentado surtos constantes da praga *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). Apesar de você manejar a população desse inseto-praga após uma variação de temperatura, houve um aumento populacional e o produtor não entendeu o que houve. Você, como agrônomo responsável técnico pela área, deve esclarecer as indagações do produtor de maneira satisfatória. Dessa forma, você decidiu monitorar a área para quantificar o crescimento populacional. Assim sendo, como explicaria o que ocorreu para o produtor? Como você faria para monitorar a área constantemente e de maneira eficiente?

Atenção

Para que consiga responder a essas indagações, você precisa relembrar o que estudou sobre os fatores ambientais e como eles podem influenciar o desenvolvimento dos insetos. Além isso, os conceitos de comunicação química e feromônios devem estar muito bem assimilados por você. Com isso, será fácil responder ao produtor.

- **Fatores ambientais** são quaisquer elementos do meio ambiente que possam causar alguma influência, direta ou indireta, nos seres vivos.
- Principais fatores ambientais: **temperatura, umidade, fotoperíodo, vento**, disponibilidade de **alimento** e presença de **inimigos naturais**.
- **Semioquímicos** são compostos químicos utilizados na comunicação química. Eles podem ser classificados em **feromônios** e **aleloquímicos**. Os feromônios são classificados assim porque são utilizados na comunicação intraespecífica, ou seja, entre indivíduos da mesma espécie.

Você também aprendeu que temperaturas elevadas ou muito baixas prejudicam o desenvolvimento do inseto. Dessa forma, quando as temperaturas estão muito altas, é natural que haja uma redução populacional da praga. Porém, quando as temperaturas se tornam amenas, em torno de 25 °C, o inseto encontra condições ideais para o seu desenvolvimento, aumentando sua população.

Como engenheiro agrônomo, de que forma explicaria o que ocorreu para o produtor? Você deverá iniciar expondo que a temperatura é um fator extremamente importante para o desenvolvimento dos insetos. Dependendo da temperatura, o ciclo do inseto pode variar muito. Ou seja, em temperaturas muito baixas ou altas (acima de 30 °C), o ciclo do inseto é mais demorado. Por isso, a densidade populacional é menor. Em temperaturas em torno de 25 °C, considerada ideal para o desenvolvimento dos insetos, o tempo de desenvolvimento é reduzido e o potencial de desenvolvimento é aumentado. Ou seja, há um grande aumento populacional. Por isso, devido à redução de temperatura, houve o aumento populacional.

Como você faria para monitorar a área constantemente e de maneira eficiente? Você poderá confirmar a observação do produtor ao realizar o monitoramento na área. Para fazer isso de forma eficiente, você poderá instalar armadilhas contendo feromônio específico para essa praga e observar o seu poder atrativo. Devem ser instaladas duas armadilhas por hectare e a 1,60 metros do solo, observando-se a direção do vento de tal modo que a praga seja atraída contra o vento. O controle químico deve ser iniciado ao encontrar 30 indivíduos ou mais nas armadilhas.

Avançando na prática

Confusão sexual para o controle de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), em pomares de macieira

Descrição da situação-problema

Como agrônomo extensionista, você foi designado para auxiliar uma pequena fazenda, produtora de macieira Fuji, no espaçamento de 4,5 m entre linhas e 1,5 m entre plantas, totalizando 20 hectares, localizada em São Joaquim, Santa Catarina.

Ao chegar na fazenda, você confirma a presença de uma importante praga da cultura, a mariposa oriental *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). Porém, o produtor afirma que procura seguir a linha orgânica, impossibilitando a aplicação de inseticida.

Ao discutirem juntos sobre como realizar o manejo, o produtor afirma que soube de uma técnica que vem sendo utilizada com sucesso, chamada de confusão sexual. Sem entender muito bem sobre o que se trata, ele pergunta a você, agrônomo especialista, como essa técnica funciona.

Resolução da situação-problema

Você deve explicar ao produtor que a confusão sexual se dá pela liberação intensiva de feromônio sintético, específico para essa praga, na área que se deseja efetuar o controle, de maneira que confunda os insetos e impeça-os de encontrar o parceiro.

No caso da praga *Grapholita molesta*, é possível aplicar uma grande quantidade de feromônio na área a ser tratada, o que dificultará o encontro dos casais para o acasalamento e reduzirá, de forma gradativa, o nível populacional da praga a cada geração. Além disso, há uma redução de resíduos nos frutos e nos riscos de contaminação do meio ambiente, além de favorecermos o desenvolvimento de inimigos naturais.

Faça valer a pena

1. Existem diversos fatores ambientais que podem influenciar a vida dos insetos. De acordo com esses fatores, os insetos podem atrasar ou acelerar o ciclo de desenvolvimento. Em condições mais extremas, podem entrar em hibernação temporária ou permanente, o que os leva à morte.

De acordo com o que você sabe sobre os fatores ambientais que influenciam o desenvolvimento dos insetos, marque a alternativa que apresenta **todos** esses fatores.
a) Temperatura, umidade, luz e alimento.
b) Temperatura, umidade, fotoperíodo, vento, alimento e inimigos naturais.
c) Calor, luz, inimigos naturais e policultura.
d) Chuva, alimento, calor, policultura e temperatura.
e) Temperatura, umidade, fotoperíodo, vento e alimento.

2. O cuidado parental é quando o inseto cuida dos ovos (após a oviposição) ou após a eclosão dos ovos, incluindo a provisão e a proteção de reservas de alimento para os jovens. Embora poucos ou nenhum inseto mostre uma total ausência de cuidados, este é um comportamento muito característico de um grupo de insetos.

De acordo com o texto-base e com o que você já estudou sobre o assunto, marque a alternativa que classifica os grupos de insetos que apresentam esse tipo de comportamento.
a) Insetos eusociais, como vespas, formigas, abelhas e cupins.
b) Insetos solitários, como os percevejos e besouros.
c) Insetos eusociais, como as borboletas.
d) Insetos individualistas, como as vespas, abelhas e cupins.
e) Insetos eusociais, como as abelhas, apenas.

3. O besouro bombardeiro é um inseto muito conhecido por ter um mecanismo de defesa muito singular. Ele tem a capacidade de produzir uma substância química através de glândulas existentes em seu corpo e armazenadas em um reservatório. Quando se sente ameaçado, é capaz de liberar esse composto químico no seu inimigo, repelindo-o.

De acordo com o que você sabe sobre semioquímicos, o composto químico em questão é classificado como:
a) Cairomônio.
b) Alomônio.
c) Semioquímico.
d) Feromônio.
e) Aleloquímico.

Referências

ABREU, R. L. S. de. *et al.* Avaliação de danos por insetos em toras estocadas em indústrias madeireiras de Manaus, Amazonas, Brasil. **R. Árvore,** Viçosa, v. 26, n. 6, p. 789-796, 2002.

ALEXANDRE, J. A. A. **As correntes marinhas.** 1996. 180 f. Monografia – Faculdade de Letras, Universidade de Coimbra, Coimbra, 1996.

ALI, A.; CHOUDHURY, R. A. Some biological characteristics of Helicoverpa armigera on chickpea. **Tunisian Journal of Plant Protection,** v. 4, n. 1, p. 99-106, 2009.

ALMEIDA, G. F. **Estudo de componentes rítmicos detectados na colônia de Frieseomelitta varia Hymenoptera: Apidae; Meliponini.** 2004. 96 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, 2004.

AMBROGI, B.; LIMA, E.; SOUSA-SOUTO, L. Efficacy of Mating Disruption for Control of the Coffee Leaf Miner. **BioAssay,** v. 1, 2006.

AZEVEDO, C. O.; HELMER, J. L. **Ecologia de comunidade de Bethylidae (Hymenoptera, Chrysidoidea) da Reserva Ecológica do Roncador.** Brasília: [s.n.], 1999.

BANDEIRA, A. G. Análise da termitofauna (Insecta, Isoptera) de uma floresta primária e de uma pastagem na Amazônia Oriental. Brasil. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, sér. Zool.,** v. 5, n. 2, p. 225-241, 1989.

BANDEIRA, A. G.; MACAMBIRA, M. L. J. Térmitas de Carajás, Estado do Pará, Brasil: composição faunística, distribuição e hábito alimentar. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, sér. Zool., v. 4, n. 2, p. 175-190. 1988.

BARBIERI, E. **Biodiversidade:** a variedade de vida no planeta terra. São Paulo: APTA, 2010. p. 1-19.

BARRIGOSI, J. A. F.; MARTINS, J. F. S. **Manejo de insetos-praga.** [s.d.]. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fuye4xq602wyiv80166sqf4qsy51i.html. Acesso em: 11 out. 2018.

BASTOS, R. S. *et al.* Formação e estabilização de agregados do solo influenciados por ciclos de umedecimento e secagem após adição de compostos orgânicos com diferentes características hidrofóbicas. **Rev. Bras. Ciênc. Solo,** Viçosa, v. 29, n. 1, p. 21-31, 2005.

BERGAMASCHI, H. **Fotoperiodismo.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2004.

BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Biology and parasitism of Trichogramma atopovirilia Oatman & Platner and Trichogramma pretiosum Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) on eggs of Spodoptera frugiperda (JE Smith)(Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia,** v. 48, n. 1, p. 119-126, 2004.

BILLEN, J.; MORGAN, E. D. Pheromone communication in social insects: sources and secretions. *In:* VANDER MEER, R. K. *et al.* (Eds.). **Pheromone communication in social insects:** ants, wasps, bees, and termites. Boulder, Oxford: Westview Press, 1998. p. 3-33.

BRITO, C. H. de. **Controle térmico de mosca-das-frutas (*Ceratitis capitata*)(Wied.) em frutos da cajazeira (*Spondias mombin* L.).** 2007. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2007. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8105/2/arquivototal.pdf. Acesso em: 13 nov. 2018.

BUENO, V. H. P. *et al.* **Controle biológico e manejo de pragas na agricultura sustentável.** Apostila do Departamento de Entomologia da UFLA, [s.d.]. Disponível em: http://www.den.ufla.br/attachments/article/75/ApostilaCB%20%28final%29.pdf. Acesso em: 27 nov. 2018.

CARRERA, M. Entomofagia humana. **Revista Brasileira de Entomologia,** v. 36, p. 889-894, 1992.

CARVALHO, J. P. **Introdução à entomologia agrícola.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. 361 p.

CORSEUIL, E. Controle biológico. **Entomologia –** Temas didáticos N° 1, Porto Alegre, 2007.

CUNHA-SANTINO, M. B.; SCIESSERE, L.; JÚNIOR, I. B. As atividades das enzimas na decomposição da matéria orgânica particulada em ambientes aquáticos continentais. **Oecologia Brasiliensis,** v. 12, n. 1, p. 2008 ,4.

CUNHA, D. A. S.; NÓBREGA, M. A. S.; ANTONIALLI JUNIOR, W. F. Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas. **Ensaios Cienc., Cienc. Biol. Agrar. Saúde,** v. 18, n. 4, p. 185-194, 2014.

ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R. Howling monkeys (Alouatta palliata) dung beetles (Scarabaeidae) and seed dispersal: ecological interactions in the tropical rain forest of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. **Journal of Tropical Ecology,** v. 7, p. 459-474, 1991.

FAZOLIN, M.; SILVA, W. S. da. **Levantamento e análise faunística de insetos associados às plantas de um modelo de sistema agroflorestal em Rio Branco**. Rio Branco: EMBRAPA-CPAF/AC, 1997.

FEHN, L. M. Influência dos fatores meteorológicos na flutuação e dinâmica de população de *Anastrepha* spp. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 17, n. 4, p. 533-544, 1982.

FOERSTER, L. A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides. *In:* PARRA, J. R. P. *et al.* **Controle biológico no Brasil:** parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. v. 1, p. 95-114.

FONSECA, J. C. Contribuição para o estudo de *Coccus hesperidium* L. (Homoptera, Coccidae). **Brotéria, Série Ciências Naturais,** v. 23, n. 1, 1955.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO) – Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação. **Incentiva o consumo de insetos em todo o mundo.** [*S.l.*]: FAO, 2011.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 2002. 920 p.

GARCIA, J. F. **Manual de identificação de pragas da cana.** Campinas, 2013. Disponível em: https://www.fmcagricola.com.br/portal/manuais/pragas_cana/files/assets/common/downloads/publication.pdf. Acesso em: 11 out. 2018.

GASTON, K. J.; BLACKBURN, T. M. **Pattern and Process in Macroecology.** Cornwall: Wiley-Blackwell, 2000. p. 377.

GOULD, J. I.; GOULD, C. G. The Honey Bee. Scientific American. *In:* _____. **Chapter 3:** Comunication. [*S.l.*: s.n.], 1988. p 47-67.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. **Os insetos:** um resumo de entomologia. 3. ed. São Paulo: Rocca, 2008. 465 p.

HALFFTER, G.; EDMONDS, W. D. **The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae):** An ecological and evolutive approach. México: Man and the Biosphere Program UNESCO, 1982. 177 p.

HAYDAK, M. H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology,** v. 15, p. 143-156, 1970.

HOFFMANN-CAMPO, C. B. *et al.* **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado.** [*S.l.*]: Embrapa Soja, Circ. Téc. 30, 2000. 70 p.

HÖLLDOBLER, B.; CARLIN, N. F. Anonymity and specificity in the chemical communication signals of social insects. **Journal of Comparative Physiology,** v. 161, n. 4, p. 567-581, 1987.

IMENES, S. D. L.; IDE, S. Principais grupos de insetos pragas em plantas de interesse econômico. **O Biológico,** São Paulo, v. 64, n. 2, p. 2002 ,238-235.

LARA, F. M. **Princípios de entomologia.** 3. ed. São Paulo: Ed. Ícone, 1995. 331 p.

LEITE, D. A.; TANURE, M. A. G. Alterações oculares após ferroada de marimbondo: relato de caso. **Rev. Med. Minas Gerais,** v. 26, 2016.

LEITE, G. L. D. **Entomologia básica.** Montes Claros: Universidade Federal De Minas Gerais, Instituto De Ciências Agrárias, 2011.

LIMA, J. T.; COSTA-LEONARDO, A. M. Recursos alimentares explorados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biota Neotropica,** [*S.l.*], v. 7, n. 2, 2007.

LORINI, I. *et al.* **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas.** Brasília: Embrapa, 2015. 84 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf. Acesso em: 13 nov. 2018.

MARTINS, C. B. da C. **Semioquímicos envolvidos nas interações intra e interespecíficas de Oryzophagus oryzae (Lima, 1936) (Coleoptera: Curculionidae) e Thaumastocoris peregrinus Carpintero & Dellapé (Heteroptera: Thaumastocoridae).** 2006. 116 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Curso de Pós Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MARTINS, C. R. *et al.* **Cadernos Temáticos** - Química Nova na Escola, v. 5, n. 2003 ,28.

MATTHEWS, M. **Heliothinae moths of Australia:** a guide to pest bollworms and related noctuid groups. Melbourne: CSIRO, 1999. 320 p.

MEDEIROS, R. S. *et al.* Age-dependent fecundity and life-fertility tables for Podisus nigrispinus (Dallas) (Het., Pentatomidae). **Journal of Applied Entomology,** v. 124, p. 319-324, 2000.

MENSAH, R. K. *Supresssion of Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition by use of the natural enemy food supplement Envirofeast. **Australian Journal of Entomology,** Canberra, v. 35, n. 4, p. 323-329, 1996.

MONÇÃO, O. P. *et al.* Importância agronômica de coleópteros coprófagos. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 12, 2011.

MONTEIRO, L. B.; SOUZA, A. de; BELLI, L. Confusão sexual para o controle de *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), em pomares de macieira, em Fraiburgo (SC), Brasil. **Bragantia,** v. 67, n. 1, 2008.

MOREIRA, H. J. da C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas do milho.** Campinas: FMC, 2009.

NICHOLS, E. *et al.* Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biological Conservation. **The Scarabaeinae Research Network,** v. 141, p. 1461-1474, 2008.

OLDROYD, B. P.; RATNIEKS, F. L. W.; WOSSLER, T. C. Egg-marking pheromones in honey--bees *Apis mellifera*. **Behavioral Ecology and Sociobiology,** v. 51, p. 590-591, 2002.

OLIVEIRA, J. E. M. *et al.* Uso da técnica de confusão sexual no manejo populacional de Cryptoblades gnidiella (Lepidoptera: Pyralidae) em videira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v. 49, n. 11, p. 853-859, 2014.

OLIVEIRA-MARRA, S. O. D. *et al.* Mating behavior of the predator of the Podisus nigrispinus (Heteroptera: Pentatomidae) under exposure to neem. **CHILEAN JAR,** v. 72, n. 4, p. 523-527, 2012.

OLIVEIRA-MARRA, S. O. D. *et al.* (2018). Insecticide resistance and control failure likelihood among populations of the boll weevil (Anthonomus grandis) from Mato Grosso (Brazil). **Acta scientiarum Agronomy.** In press.

OLIVEIRA-MARRA, S. O. D. *et al.* **Efeito de voláteis do algodoeiro como agentes sinérgicos ao feromônio de agregação de *Anthonomus grandis* Boh. (Coleoptera: Curculionidae) em campo.** [*S.l.*: s.n.], 2019. No prelo.

OLIVEIRA, S. O. D. *et al.* Bean type modifies larval competition in *Zabrotes subfasciatus* (Chrysomelidae: Bruchinae). **Journal of economic entomology,** v. 108, n. 4, p. 2098-2106, 2015.

PARRA, J. R. P. *et al.* (Eds.). **Controle biológico no Brasil:** parasitóides e predadores. São Paulo: Ed. Manole, 635 .2012 p.

PAZ, A. M. *et al.* Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. **Ensaio–Pesquisa em Educação em Ciências,** v. 8, n. 2, p.133-146, 2006.

PEREIRA, M. P. S. *et al.* Fauna de formigas como ferramenta para monitoramento de área de mineração reabilitada na Ilha da Madeira, Itaguaí, RJ. **Ciência Florestal,** v. 17, n. 3, p. 197-204, 2007.

PERRING, T. M. The Bemisia tabaci species complex. **Crop protection,** v. 20, n. 9, p. 725-737, 2001.

PICANÇO, M. C. **Manejo integrado de pragas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2010. Disponível em: https://halley.adm-serv.ufmg.br/ica/wp-content/uploads/2017/06/apostila_entomologia_2010.pdf. Acesso em: 13 nov. 2018.

PORTO, A. J. *et al.* Caracterização de oito raças do bicho-da-seda (*Bombyx mori* L.). **Ciência Rural,** Santa Maria, v. 34, p. 259-264, 2004.

PUJOL-LUZ, J. R.; ARANTES, L. C.; CONSTANTINO, R. Cem anos da entomologia forense no Brasil (1908-2008). **Revista Brasileira de Entomologia,** v. 52, n. 4, p. 485-492, 2008.

RIGAU-PÉREZ, J. G. *et al.* Dengue and dengue hemorragic fever. **Lancet,** v. 352, p. 971-977, 1998.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam no desenvolvimento dos insetos. **Info Insetos,** n. 4, v. 1, p. 1-4, 2004.

ROMEIRO, E. T.; OLIVEIRA, I. D.; CARVALHO, E. F. Insetos como alternativa alimentar: artigo de revisão. **Rev. Comportamento, Cultura e Sociedade,** v. 4, p.1-21, 2015.

ROMÁN, J. Scarabaeus sacer Linnaeus (Coleoptera: Scarabaeidae) visitando un hongo de la especie Clathrus ruber Micheli: Persoon (Clathraceae). **Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa,** n. 42, v. 1, p. 348, 2008.

ROOT, A. I.; ROOT, E. R. **The ABC and Xyz of Bee Culture.** Medina, Ohio: The A.I. Root Company, 1980.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, D. S. **Árvore do Conhecimento:** cana-de-açúcar. **Ageitec,** [s.d.] Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_53_711200516718.html. Acesso em: 13 nov. 2018.

SALVADORI, J. R. *et al.* Pragas de solo: evolução e manejo. **Cultivar,** Ano IV, n. 44, p. 18-22, out. 2002. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/70928/1/ID-19175.pdf. Acesso em: 11 out. 2018.

SAWAIA, B. B. Comunidade: a apropriação científica de um conceito tão antigo quanto a humanidade. *In:* CAMPOS, R.H.F. (Org.) **Psicologia Social Comunitária:** da solidariedade à autonomia. Petrópolis: Vozes, 1996. p. 35-53.

SCHOWALTER, T. D. **Insect ecology:** an ecosystem approach. San Diego: Academic Press, 2006. 572 p.

SEELEY, T. **Wisdom of the Hive.** [*S.l.*]: Harvard University Press, 1996.

SILVA, R. G. **3.1 Termorregulação.** Relações entre características adaptativas, qualidade espermática e perfil proteico do plasma seminal de touros adaptados à região subtropical. [*S.l.*: s.n.], 2000.

SILVA, R. M. Ensino de ciências para deficientes visuais: desenvolvimento de modelos didáticos no Instituto Benjamin Constant. **Benjamin Constant,** Rio de Janeiro, ano 20, v. 2, ed. 57, p. 109-126, 2014.

SIMONATO, J.; GRIGOLLI, J.; OLIVEIRA, H. de. **Controle biológico de insetos-praga na soja.** [*S.l.*]: Embrapa Agropecuária Oeste-Capítulo em livro técnico científico, 2014.

SORIA, M. F. *et al.* Alerta para o bicudo-do-algodoeiro Breve panorama pré-safra 2012/13 e ações para o combate da praga. **Circular Técnica** nº 3, Instituto Mato-Grossense Do Algodão – IMAmt, 2013.

SPELLMEIER, J. G., STÜLP, S. Avaliação da degradação e toxicidade dos corantes alimentícios eritrosina e carmim de cochonilha através de processo fotoquímico. **Revista Acta Ambiental Catarinense,** v. 6, n. 1/2, p. 65-83, 2009.

TEIXEIRA, C. C. L., HOFFMANN, M.; SILVA-FILHO, G. Comunidade de Coleoptera de solo em remanescente de Mata Atlântica no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Biota Neotropica,** v. 9, n. 4, 2009.

THOMAZINI, M. J.; THOMAZINI, A. P. de B. W. **A fragmentação florestal e a diversidade de insetos nas florestas tropicais úmidas.** [*S.l.*]: Embrapa Acre-Documentos (INFOTECA-E), 2000.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos:** tradução da 7ª edição de Borror and Delong's introduction to the study of insects. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 809 p.

TROITINO, L. C. **Feromônio em Monomorium pharaonis:** réplica experimental. 2017. 72 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

VATICAN NEWS. Official Vatican Network. **FAO:** insetos são subutilizados na alimentação. 2014.

VIANA, P. A.; MENDES, S. M. Lagarta-elasmo. *In:* VIANA, P. A. **Principais Pragas Subterrâneas do Milho No Brasil.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. p. 9. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/15440587.pdf#page=10 . Acesso em: 28 nov. 2018.

WILSON, E.O. **The insect societies.** Cambridge: Harvard University Press, 1971.

WINK, C. *et al.* Insetos edáficos como indicadores de qualidade ambiental. **R. Ci. Agrovet.,** v. 4, p. 60-71, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Dengue [monograph on the Internet].** Geneva: WHO, 2002. Disponível em: http://www.who.int/ctd/dengue/ burdens.htm. Acesso em: 13 nov. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Executive committee of the directing council the regional committee Pan American World Health.** 120th Meeting CE120/21. Geneva: WHO, 1997.

ZANUNCIO, C. J. *et al.* Uma década de estudos com percevejos predadores: conquistas e desafios. *In:* PARRA, J. R. P. *et al.* (Eds.). **Controle biológico no Brasil:** parasitoides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 495-509.

ZARBIN, P. H. G.; RODRIGUES, M. A. C. M.; LIMA, E. R. Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. [Insect pheromones; technology and challenges for a competitive agriculture in Brazil]. **Química Nova,** v. 32, n. 3, p. 722-731, 2009.

ZUBEN, A. P. B. V. **Manual de controle integrado de pragas.** Campinas: Prefeitura Municipal de Campinas, 2006. Disponível em: http://www.campinas.sp.gov.br/sa/impressos/adm/FO086.pdf. Acesso em: 13 nov. 2018.

Unidade 2

Anatomia, fisiologia e desenvolvimento dos insetos

Convite ao estudo

Iniciaremos mais uma unidade de estudo da disciplina de Entomologia aplicada à agronomia! A partir de agora, você terá a oportunidade de conhecer a anatomia, a fisiologia e o desenvolvimento dos insetos e de aplicar esses conhecimentos na identificação de possíveis danos ocasionados por pragas na área agrícola e na realização de estudos ecológicos, de flutuação populacional de insetos-praga, de estratégias de controle deles, ou ainda de produção de inimigos naturais, atividades muito comuns quando se tratam de insetos importantes para a área agrícola.

Para isso, você será levado a um novo desafio profissional, no qual trabalha como agrônomo responsável pelo controle de pragas de uma grande propriedade que realiza cultivo de soja (G*lycine max*). A área está em expansão e você precisará, além de tomar todas as decisões para conseguir manter a sanidade da cultura, treinar uma nova equipe operacional para realizar amostragem e levantamento populacional de pragas no campo.

A cultura da soja está sujeita, durante todo o seu ciclo, ao ataque de diferentes espécies de insetos capazes de causar perdas significativas no rendimento da cultura. A lavoura da qual você é responsável é de variedade bem adaptada ao clima e solo da região, entretanto pouco resistente ao ataque de pragas. Ela se encontra no final de seu período vegetativo e já possui registros de ataque de lagartas desfolhadoras. Logo começarão a aparecer as flores e vagens e, junto a isso, mais pragas da parte aérea da planta, motivo pelo qual será imprescindível que você saiba aplicar seus conhecimentos sobre anatomia e fisiologia dos insetos para identificar a ação das diferentes pragas e os possíveis danos nas áreas da propriedade.

Como o conhecimento do tipo de aparelho bucal de um inseto poderá auxiliar na identificação da espécie responsável por determinado dano no campo? E como o conhecimento sobre a fisiologia dos insetos poderá lhe auxiliar no controle de uma determinada praga? E por que é importante conhecer o ciclo de vida de uma praga? Para buscar respostas para perguntas como essas, nesta unidade de ensino, estudaremos a morfologia externa dos insetos, a anatomia interna, a fisiologia e o desenvolvimento e ciclos de vida deles.

Seção 2.1

Morfologia externa dos insetos

Diálogo aberto

O conhecimento da morfologia e da anatomia dos insetos é essencial para melhor compreender a existência de diferentes espécies, além de conhecer sua forma de vida, os danos causados às culturas agrícolas e as estratégias de controle deles, por exemplo. Nesse sentido, torna-se necessário ao agrônomo ser capaz de reconhecer e nomear as estruturas do corpo dos insetos, a fim de referenciá-las, quando necessário.

Esta primeira seção apresentará a você a divisão do corpo de um inseto em cabeça, tórax e abdômen, bem como as características das estruturas externas e seus apêndices, como peças bucais, antenas, pernas e asas.

Para começar, vamos retomar sua atuação profissional como agrônomo responsável por uma grande propriedade que realiza cultivo de soja (G*lycine max*) e está em expansão. Você precisará, além de tomar todas as decisões para conseguir manter a sanidade da cultura, treinar uma nova equipe operacional para realizar amostragem e levantamento populacional de pragas no campo.

No primeiro dia com a nova equipe, você decide apresentar a área da fazenda, bem como alguns problemas que já vêm acontecendo e precisam de solução. Em um determinado ponto da lavoura, você para na bordadura, retira algumas folhas danificadas que adentram na linha, observando a mesma característica de danos em todos os locais de cultivo. As folhas selecionadas por você possuíam aspecto recortado, algumas faltando grandes pedaços, inclusive nervuras, e outras com aspecto rendilhado, permanecendo as nervuras intactas, conforme a Figura 2.1.

Figura 2.1 | Danos ocasionados por lagartas desfolhadoras em soja

Fonte: http://www.biofaces.com/post/99607/anticarsia-gemmatalishubner1818/; http://revistapesquisa.fapesp.br/2014/03/13/rastro-da-lagarta/. Acesso em: 31 out. 2018.

Como um agrônomo experiente, você fez esse exercício como forma de mostrar aos novos colaboradores o aspecto das folhas atacadas por lagartas desfolhadoras e outros insetos, como besouros. Enquanto explicava do que se tratava o dano apresentado, os mais curiosos ficaram pensando no que lagartas e besouros podiam ter em comum para realizar danos tão parecidos às folhas da soja, e alguns questionamentos surgiram: como se pode afirmar que esse dano corresponde aos insetos citados? O que esses insetos possuem em comum para ocasionar danos tão parecidos? E quais seriam os possíveis danos causados por percevejos?

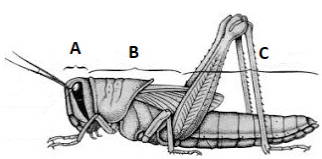
Para lhe auxiliar a responder a essas questões, nesta seção, você conhecerá a morfologia externa dos insetos, bem como os diferentes tipos de aparelho bucal que eles podem apresentar, caracterizando, por consequência, o tipo de dano que ocasionarão nas culturas. Além disso, estudará as características dos tipos de antenas e pernas, importantes para que se possa identificar e diferenciar espécies no campo.

Após responder aos questionamentos da nova equipe, não deixe de registrar as informações, montando um pequeno guia de identificação de cada tipo de dano encontrado na soja. Lembre-se de citar o tipo de aparelho bucal responsável por cada um. Bons estudos!

Não pode faltar

Prezado aluno, a morfologia externa, dentro da entomologia, estuda exteriormente as partes do corpo dos insetos. De maneira geral, podemos descrever morfologicamente os insetos dizendo que eles possuem uma forma geralmente alongada e cilíndrica e com simetria bilateral. Isso significa que, se dividirmos um inseto longitudinalmente ao meio, ambos os lados serão essencialmente iguais. Além disso, os insetos possuem seu corpo dividido em três regiões distintas, sendo: a cabeça, o tórax e o abdômen, conforme demonstra a Figura 2.2. A cabeça é responsável pela percepção sensorial, integração neural e coleta de alimentos; já o tórax possui função locomotora e de sustentação para pernas e asas; e o abdômen, por fim, aloja a maior parte dos órgãos viscerais, como os sistemas digestivo, excretor e reprodutor (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

Figura 2.2 | Estrutura geral de um inseto.: (A) cabeça; (B) tórax; (C) abdômen



Fonte: adaptado de https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSlfDem2STSQwYvuPMlftVRCcIuQmTSrLjNX7PxiB-EXl7Mi_AI. Acesso em: 11 set. 2018.

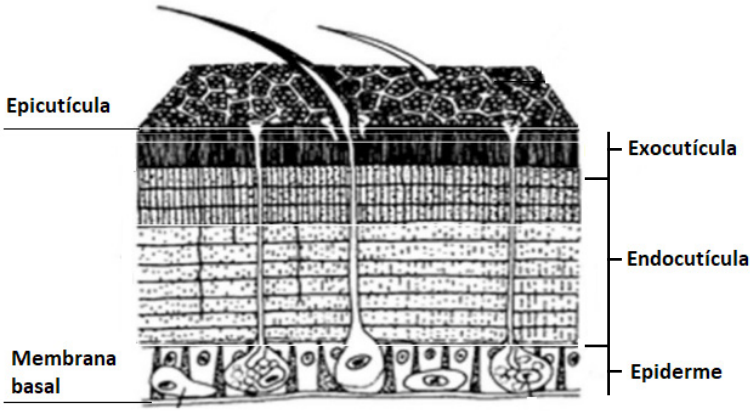
Uma das características fundamentais dos artrópodes é o desenvolvimento de placas endurecidas, chamadas escleritos, incorporadas ao sistema esquelético do animal. Este é chamado de exoesqueleto, sendo parte da parede corporal externa do artrópode, que, em nosso caso, será o inseto. Eles possuem ainda um extenso endoesqueleto de suporte, para fixação dos músculos (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015). As características dessa parede corporal ou tegumento também influenciam no modo que algumas substâncias, como água e oxigênio, entram no corpo do animal, motivo pelo qual é de grande importância seu estudo, para uma melhor compreensão do modo de vida dos insetos.

Assim, a **parede corporal ou tegumento** é a interface entre o inseto e o meio ambiente. Suas principais funções são: promover proteção mecânica, química e biológica ao inseto; evitar a perda excessiva de água; possibilitar a sustentação dos músculos; e servir de ponto de ligação entre as pernas, as asas e outros apêndices (GALLO *et al.*, 2002). Ela consiste em três camadas principais, sendo, de dentro para fora: uma camada celular, chamada **epiderme**; uma camada acelular delgada, chamada **membrana ou lâmina basal**; e, em contato com o meio externo, outra camada acelular, chamada **cutícula** (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

A **cutícula** é composta por cadeias de um polissacarídeo chamado quitina, muito resistente, mas que não a torna dura. A dureza observada no corpo dos insetos é derivada de modificações da matriz proteica na qual as cadeias de quitina (chamadas microfibrilas) estão embutidas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

Ainda sobre a cutícula, é importante citar que ela, inicialmente, é secretada pela epiderme, sendo, nesse momento, chamada de **pró-cutícula**, maleável, de cor pálida e relativamente expansível. Posteriormente, ocorre o endurecimento e escurecimento dela, passando a se chamar **exocutícula**. Abaixo dela encontramos a **endocutícula**, maleável e que forma membranas de conexão com os excleritos. Acima da exocutícula encontramos uma camada acelular muito delgada chamada **epicutícula**, que não contém quitina, sendo uma camada de cera muito importante para os insetos terrestres, uma vez que serve como mecanismo primário para limitar a perda de água para o ambiente (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015; GALLO et al, 2002). Você pode observar toda a estrutura da parede corporal do inseto na Figura 2.3.

Figura 2.3 | Estrutura da parede corporal ou tegumento de um inseto



Fonte: adaptado de Gallo *et al.* (2002, p. 130).

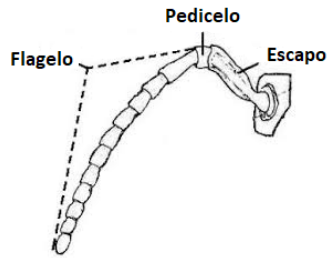
Morfologicamente, a cabeça dos insetos é composta por uma série de metâmeros (segmentos ou anéis) e apresenta apêndices fixos, que são os olhos e os ocelos e apêndices móveis, que são as antenas e as peças bucais. Ela é dividida por suturas, as quais são sulcos ou linhas de fusão entre os escleritos, marcadas na superfície externa do tegumento. A forma da cabeça e de seus apêndices difere muito entre os grupos de insetos, entretanto alguns pontos característicos são visíveis para permitir a identificação de suas partes e componentes (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

Os apêndices cefálicos são modificados e especializados para possibilitar que o inseto obtenha e manipule seu alimento, além de que tenha percepção sensorial. Vamos conhecer cada um.

As **antenas**, como já citado anteriormente, são apêndices sensoriais móveis, responsáveis pelo olfato, audição, tato e gustação, apresentando inúmeras modificações e estruturas para desempenhar essas funções. Elas podem desempenhar também funções de equilíbrio e auxiliar o macho a segurar a fêmea durante a cópula (GALLO et al, 2002).

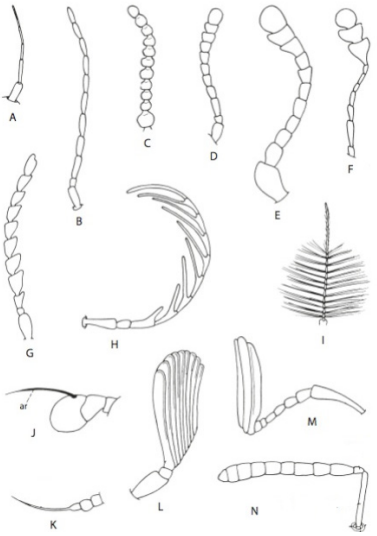
Esses apêndices são formados por estruturas chamadas antenômeros e apresentam três partes distintas, sendo: **escapo**, **pedicelo** e **flagelo**, conforme apresentado na Figura 2.4. O escapo articula a antena com a cabeça; o pedicelo,

Figura 2.4 | Estrutura de uma antena típica



Fonte: adaptado de Gallo *et al.* (2002, p.109).

Figura 2.5 | Tipos de antenas



A - Cetácea (libélula); **B** – Filiforme (carabídeo); **C** – Moniliforme (besouro-do-pinheiro); **D** – Claviforme (dragão-da-lua); **E** – Clavada (joaninha); **F** – Capitada (broca-dos-frutos); **G** – Serreada (besouro tec-tec); **H** – Pectinada (besouro cor-de-fogo); I – Plumosa (mosquito macho); **J** – Aristada (mosca sirfídea); **K** – Estilada (mosca Rhagionidae); **L** – Flabelada (besouro-do-cedro); **M** – Lamelada (besouro-de-maio); **N** – Geniculada (vespa galhadora). As antenas D, F, L e M também são chamadas de clavadas.

Fonte: Triplehorn e Johnson (2015, p. 19).

geralmente, é curto e, às vezes, pode ser dilatado para abrigar o órgão de Johnston, responsável pela função auditiva; e o flagelo é formado pelos demais antenômeros e varia muito quanto ao número e à forma. É ele que proporciona os diferentes tipos de antenas aos insetos e é de grande importância para a taxonomia e identificação deles. Conheça, na Figura 2.5, os tipos de antenas de acordo com o aspecto dos antenômeros do flagelo.

De acordo com o tamanho, o tipo, a inserção e o número de antenômeros, pode-se, inclusive, identificar dimorfismo sexual e reconhecer o sexo de algumas espécies de insetos (GALLO *et al.*, 2002).

Exemplificando

O microhimenóptero *Cotesia flavipes*, parasitoide e agente de controle biológico da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), possui diferença no tamanho das antenas entre macho e fêmea.

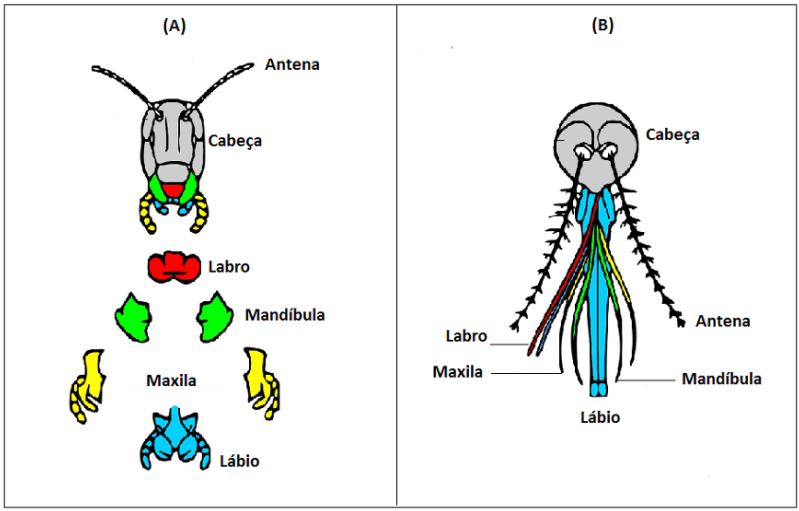
Em biofábricas de produção desse inimigo natural, conhecer o tamanho das antenas de cada um é importante, a fim de quantificar a produção de cada sexo e verificar a qualidade do material final que irá para o campo, garantido uma quantidade maior de fêmeas do que de machos, uma vez que é a fêmea que parasitará a praga indesejada.

Outro apêndice móvel presente na cabeça dos insetos é o aparelho bucal, composto pelas peças bucais chamadas **labro**, **mandíbula**, **lábio** e **hipofaringe**. Um inseto padrão possui um labro, um par de mandíbulas, um par de

maxilas, um lábio e uma hipofaringe (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015). A forma dessas estruturas pode ser modificada em diferentes grupos de insetos e, muitas vezes, assim como o tipo de antenas, são utilizadas para classificação e identificação. Além disso, conhecer o aparelho bucal dos insetos possibilita conhecer também como ele se alimenta e o tipo de dano que causará no campo, quando tratamos de pragas agrícolas.

De maneira geral, os aparelhos bucais encontrados nos insetos-praga podem ser classificados em dois tipos gerais: mastigador e sugador labial. Insetos com aparelho bucal **mastigador** possuem as oito peças bucais descritas anteriormente e está presente na maioria das ordens; elas se movem em sentido transversal e permitem que o inseto possa morder e mastigar seu alimento (GALLO *et al.*, 2002). Já os insetos com aparelho bucal do tipo **sugador labial ou picador-sugador** possuem suas peças bucais modificadas em estiletes ou atrofiadas, com exceção do labro, que é normal e pouco desenvolvido. O lábio se transforma em um tubo, que é denominado de hautelo, rostro ou bico; esses insetos realizam a perfuração e a sucção de seu alimento (GALLO *et al.*, 2002) (Figura 2.6).

Figura 2.6 | Variações nas peças bucais dos insetos: (A) mastigador (ex. gafanhoto) e (B) picador-sugador (ex. mosquito)



Fonte: adaptado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a7/Evolution_insect_mouthparts_coloured_derivate.png/1200px-Evolution_insect_mouthparts_coloured_derivate.png. Acesso em: 22 dez. 2018.

Os insetos que possuem aparelho bucal do tipo **mastigador**, geralmente, são importantes pragas agrícolas e urbanas e o utilizam para cortar, mastigar e manipular o alimento; predar; transportar o alimento; segurar a fêmea no ato da cópula; entre outros. Podemos citar os gafanhotos, os cupins, as formigas, as lagartas e os besouros em geral como exemplos de insetos que possuem esse tipo de aparelho bucal. Como pragas agrícolas, eles causam danos, como a desfolha parcial ou total e a formação de galerias no interior de colmos e raízes das plantas.

Além dos insetos mastigadores, os insetos com aparelho bucal do tipo **sugador labial ou picador-sugador** também são importantes pragas agrícolas e urbanas, podendo causar prejuízos às lavouras, à criação animal e aos seres humanos, transmitindo doenças. Eles podem ser fitófagos (alimentando-se de plantas), hematófagos (alimentando-se de sangue) ou predadores de outros insetos. Como pragas agrícolas, os insetos com esse tipo de aparelho bucal causam danos às culturas ao sugar a seiva da planta, o que poderá reduzir sua produtividade ou até "secar". Eles podem atacar folhas, colmos, raízes e sementes, além de serem transmissores de vírus e bactérias fitopatogênicas.

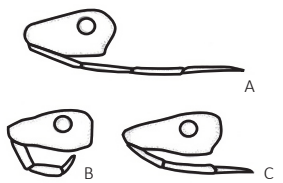
Como possuem diferentes hábitos alimentares, suas peças bucais também se adaptaram. Os fitófagos possuem o rostro mais longo e reto, ultrapassando o primeiro par de pernas. Já os hematófagos possuem o rostro curto e reto, chegando até o primeiro par de pernas. Os predadores, por fim, possuem o rostro curto e curvo, chegando até o primeiro par de pernas também.

Assimile

Visualmente, você conseguiria diferenciar um percevejo fitófago, um hematófago e um predador apenas por seus aparelhos bucais?

Na Figura 2.7, temos: um fitófago, por exemplo, o percevejo verde da soja (*Nezara viridula*) (A); um predador como o Zelus (*Zellus* sp), predador natural da lagarta do cartulho do milho (*Spodoptera frugiperda*) (B); e um hematófago, como o barbeiro (*Triatoma infestans*), que transmite a Doença de Chagas a seres humanos (C).

Figura 2.7 | Diferentes tipos de aparelho bucal picador-sugador, de acordo com o hábito alimentar

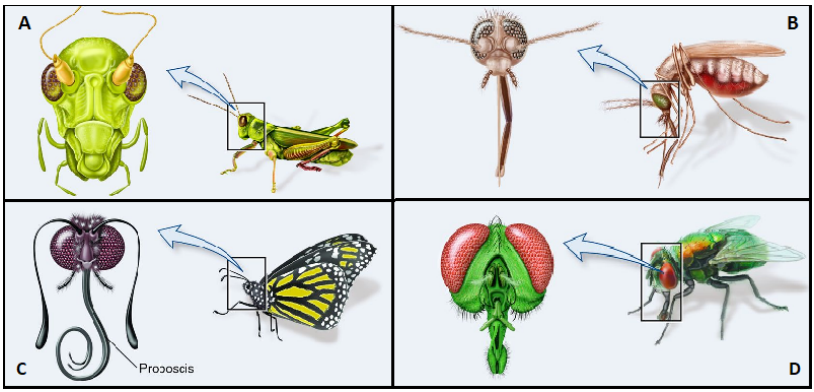


Fonte: http://flog.vermais.com/flog/images/upload/999/48576/1233748/original.jpg?1397707086. Acesso em: 14 set. 2018.

Além destes citados, entre os insetos ainda podemos encontrar aparelhos bucais do tipo **sugador maxilar**, em que a modificação ocorre apenas

nas maxilas, sendo as demais peças atrofiadas (borboletas e mariposas), e **lambedor**, no qual as mandíbulas são adaptadas para furar, cortar ou moldar a cera, enquanto as maxilas e o lábio são alongados e unidos, formando o órgão lambedor (abelhas e mamangavas) (GALLO *et al.*, 2002).

Figura 2.8 | Exemplos de tipos de aparelho bucal: (A) mastigador; (B) sugador labial; (C) sugador maxilar; (D) lambedor

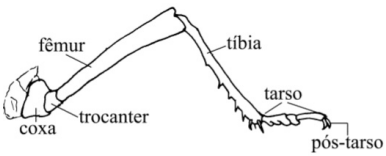


Fonte: adaptado de https://biology-forums.com/gallery/33_23_07_11_2_32_34.jpeg. Acesso em: 22 dez. 2018.

A cabeça dos insetos conecta-se ao tórax por meio de uma estrutura membranosa chamada cérvix. O tórax é a segunda região do corpo deles que estudaremos e é onde estão localizados os apêndices locomotores pernas e asas. Ele é formado por três segmentos: o **protórax**, que está unido ao cérvix; o **mesotórax**, segmento mediado; e o **metatórax**, que está ligado ao abdômen.

O protórax é desprovido de asas, entretanto apresenta o primeiro par de pernas. O mesotórax e o metatórax, geralmente, apresentam um par de asas e um par de pernas cada um (GALLO *et al.*, 2002). Na fase adulta, todos os insetos possuem três pares de pernas (chamados de hexápodes) e podem possuir duas, quatro ou nenhuma asa, sendo chamados de **dípteros**, **tetrápteros** ou ápteros, respectivamente (GALLO *et al.*, 2002).

Figura 2.9 | Estruturas de uma perna típica de inseto



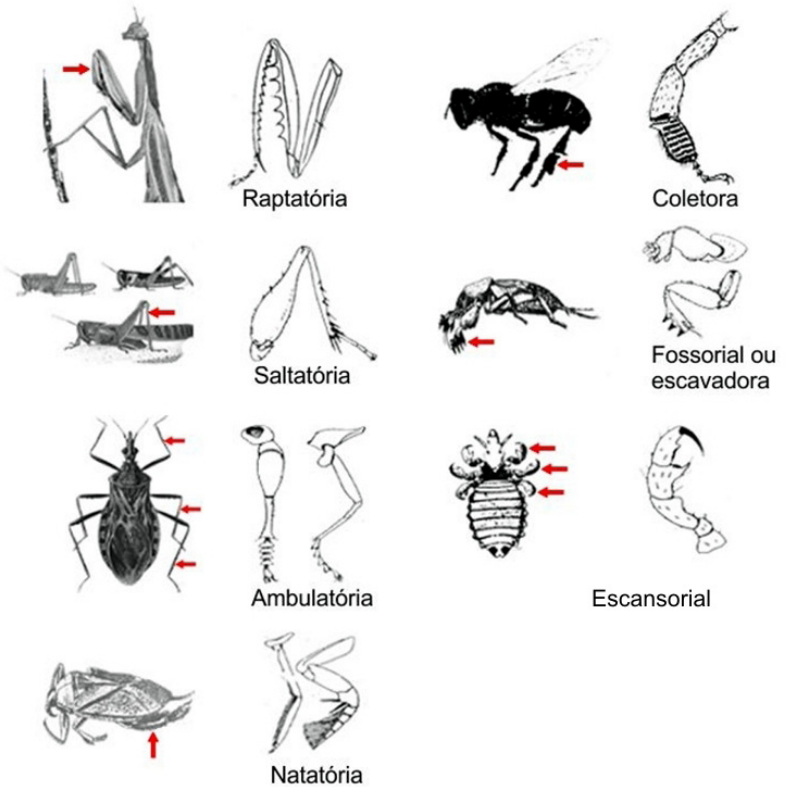
Fonte: Gallo *et al.* (2002, p. 117).

Uma perna típica de inseto é constituída por coxa, trocanter, fêmur, tíbia, tarso e pós-tarso, conforme demonstra a Figura 2.9.

De acordo com o tipo de locomoção e a função a ser exercida, as pernas podem apresentar diferentes modificações em suas estruturas, tornando-as

mais adaptadas para o inseto e para o meio em que vive. De acordo com Gallo *et al.* (2002), essas modificações podem ocorrer nos três pares de pernas, apenas no primeiro ou apenas no último par, e os principais tipos são: ambulatórias; saltatórias; natatórias; preensoras; raptatórias; escavadoras; escansoriais; coletoras e adesivas. Veja alguns exemplos na Figura 2.10.

Figura 2.10 | Exemplos de tipos de pernas dos insetos



Fonte: http://www.cvi.ufscar.br/morfologia.html. Acesso em: 16 set. 2018.

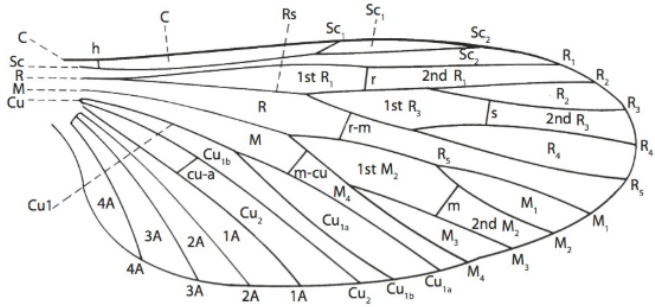
Reflita

Como uma adaptação na estrutura das pernas de um inseto pode ajudá-lo em sua dispersão e colonização de novas áreas?

Conforme já citado anteriormente, as asas podem estar presentes ou não nos insetos, bem como podem ser utilizadas para o voo ou não. Isso significa que pode ser que o inseto seja desprovido de asa, ou possua e não a utilize.

As principais estruturas de uma asa são: **articulação com o tórax**, **nervuras longitudinais** (Costal (C); Subcostal (Sc); Radial (R); Medianas (M); Cubital (Cu); e Anais (A)) e **nervuras transversais**. Conforme Gallo *et al.* (2002), em muitos insetos, a nervação pode ser reduzida devido ao desaparecimento ou à fusão das nervuras, ou em outros casos ser extremamente elevada, dando à asa aspecto reticulado, como é o caso das libélulas. Veja, na Figura 2.11, a estrutura típica e a nervação de uma asa.

Figura 2.11 | Nervação de uma asa típica



Fonte: Triplehorn e Johnson (2015, p. 14).

A terceira e última região do corpo dos insetos é o abdômen, caracterizado por uma estrutura simples e ausência de apêndices articulados. Apesar de possuir uma estrutura morfológica aparentemente simples, ele é o responsável por abrigar as principais vísceras e mecanismos fisiológicos do corpo dos insetos, como os movimentos respiratórios e a digestão. Os abdomens podem ser do tipo **séssil**, ligado ao tórax em toda a sua largura (ex. baratas, gafanhotos e besouros); **livre**, com uma pequena constricção entre o abdômen e o tórax (ex. moscas, abelhas e borboletas); ou **pedunculado**, com uma grande constricção entre os segmentos abdominais (ex. formigas e vespas) (GALLO *et al.*, 2002).

Dica

O Grupo de Pesquisa e Estudos em Entomologia Geral, da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), possui uma página interessante e didática, na qual você poderá se aprofundar, veja:
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Coleção Virtual de Insetos do CCA/UFSCar**.

Chegamos ao final da primeira seção desta unidade. Até aqui, o que se espera é que você tenha uma noção geral sobre a divisão do corpo dos insetos e as características de cada segmento, bem como seus apêndices. Essas informações lhe serão úteis para possíveis identificações de insetos-praga e inimigos naturais em campo, de danos ocasionados às lavouras e na taxonomia, caso seja um ramo que você venha a escolher como área de atuação. Na próxima seção, relacionada à anatomia e fisiologia dos insetos, passaremos a realizar um estudo parecido, mas olhando internamente o corpo deles.

Sem medo de errar

Estamos chegando ao final da primeira seção desta unidade. Você conheceu a morfologia externa dos insetos, bem como os diferentes tipos de aparelho bucal que eles podem apresentar, caracterizando, por consequência, o tipo de dano que ocasionarão nas culturas. Além disso, estudou as características dos tipos de antenas e pernas, importantes para que se possa identificar e diferenciar espécies no campo.

Lembre-se de que você se encontra na posição de um agrônomo responsável por uma grande propriedade que realiza cultivo de soja (G*lycine max*). No primeiro dia com a nova equipe, vocês observam algumas folhas danificadas com aspecto recortado, algumas faltando grandes pedaços, inclusive nervuras, e outras com aspecto rendilhado, permanecendo as nervuras intactas. Enquanto explicava do que se tratava o dano apresentado e que ele poderia ser comum a lagartas e besouros, os mais curiosos pensaram: como se pode afirmar que esse dano corresponde aos insetos citados? O que eles possuem em comum para ocasionar danos tão parecidos? E quais seriam os possíveis danos causados por percevejos?

Primeiramente, você deve explicar à sua equipe que os danos observados são característicos de insetos com aparelho bucal do tipo mastigador, uma vez que o utilizam para cortar, mastigar e manipular o alimento, o qual, no caso, tem sido as folhas da soja. Podemos citar os gafanhotos, os cupins, as formigas, as lagartas e os besouros em geral como exemplos de insetos que possuem esse tipo de aparelho bucal. Eles causam danos, como a desfolha parcial ou total e a formação de galerias no interior de colmos e raízes das plantas. Sendo assim, o aparelho bucal do tipo mastigador é justamente o que esses insetos possuem em comum, em virtude de terem o mesmo hábito alimentar. Isso explica o motivo pelo qual eles ocasionam danos parecidos à cultura, entretanto em escalas diferentes.

Com base nesse conhecimento, você deve excluir a possibilidade de os danos observados terem sido causados por percevejos, pois, diferente das lagartas e dos besouros, os percevejos fitófagos possuem aparelho bucal do tipo sugador labial

ou picador-sugador, mas também são importantes pragas agrícolas, podendo causar prejuízos ao sugar a seiva da planta, o que poderá reduzir sua produtividade ou até "secar". Eles podem atacar folhas, colmos, raízes e sementes, por exemplo, além de serem transmissores de vírus e bactérias fitopatogênicas.

Agora que você respondeu aos questionamentos da nova equipe, não deixe de registrar as informações, montando um pequeno guia de identificação de cada tipo de dano encontrado na soja. É importante que seu guia contenha o tipo de aparelho bucal responsável por cada um.

Avançando na prática

Diferentes espécies?

Descrição da situação-problema

Você trabalha como agrônomo na propriedade de um produtor de cana-de-açúcar que está muito interessado em começar a realizar o controle biológico de pragas por meio de uma estratégia natural e que permita que ele reduza a quantidade de inseticidas no campo. Sua sugestão para controle da broca da cana (*Diatraea saccharalis*) foi adquirir a vespinha *Cotesia flavipes*, inimigo natural, produzido por uma biofábrica da região.

Antes da liberação das vespinhas no campo, o produtor, que havia resolvido acompanhar o processo, verificou que os insetos eram muito parecidos, entretanto alguns possuíam o tamanho do corpo e das antenas diferentes. A dúvida dele foi a seguinte: seriam espécies diferentes, mesmo tão parecidas? Ou alguns insetos estavam mais "fracos" que os outros?

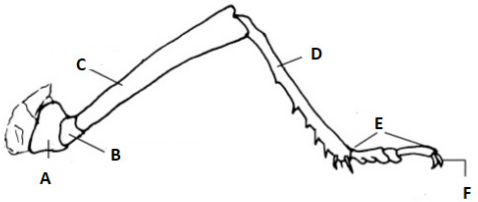
Resolução da situação-problema

Sabendo que alguns insetos da mesma espécie podem possuir antenas de tamanho diferentes entre machos e fêmeas, você deve explicar ao produtor que o caso não se trata de diferentes espécies, nem mesmo questão de deficiência nutricional, sendo uns mais fracos do que outros. Diga a ele que, de acordo com o tamanho, o tipo e a inserção das antenas, pode-se identificar dimorfismo sexual e reconhecer o sexo de algumas espécies de insetos. O microhimenóptero *Cotesia flavipes* é um exemplo de inseto que possui diferença no tamanho das antenas entre macho e fêmea. É importante conhecer o tamanho das antenas de cada para garantir uma quantidade maior de fêmeas do que de machos na produção e liberação das vespinhas no campo, uma vez que é a fêmea que parasitará a praga indesejada.

Faça valer a pena

1. O tórax dos insetos é a parte do corpo onde estão localizados os apêndices locomotores pernas e asas. Na fase adulta, todos os insetos possuem três pares de pernas (sendo chamados de hexápodes) e podem possuir duas, quatro ou nenhuma asa.
Veja, a seguir, o esquema de uma perna típica de inseto:

Figura 2.12 | Esquema de uma perna típica de inseto



Fonte: adaptado de Gallo *et al.* (2002, p. 109).

Assinale a alternativa que contém as letras referentes às seguintes estruturas: trocânter, coxa e tarso, nessa ordem.
a) A - B - F.
b) B - C - E.
c) A - C - F.
d) B - A - E.
e) B - A - F.

2. Os insetos com aparelho bucal do tipo sugador labial ou picador-sugador são importantes pragas agrícolas e urbanas, podendo causar prejuízos às lavouras, à criação animal e aos seres humanos, transmitindo doenças. Eles podem ser fitófagos (alimentando-se de plantas), hematófagos (alimentando-se de sangue), ou predadores de outros insetos. Como possuem diferentes hábitos alimentares, suas peças bucais também se adaptaram.

Analise a descrição a seguir para cada uma:
Os _____ possuem o rostro mais longo e reto, ultrapassando o primeiro par de pernas; já os _____ possuem o rostro curto e reto, chegando até o primeiro par de pernas; e os _____, por fim, possuem o rostro curto e curvo, chegando até o primeiro par de pernas também.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas, na ordem em que aparecem no texto:
a) Hematófagos; fitófagos; predadores.
b) Fitófagos; hematófagos; predadores.

c) Predadores; fitófagos; hematófagos.
d) Fitófagos; predadores; hematófagos.
e) Hematófagos; predadores; fitófagos.

3. Insetos, como todos os artrópodes, são animais invertebrados com corpo segmentado e exoesqueleto articulado. Com o corpo dividido em cabeça, tórax e abdômen, este último é o responsável por abrigar, anatomicamente a maioria das estruturas dos aparelhos digestivo, excretor e reprodutor.

Em relação ao abdômen dos insetos, analise as afirmações a seguir:
I. O abdômen dos insetos é uma estrutura complexa morfologicamente, caracterizado por possuir dois tipos de apêndices articulados.
II. O abdômen é o responsável por abrigar as principais vísceras e mecanismos fisiológicos do corpo dos insetos.
III. As baratas possuem abdômen do tipo séssil.
IV. As abelhas possuem abdômen do tipo pedunculado.
V. As vespas possuem abdômen do tipo livre.

Assinale a alternativa que contém as afirmações corretas:
a) I, II e III, apenas.
b) I, III e V, apenas.
c) II e III, apenas.
d) III, IV e V, apenas.
e) II e V, apenas.

Seção 2.2

Anatomia interna e fisiologia dos insetos

Diálogo aberto

Após entender a morfologia externa dos insetos, conheceremos a estrutura interna e o funcionamento dos seus órgãos nesta seção de estudo da Unidade 2. Estudos nesta área do conhecimento, chamada de anatomia e fisiologia, vêm proporcionando grandes avanços na agricultura, uma vez que eles viabilizam a descoberta de técnicas de manejo cada vez mais eficientes para o controle dos insetos indesejados no campo, inclusive menos agressivas para os organismos que não são alvos do controle. Nesse sentido, conhecer o funcionamento do corpo do inseto e suas necessidades fisiológicas nos auxilia a ser cada vez mais específicos, seja na produção de inseticidas ou de inimigos naturais.

Para melhor ilustrar essa importância, vamos retomar seu trabalho como agrônomo responsável pelo controle de pragas de uma lavoura de soja. Lembre-se de que ela possui uma variedade bem adaptada ao clima e solo da região, entretanto pouco tolerante a pragas. A soja plantada nessa safra se encontra no final de seu período vegetativo e já possui registros de ataque de lagartas desfolhadoras.

Após ser treinada, a nova equipe começou a realizar os levantamentos populacionais e identificou que os danos nas folhas eram resultado de um alto índice de lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis*, acendendo seu alerta para o controle antes que maiores prejuízos possam ocorrer.

Como alternativa de controle, você tem à sua disposição um inseticida químico, cujo modo de ação depende do contato da lagarta com a molécula do princípio ativo, matando-a por paralisia do sistema nervoso, e um inseticida biológico, cuja ação depende da ingestão do produto pela lagarta, matando-a por inanição. Em ambos os casos, o controle ocorrerá, entretanto, um dos colaboradores da sua equipe, muito interessado, não conseguiu entender como aconteceria essa morte por ingestão e lhe questionou: se a lagarta precisa ingerir o produto para que possa morrer, significa que a ação desse inseticida ocorre internamente em seu corpo? Como é o aparelho digestivo dos insetos? E qual estrutura interna deste aparelho é prejudicada?

Para lhe ajudar com as respostas, nesta seção, você conhecerá como é o corpo de um inseto internamente e quais processos fisiológicos acontecem para lhes manter vivos. Ao final, faça um esquema que esboce o corpo de um inseto e lhe auxilie em sua explicação sobre o local de ação de cada inseticida citado.

Não pode faltar

Na seção anterior, estudamos a morfologia dos insetos, entendendo a divisão do corpo desses animais, as características de cada parte, bem como seus apêndices. Agora, iniciaremos nosso aprendizado em anatomia interna e fisiologia. Elas são áreas de estudo que descrevem a forma e o funcionamento dos órgãos e sistemas. No caso desta seção, será o estudo dos sistemas digestivo, excretor, circulatório, respiratório, nervoso, muscular e reprodutor, ou seja, todas as funções básicas essenciais para que um inseto sobreviva.

Começando pela digestão, assim como em nós, seres humanos, nos insetos ela é o processo responsável por decompor os alimentos em componentes mais simples, para que possam ser assimilados e utilizados para seu crescimento e desenvolvimento.

Se pensarmos na grande diversidade de substratos alimentares existentes para os insetos e que eles podem se alimentar de qualquer um, sejam folhas, frutos, seiva, sangue ou madeira, por exemplo, devemos entender também que seu aparelho digestivo poderá apresentar modificações de acordo com os diferentes hábitos alimentares. Assim, algumas adaptações, como a forma do tubo digestivo e a complexidade de sua estrutura, poderão ocorrer de acordo com o tipo de alimento ingerido (GALLO *et al.*, 2002).

Exemplificando

Insetos que se alimentam de alimento sólido, como gafanhotos, baratas e cupins, necessitam de um tubo digestivo largo, reto e curto, com musculatura mais desenvolvida e proteção contra ferimentos mecânicos. Já os insetos que se alimentam de alimento líquido, como as cigarrinhas e pulgões, possuem um tubo digestivo mais longo, estreito e com dobras, para permitir o máximo de contato com o líquido (GALLO *et al.*, 2002).

De maneira geral, podemos dizer que o aparelho digestivo dos insetos é formado pelo **tubo digestivo ou canal alimentar**, que percorre seu corpo no sentido longitudinal da boca ao ânus. Ele é diferenciado em três regiões principais: o intestino anterior, também chamado de **estomodeu**; o intestino médio, também chamado de **mesêntero**; e o intestino posterior, também chamado de **proctodeu** (Figura 2.13). O espaço entre o tubo digestivo e a parede do corpo dos insetos é chamado **hemocele** ou **cavidade geral** do corpo. Ela é preenchida pela **hemolinfa** ou **sangue**, que é o meio circundante que preenche os vasos e as cavidades nos artrópodes de maneira geral (GALLO *et al.*, 2002).

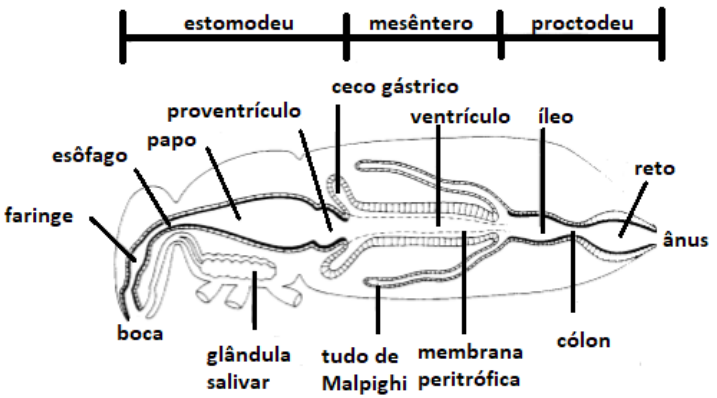
O estomodeu se inicia na boca ou cavidade oral e termina após o proventrículo, no limite com o mesêntero. Nele encontramos: a **faringe**; o **esôfago**;

o **papo** ou **inglúvio**, onde o alimento ficar armazenado por um tempo e inicia suas primeiras transformações; e o **proventrículo** ou **moela**, que possui função trituradora nos insetos mastigadores. Na região da cabeça dos insetos, encontramos ainda as **glândulas salivares**, que funcionam como um anexo do tubo digestivo (GALLO *et al.*, 2002) (Figura 2.13).

Já no mesêntero encontramos o **ventrículo**, que representa o mesêntero propriamente dito e os **cecos gástricos**, que possuem função de armazenar bactérias e outros microrganismos, além de serem responsáveis pela secreção de enzimas digestivas e aumentarem a superfície para absorção de água e nutrientes (Figura 2.13).

Por fim, no proctodeu é onde ocorre a eliminação dos excrementos. Ele, geralmente, se diferencia em duas porções: uma chamada íleo e outra chamada **cólon**, seguidas do **reto** e do ânus, respectivamente (Figura 2.13).

Figura 2.13 | Esquema do aparelho digestivo dos insetos



Fonte: adaptado de Gallo *et al.* (2002, p. 135).

Além das estruturas identificadas na Figura 2.13, os insetos fitófagos sugadores, que se alimentam de líquidos, precisam estar adaptados para retirar o excesso de água do alimento, possuindo uma estrutura chamada **câmara-filtro**, necessária para concentrar os nutrientes e as substâncias antes da digestão (GALLO *et al.*, 2002).

Em alguns insetos sugadores (como pulgões, cochonilhas e moscas--brancas), o excesso de água e açúcares ingeridos é imediatamente transportado para a parte posterior do intestino, por meio da câmara-filtro, sendo excretado na forma de gotículas chamadas de *honeydew* (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015), que nada mais é do que o excesso de água, aminoácidos e açúcares presentes na seiva que não será digerido pelo inseto. Como se

trata de uma excreção adocicada, essas gotículas atraem formigas, as quais, por mutualismo, fornecem proteção a esses insetos contra predadores e parasitoides.

Após a digestão e absorção de nutrientes no proctodeu, ocorre a remoção de produtos indesejáveis, que são compostos nitrogenados. O sistema excretor dos insetos consiste em uma série de tubos, chamados **tubos ou túbulos de Malpighi**, que são evaginações do proctodeu (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015). Os túbulos de Malpighi também estão representados na Figura 2.13. Eles possuem como função remover os compostos nitrogenados e regular, junto ao proctodeu, o equilíbrio da água e dos sais na hemolinfa, formando uma urina primária. O principal resíduo gerado pelos insetos é o ácido úrico (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

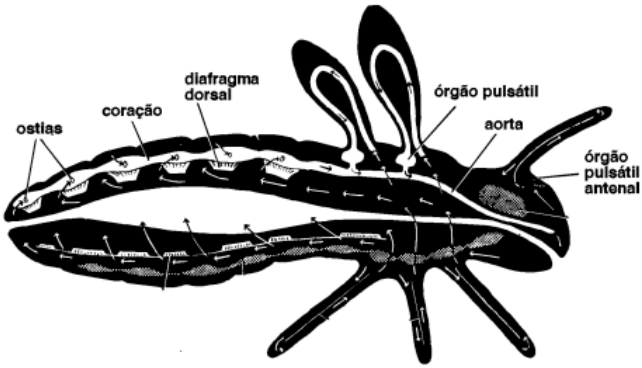
Assimile

Conhecer a anatomia interna e a fisiologia do aparelho digestivo dos insetos nos ajuda a compreender, por exemplo, como ocorre o modo de ação da bactéria *Bacillus thuringiensis* (mais conhecida como *Bt*) ao ser utilizada como bioinseticida no controle de lagartas no campo. O princípio ativo dos produtos à base de *Bt* são os cristais que essa bactéria forma e que, no aparelho digestivo do inseto, encontram condição ideal para que seja dissolvido e absorvido (pH alcalino). O produto é pulverizado no campo e fica sob as folhas, as quais são ingeridas pelas lagartas. A ingestão do cristal, junto à multiplicação das bactérias dentro do corpo do inseto, é responsável por destruir a parede do tubo digestivo, provocando a paralisação de suas funções, da alimentação e, ainda, septicemia, que é uma infecção generalizada que mata a lagarta (ANGELO; VILAS-BÔAS; CASTRO-GÓMEZ, 2010).

Passando para o sistema circulatório, você verá que, diferentemente dos mamíferos, nos insetos, o sistema circulatório não possui como função fisiológica a realização do transporte de gases, como oxigênio e gás carbônico, mas de nutrientes, excretas e hormônios. O meio circulante, conforme já citado anteriormente, é a **hemolinfa** ou **sangue**.

O aparelho circulatório dos insetos é formado por um **vaso dorsal**, que percorre o inseto longitudinalmente em sua face superior. Além dele, o sistema possui tecidos associados e órgãos pulsáteis **acessórios**, que são componentes essenciais para a promoção da irrigação das antenas, asas e pernas. O vaso é comumente dividido em duas partes, sendo uma posterior, localizada no abdome e chamada **coração**, e outra anterior, chamada **aorta**, que se inicia no tórax e termina na cabeça (Figura 2.14).

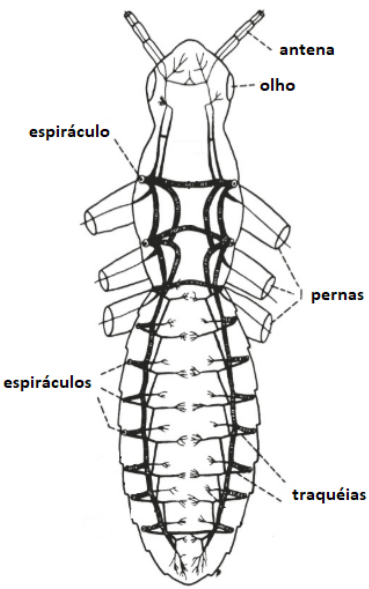
Figura 2.14 | Aparelho circulatório dos insetos



Fonte: Constantino, Diniz e Motta (2002, p. 35).

Em relação à hemolinfa, podemos dizer que existem diferenças importantes entre o sangue dos insetos e o sangue dos mamíferos. Nos insetos, há uma presença relativamente alta de aminoácidos, magnésio e ácido úrico em relação aos mamíferos. Além disso, ao contrário dos mamíferos, os insetos possuem maiores teores de K (potássio) do que de Na (sódio).

Figura 2.15 | Sistema traqueal em um inseto



Fonte: adaptado de Triplehorn e Johnson (2015, p. 29).

Já quando falamos em respiração, nos insetos, o transporte de gases é realizado pelo sistema traqueal, já que a hemolinfa não desempenha esse papel. Esse sistema é composto por tubos cuticulares chamados **traqueias**, que se abrem externamente no corpo do inseto por meio de orifícios chamados **espiráculos**. Internamente, as traqueias se ramificam e se estendem por todo o corpo. Já os espiráculos estão localizados lateralmente e variam de 1 a 10 pares, geralmente, com um par na margem anterior do mesotórax e do metatórax e um par em cada um dos segmentos abdominais (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015) (Figura 2.15).

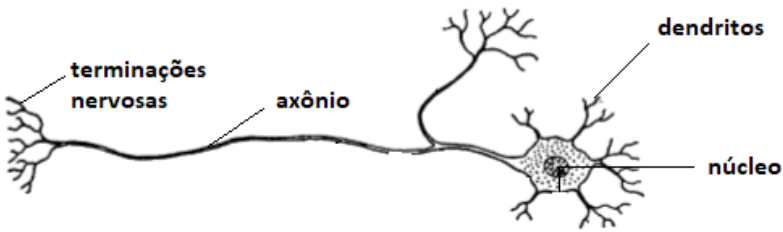
Em alguns insetos, os espiráculos são cobertos por uma placa com pequenos poros, prevenindo a entrada de poeira e de água. Nos insetos aquáticos, especialmente, os espiráculos possuem um mecanismo de fechamento composto por uma ou duas válvulas móveis que fecham o átrio por meio de constrição e evitam a perda de água (CONSTANTINO; DINIZ; MOTTA, 2002).

O ar penetra no sistema traqueal por um processo chamado **ventilação** e é eliminado em sua maior parte pelo tegumento, podendo também ser eliminado por esse mesmo sistema. O oxigênio da atmosfera é canalizado nas traqueias para alcançar os tecidos nos quais é utilizado (GALLO *et al.*, 2002). No caso dos insetos parasitários, cujas larvas vivem dentro do corpo de um organismo hospedeiro, eles obtêm o oxigênio por intermédio de difusão por meio do tegumento ou de seus espiráculos posteriores, que podem se estender até a superfície corporal ou uma das traqueias do hospedeiro (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

Passando para o sistema nervoso, ele é o responsável por garantir a habilidade dos organismos em responder a estímulos internos e externos, alterando o comportamento do organismo. Esse sistema integra tanto o sistema sensorial externo quanto as informações fisiológicas internas do corpo do inseto, sendo composto por células nervosas especializadas chamadas **neurônios**. Além dos neurônios, o sistema nervoso dos insetos é composto por células especiais conhecidas como **gliais**, que são responsáveis por proteger, dar suporte e nutrir os neurônios.

Os neurônios são formados por um **corpo celular** (também chamado de pericárion), no qual se encontra o núcleo da célula, uma região alongada chamada **axônio**, por onde são transmitidos os estímulos, e as terminações nervosas, chamadas **dendritos**, nas quais o estímulo nervoso é recebido (Figura 2.16).

Figura 2.16 | Partes de um neurônio



Fonte: adaptado de Gallo *et al.* (2002, p.151).

A condução do impulso nervoso se inicia no dendrito, é enviado ao núcleo, passa ao axônio e deste para um dendrito de outro neurônio, músculo ou glândula, produzindo uma resposta específica. A transmissão desse impulso se dá de duas maneiras, sendo uma elétrica, ao longo do neurônio, e uma química, quando passa de um neurônio para outro.

Os neurônios, quando agregados, formam os **gânglios**, que são ligados aos demais longitudinalmente por **conectivos** e horizontalmente por **comissuras.** Quando os neurônios são aglomerados e envolvidos por uma bainha conjuntiva chamamos de **nervos.** O sistema nervoso dos insetos é constituído por um **sistema nervoso central**, um **sistema nervoso visceral** e um **sistema nervoso periférico**.

O sistema nervoso central constitui-se por uma massa nervosa de gânglios chamada cérebro ou gânglio supraesofagiano, por outra massa ganglionar localizada abaixo do esôfago chamada **gânglio subesofagiano** e sucedidos por uma série de gânglios torácicos e **abdominais**. Já o sistema nervoso visceral, também chamado de simpático, inerva os órgãos internos do inseto e é formado por três partes, sendo o **sistema nervoso estomogástrico**, que comanda os órgãos de vida vegetativa do inseto; o **sistema nervoso simpático ventral**, associado aos gânglios da corda nervosa ventral; e o **sistema nervoso simpático caudal**, que tem seus nervos originados do último gânglio abdominal (caudal). Por fim, o **sistema nervoso periférico** trata-se dos nervos que deixam o sistema nervoso central para inervar os músculos e órgãos dos sentidos, respectivamente (GALLO *et al.*, 2002).

Reflita

Alguns inseticidas atuam no sistema nervoso dos insetos, paralisando suas atividades motoras. Conhecendo o sistema nervoso desses seres e como acontece a condução do impulso nervoso em seu organismo, como esses inseticidas teriam seu modo de ação?

Os órgãos dos sentidos estão ligados ao sistema nervoso e permitem que os insetos recebam informações sobre seu ambiente. Esses órgãos estão localizados, principalmente, na parede corporal, e a maioria deles é microscópica. Os estímulos recebidos podem ser de origem química, mecânica, auditiva, visual e de temperatura (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

As sensações de paladar e odor estão relacionadas a quimiorreceptores chamados sensilas, que consistem em um grupo de células sensoriais que recebe a substância química e desencadeia a transmissão do impulso nervoso. De acordo com Triplehorn e Johson (2015), a sensibilidade dos quimiorreceptores a algumas substâncias é muito elevada, podendo alguns

insetos detectarem certos odores em concentrações muito baixas a grandes distâncias, por exemplo.

Os órgãos sensitivos responsáveis por receber os estímulos mecânicos proporcionam que o inseto reaja ao tato, à pressão ou vibração, fornecendo-lhes informações que podem direcionar sua orientação, alimentação, fuga de inimigos, reprodução, entre outras ações. Os estímulos mecânicos também desencadeiam uma série de impulsos nervosos, os quais são transmitidos em várias centenas por segundo.

A capacidade de detectar sons é desenvolvida em muitos insetos, que podem recebê-los por meio de dois tipos de órgãos sensitivos: sensilas e órgãos timpânicos, que estão presentes em alguns insetos, como grilos, percevejos e borboletas. Já a visão é realizada por meio de órgãos visuais, que podem ser ocelos frontais ou olhos compostos multifacetados. A diferença básica entre eles é que os ocelos possuem uma lente única e, aparentemente, não formam imagens focalizadas, sendo sensíveis, principalmente, a diferenças na intensidade da luz, enquanto os olhos compostos consistem em muitas unidades individuais, chamadas omatídeos, que geram uma imagem em mosaico.

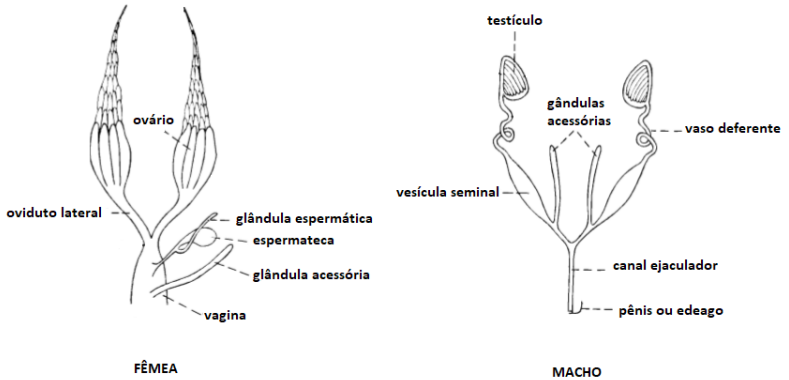
Saiba mais

Muitos insetos não possuem olhos compostos, podendo, em seu lugar, haver um grupo de órgãos visuais semelhante aos ocelos quanto ao seu aspecto externo. Essas estruturas variam muito em sua constituição e podem ser chamadas de ocelos laterais ou estemas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

Mudando de assunto para a reprodução dos insetos, podemos defini-la, em sua maioria, como sexuada e por oviparidade (GALLO *et al.*, 2002). Isso quer dizer que os óvulos das fêmeas se desenvolvem apenas após a fecundação pelo espermatozoide, e o desenvolvimento do embrião ocorre dentro do ovo em ambiente externo.

O sistema reprodutor da fêmea é composto por um par de ovários, um par de ovidutos laterais que se convergem em um só, vagina, vulva e espermateca, que armazena os espermatozoides durante o intervalo entre a cópula e a fecundação do óvulo. Já o sistema reprodutor do macho possui um par de testículos, vasos deferentes (que se assemelham aos ovidutos laterais das fêmeas), canal ejaculador, vesícula seminal e pênis ou edeago. Em ambos os casos, existem glândulas acessórias com funções variadas (Figura 2.17).

Figura 2.17 | Estrutura geral do aparelho reprodutor dos insetos (feminino e masculino)



Fonte: adaptado de Constantino; Diniz; Motta (2002, p. 35).

As células reprodutoras dos sistemas feminino e masculino são o óvulo e o espermatozoide, respectivamente. A fecundação ocorre quando o óvulo, passando pela vagina, encontra um ou mais espermatozoides recém-saídos da espermateca. Em muitos casos, os espermatozoides são depositados pelo macho diretamente na espermateca da fêmea, uma vez que possuem no pênis uma extensão alongada em forma de linha. Em outros casos, os espermatozoides são depositados diretamente na vagina da fêmea, de onde migram para a espermateca (GALLO *et al.*, 2002). Um óvulo poderá ser penetrado por mais de um espermatozoide, entretanto apenas um núcleo masculino se unirá ao núcleo feminino, formando o ovo ou zigoto e, posteriormente, um novo indivíduo.

Dica

Para se aprofundar na fisiologia dos insetos, na sua biblioteca virtual você encontra o livro *Estudo dos Insetos*, de Triplehorn e Johnson. O tema dessa seção pode ser encontrado no Capítulo 2, páginas 24 a 40.
TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos Insetos**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

Chegamos ao fim do conteúdo sobre a anatomia e fisiologia dos insetos. Até aqui você pôde conhecer as principais características dos insetos em relação à estrutura do seu corpo e funcionamento. Na próxima seção, daremos continuidade ao assunto reprodução com o estudo do desenvolvimento e da metamorfose dos insetos. Bons estudos!

Sem medo de errar

Nesta seção conhecemos a estrutura interna dos principais órgãos dos insetos, chamada anatomia, bem como um pouco do seu funcionamento, chamada de fisiologia. Agora, vamos retomar seu trabalho como agrônomo responsável pelo controle de pragas de uma lavoura de soja e responder aos questionamentos realizados por um dos colaboradores da sua equipe.

Lembre-se de que a lavora já possui registros de ataque de lagartas desfolhadoras, e os levantamentos populacionais indicaram um alto índice de lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis*. Como alternativa de controle, você tem à sua disposição um inseticida químico, cujo modo de ação depende do contato da lagarta com a molécula do princípio ativo, matando-a por paralisia do sistema nervoso, e um inseticida biológico, cuja ação depende da ingestão do produto pela lagarta, matando-a por inanição. O que você precisa responder agora é: se a lagarta precisa ingerir o produto para que possa morrer, isso significa que a ação desse inseticida ocorre internamente em seu corpo? Como é o aparelho digestivo dos insetos? E qual estrutura interna desse aparelho é prejudicada?

Você deve responder ao seu colaborador, para a primeira pergunta, que sim. No caso do inseticida biológico citado, sua ação ocorre no sistema digestivo do inseto. Um exemplo é o modo de ação da bactéria *Bacillus thuringiensis* (mais conhecida como *Bt*). O princípio ativo dos produtos à base de *Bt* são os cristais que essa bactéria forma e que, no aparelho digestivo do inseto, encontra condição ideal para que seja dissolvido e absorvido (pH alcalino).

De maneira geral, podemos dizer que o aparelho digestivo dos insetos é formado pelo tubo digestivo ou canal alimentar, que percorre todo seu corpo no sentido longitudinal da boca ao ânus. Ele é diferenciado em três regiões principais: o intestino anterior, também chamado de estomodeu (onde encontramos a faringe, o esôfago, o papo e a moela); o intestino médio, também chamado de mesêntero (onde encontramos o ventrículo e os cecos gástricos); e o intestino posterior, também chamado de proctodeu (onde encontramos o íleo, o cólon, o reto e o ânus).

No caso do inseticida biológico à base de Bt, após a ingestão do cristal, ocorre a multiplicação das bactérias dentro do corpo do inseto, que são responsáveis por destruir a parede do tubo digestivo, provocando a paralisação de suas funções, da alimentação e ainda septicemia, que é uma infecção generalizada que mata a lagarta.

Perguntas respondidas, não deixe de registrar as respostas para, posteriormente, incluir no treinamento com os demais colaboradores, padronizando a informação para todos e evitando que outras dúvidas como essas aconteçam. Bom trabalho!

“Sangues” com funções diferentes

Descrição da situação-problema

Você é um agrônomo, especialista em fisiologia dos insetos, e vem desenvolvendo pesquisas nessa área, relacionadas ao transporte de hormônios no corpo dos insetos e sua relação com o desenvolvimento deles. Suas pesquisas lhe tornaram renomado na área, por isso você foi convidado para dar uma palestra na Semana de Agronomia de uma universidade na sua região. Durante sua apresentação, uma de suas afirmações foi que, diferentemente dos mamíferos, nos insetos o sistema circulatório não possui como função fisiológica a realização do transporte de gases, como oxigênio e gás carbônico, mas de nutrientes, excretas e hormônios. Baseado nisso, um dos estudantes lhe questionou: se o sistema circulatório dos insetos não possui como função fisiológica o transporte de gases, isso significa que o sangue dos insetos e dos mamíferos possui uma constituição diferente? E se não é o sangue o responsável pelo transporte de gases, como os insetos absorvem o oxigênio da respiração? Como você responderá aos questionamentos do aluno?

Resolução da situação-problema

Em relação ao “sangue” dos insetos, também chamado de hemolinfa, você deve explicar que existem diferenças importantes em comparação com o sangue dos mamíferos. Além de não realizar o transporte de gases, nos insetos há uma presença relativamente alta de aminoácidos, magnésio e ácido úrico em relação aos mamíferos. Além disso, ao contrário dos mamíferos, os insetos possuem maiores teores de potássio (K) do que de sódio (Na).

Já para explicar sobre a respiração, é relevante expor que nos insetos o transporte de gases é realizado pelo sistema traqueal, já que a hemolinfa não desempenha esse papel. Esse sistema é composto por tubos cuticulares chamados traqueias, que se abrem externamente no corpo do inseto por meio de orifícios chamados espiráculos. Internamente, as traqueias se ramificam e se estendem por todo o corpo. O ar penetra no sistema traqueal por um processo chamado ventilação e é eliminado, em sua maior parte, pelo tegumento, podendo também ser eliminado por esse mesmo sistema. O oxigênio da atmosfera é canalizado nas traqueias para alcançar os tecidos, onde é utilizado.

Faça valer a pena

1. Insetos que se alimentam de alimento sólido, como gafanhotos, baratas e cupins, necessitam de um tubo digestivo largo, reto e curto, com musculatura mais desenvolvida e com proteção contra ferimentos mecânicos. Já os insetos que se alimentam de alimento líquido, como as cigarrinhas e pulgões, por exemplo, possuem um tubo digestivo mais longo, estreito e com dobras, para permitir o máximo de contato com o líquido (GALLO *et al.*, 2002).

Além das adaptações citadas no texto-base, os insetos fitófagos sugadores possuem ainda uma estrutura específica que lhes auxiliam a retirar o excesso de água do alimento ingerido. Essa estrutura é chamada:
a) Estomodeu.
b) Glândulas salivares.
c) Câmara-filtro.
d) Inglúvio.
e) Proventrículo.

2. O sistema reprodutor de um inseto fêmea é composto por um par de ovários, um par de ovidutos laterais que se convergem em um só, vagina, vulva e espermateca, que armazena os espermatozoides durante o intervalo entre a cópula e a fecundação do óvulo. Já o sistema reprodutor do macho possui um par de testículos, vasos deferentes, canal ejaculador, vesícula seminal e pênis.

Em relação à reprodução e fecundação nos insetos, pode-se afirmar que:
a) Os óvulos da fêmea são fecundados pelos espermatozoides do macho no interior da espermateca.
b) Os espermatozoides do macho são depositados exclusivamente na espermateca da fêmea como forma de proteção deles.
c) A fecundação e o desenvolvimento dos ovos dos insetos são externos, sendo a espermateca um órgão de armazenamento provisório.
d) Os espermatozoides podem ser depositados pelo macho no interior da vagina da fêmea, ou diretamente na espermateca.
e) Um óvulo poderá ser penetrado e fecundado por mais de um espermatozoide.

3. Analise as asserções a seguir e a relação proposta entre elas:
A sensibilidade dos órgãos dos sentidos a algumas substâncias é muito elevada, podendo alguns insetos detectarem certos odores em concentrações muito baixas a grandes distâncias
PORQUE

Os órgãos dos sentidos, localizados, principalmente, na parede corporal dos insetos, estão ligados ao sistema nervoso e permitem que os insetos recebam informações sobre seu ambiente.

Assinale a alternativa que contém a correta relação entre as asserções apresentadas.
a) As asserções I e II são verdadeiras, entretanto a II não justifica a I.
b) A asserção I é verdadeira, e a II é falsa.
c) As asserções I e II são verdadeiras, e a II é uma justificativa correta da I.
d) A asserção I é falsa, e a II é correta.
e) As asserções I e II são falsas.

Seção 2.3

Desenvolvimento e metamorfose dos insetos

Diálogo aberto

Chegamos à última seção desta unidade, na qual concluiremos o estudo sobre a biologia dos insetos. Você já conheceu a morfologia externa, a anatomia interna e fisiologia e, agora, lhe falta conhecer como ocorre seu desenvolvimento, desde o ovo até sua fase adulta. Esse conhecimento lhe tornará capaz de compreender o ciclo de vida dos insetos e sua importância para o controle de pragas ou produção de inimigos naturais, podendo aplicar esses conhecimentos na identificação de possíveis danos na área agrícola.

Neste contexto, lembre-se de que você trabalha como agrônomo responsável pelo controle de pragas de uma grande propriedade que realiza cultivo de soja. A lavoura que você é responsável é de variedade bem adaptada ao clima e solo da região, entretanto pouco tolerante a pragas, já possuindo registros de ataque de lagartas desfolhadoras. Sua equipe começou a realizar os levantamentos populacionais e identificou um alto índice de lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis*, acendendo seu alerta para o controle antes que maiores prejuízos possam ocorrer.

Você ainda não tomou sua decisão sobre o melhor método de controle, mas um de seus colaboradores, que visitou recentemente uma feira de inovação agrícola, trouxe para a equipe a proposta de implantarem armadilhas contendo atrativo sexual como estratégia de captura e controle dos insetos adultos. Você acredita que essa é uma boa solução para o problema que vocês estão enfrentando? E em qual fase seria melhor impedir que o ciclo continuasse, a fim de evitar maiores danos?

Para lhe auxiliar a responder a essas perguntas, nesta seção, você conhecerá o desenvolvimento e a metamorfose dos insetos com seus diferentes conceitos, além de entender sobre as fases de seus ciclos de vida. Após refletir sobre esses questionamentos e explicar mais esse tópico para sua equipe, não deixe de resgatar todas as orientações fornecidas anteriormente junto ao ciclo de vida da praga e registrá-las de forma esquematizada para a equipe, facilitando seu entendimento e seu trabalho.

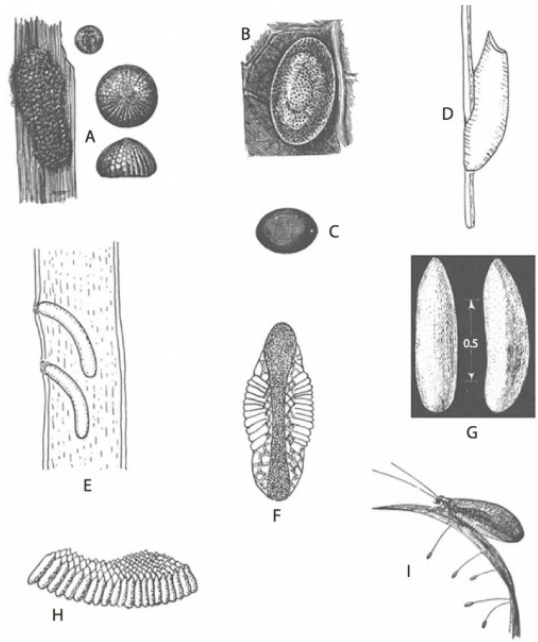
Não pode faltar

Aluno, encerramos a seção anterior estudando sobre os aparelhos reprodutores (de macho e fêmea) e a reprodução nos insetos. Além de conhecer a anatomia de cada um, vimos que a fecundação ocorrerá na fêmea, formando o ovo. A partir de agora, estudaremos um pouco mais sobre a reprodução e como ocorre o desenvolvimento do inseto a partir do ovo, entendendo seu ciclo de vida e a metamorfose.

O ovo de um inseto nada mais é do que uma célula com duas coberturas externas: uma **vitelínica** fina envolvendo o citoplasma e um **córion** mais externo. É este que constitui a casca externa mais dura do ovo. A porção central do ovo, no interior do citoplasma, consiste, em grande parte, no **vitelo** (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

De acordo com Triplehorn e Johnson (2015), os ovos dos diferentes insetos variam muito em aparência, podendo ser esféricos, ovais ou alongados. Eles são cobertos por uma casca que também varia em espessura, estrutura e cor, podendo possuir cristas, espinhos e cores vivas. Na Figura 2.18, você pode observar alguns exemplos de diferentes tipos de ovos. Note que, além de diferentes formas, eles ainda podem estar sobre um pedúnculo longo e fino, uma estratégia para evitar a predação de outros insetos.

Figura 2.18 | Diferentes ovos de insetos



(A) Lagarta-do-cartucho do milho (***Spodoptera frugiperda***); (B) Leaffolder da uva (***Desmia funeralis***); (C) Lagarta-da-raiz do milho (***Diabrotica undecim-punctata howardi***); (D) Gasterófilo (***Gasterophilus intestinalis***); (E) Grilo (***Oecanthus fultoni***); (F) Mosquito ***Anopheles.*** (G) Mosca-da-cebola (***Hylemya platura***); (H) Mosquito ***Culex;*** (I) Bicho-lixeiro (***Chrysopa sp.***).

Fonte: Triplehorn e Johnson (2015, p. 41).

Umas das razões pelas quais os insetos possuem uma grande capacidade adaptativa em diferentes ambientes e facilidade de poderem se tornar pragas agrícolas é sua alta capacidade reprodutiva (GALLO *et al.*, 2002). Essa capacidade reprodutiva é marcada pelo que chamamos de **Voltinismo**, ou seja, o número de gerações que uma determinada espécie consegue produzir por ano. A reprodução nos insetos, geralmente, é dependente do encontro de um macho com uma fêmea, entretanto há inúmeras exceções, havendo diferentes tipos de reprodução. Segundo Gallo *et al.* (2002), entre os mais conhecidos tipos estão oviparidade, viviparidade, partenogênese, poliembrionia e hermafroditismo. Vejamos uma breve descrição de cada um deles:

- **Oviparidade:** trata-se do tipo mais comum de reprodução, em que as fêmeas depositam no meio externo ovos que darão origem a larvas ou ninfas. Os ovos variam em aparência e podem ser colocados separadamente ou em massas.

- **Viviparidade:** neste caso, o desenvolvimento embrionário é realizado completamente dentre do corpo da fêmea, que deposita suas larvas ou ninfas diretamente no ambiente, ao invés dos ovos. Neste caso, a fêmea é chamada de vivípara.
- **Partenogênese:** neste processo, os óvulos da fêmea se desenvolvem completamente sem nunca terem sido fecundados pelo espermatozoide.
- **Poliembrionia:** quando há a produção de dois ou mais embriões a partir de um mesmo ovo.
- **Hermafroditismo:** quando os dois sexos estão presentes no mesmo indivíduo, entretanto é raro nos insetos.

Após a eclosão do ovo, o inseto inicia sua vida no ambiente externo, onde sua larva começa a se alimentar e crescer. Seu ganho de peso é contínuo, entretanto as formas e dimensões são mantidas quase que constantes pelo exoesqueleto, que precisa ser substituído periodicamente, para que o inseto possa continuar a crescer. Essa troca de exoesqueleto é um processo importante para os insetos, e é chamada de **muda** ou **ecdise**. De acordo com Triplehorn e Johnson (2015), o número de mudas varia nos insetos, ficando entre 4 e 8, apesar de alguns, como as libélulas, poderem sofrer até 28 mudas em sua vida. Os períodos entre as mudas são chamadas de ínstares.

Logo após a eclosão, o inseto em fase larval encontra-se no primeiro instar. Depois de sofrer a primeira muda, ele estará no segundo instar, e assim por diante, até que ele se torne um inseto adulto. O número de ínstares larvais também é bastante variável. Além do crescimento, durante a ecdise o inseto também pode alterar sua forma por meio de um processo chamado **metamorfose**.

Assimile

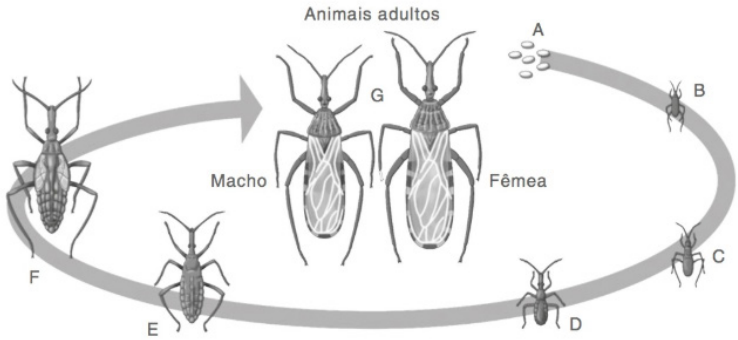
Durante o desenvolvimento do inseto, os ínstares sucessivos são, geralmente, semelhantes entre si, entretanto o grau de mudança na forma e no tamanho entre o último ínstar do imaturo e o adulto varia consideravelmente. A metamorfose é essa mudança final, caracterizada em termos morfológicos como a perda das características adaptativas peculiares do imaturo, separando o inseto jovem do inseto adulto.

De acordo com o tipo de desenvolvimento pós-embrionário, podemos classificar os insetos em três categorias diferentes de metamorfose, sendo eles: Ametábolos, Hemimetábolos ou Holometábolos (GALLO *et al.*, 2002). Vamos conhecer cada um deles?

Ametábolos: nos insetos ametábolos, não existe metamorfose, e a forma adulta é resultante de mudanças graduais da forma imatura, uma vez que o jovem emerge do ovo parecido com o adulto, entretanto com o aparelho reprodutor pouco desenvolvido. Adultos e imaturos vivem no mesmo hábitat. Um exemplo típico é a traça-dos-livros.

Hemimetábolos: os insetos hemimetábolos também emergem de forma parecida com o adulto, entretanto sem asas e sem aparelho reprodutor. Os imaturos, neste caso, são chamados de ninfas, e as asas do inseto adulto se desenvolvem externamente e se tornam maiores a cada muda. Podemos citar como exemplo os percevejos. Veja, na Figura 2.19, o exemplo de hemimetabolia (também chamada de metamorfose incompleta) de um barbeiro.

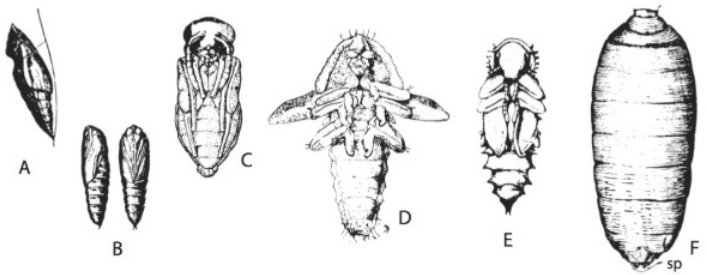
Figura 2.19 | Estágios de desenvolvimento de um barbeiro (hemimetabolia)



Fonte: Triplehorn e Johnson (2015, p. 47).

- **Holometábolos:** os holometábolos são conhecidos por possuírem metamorfose completa, na qual compreendem as fases de ovo, larva, pupa e adulto. Neste caso, os imaturos são muito diferentes do adulto e existe um instar intermediário (pupa) entre o último instar larval e o adulto. Borboletas e besouros são exemplos gerais. Na Figura 2.20, você pode ver algumas diferentes formas de pupas.

Figura 2.20 | Diferentes formas de pupas de insetos



(A) Crisálida de borboleta; (B) Lagarta-do-cartucho do milho (***Spodoptera frugiperda***); (C) Vespa-galhadora do trifólio (***Bruchophagus platyptera***); (D) Gorgulho da batata-doce (***Cylas formicarius elegantulus***); (E) Besouro-da-cevada (***Oryzaephilus surinamensis***); (F) Larva do milho (***Hylemya platura***).

Fonte: Triplehorn e Johnson (2015, p. 49).

Estudamos que, no decorrer do seu desenvolvimento, o inseto, desde imaturo até se tornar adulto, passa por várias trocas de cutículas, processo conhecido por muda. Esta envolve uma sequência de eventos, desde a separação da cutícula velha até a eliminação dela e a formação da nova. Etapas que devemos conhecer um pouco mais. De acordo com Triplehorn e Johnson (2015), a muda envolve não apenas a troca da cutícula da parede corporal mas também dos revestimentos cuticulares das traqueias, do intestino e das estruturas do endoesqueleto. Segundo os autores, os revestimentos traqueais permanecem fixados à parede corporal ao serem eliminados. Em contrapartida, os revestimentos do intestino, geralmente, se rompem e são eliminados pelo ânus.

A primeira etapa é a apólise, na qual ocorre a separação da cutícula velha da epiderme que fica sob ela. Isso ocorre por meio da atuação de enzimas que dissolvem a parte interna da cutícula velha e dão início à formação de uma nova. A cutícula velha, geralmente, se rompe em quatro partes para que o inseto possa sair. Após a muda, a cutícula velha deixada pelo inseto é chamada de **exúvia.** Depois da ecdise, ocorre uma expansão da nova cutícula, que, a seguir, se torna endurecida pelo processo de esclerotização. O processo de muda é controlado, principalmente, por um hormônio chamado ecdisona, que começa a ser produzido e secretado quando o inseto está próximo do período de muda.

A muda ocorrerá em todas as etapas do desenvolvimento de um inseto, independentemente do seu tipo de metamorfose. Entretanto, apenas nos holometábolos haverá a formação da pupa. Nestes, há uma grande atividade de reconstrução de tecidos nesse estágio, no qual ocorre o crescimento das

asas e o desenvolvimento dos músculos do voo, ocasionando, consequentemente, na alteração da morfologia dele. Na pupa, as características do adulto passam a ser aparentes, uma vez que ela pode ser mais parecida com o adulto do que com a larva. Como ela é, geralmente, imóvel, é mais vulnerável à predação e às alterações climáticas, motivo pelo qual é protegida por um casulo, o qual é construído pela própria larva antes de se transformar.

Exemplificando

Ao construírem seus casulos, muitas larvas produzem seda, que pode ser usada para se fixar em folhas, galhos e outras superfícies, além de formar uma câmara protetora para a pupa. Em alguns casos, como no bicho-da-seda (*Bombyx mori*), o casulo é feito apenas de fio de seda e é utilizado para produção de tecidos. Cada casulo possui, aproximadamente, 1.000 metros de fio, motivo pelo qual o inseto possui importância econômica, sendo produzido em larga escala para atender a indústria têxtil.

Durante a metamorfose, além das diferenças na morfologia externa do inseto, o tubo digestivo também é remodelado em função das diferenças na dieta da larva e do adulto, uma vez que nem sempre eles ingerem o mesmo tipo de alimento. O mesêntero é completamente reconstruído nos holometábolos. Em contrapartida, os sistemas traqueal e circulatório sofrem pouca modificação. O desenvolvimento das características do adulto é controlado pelo sistema hormonal, assim como no processo de muda. O hormônio juvenil, produzido por glândulas chamadas corpos alados, localizadas nos lados do esôfago, é capaz de alterar o efeito da ecdisona, que é o hormônio da muda, e desencadear o processo de formação da pupa.

Entretanto, durante seu desenvolvimento, os insetos podem fazer algumas pausas quando as condições ambientais não forem favoráveis (em casos extremos de frio ou seca, por exemplo). De acordo com Rodrigues (2004), os insetos possuem duas formas de realizar esse repouso: por interrupção do seu desenvolvimento, chamada **diapausa**, ou interrupção de sua atividade, chamada **quinetopausa**. Elas podem acontecer de maneira isolada ou simultânea. Durante o período frio, por exemplo, os insetos podem cessar suas atividades e seu desenvolvimento, permitindo, assim, um menor gasto de suas reservas energéticas. Os insetos com diapausa reprodutiva, de maneira geral, realizam seu deslocamento para sítios de hibernação ainda com seus órgãos reprodutivos imaturos, cessam sua alimentação e acumulam corpos gordurosos (MOURÃO; PANIZZI, 2000).

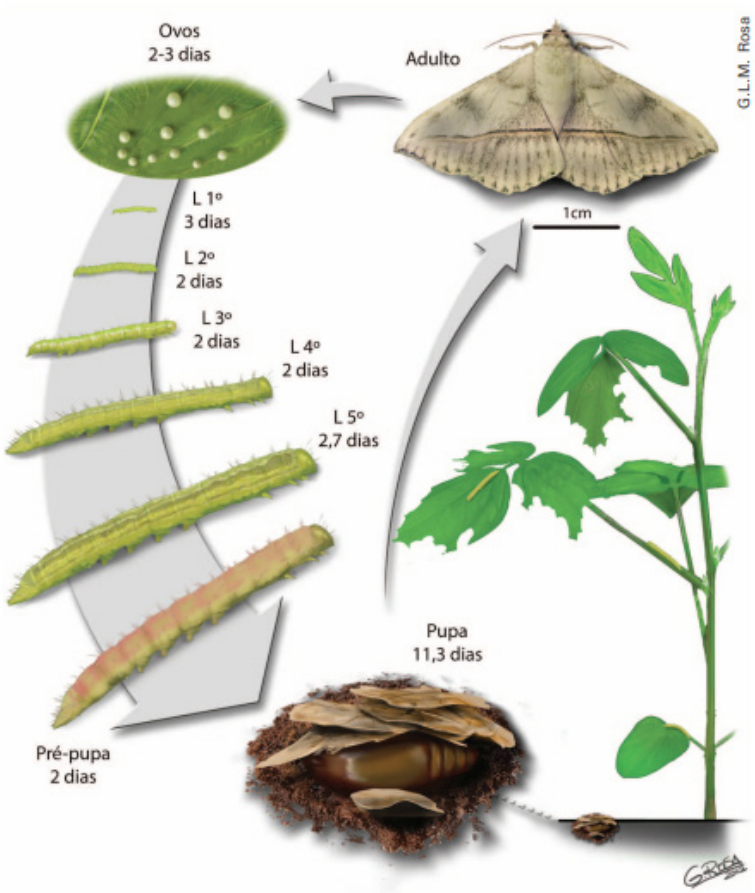
Reflita

Você consegue visualizar a importância do estudo do ciclo de vida e do desenvolvimento dos insetos para o controle de pragas no campo? Fazendo uma relação simples de nossa vivência pessoal, sabemos que as moscas domésticas depositam seus ovos em locais onde há matéria orgânica em decomposição, assim como suas larvas viverão e crescerão onde os ovos foram depositados. Conhecendo o ciclo de vida dos insetos, você acha que é mais fácil realizarmos o controle da mosca em sua fase larval?

Assim como qualquer inseto, as pragas também possuem seus ciclos de vida e conhecê-los nos ajuda a identificar a melhor fase de desenvolvimento para realizarmos o controle. Embora alguns insetos possuam apenas três estágios principais (ovo – ninfa – adulto), em vez de quatro (ovo – larva – pupa – adulto), há sempre um estágio em que o controle é mais fácil, eficaz ou mais barato. É preciso conhecer o ciclo de vida da praga-alvo para a tomada de decisão.

Na Figura 2.21, podemos ver o exemplo do ciclo de vida da lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis*. Veja que, na maior parte do seu desenvolvimento, o inseto se encontra em fase larval, na qual ocorrem os danos à cultura (cerca de 12 dias). De acordo com Moscardi *et al.* (2012), a maior capacidade de desfolha ocorre entre o quarto e o sexto instar. Quando não manejadas corretamente nessa fase, essas lagartas podem provocar até 100% de desfolha, ocasionando reduções significativas na produtividade da planta. Por exemplo, além do alto potencial de desfolha, impedir a fase de pupa e a emergência dos adultos é de suma importância, uma vez que as mariposas, com alto poder de reprodução, se acasalam na primeira noite após a emergência, iniciando a oviposição três a quatro dias depois (MAGRINI *et al.*, 1999).

Figura 2.21 | Fases do desenvolvimento de *Anticarsia gemmatalis*



Fonte: Moscardi *et al.* (2012, p. 225).

Chegamos ao final de mais uma seção e também ao final desta unidade. Espera-se que você tenha entendido os principais aspectos da morfologia, fisiologia e desenvolvimento dos insetos, compreendendo como eles se relacionam entre si e como você poderá utilizá-los em suas atividades profissionais. Seja como agrônomo atuando no campo e em biofábricas, seja na pesquisa científica, conhecer as características dos insetos, suas funções vitais e seu ciclo de vida é de extrema importância para traçar estratégias de controle, desenvolver produtos fitossanitários ou produzir de maneira massal insetos benéficos, sempre visando a uma melhor produtividade e sanidade no campo.

Sem medo de errar

Nesta seção, você estudou um pouco mais sobre a reprodução dos insetos, conheceu seus diferentes tipos de desenvolvimento e compreendeu a importância de se entender seus ciclos de vida para o controle de pragas. Agora, vamos retomar seu trabalho como agrônomo responsável pelo controle de pragas de uma grande propriedade que realiza cultivo de soja. Sua equipe começou a realizar os levantamentos populacionais e identificou um alto índice de lagarta-da-soja *Anticarsia gemmatalis*. Você ainda não tomou sua decisão sobre o melhor método de controle, mas um de seus colaboradores, que visitou recentemente uma feira de inovação agrícola, trouxe para a equipe a proposta de implantarem armadilhas contendo atrativo sexual como estratégia de captura e controle dos insetos adultos. A partir da sua análise, essa é uma boa solução para o problema que vocês estão enfrentando? E em qual fase seria melhor impedir que o ciclo continuasse, a fim de evitar maiores danos?

Nesta situação em que você encontra, realizar a captura dos insetos adultos como forma de controle não é a melhor opção. Isso porque a praga em questão – *Anticarsia gemmatalis* –, assim como muitas outras lagartas desfolhadoras, passam a maior parte do seu desenvolvimento (cerca de 12 dias) em fase larval, quando ocorrem os danos à cultura com grande capacidade de desfolha. Sendo assim, se as lagartas não forem manejadas corretamente nessa fase, elas poderão provocar até 100% de desfolha, ocasionando reduções significativas na produtividade da planta. Além desse fator, o controle dos adultos ainda não seria eficiente para a redução da população da praga, pois, devido ao seu alto poder de reprodução, eles se acasalam na primeira noite após a emergência, iniciando a oviposição três a quatro dias depois; não há garantias de que a captura aconteceria antes do acasalamento.

Sendo assim, a indicação para realização do controle dessa praga é em seu período de ovo ou no período larval, de preferência antes do quarto instar, uma vez que a lagarta atinge seu pico de desfolha entre o quarto e o sexto ínstares.

Chegou o momento de explicar mais esse tópico para sua equipe. Além disso, resgate todas as orientações fornecidas anteriormente junto ao ciclo de vida da praga e as registre de forma esquematizada para a equipe, facilitando seu entendimento sobre a anatomia do aparelho bucal dos insetos, a aplicação dos conhecimentos de fisiologia no controle deles e o melhor período para controle de acordo com seu ciclo de vida.

Avançando na prática

Que "algodão" é esse?

Descrição da situação-problema

Você iniciou recentemente seu trabalho em uma biofábrica que produz microvespas especializadas no controle biológico da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*), uma praga que, em seu estágio larval, provoca muitos danos nos colmos da planta, diminuindo sua produtividade. A microvespa produzida – *Cotesia flavipes* – é um parasitoide que realiza sua oviposição no interior da lagarta, onde as microlarvas se desenvolvem. Após alguns dias da venda de um lote para um determinado produtor rural, ele lhe procura relatando ter encontrado, dentro dos colmos da cana, a broca morta junto a uma "massa" branca, muito parecida com algodão, contendo alguns nódulos dentro. Ele lhe questionou o que seria essa massa e qual a relação com a praga em questão. Conhecendo os tipos e estágios de desenvolvimento dos insetos e sabendo que a cotesia é um inseto holometábolo, o que você responderia para o produtor?

Resolução da situação-problema

Sabendo que a cotesia é um inseto holometábolo e parasitoide da broca, é de se esperar que a "massa" relatada pelo produtor sejam as pupas da microvespa. Isso pode ser explicado porque a cotesia coloca seus ovos no interior do corpo da broca, desenvolvendo sua fase larval dentro do organismo da praga, que também se encontra em seu estágio larval. Após esse período, as larvas de cotesia se tornarão pupas, as quais, geralmente, possuem casulos formados por fios enovelados para sua produção, levando a crer que se trata da "massa" observada.

Faça valer a pena

1. Em relação aos tipos de reprodução dos insetos, analise as definições apresentadas a seguir:

I. Neste tipo de reprodução, as fêmeas depositam no meio externo os ovos que darão origem a larvas ou ninfas.

II: Neste processo, os óvulos da fêmea se desenvolvem completamente sem nunca terem sido fecundados pelo espermatozoide.

III: Neste caso, o desenvolvimento embrionário é realizado completamente dentro do corpo da fêmea, que deposita suas larvas ou ninfas diretamente no ambiente, ao invés dos ovos.

Assinale a seguir a alternativa que corresponde ao termo correto para cada definição apresentada.
a) I. Oviparidade; II. Viviparidade; III. Partenogênese.
b) I. Partenogênese; II. Viviparidade; III. Partenogênese.
c) I. Viviparidade; II. Oviparidade; III. Partenogênese.
d) I. Oviparidade; II. Partenogênese; III. Viviparidade.
e) I. Partenogênese; II. Oviparidade; III. Viviparidade.

2. Assim como qualquer inseto, as pragas também possuem seus ciclos de vida, e conhecê-los nos ajuda a identificar a melhor fase de desenvolvimento para realizarmos o controle. Embora alguns insetos possuam apenas três estágios principais (ovo – ninfa – adulto), em vez de quatro (ovo – larva – pupa – adulto), há sempre um estágio em que o controle é mais fácil, eficaz ou barato. É preciso conhecer o ciclo de vida da praga-alvo para a tomada de decisão.

O tipo de desenvolvimento em que os insetos passam pelos estágios de ovo – larva – pupa e adulto é:
a) Ametabolia.
b) Oviparidade.
c) Holometabolia.
d) Viviparidade.
e) Hemimetabolia.

3. Analise as asserções a seguir e a relação proposta entre elas:
I. A muda ou ecdise é o processo de troca da cutícula do inseto, para que ele possa continuar o seu desenvolvimento
PORQUE
II. A muda ocorrerá em todas as etapas do desenvolvimento de um inseto, independentemente do seu tipo de metamorfose.

Assinale a alternativa que contém a correta relação entre as asserções.
a) Ambas as asserções estão corretas, e a II justifica a I.
b) Ambas as asserções estão corretas, e a II não justifica a I.
c) A asserção I é correta, e a II é incorreta.
d) A asserção I é incorreta, e a II é correta.
e) As asserções I e II são incorretas.

Referências

ANGELO, E. A.; VILAS-BÔAS, G. T.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H. Bacillus thuringiensis: características gerais e fermentação. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 945-958, 2010. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/7599/6690. Acesso em: 9 out. 2018.

CONSTANTINO, R.; DINIZ, I. R.; MOTTA, P. C. **Textos de entomologia**. Parte 1: Biologia. Brasília: Universidade de Brasília, 2002.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002.

MAGRINI, E. A.; BOTELHO, P. S. M.; SILVEIRA NETO, S. Biologia de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 na cultura de soja, *Glycine max* (L.) Merril. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 527-535, 1999.

MOSCARDI, F. *et al.* Artrópodes que atacam as folhas da soja. *In:* HOFFMANN-CAMPO, C.B.; CORREA-FERRERA, B.S.; MOSCARDI, F. **Soja**: manejo integrado de insetos e outros Artrópodes-praga. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

MOURÃO, A. P. M.; PANIZZI, A. R. Diapausa e Diferentes Formas Sazonais em *Euschistus heros* (Fabr.) (Hemiptera: Pentatomidae) no Norte do Paraná. **An. Soc. Entomol. Brasil**, v. 29, n. 2, p. 205-218, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/aseb/v29n2/v29n2a02. Acesso em: 28 out. 2018.

RODRIGUES, W. C. Fatores que influenciam o desenvolvimento dos insetos. **Informativo dos Entomologistas do Brasil**, ano 01, n. 4, p. 1-4, 2004. Disponível em: http://www.ebras.bio.br/infoinsetos/pdf/art0104-01.pdf. Acesso em: 28 out. 2018.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos Insetos**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. **Coleção Virtual de Insetos do CCA/UFSCar**. 2018. Disponível em: http://www.cvi.ufscar.br/morfologia.html. Acesso em: 16 set. 2018.

Unidade 3

Ecologia aplicada e conservação de insetos

Convite ao estudo

Olá, aluno! Iniciamos agora a Unidade 3 da disciplina Entomologia Aplicada à Agronomia! Nesta unidade você aprofundará ainda mais seus estudos sobre os insetos, conhecendo a ecologia e a conservação de insetos, mais especificamente. Compreender e, posteriormente, aplicar o conceito de ecologia dos insetos será de grande relevância para que você consiga, como engenheiro agrônomo, analisar os diversos fatores que contribuem para as tomadas de decisões para o controle de pragas agrícolas. Mas afinal, o que é ecologia de insetos? Podemos conceituá-la como a interação entre os insetos, outros organismos (que podem ser animais ou vegetais) e o ambiente.

Nas unidades anteriores da disciplina estudamos bastante sobre como os insetos apresentam grande importância para o meio ambiente, não é mesmo? E a própria cadeia alimentar expõe essa relevância pela presença dos insetos em diferentes níveis tróficos. Para que você entenda o valor dos insetos para o meio ambiente, esses organismos são o grupo de animais com maior diversidade do planeta. Por isso, na área agrícola, compreender sobre o comportamento e a dinâmica dos insetos é imprescindível para as ações e medidas que serão adotadas no manejo. Para aplicar seus conhecimentos, vamos analisar a seguinte problemática:

Você, engenheiro agrônomo e consultor agrícola, com grande experiência na área da entomologia já trabalhou com diversas pesquisas importantes que contribuíram com seu vasto conhecimento sobre diversas áreas relacionadas à ecologia e às características de comportamento dos insetos. Sendo referência na área, você foi contratado por uma empresa chamada Produtos Agrícolas Brasil que, devido à sua grande expansão e produção voltadas a diversas culturas agrícolas de interesse para o agronegócio, terá três novos setores voltados para a área da entomologia.

Esses setores foram criados graças ao reconhecimento da empresa acerca dos impactos positivos ou negativos que os insetos podem causar na produção agrícola, seja atuando como inimigos naturais e auxiliando no equilíbrio do ecossistema ou como os insetos-pragas que causam danos econômicos, e que por sua vez representam uma grande parte dos investimentos adotados no manejo agrícolas das culturas produzidas pela empresa.

O responsável técnico da empresa fez a apresentação dos três setores e você pôde ter uma visão breve sobre as dificuldades de cada um deles. O setor **ecologia de insetos** foi criado recentemente e a equipe ainda não está preparada para ser o apoio aos outros dois setores da área. O segundo setor, **classificação entomológica**, é o que está apresentando diversos problemas voltados à correta identificação e classificação dos insetos e às diferenciações de cada ordem relacionada aos danos das culturas agrícolas. O último setor, intitulado conservação de insetos, apresenta as problemáticas mais agravadas, já que é o responsável pela coleção entomológica da empresa com os insetos catalogados; além do mais, foram observados diversos problemas que criam confusões e incorreta conservação dos exemplares.

Ao analisar esse panorama dos setores, como você poderá atuar em cada um deles para identificar as soluções mais viáveis para que a área da entomologia da empresa desempenhe o papel esperado?

Todos esses questionamentos poderão ser respondidos com os conteúdos que serão estudados nesta seção! Eles darão base para suas análises e posterior proposta de solução da problemática apresentada, e ao final desta unidade você será capaz de identificar as principais ordens e famílias dos insetos, relacionando essa informação com o seu habitat e comportamento. Bons estudos!

Seção 3.1

Relação inseto-planta e inseto-animal

Diálogo aberto

Olá, aluno! Bem-vindo à primeira seção da Unidade 3! Para iniciarmos nossos estudos sobre ecologia e conservação dos insetos, vamos nos aprofundar no conhecimento das relações tritróficas, entendendo como ocorre a dinâmica planta *versus* inseto *versus* ambiente, na seleção das plantas hospedeiras pelos insetos, nos fatores relacionados à resistência das primeiras ao ataque destes últimos, e ainda na relação inseto-animal.

Analise a situação que será apresentada a seguir e use como base para propor soluções com os conhecimentos que você irá adquirir com o estudo desta seção. Lembre-se sempre de associar o novo conhecimento com o que você já aprendeu nas unidades de ensino anteriores a fim de ter uma maior compreenssão da ecologia de insetos.

Você, engenheiro agrônomo especializado na área da entomologia, foi contratado pela empresa Produtos Agrícolas Brasil que, devido à sua grande expansão e produção voltadas a diversas frutíferas de interesse para o agronegócio, terá três novos setores voltados para a área da entomologia econômica. O seu trabalho iniciará com a sua permanência no setor de **ecologia de insetos** para que você possa conhecer a rotina, os funcionários e os processos desenvolvidos. Esse setor tem como objetivo conhecer a ecologia dos insetos para compreender, por exemplo, se as culturas em produção são suscetíveis ao ataque do inseto estudado.

Ao analisar a rotina do setor, você observou que muitas das pessoas que trabalham na área não possuem uma formação específica para a área agrícola, e o próprio conceito de entomologia é um pouco vago a algumas pessoas. Você questionou ao técnico responsável da empresa que o está acompanhando, se as pessoas são treinadas ao entrarem para a equipe do setor. Ele respondeu que eles vão aprendendo aos poucos, com as atividades em desenvolvimento no dia a dia.

Outra observação que você fez foi sobre os insetos serem identificados pelo setor de classificação entomológica e passarem pela análise do setor **ecologia de insetos** sem terem uma análise específica sobre seu papel e sua relação com as espécies agrícolas cultivadas, ou seja, a especificação da atuação dos insetos com as espécies não tinham particularidades, sendo o inseto-praga de uma cultura considerado praga para as demais.

Dessa forma, quais medidas você poderia adotar para contribuir com a equipe do setor, no sentido de fazê-la desenvolver suas atividades de maneira que considere as particularidades da ecologia dos insetos? E quais deverão ser suas recomendações, considerando as relações tritróficas, para que a equipe compreenda o comportamento dos insetos em relação às culturas frutíferas cultivadas?

Os questionamentos apresentados podem parecer, neste momento, um pouco complexos para serem respondidos, mas, com os conteúdos que serão aprendidos nesta seção, você será capaz de propor soluções que poderão ser aplicadas no seu dia a dia de trabalho como engenheiro agrônomo. Não se esqueça de se aprofundar nesses conteúdos e acesse os materiais complementares!

Bons estudos!

Não pode faltar

Aluno, todos nós, seres humanos, estamos situados em um ambiente com diversos fatores que influenciam nossa existência. Você já notou que, quando está em um ambiente com temperatura mais baixa, você fica mais propenso a ter um comportamento calmo? Ou inversamente, quando sente calor, fica um pouco mais agitado? Todos os seres sofrem interferências não somente do ambiente em que estão, mas também de outros organismos que compartilham o mesmo local, e para os insetos não é diferente! E nesta seção nosso foco será estudar as relações inseto-planta e inseto-animal.

Para iniciarmos nossos estudos, é relevante compreendermos a interação entre as plantas, pragas e inimigos naturais, a qual forma uma estrutura complexa chamada de interação tritrófica (AZEREDO et al., 2004). Pensando na estrutura de uma cadeia alimentar, conseguimos visualizar como todos os indivíduos apresentam um papel importante para a manutenção de um ecossistema, desempenhando diferentes funções em níveis tróficos distintos, que movem a energia e os nutrientes de acordo com sua posição na cadeia.

Os agroecossistemas, conhecidos também como ecossistemas artificiais instáveis, que diferentemente dos ecossistemas naturais apresentam perturbações relacionadas aos processos produtivos e, por isso, necessitam de interações antrópicas frequentemente (AGUIAR-MENEZES & MENEZES, 2005), são compostos por pelo menos três níveis tróficos que têm interação sinérgica entre planta, herbívoro e inimigos naturais, ressaltando-se que as plantas são consideradas a base da cadeia alimentar, ou seja, são os "produtores" presentes no primeiro nível trófico. Já o herbívoro é considerado

consumidor primário e o inimigo natural, consumidor secundário.

Os três níveis tróficos apresentam relações bastante complexas e que envolvem mecanismos de regulação, já que há grande dependência ou suscetibilidade entre eles (BARROS, 2007). Essas relações, as tritróficas, acontecem em um ambiente físico e químico dinâmico e diversificado que incluem as interações de ataque e defesa, como relações comportamentais, fisiológicas e morfológicos em cada nível. É importante entender que essas relações são, muitas das vezes, entrelaçadas e interdependentes. Dessa forma, quando ocorrem mudanças no habitat ou em fatores que influenciam a vida dos animais, podem ocorrer desequilíbrios significantes na cadeia alimentar.

Reflita

Mas, afinal, por que entender as interações tritróficas é tão importante para nosso estudo na entomologia? Lembre-se de que, ao compreender como ocorre a interação dos insetos entre si e dos insetos com a planta, é possível compreender também a complexidade de fatores que influenciam não somente na sobrevivência dos insetos, mas na compreensão do seu comportamento e, assim, na análise para a adoção de formas de controle de pragas de forma viável e eficiente.

Além disso, ao compreender as interações tritróficas é possível entender os diversos fatores que afetam a complexidade dos agroecossistemas. Conhecer e adotar medidas de conservação das relações entre os organismos em um sistema tritrófico são úteis para manter a dinâmica do ecossistema natural, assim como para contribuir com a tomada de decisão do controle de pragas nas áreas produtivas (SANTOS, 2008).

As interações tritróficas podem ser decorrentes de fatores como o efeito direto da planta no comportamento do inimigo natural, efeito de substâncias químicas ou até mesmo da própria morfologia do vegetal que podem alterar o comportamento, desenvolvimento e a população de outros organismos.

Exemplificando

Carvalho et al., (2011) apresentam como exemplo do sistema tritrófico a relação entre plantas, membracídeos (Hemiptera: Membracidae) e as formigas. As formigas se alimentam da excreção açucarada que os membracídeos sugadores de seiva expelem; já os membracídeos recebem abrigo ou proteção das formigas contra os parasitoides e outros predadores. Porém, as plantas podem sofrer prejuízos, mesmo que indiretos, pela proteção que as formigas proporcionam aos

membracídeos, visto que as atividades delas causam elevação dos níveis de herbivoria e de transmissão de doenças provocadas por vírus através das probóscides (prolongamento do aparelho bucal que desempenha o papel de sugador) dos hemípteros.

Nos sistemas tritróficos as relações, além de complexas, são mediadas de forma química, física e semioquímica. As plantas podem ser benéficas ou atrativas a alguns inimigos naturais das pragas, assim como também podem ter um comportamento tóxico e prejudicial a eles. Essas características serão particulares de cada espécie vegetal.

Dessa forma, as interações tritróficas contribuem para identificar os mecanismos de ação que podem ser manipulados e utilizados nas práticas de manejo de insetos-praga em áreas produtivas, ressaltando-se a importância da preservação de inimigos naturais dos insetos, que atuam como agentes de controle das populações da praga, o que reflete na redução do uso de produtos como inseticidas nas culturas agrícolas e possivelmente em uma maior sustentabilidade das atividades agrícolas (KNAAK et al., 2009).

Nascimento (2011) expõe que as plantas e insetos mantêm uma relação de dependência mútua, principalmente no aspecto relacionado à alimentação e reprodução. As plantas são fornecedoras de alimentos e abrigo para reprodução dos insetos, enquanto que os insetos como as abelhas e mariposas contribuem para os processos reprodutivos das plantas como agentes polinizadores, por exemplo, que contribuem com a diversidade genética de várias espécies. Os insetos fazem parte de um sistema complexo e de interdependência com outros organismos, de tal forma que a dinâmica de todos os indivíduos é afetada de forma mútua.

A conservação da relação entre planta, inseto e inimigo natural não é apenas importante para compreender a dinâmica do ecossistema natural, mas contribui para a tomada de decisões econômicas no controle biológico de insetos considerados pragas na agricultura e que têm promovido alterações dos agroecossistemas.

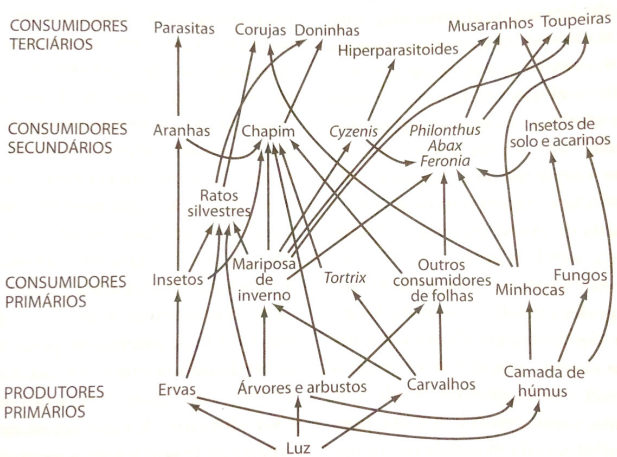
As interações tritróficas podem ser uma ferramenta para o Manejo Integrado de Pragas (MIP), atuando na conservação das relações entre organismos, dando maior dinâmica ao agroecossistema e ainda contribuindo para que as pragas não atinjam níveis populacionais altos que podem provocar danos à produção agrícola. Portanto, para que se mantenha a sanidade dos cultivos nos agroecossistemas, é preciso que o equilíbrio natural seja favorecido.

Assimile

As propriedades ou características das plantas podem afetar organismos, como os inimigos naturais e os herbívoros (pragas), influenciando nas suas interações de pragas e seus predadores ou parasitoides. Características morfológicas e fisiológicas apresentam um papel relevante nas interações entre os níveis tróficos. A presença de água, tricomas, teor de nitrogênio, pelos, nutrientes e de substâncias podem afetar o crescimento, sobrevivência e reprodução dos herbívoros e dos seus inimigos naturais (NASCIMENTO, 2011). As características citadas podem atuar como um mecanismo de defesa das plantas ao ataque de insetos-praga, dificultando sua ação e desempenho, ou até mesmo contribuindo para a atração de inimigos naturais da praga.

Os insetos e outros artrópodes são componentes de grande relevância das pirâmides tróficas em virtude da massa absoluta de indivíduos nas populações de cada espécie em todos os níveis de consumo (Figura 3.1).

Figura 3.1 | Principais elos alimentares em comunidades de uma região da Inglaterra – natureza geral das redes alimentares e o papel dos insetos



Legenda: ***Tortrix*** é uma mariposa; ***Cyzenis*** é uma mosca Tachinidae; ***Philonthus*** é um besouro Staphylinidae; e Abax e Feronia são besouros Carabidae.

Plantas e insetos têm coexistido por mais 350 milhões de anos e desenvolveram relações que afetam esses organismos em todos os níveis, da bioquímica básica até a genética de populações. Embora alguns desses relacionamentos entre os filos, como a polinização, sejam mutuamente benéficos, a interação mais comum envolve o consumo de plantas pelos insetos, induzindo

a respostas de mecanismos de defesas contra esses organismos herbívoros. Como base dessa relação estão estratégias utilizadas pelas plantas para evitar ou resistir ao ataque dos insetos. Entre essas estratégias está o acúmulo de níveis elevados de compostos que proporcionam defesas bioquímicas pela sua toxicidade, ou pelo desenvolvimento de características morfológicas. Já outras plantas buscam minimizar os danos por herbívoros pelo crescimento e desenvolvimento mais rápido (SÃO JOÃO; RAGA, 2016).

Dica

Conhecer os mecanismos de defesa das plantas contra o ataque dos insetos é importante para que você, como engenheiro agrônomo, saiba analisar diferentes cenários, como áreas de produção, em que as plantas estão inseridas e consiga propor soluções viáveis que contribuam para que elas resistam aos possíveis danos que podem sofrer com o ataque de insetos.

Saiba mais sobre esse conteúdo através do documento técnico indicado a seguir:

SÃO JOÃO, R. E.; RAGA, A. **Mecanismos de defesa das plantas contra o ataque de insetos sugadores**. Documento técnico 23. São Paulo: Apta, abr. 2016.

Aprofundando nossos conhecimentos sobre as relações tritróficas, estudaremos agora sobre a resistência das plantas ao ataque de insetos, uma forma de proteção adquirida por elas de forma genética. A resistência de plantas a insetos pode ser compreendida como um conjunto de qualidades herdadas que influenciam no resultado do dano que é causado pela ação do inseto ao ataque da planta; isso também representa a capacidade de algumas plantas em alcançar uma maior produtividade em iguais condições com outras plantas. Os vegetais podem apresentar:

- Alta resistência: quando sofre pouco dano do ataque de insetos em relação a outras cultivares.
- Resistência moderada: quando sofre um dano menor que o dano médio sofrido por outras cultivares sob mesmas condições.
- Suscetibilidade: quando sofre um dano semelhante ao dano médio sofrido por outras cultivares.
- Alta suscetibilidade: quando sofre um dano muito maior que o dano médio sofrido por outras cultivares.

A ação de alguns mecanismos das plantas sobre os inimigos naturais pode ocorrer pela liberação de compostos voláteis, que são atrativos, ou por

estruturas morfológicas que contribuem para a presença e manutenção dos inimigos naturais. Alguns compostos voláteis são liberados no momento em que ocorre o dano no tecido vegetal; já outros, são emitidos não apenas quando ocorrem danos, mas no estado normal da folha (sem ataque do inseto).

Entre os compostos voláteis induzidos por herbivoria e liberados pelas plantas, os mais expressivos e abundantes são os terpenos, nos quais a resposta ao dano provocado por um inseto nas plantas desencadeia cascatas bioquímicas que podem mudar a expressão de genes relacionados com a resposta ao dano provocado (MOREIRA, 2010).

As condições ambientais com luminosidade, umidade do ar, temperatura e a nutrição das plantas são alguns dos fatores que estimulam ou inibem a produção de voláteis, o que irá variar de acordo com a intensidade da ação de cada fator. A presença desses compostos no meio ambiente é relevante para muitos predadores e parasitoides de herbívoros, já que atuam como sinal de um ambiente onde a presa ou hospedeiro pode estar presente e disponível (DEL-CLARO, 2012).

A interação inseto-planta apresenta grandes implicações para a ecologia e processos evolutivos, já que os insetos possuem várias atividades benéficas, incluindo defesa e polinização, enquanto as plantas proporcionam abrigo e local para oviposição e alimentação, e, consequentemente, proliferação dos insetos. Porém, dependendo do ataque e sua intensidade, os insetos podem representar um risco às plantas, provocando lesões ou até mesmo a morte dos vegetais.

Na maioria dos casos, os insetos optam por plantas de acordo com seu conteúdo nutricional, sendo a preferência as folhas e flores mais jovens que apresentam maiores quantidades de nutrientes e elevado conteúdo de celulose. Diversos fatores, como a coloração, o tamanho e a arquitetura da planta, principalmente suas folhas, podem influenciar na formação do microclima em seu entorno e podem provocar interferências na frequência de visitação de insetos, impactando nas relações tritróficas (CAVALCANTI et. al., 2000). Mudanças na arquitetura da planta podem afetar indiretamente o terceiro nível trófico, podendo causar efeitos distintos na sobrevivência, no desenvolvimento, na morfologia e no tamanho dos inimigos naturais (LIMA et. al., 2013). Assim, conhecer a resposta do inimigo natural às características de resistência da planta apresenta relevância para o sucesso na integração controle biológico e cultivares resistentes a insetos em programas de MIP.

Reflita

A química das plantas conduziu à evolução dos herbívoros; essa interação representa um sistema dinâmico por estar em contínua mudança. É importante que você saiba que as plantas não são passivas de ataques e a cada injúria desenvolvem mecanismos de resposta. Quais as principais formas de defesa que as plantas podem apresentar para evitar que um inseto ocasione danos severos?

Com a intenção de minimizar os danos que o ataque de insetos pode ocasionar aos vegetais, as plantas apresentam mecanismos químicos, físicos e relacionados à estrutura das folhas.

Considerando a interação insetos versus plantas versus ambiente, vamos agora conhecer os fatores que induzem à exploração dos recursos genéticos de plantas para explorar as mudanças da resistência a pragas da agricultura (VALOIS, 2017):

Grau de resistência: podem ser enumerados a imunidade, a resistência alta, moderada, vertical, horizontal e a induzida.

Causas da resistência ou suscetibilidade: estímulos físicos, químicos, nutritivo, morfológico, adaptação e reprodução, saponinas e alcaloides, entre outros.

Tipos de resistências: podem ser de não preferência, antibiose (efeito adverso sobre a biologia dos insetos) e tolerância.

Soluções no MIP: uso de barreiras fitossanitárias, controle biológico, estações quarentenárias, controle cultural, resistência de plantas, controle genético, entre outros.

Fatores que influenciam na resistência: estão contemplados a idade da planta, a fisiologia, a enxertia, as caraterísticas do inseto, as condições ambientais e a parte atacada da planta.

Exemplificando

Como exemplo pode-se citar o caso do algodoeiro, cujos tricomas atuam como um dos fatores de resistência da planta à *Aphis gossypii*, ou pulgão. Essa característica morfológica também pode afetar os inimigos naturais da praga, reduzindo a eficiência dos agentes de controle e aumentando o tempo de procura pela presa.

Existe uma grande variedade de insetos que atacam as plantas, principalmente as de interesse agrícola, ocasionando danos que influenciam de forma negativa no agronegócio do Brasil e do mundo. De acordo com Valois (2017), os catálogos de insetos divulgados no Brasil apresentam essa amplitude de condicionantes biológicos, sendo que a tendência é que ocorra um aumento proporcional ao crescimento da agricultura, possibilitando uma seleção direcional para o aparecimento de novos patógenos, perda da resistência por parte dos hospedeiros, e ainda a possibilidade da convivência dos insetos-praga com a planta diante dos vários processos de controle conhecidos.

Para controlar as pragas, umas das estratégias é a utilização da resistência genética do vegetal alvo de ataque, aliada a fatores ambientais, já que o inseto pode ser capaz de identificar e escolher os hospedeiros. Mas quando uma planta pode ser considerada resistente? Quando sua constituição genotípica proporciona a ela menos danos do que em outra planta nas mesmas condições. É importante enfatizar o termo tolerância, entendido como a condição em que o rendimento de um genótipo é menos influenciado em relação a outro no mesmo ambiente (VALOIS, 2017).

Na interação entre hospedeiro *versus* praga aparecem os fenômenos da não preferência do inseto por oviposição e alimentação em determinada planta; da antibiose (efeito adverso produzido pelo hospedeiro sobre a biologia do inseto); e a própria tolerância representada pela capacidade da planta em se regenerar ou suportar infestações (VALOIS, 2017).

Conhecer os fatores genéticos que estão envolvidos na herança de resistência de plantas são mais relevantes até que conhecer a causa da resistência, já que assim é possível planejar e adequar um esquema de seleção de genótipos em programas de melhoramento genético. A resistência da planta aos insetos-praga, na maioria das vezes, é monogênica, o que facilita a seleção e os cruzamentos entre genótipos para a exploração do caráter, por ser menos influenciado pelo meio ambiente (VALOIS, 2017).

Dica

Você já estudou sobre as culturas bt como o milho e algodão? Essas culturas agrícolas apresentam forma de proteção ao ataque de insetos por meio da transgenia, já que possuem o efeito inseticida que possibilita a expressão de um ou mais genes da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) que apresenta ação inseticida. Saiba mais sobre o assunto através do material indicado a seguir:

MONSANTO. **Manejo de resistência de insetos**. 2018.

A relação entre os animais e os insetos apresenta uma grande importância para o homem e para a agropecuária. Nós somos afetados diariamente pelo papel que os insetos desempenham e, como já visto nas unidades anteriores, muitas das atividades humanas são possíveis apenas porque os insetos são capazes de, por exemplo, fornecer alguns tipos de alimentos como o mel. Já a relação dos insetos com os animais de produção agropecuária pode ser maléfica, já que a transmissão de doenças ou parasitismo pode ocorrer.

Dica

Leia mais sobre a seleção de locais por preferência da planta por insetos no material indicado a seguir, com o qual você poderá saber como os insetos galhadores selecionam seus locais de oviposição em folhas de marmeleiro *Dalbergia ecastaphyllum* (Fabaceae).

CASSANO, C. R.; CEREZIN, M. T.; BOVENDORP, R. S.; AGUIAR, A. P. **Seleção de locais de oviposição por insetos galhadores em folhas de marmeleiro *Dalbergia ecastaphyllum* (Fabaceae)**. 2009. Prática de Pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica, USP, 2009.

Nesta seção você pôde compreender mais sobre o comportamento dos insetos e das plantas, bem como sua interação com o ambiente, fatores que serão importantes às próximas seções desta unidade para que você entenda as características específicas das principais ordens dos insetos de importância agrícola.

Sem medo de errar

Olá, aluno! Agora que você estudou sobre a relação dos insetos com as plantas, mais especificamente sobre a seleção das plantas hospedeiras pelos insetos, as relações tritróficas e os fatores de resistências das plantas ao ataque dos insetos, vamos retomar a problemática apresentada no início da seção e propor soluções viáveis.

Dica

Lembre-se de que não existe apenas uma maneira de solucionar o problema. A área agrícola pode sempre ter diversas formas de solução para problemas que apresentam variantes dinâmicas, principalmente em campo.

Você, engenheiro agrônomo especializado na área da entomologia, foi contratado pela empresa Produtos Agrícolas Brasil, e o seu trabalho se iniciou com sua permanência no setor de **ecologia de insetos** para que pudesse conhecer a rotina, os funcionários e os processos lá desenvolvidos. Ao analisar a rotina do setor, você observou que muitas das pessoas que trabalham na área não apresentam uma formação específica para a área agrícola, e o próprio conceito de entomologia é um pouco vago a algumas delas. Você questionou o técnico responsável da empresa que está acompanhando você se as pessoas são treinadas ao entrarem para a equipe do setor, e ele respondeu que elas vão aprendendo aos poucos, com as atividades em desenvolvimento no dia a dia. Outra observação feita por você foi que os insetos que eram identificados pelo setor de **classificação entomológica** e que passavam pela análise do setor **ecologia de insetos** não tinham uma análise específica sobre seu papel e sua relação com as espécies agrícolas cultivadas, ou seja, a especificação da atuação dos insetos com as espécies não tinha particularidades, sendo o inseto-praga de uma cultura considerado praga para as demais.

Quais medidas poderiam ser adotadas por você para permitir que a equipe do setor desenvolva suas atividades de forma mais adequada, considerando as particularidades da ecologia dos insetos?

Uma das medidas que você pode adotar é a proposição de um treinamento para a equipe que trabalha no setor, pois assim eles podem passar a compreender a complexidade envolvida nas relações insetos *versus* plantas *versus* ambiente. É preciso que as relações tritróficas sejam abordadas nesse treinamento, isto é, como os insetos apresentam preferências por partes das plantas em diferentes fases de seu ciclo de vida, além de como as plantas reagem às ações dos insetos, por exemplo. Ao entender a ecologia dos insetos, os três setores da área de entomologia conseguirão trabalhar de forma mais sinérgica, contribuindo com um levantamento correto dos insetos presentes nas áreas de produção.

E quais deverão ser suas recomendações, considerando as relações tritróficas, para que a equipe compreenda o comportamento dos insetos em relação às culturas frutíferas cultivadas?

Nesse quesito é preciso também retomar o conceito básico de definição de pragas para que a equipe entenda que um inseto que atingiu o nível de praga para uma cultura, pode não ser uma praga para outra cultura, dependendo se a planta é ou não hospedeira do inseto. Saber disso é importante e exige o conhecimento do papel do inseto e de sua relação com a planta cultivada, além das relações com o ambiente.

Para finalizar seu trabalho nesse setor, após o treinamento, elabore e distribua um manual de instruções que contenha todas as informações sobre as relações tritróficas a todos os integrantes que iniciarem na equipe para que eles tenham um material de base para começar suas tarefas e, assim, possam executar seus trabalhos de forma mais assertiva.

Avançando na prática

Resistência de plantas ao ataque de insetos

Descrição da situação-problema

Você é um engenheiro agrônomo que trabalha há muitos anos na área de resistência de plantas a insetos, e atualmente você foi contratado por um produtor de milho que está com um problema de ataque de insetos, e que não consegue diminuir a população da praga mesmo com o uso de produtos fitossanitários. O produtor expôs a preocupação de ter que adquirir mais produtos químicos e indagou se não seria possível ter plantas resistentes ao insetos-pragas presentes na área de produção.

Tendo por base a resistência das plantas com o manejo mais adequado que deverá ser adotado na área, quais recomendações você poderia fazer ao produtor? Como a resistência de plantas poderá ser aplicada em campo para solucionar o problema apresentado?

Resolução da situação-problema

Primeiramente você pode apresentar como opção ao produtor a utilização do milho bt, ou seja, o milho transgênico resistente ao ataque de insetos pela tecnologia bt (*Bacillus thuringiensis*). É importante você explicar que a resistência obtida pelas sementes do milho bt são provenientes da inserção dos genes da bactéria *B. thuringiensis*, o que promove a expressão de proteínas que conferem a ação inseticida à própria planta. Ao se alimentar da planta, o inseto tem essa proteína fixada no seu aparelho digestivo provocando danos que o levam a morte, e consequentemente provocando um controle dos insetos-praga na área de produção.

Destaque ao produtor também que é preciso associar a esta, outras medidas, como a adoção do refúgio para que não ocorra uma pressão de seleção de insetos resistentes ao milho bt. Assim, podemos observar de forma aplicada como a resistência induzida pela transgenia pode ser implantada e pode apresentar resultados positivos nas áreas de produção.

Dica

Quer conhecer mais medidas que podem ser adotadas pelo produtor da problemática apresentada para aumentar a eficiência do milho bt? Leia o material indicado a seguir que trata das boas práticas agronômicas:

BOAS PRÁTICAS AGRONÔMICAS. **Milho Bt**: conheça tudo sobre essa tecnologia indispensável para a lavoura. [S.l.]: Conselho de Informações sobre Biotecnologias – CIB, [s.d.].

Faça valer a pena

1. As interações tritróficas podem ser derivadas de alguns fatores, como do efeito direto da planta sobre a biologia ou do comportamento do inimigo natural, devido a substâncias químicas ou características morfológicas presentes na planta e, também, do efeito da planta sobre a praga, o que lhe altera o comportamento, o desenvolvimento e o tamanho, e o que, indiretamente, também afeta a população dos inimigos naturais (LIMA et al., 2013, p. 4)

Sobre as relações tritróficas é correto afirmar que:
a) É uma relação de dependência que envolve o inseto e a planta.
b) Pode ser conceitual como uma relação que envolve principalmente o antagonismo.
c) Apesar de complexa é uma relação pautada apenas no mutualismo.
d) É uma relação presente em algumas espécies de insetos-praga com as plantas de importância agrícola.
e) É uma relação complexa entre a planta, o inseto herbívoro e o ambiente.

2. "Para os insetos fitófagos, a planta pode servir para alimentação, sítio de acasalamento e oviposição, refúgio ou abrigo. A preferência dos insetos por certos tipos de plantas hospedeiras tem sido observada por pesquisadores há muitos anos" (DIAS-PINI, et. al., 2016, p. 7). Geralmente, os insetos apresentam preferência por _____ mais _____.

Em relação à preferência dos insetos às plantas hospedeiras, qual alternativa preenche corretamente a lacuna do texto-base?

a) flores; velhas.
b) folhas; velhas.
c) folhas; novas.
d) raízes; desenvolvidas.
e) folhas; nutridas.

3. Leia e analise as asserções a seguir:

I - Interações entre plantas e animais herbívoros enquadram-se em uma de duas categorias principais: antagonismos ou mutualismos.

PORQUE

II – Para que a cadeia esteja em equilíbrio, os antagonismos que envolvem casos de predação e de parasitismo devem ser sobrepostos ao mutualismo.

Analisando as afirmações, qual alternativa apresenta a correta relação entre elas?

a) A afirmativa I está correta e a II incorreta.

b) As afirmativas I e II estão corretas, sendo que a II justifica a afirmação I.

c) A afirmativa I está incorreta e a II correta.

d) As afirmativas I e II estão incorretas.

e) As afirmativas I e II estão corretas.

Seção 3.2

Classificação dos insetos: principais ordens e famílias

Diálogo aberto

Olá, aluno! Anteriormente estudamos sobre a importância dos insetos, principalmente na agricultura, e como afetam outras atividades e processos importantes para o homem e o meio ambiente, não é mesmo? Nesta seção aprenderemos a classificação dos insetos em ordens e famílias, especificamente, e como isto contribui para que os profissionais da área de agrárias possam adotar as medidas mais adequadas para o manejo de pragas presentes na área produtiva.

Vamos agora retomar a problemática com a qual estamos trabalhando nesta unidade: você, engenheiro agrônomo especializado na área de entomologia, foi contratado pela empresa Produtos Agrícolas Brasil que, devido à sua grande expansão e produção voltadas a diversas culturas agrícolas de interesse para o agronegócio, terá três novos setores voltados para a área da entomologia. Continuando seu trabalho na empresa, você já resolveu os principais problemas do setor de **ecologia de insetos**, e agora fará sua consultoria na área de **classificação entomológica**, um setor que está apresentando diversos problemas voltados para a correta identificação e classificação dos insetos e para as diferenciações de cada ordem.

Ao analisar os processos adotados nesse setor, você identificou que não existia um processo ou mesmo um fluxo estipulado para que a equipe fizesse a correta classificação dos insetos coletados em campo. A equipe expôs que sempre enviava os insetos para alguns pesquisadores, mas que o retorno era demorado e nem sempre era possível ter certeza de que os insetos estavam classificados corretamente; como consequência, o manejo dos insetos estava sendo prejudicado, pois o controle do inseto-praga não estava ocorrendo, e isso estava gerando perda de produção.

Com o cenário presente nesse setor, como você deverá proceder para melhorar os processos atuais? Que medidas deverão ser adotadas para que as classificações feitas sejam precisas e corretas? Quais as principais partes dos insetos que são consideradas para sua classificação em diferentes ordens?

Com os estudos desta seção você será capaz de propor soluções para a problemática apresentada e de aprofundar seus conhecimentos sobre as ordens entomológicas de maior importância para as atividades agrícolas. Não se esqueça de acessar os materiais complementares para aprender ainda mais.

Bons estudos!

Não pode faltar

Aluno, continuando nossos estudos sobre os insetos, abordaremos agora as principais ordens e famílias de insetos que apresentam grande relevância nas atividades agrícolas pelo impacto que causam.

A classificação dos insetos foi iniciada por Linnaeus (LEITE; SÁ, 2010) e teve mudanças ao longo dos anos, estas provenientes de novas descobertas que a fizeram evoluir para a forma como conhecemos atualmente. É possível classificar os insetos em táxons conhecendo sua ordem, família, subfamília e espécie, por exemplo. A principal forma de classificação é por meio da chave entomológica de identificação, na qual é possível, graças à análise das características dos insetos, ir avançando as etapas até atingir o nível de identificação esperado.

Assimile

Alguns termos podem parecer sinônimos, porém apresentam definições distintas:

A taxonomia refere-se ao estudo em que estão inclusos os princípios, regras e procedimentos com o objetivo de obter as classificações. A sistemática é definida como o estudo das classes, das diversidades e das inter-relações dos organismos, sendo compreendidas a taxonomia, a classificação e a identificação. Esta última é a forma como o inseto não identificado é colocado na classe ou no grupo ao qual pertence, indicado pela classificação. Já a classificação é o agrupamento em categorias de acordo com o objetivo ou características dos indivíduos.

A classificação dos insetos, assim como de outros animais, ocorre pela destruição, de acordo com suas características, em categorias denominadas de táxons (Figura 3.2) que podem ser principais (como os em negrito na figura) ou secundários.

Figura 3.2 | Categorias utilizadas na classificação dos insetos

Filo
Subfilo
Classe
Subclasse
Ordem
Subordem
Superfamília
Família
Subfamília
Tribo
Subtribo
Gênero
Subgênero
Espécie
Subespécie

Fonte: Leite e Sá (2010, p. 3).

Os táxons superfamília, família, subfamília, tribo e subtribo são identificados respectivamente pelas terminações oidea, idae, inae, ini e ina. "A categoria básica sobre a qual se baseia toda classificação animal é a Espécie [...], que é uma população de animais de uma área, onde ocorre cruzamento e há população de prole fértil" (LEITE; SÁ, 2010, p. 3).

Vamos agora conhecer mais sobre as principais ordens dos insetos e suas características mais relevantes, mas não se esqueça de se aprofundar, por meio do acesso aos materiais complementares, em cada uma delas para conhecer a fundo outras particularidades importantes das ordens.

Assimile

A classificação dos insetos pode ser realizada por meio do uso de literaturas específicas e da chave entomológica cujos princípios podem ser seguidos como um "caminho" sequencial que direciona a análise até o nível taxonômico correto do exemplo que se deseja atingir.

A classificação é relevante, pois uma classificação inadequada é bastante prejudicial para a tomada de decisão do manejo agrícola, já que a incorreta identificação e classificação de um inseto pode levar o profissional, um engenheiro agrônomo, por exemplo, a considerar que esse inseto tenha uma forma de ataque que não reflete a realidade.

A **ordem Orthoptera** tem sua denominação derivada do grego orthos + pteron que significam, respectivamente, "plano" e "asas" e que fazem menção às asas anteriores, que são pergaminosas, retas e alongadas. Os insetos dessa ordem são encontrados em todo o mundo, porém nas regiões tropicais estão presentes em maiores quantidades. Essa ordem apresenta um grupo diverso de insetos que, na sua maioria, são fitófagos, sendo que alguns representam importantes pragas agrícolas. Alguns insetos ortópteros podem não ter asas (como da família myrmecophilidae), mas os que possuem apresentam quatro asas.

Muitos dos insetos dessa ordem "cantam", como por exemplo os grilos. Esses sons são emitidos por eles principalmente pela fricção de uma parte do corpo dos insetos contra outra. Nessa ordem estão inclusos os gafanhotos, grilos, paquinhas e esperanças (Figura 3.3)

Figura 3.3 | Gafanhoto da família Acrididae e esperança da família Tettigoniidae

Fonte: https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/orthoptera. Acesso em: 3 dez. 2018.

Os insetos mais conhecidos da ordem **Isoptera** são os cupins ou térmitas. O prefixo "isos"

significa "iguais" e refere-se ao tipo de asa membranosa deles. Os cupins são insetos holometábolos (cuja metamorfose acontece de forma completa com as fases de larva, pupa e imago com diferenciações claras) e sociais que vivem em colônias dividas em castas, com insetos ápteros e estéreis e de forma alada reprodutora. As castas contam com insetos que desempenham funções específicas, como defesa e reprodução, e operários que cuidam dos reparos dos ninhos, alimentação, cuidado das larvas e da casta reprodutiva.

Já são conhecidas cerca de 2.800 espécies de cupins no mundo, sendo relatadas 320 no Brasil (CONSTANTINO, 2012). Geralmente, os cupins têm como principal fonte de alimentação o material vegetal, porém algumas espécies alimentam-se de produtos animais.

Assimile

A ordem **Thysanura** é representada pelos insetos conhecidos como traças-dos-livros. Estes são não alados e ametábolos (insetos que não sofrem metamorfose, sendo a fase jovem similar à fase adulta), apresentam aparelho bucal mastigador, alimentam-se de matéria orgânica vegetal, celulose, roupas e de outros materiais e são conhecidos por locomoverem-se rapidamente.

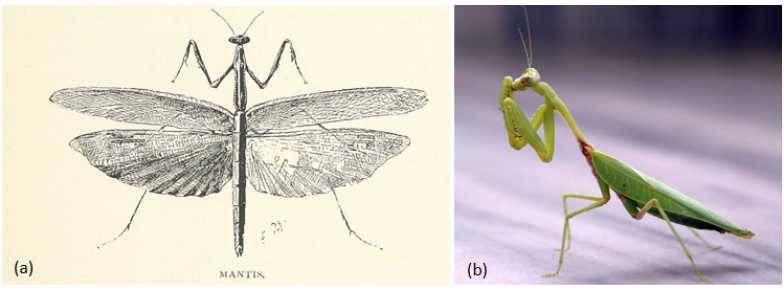
Os insetos da ordem **Blattodea** estão presentes no mundo todo, porém em mais abundância nas regiões tropicais e são normalmente assimilados a locais sujos ou com esgotos sem tratamento adequado. Os insetos mais conhecidos dessa ordem são as baratas e as térmitas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015). Apresentam desenvolvimento hemimetábolo (ovo, ninfa e adulto) e são conhecidas em torno de 4.000 espécies mundialmente, sendo

seus representantes silvestres encontrados mais facilmente sob pedras, cascas de árvores, no solo e em cavernas, alimentando-se preferencialmente de matéria orgânica animal (GRANDCOLAS; PELLENS, 2012).

Phthiraptera (derivada do grego *phthirus*, que significa "achatado", e *áptera*, traduzido como "sem asas") é a ordem dos piolhos, os quais são insetos não alados, hemimetábolos, com achatamento dorso-ventral, corpo coberto de cerdas e aparelho bucal mastigador ou sugador pungitivo. Seu tamanho é inferior ao da maioria dos insetos, apresentando uma média de 0,3 a 11 mm. Os piolhos são ectoparasitas de vários animais como as aves e os mamíferos, incluindo os seres humanos.

Os insetos da ordem **Mantodea** são encontrados principalmente na vegetação e apresentam capacidade de se camuflar com folhas, galhos e flores (TERRA; AGUDELO, 2012) e, por isso, não são facilmente visualizados. Popularmente conhecidos como louva-a-deus (Figura 3.4), o nome é proveniente do grego *mantis*, que significa "profeta", pois seus apêndices anteriores se posicionam como se estivessem em oração. Cerca de 2.400 espécies são descritas no mundo todo, sendo pouco mais de 270 no Brasil (EMBRAPA, 2018). São hemimetábolos e predadores terrestres de aranhas e outros insetos, inclusive da própria espécie (canibalismo).

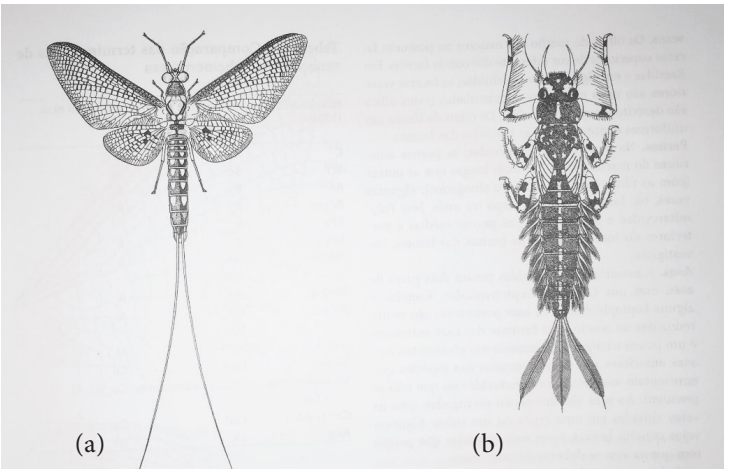
Figura 3.4 | Louva-a-deus



Fonte: (a) https://goo.gl/PxbhzE ; (b) https://goo.gl/MAeKrG. Acesso em: 3 dez. 2018

As efemérides são insetos conhecidos da ordem **Ephemeroptera**, os quais têm corpos alongados, moles, de tamanho pequeno a médio com duas ou três caldas filiformes e longas (Figura 3.5). A principal importância econômica das efemérides está relacionada ao seu valor como alimento para peixes de água doce, incluindo seu uso como isca artificial por pescadores. Além dos peixes, outros animais se alimentam desses insetos como aves, aranhas, anfíbios e outros predadores.

Figura 3.5 | (a) Efeméride ***Hexagenia bilineata***; (b) Ninfa efeméride ***Anthopotamus*** sp.



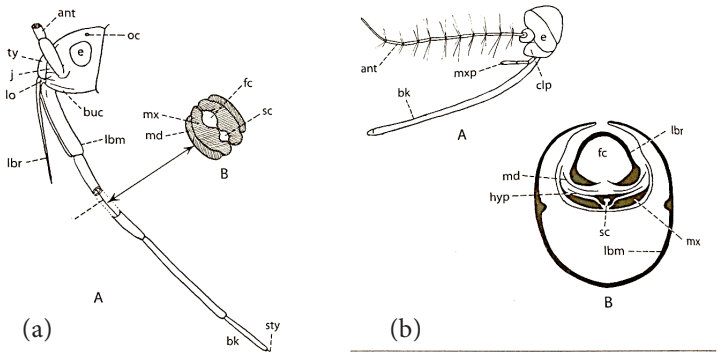
Fonte: Triplehorn e Johnson (2015, p. 185).

As ninfas de efemérides são comumente encontradas em diversos ambientes aquáticos. A forma aerodinâmica de algumas espécies permite que sejam bastante ativas, enquanto outras apresentam o hábito de cavadoras. As ninfas são reconhecidas pelas brânquias foliáceas ou plumosas ao longo das laterais do abdômen e três caudas longas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

A ordem **Hemiptera** agrupa um grande e diversificado grupo de insetos com variados formatos e hábitos como os percevejos verdadeiros, cigarras, pulgões, cochonilhas, psilídeos, moscas-brancas e cercopídeos. A denominação vem de *hemi* = metade + *ptera* = asas, referindo-se às características dos insetos de suas asas anteriores apresentarem porção basal espessada, coriáceas e a porção distal membranosa (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

Apesar de grandes diferenciações entre as espécies, a característica mais uniforme dos insetos dessa ordem são as peças bucais do tipo picador-sugador específico com quatro estiletes que desempenham a função de perfuração (mandíbulas e maxilas) envolvidos por uma bainha flexível (lábio) segmentada. As maxilas se encaixam no rosto formando dois canais (alimentar e salivar) (Figura 3.6). As peças bucais são utilizadas para sugar a seiva dos vegetais ou para sugar sangue.

Figura 3.6 | (a) peças bucais de um inseto fitófago, ***Oncopeltus fasciatus*** (Dallas); (b) peças bucais de um mosquito



Legenda: **(a)** A, vista lateral da cabeça mostrando o rostro, com o labro destacado do rostro frontal; B, corte transversal dos estiletes (reativamente diagramático). ant, antena; bk, rostro; buc, búcula; e, olho composto; fc, canal alimentar; j, jugo; lbr, labro; lo, lórica; md, mandíbula; mx, maxila; oc, ocelo; sc, canal salivar; sty, estiletes; ty, tilo. **(b)** A, cabeça de Aedes, vista lateral; B, corte transversal da probóscide de ***Anopheles***. ant, antena; bk, probóscide; clp, clípeo, e, olho composto; fc, canal alimentar; hyp, hipofaringe; lbm, lábio; lbr, labro; md, mandíbula; mx, maxila; mxp, palpo maxilar; sc, canal salivar.

Fonte: Triplehorn; Johnson (2015, p. 22)

Derivada da palavra pleco (dobrado ou pregueada) + *ptera* (asas) a ordem **Plecoptera** é representada pelas moscas-da-pedra. São insetos hemimetábolos, raramente são bons voadores e são encontrados longe de ambientes aquáticos (fase adulta). Têm o corpo mole, de tamanho pequeno a médio, achatados e coloração mais próxima do tom pardo. Apresentam quatro asas membranosas, suas antenas são longas e multiarticuladas, suas peças bucais são do tipo mastigador. As moscas-da-pedra sofrem metamorfose simples (hemimetabólica) e os estágios ninfais de desenvolvimento são aquáticos (as náiades).

A ordem **Grylloblattodea** é representada pelos grilobatódeos que são insetos de cor pálida, delgados, ápteros, alongados com aproximadamente de 15 a 30 mm de comprimento, sendo existentes apenas 25 espécies e quatro gêneros no mundo (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015). Seus olhos são pequenos ou ausentes assim como os ocelos. Já as antenas são do tipo filiforme e longas, e os cercos apresentam quase o mesmo tamanho do ovipositor em forma de espada.

Esses insetos considerados raros apresentam hábitos noturnos e habitam locais com temperaturas baixas, como a base de geleiras, cavernas geladas e locais de grandes altitudes e frio constante. Sua alimentação é por insetos mortos e matéria orgânica encontrada em locais com gelo ou neve.

As tesourinhas, insetos da ordem **Dermaptera**, são alongadas, um pouco achatadas e têm como característica marcar cercos em forma de pinças (Figura 3.7). Os adultos podem ser ápteros ou alados, com um ou dois pares de asas (tégminas ou élitros nas asas anteriores e membranosas nas asas posteriores). As peças bucais são do tipo mastigador e a metamorfose desses insetos é simples (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015).

Figura 3.7 | Tesourinha (*Forficula auricularia*)

Fonte: https://goo.gl/cG4cFq. Acesso em: 18 nov. 2018.

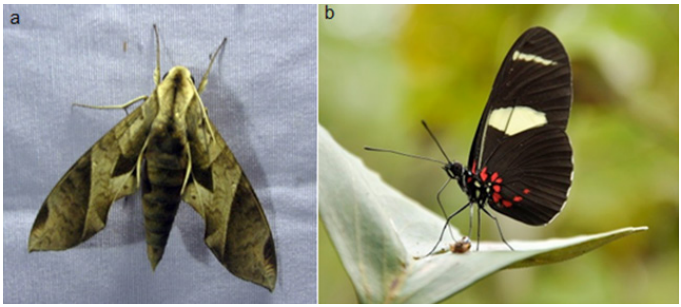
A maioria das espécies de dermápteros apresentam hábitos noturnos e preferem permanecer em locais escondidos como fendas, rachaduras e cascas de árvores. Sua alimentação é por meio de matéria vegetal em decomposição, porém algumas espécies são predadoras e alimentam-se de plantas vivas.

Os tripes são insetos muito pequenos (aproximadamente 0,5 a 5,0 mm), delgados, com ou sem asas; quando as têm, elas são quatro bastante longas e estreitas com ausência ou com poucas veias, franjadas e com longos pelos que dão nome à ordem **Thysanoptera** (*thysano* = franja + *ptera* = asas). As peças bucais são do tipo sugador, as antenas são curtas e possuem de quatro a nove artículos. Sua metamorfose é intermediária entre simples e completa (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2015). A maior parte dos tripés é fitófaga, sendo assim, alimenta-se de plantas como flores, frutas, folhas e ramas.

Na ordem **Lepidoptera** não se sabe exatamente quantas espécies dessa existem no mundo, no entanto foi estimada em torno de 500 mil (GASTON, 1991), com estimativa de existência mais recente entre 60 e 80 mil (DUARTE et al., 2012). O nome da ordem é devido às escamas presentas nas asas dos insetos, pois, no grego, *lepis* refere-se a escamas e *pteron* a asas. São bem conhecidas no mundo e seus exemplares mais famosos são as borboletas e as mariposas (Figura 3.8). Os insetos são holometábolos (metamorfose

completa em ovo, larva, pupa e adultos), suas asas apresentam membranas e seus apêndices são cobertos por escamas.

Figura 3.8 | (a) Mariposa da família Sphingidae; (b) borboleta ***Heliconius*** sara



Fonte: https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/lepidoptera. Acesso em: 21 nov. 2018.

Reflita

Nesta seção estamos estudando diversas características que precisam ser conhecidas para que seja possível identificar corretamente a ordem e a família de um inseto, por exemplo. Mas afinal, essa identificação contribui de que forma para os engenheiros agrônomos na tomada de decisões de um manejo agrícola? É importante saber que a correta identificação contribui para conhecer o hábito alimentar do inseto e prever qual parte da planta deverá ser tratada, o que influencia diretamente na forma de manejo e o local para aplicação do inseticida.

O grupo da ordem **Diptera** está presente na maioria dos habitats, sendo holometábolos (ovo, larva, pupa e adulto) e sendo conhecidas cerca de 153 mil espécies no mundo. Muitos possuem papel ecológico importante, principalmente como inimigos naturais de certos organismos (CARVALHO et al., 2012). Seu nome deriva do grego *di* = duas e *pteron* = asas, pois suas asas posteriores funcionam apenas como estabilizadores de voo, ficando estes com apenas duas asas funcionais. Nesse grupo estão incluídas as moscas, pernilongos, mosquitos, borrachudos e varejeiras, as quais estão presentes no Brasil.

Os insetos da ordem **Hymenoptera** possuem uma estimativa entre 110 mil e 130 mil espécies no mundo (MELO; AGUIAR; GARCETE-BARRETT, 2012). Recebem esse nome por suas asas serem membranosas (do grego *hymen* = membrana e *pteron* = asa), sendo formigas, abelhas, vespas e marimbondos os exemplos mais conhecidos desse grupo; portanto, vivem de forma solitária ou em colônias, tendo importância entomofílica (termo usado para polinização de plantas por meio de insetos) e no controle biológico.

No Brasil, existem registros de cerca de 28 mil espécies da ordem **Coleoptera** (CASARI; IDE, 2012), sendo que ela representa cerca de 40% de todos os insetos e 30% dos animais e sendo considerado o maior grupo de organismos da Terra (LAWRENCE; BRITTON, 1991; 1994).

O nome dessa ordem deriva do grego *koleos* = estojo e *pteron* = asas, pois fazem referência às asas anteriores, que são endurecidas; são comumente conhecidos pelos besouros. Esses animais se alimentam principalmente de plantas, mas podem também se alimentar da carniça, de excremento de animais ou até mesmo podem ser predadoras de animais.

Exemplificando

Como exemplos de insetos que fazem parte da ordem Coleoptera, temos os besouros (Figura 3.9):

Figura 3.9 | Exemplos de coleópteros

Fonte: https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/coleoptera. Acesso em: 18 nov. 2018.

Os insetos da ordem **Odonata** passam por inúmeras mudanças e podem demorar até cinco anos para atingirem a fase adulta. Seu nome possui origem no grego *odon* = dente, pois a mandíbula dos espécimes adultos apresenta uma estrutura semelhante a de dentes. São conhecidas pela população por libélulas ou lavadeiras e atualmente são conhecidas cerca de 5.400 espécies de libélulas, das quais 828 ocorrem no Brasil (COSTA; SANTOS; OLDRINI, 2012). São hemimetábolos (desenvolvimento dividido em ovo, ninfa e adulto) e a postura ocorre na água ou próxima a ela.

Dica

São diversas características que precisam ser observadas nas ordens de um inseto, não é mesmo? No material indicado a seguir você poderá conhecer, de forma resumida e objetiva, algumas dessas características

mais marcantes de cada uma das ordens de insetos.
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR. **Principais ordens de insetos**. [s.d.].

O nome da ordem **Megaloptera** deriva do grego *megalo* = grande e *ptero* = asas. Assim sendo, são insetos de grande porte com mandíbulas que atingem até 3 cm e são utilizadas somente na copula (BUZZI, 2002) e com envergadura das asas ultrapassando os 16 cm. É composta por 348 espécies conhecidas, sendo 19 delas encontradas no Brasil (HAMADA; AZEVÊDO, 2012), sendo as larvas predadoras de vários animais aquáticos de pequeno porte; porém, em adultos, o conhecimento sobre alimentação é limitado, sendo observado o consumo de líquidos açucarados fornecidos em laboratórios.

A ordem **Neuroptera** é representada comumente pelo bicho-lixeiro, crisopídeos e formiga-leão. O nome dessa ordem vem também do grego: *neuron* = nervura e *ptero* = asa. No Brasil existem cerca de 360 espécies registradas, porém no mundo existem mais de 6 mil. São holometábolos, encontrados principalmente em cavernas e em vegetação em geral, sendo que suas larvas habitam tanto ambientes terrestres quanto aquáticos. Por serem predadores, sua utilização é de grande importância para o combate a algumas pragas, tais como ácaros e cochonilhas.

Dicas

Aprendemos um pouco sobre cada uma das ordens entomológicas de maior importância na agricultura e para que você possa classificar corretamente um inseto é preciso utilizar a Chave de Identificação de Insetos. No material indicado a seguir, é possível observar como "correr" uma chave e identificar uma ordem. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS – UFLA. **Chaves para algumas ordens e famílias de insecta**. Lavras: UFLA, 2007.

Aluno, nesta seção aprendemos mais sobre as ordens dos insetos conhecendo suas características principais e como é possível preceder para classificar corretamente um exemplar na ordem a qual pertencem. Na próxima seção continuaremos nosso estudo conhecendo a caixa entomológica, a forma de conservação de insetos e ainda os instrumentos utilizados para coleta e armazenamento. Até a próxima seção!

Sem medo de errar

Aluno, nesta seção estudamos as principais ordens dos insetos que apresentam importância para as atividades agrícolas. Agora você tem uma base de conhecimento que poderá ser aplicada na situação apresentada no início da seção: Você, engenheiro agrônomo especializado na área da entomologia, está dando continuidade ao seu trabalho na empresa Produtos Agrícolas Brasil. Agora você fará sua consultoria na área de **classificação entomológica**, setor que está apresentando diversos problemas voltados à correta identificação e classificação dos insetos e às diferenciações de cada ordem. Ao analisar os processos adotados nesse setor, você identificou que não existia um processo ou mesmo um fluxo estipulado para que a equipe fizesse a correta classificação dos insetos, que eram coletados em campo. A equipe expôs que sempre enviava os insetos para alguns pesquisadores, mas que o retorno era demorado e nem sempre era possível ter certeza de que os insetos estavam classificados corretamente.

Com o cenário presente nesse setor, como você deverá proceder para melhorar os processos atuais?

O primeiro ponto observado na sua análise é que os insetos não tinham uma classificação adequada, fato bastante prejudicial para a tomada de decisão do manejo agrícola, já que a correta identificação e classificação de um inseto pode levar o profissional a considerar que aquele tenha uma forma de ataque que não reflete a realidade. Por exemplo, um inseto classificado em uma ordem que apresenta o aparelho bucal mastigador terá um comportamento diferente de um inseto que pertence a uma ordem na qual os insetos são sugadores. Para melhorar os processos, é preciso que a equipe seja treinada desde a forma de receber os insetos, que deverão ser manuseados corretamente e com cuidado, evitando que sejam danificadas quaisquer partes do seu corpo que impossibilitem a visualização de características morfológicas importantes; até a forma de armazenamento para envio a pesquisadores que são especialistas em algumas ordens, o que deverá ser feito de forma que não haja riscos de contaminação de novas áreas, ou seja, os insetos deverão ser sacrificados e transportados de acordo com as normas no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Que medidas deverão ser adotadas para que as classificações feitas sejam precisas e corretas?

Uma das formas mais precisas de classificação dos insetos é por meio de literaturas específicas e atualizadas e da utilização da chave entomológica que apresenta uma série de especificações que podem ser seguidas e que irão direcionar a análise até o nível taxonômico que se deseja atingir. Para que isso ocorra é preciso que a equipe tenha conhecimento das características

morfológicas dos insetos e saiba identificar os tipos de antenas, asas, pernas, aparelho bucal, entre outras características que são relevantes.

Quais são as principais partes dos insetos consideradas para a sua classificação em ordens? Em uma chave de identificação de insetos é preciso saber as principais partes morfológicas deles, como os tipos de asas e seus arranjos, os tipos de pernas e sua disposição, tarsos, tíbias, os tipos de antenas e seus artículos, se os ocelos estão presentes ou ausentes, formato da cabeça, formato do corpo (se achatado, alongado, comprido, curto, delgado, entre outros formatos), cor, presença de espinhos, e outras especificadas que serão encontradas numa chave que vai direcioná-lo corretamente para o caminho sequencial a ser seguido até atingir a classificação do exemplar estudado.

A partir das soluções propostas, você poderá fazer um treinamento com a equipe para que sejam implementadas essas medidas visando melhorar os processos que atualmente estão presentes na área.

Avançando na prática

Treinamento sobre insetos

Descrição da situação-problema

Você trabalha em um laboratório de entomologia e como responsável técnico receberá e treinará o novo estagiário, que é aluno do curso de Agronomia. No dia a dia da sua profissão, muitas vezes terá que acompanhar e orientar pessoas no desenvolvimento de algumas atividades; no ramo da entomologia não será diferente. O estagiário que está trabalhando com você recebeu algumas amostras de uma mesma espécie de insetos. O trabalho dele é identificar a ordem à qual pertencem esses insetos, informação importante para um trabalho que está sendo desenvolvido por um pesquisador. As características observadas foram: insetos alongados, delgados, um pouco achatados, que lembram os besouros estafilinídeos, mas que possuem cercos em forma de pinças. Dessa forma, qual seria a provável ordem do inseto descrito? Como você pode orientar o estagiário a proceder desde o recebimento dos insetos até a sua classificação?

Resolução da situação-problema

De acordo com as características observadas do exemplar, a provável ordem do inseto é a Dermaptera, sendo ele uma tesourinha pela presença de cercos em forma de pinças no final do seu corpo, bastante característico desses insetos. Para orientar o estagiário que está trabalhando com você será preciso, primeiramente, explicar alguns procedimentos como, por exemplo:

ao receber o inseto é preciso verificar se a forma de coleta não danificou suas características, o que pode afetar a observação das antenas, tipo de pernas, segmentos nas asas, entre outros atributos. Depois disso, os insetos deverão ser montados para que a visualização seja facilitada, principalmente porque ao "correr" a chave entomológica será preciso saber analisar morfologicamente o exemplar. Por fim, apesar de algumas vezes alguns insetos serem bastante conhecidos de alguma ordem, é preciso utilizar a chave entomológica para checar se realmente aquele inseto é pertencente à ordem, pois algumas espécies são bastante similares e podem provocar alguma interpretação errada na hora de classificar do inseto.

Faça valer a pena

1. No processo de desenvolvimento embrionário, a metamorfose tem a origem de sua palavra no grego *meta* = mudar e *morfo* = forma e está presente nos insetos, dividida em três categorias: ametábolos, hemimetábolos e holometábolos, diferenciando o processo de desenvolvimento desde ovo até a fase adulta.

Dentre as opções a seguir, aquela que corresponde à ordem de insetos ametábolos, holometábolos e hemimetábolos, respectivamente, é:
a) Mantodea, Neuroptera e Megaloptera.
b) Ephemeroptera, Mantodea e Thysanura.
c) Thysanura, Neuroptera e Mantodea.
d) Hemiptera, Odonata e Megaloptera.
e) Odonata, Blattodea e Hemiptera.

2. Os insetos dessa ordem são encontrados em todo o mundo, porém nas regiões tropicais estão presentes em maiores quantidades. Essa ordem apresenta um grupo diverso de insetos que, na sua maioria, são fitófagos e alguns representam importantes pragas agrícolas. Os insetos ortópteros podem não ter asas, mas os que as têm, apresentam quatro.
Muitos dos insetos dessa ordem "cantam", como por exemplo os grilos. Esses sons são emitidos principalmente pela fricção de uma parte do corpo dos insetos contra outra.

Com relação ao texto-base, podemos dizer que a ordem que se encaixa nessa descrição é:
a) Odonata.
b) Hemiptera.
c) Mantodea.
d) Orthoptera.
e) Blattodea

3. Analise as assertivas a seguir:

I- A ordem Plecoptera apresenta insetos holometábolos, que são bons voadores.
II- Insetos hemimetábolos têm desenvolvimento completo em quatro estágios.
III- A ordem Grylloblattodea contém insetos considerados raros, apresentam hábitos noturnos e habitam locais com temperatura baixas, como a base de geleiras, cavernas geladas e locais de grandes altitudes e frio constante.

Assinale a alternativa que possui somente as assertivas corretas.
a) I, somente.
b) II, somente.
c) III, somente.
d) I e III, somente.
e) II e III, somente.

Seção 3.3

Caixa entomológica

Diálogo aberto

Aluno, ao longo da disciplina você tem estudado diversos aspectos sobre os insetos, suas relações, características, preferências, hábitos, entre outros conteúdos relevantes, não é mesmo? Nesta seção você conhecerá mais sobre a caixa entomológica, coleta, armazenamento e preservação dos espécimes. Talvez você ainda não tenha muito conhecimento sobre isto, porém uma das melhores formas de saber sobre os insetos é coletá-los, manuseá-los e preparar coleções entomológicas.

Para colocar em prática e entender como esses conteúdos podem ser aplicados no seu dia a dia profissional, analise a seguinte problemática: você, engenheiro agrônomo especializado na área da entomologia, foi contratado pela empresa Produtos Agrícolas Brasil que, devido à sua grande expansão e produção voltadas a diversas culturas agrícolas de interesse para o agronegócio, terá três novos setores voltados para a área da entomologia econômica. Agora você está finalizando sua consultoria nessa empresa e irá fazer a análise do último setor, o de **conservação de insetos**, que é o que apresenta os problemas mais graves entre os três setores, já que este é o responsável pela coleção entomológica da empresa com os insetos catalogados, de modo que os diversos problemas observados criam confusões e incorreta conservação dos exemplares.

No setor você averiguou que não há um local adequado para a realização dos procedimentos de preservação dos insetos, e os instrumentos utilizados para a montagem das caixas entomológicas são lápis, alfinetes, pedaços de madeira finos, ou segundo alguns participantes da equipe: "o que estiver disponível". Não há também um local adequado para armazenamento das caixas entomológicas, já que elas estavam empilhadas em cima de uma mesa e que as técnicas adotadas não estão seguindo nenhum padrão para que os insetos permaneçam conservados pelo tempo esperado e com a qualidade ideal. Em consequência da má conservação, a coleção estava sendo perdida, visto que os insetos estavam sendo danificados por ataques de formigas, fator que dificulta a devida identificação pelo entomologista. Além disso, as etiquetas de identificação também não estavam seguindo um padrão, estavam sem o local ou data de coleta. Quais os adequados instrumentos e materiais de coleta e armazenamento de insetos que devem ser utilizados nesse processo? Quais medidas deverão ser adotadas para a preservação e curadoria dos insetos?

Você será capaz de responder a esses questionamentos e de saber reconhecer as principais ordens e famílias dos insetos, aplicar os conhecimentos sobre coleta, montagem e armazenamento dos espécimes coletados e entregar um relatório de sua análise técnica dos três setores analisados ao seu cliente.

Bons estudos!

Não pode faltar

Uma coleção entomológica pode ser compreendida como a forma agrupada de insetos de diferentes espécies que são preservados e cuja finalidade pode ser variada: desde ornamental e didática até a científica. É considerada como um aparato taxidermista, já que ocorre a preservação do inseto sem vida.

> "Uma coleção entomológica não é apenas uma entidade estática para visitação e admiração de insetos coloridos. Apesar do notável valor estético, uma coleção biológica é, antes de qualquer coisa, uma ferramenta, um banco de dados que permite o desenvolvimento de inúmeras pesquisas estratégicas para ecologia, biogeografia e conservação. As coleções biológicas, em geral, detêm informações fundamentais para que o País possa cumprir os compromissos e tratados internacionais já firmados. Coleções entomológicas desempenham papel essencial para o estudo dos insetos. Os dados-quando organizados, georreferenciados e sistematizados- fornecem informações fundamentais para vários estudos, ciclos biológicos, controle de pragas, exigências ecológicas, mudanças ambientais e saúde humana (CAMARGO et al., 2015, p. 11-12)

As coleções são consideras como patrimônio memorial pois apresentam a diversidade biológica de determinada região e servem de banco de dados, fornecendo informações importantes para o desenvolvimento científico, tecnológico e também para a segurança nacional, isso quando se pensa no papel das pragas na agricultura ou na transmissão de doenças ao homem por meio dos insetos. A **caixa entomológica** é uma das formas de guardar os insetos preservados, sendo esta uma coleção ou parte de uma coleção.

As coleções podem ter finalidades diferentes como: didática, científica, particular, serviço, segurança nacional, entre outras. A coleção didática tem o propósito expositivo para explicações, aulas, palestras, demonstrações

educativas, entre outros. A coleção científica se constitui em material biológico conservado de acordo com as normas que garantem qualidade, longevidade, segurança e integridade e que garantem a realização de pesquisas científicas por meio dos espécimes conservados. A coleção particular pode apresentar diferentes finalidades, como as didáticas ou as para pesquisa. A coleção de serviço tem a finalidade de geração de produtos biotecnológicos, alimentícios, farmacêuticos, entre outros. Já a coleção de segurança nacional é de instituições públicas e apresenta importância por proporcionar segurança interna à nação, considerando fatores econômicos, sociais e ambientais.

Anteriormente, na Seção 3.2, estudamos como a identificação correta das pragas é uma das bases que torna possível a proposição de estratégias para o manejo de insetos-praga. No Brasil, ainda não há tantos taxonomistas para a maioria das ordens, o que dificulta a determinação das espécies de pragas que atacam as plantas de interesse econômico, por exemplo. Dessa forma, a coleção entomológica serve de biblioteca para que o taxonomista consiga fazer consultas e tenha algumas referências importantes. Assim, o conhecimento proporcionado por uma coleção biológica provoca impactos positivos para profissionais que atuam na área agronômica e ambiental, e que por sua vez se beneficiam da correta identificação dos insetos, principalmente das pragas agrícolas.

Dica

Vamos estudar mais sobre como uma caixa entomológica pode ser utilizada para fins agrícolas? No material indicado a seguir, é possível entender a importância de uma coleção entomológica.

CAMARGO, A. J. A. A importância de uma coleção entomológica para o país e para o agronegócio em particular. **Página rural**, [S.l.], 7 set. 2005.

A coleta de insetos exige esforço, tempo e disposição, uma vez que o sucesso dessa atividade está vinculado a esses fatores desempenhados de forma conjunta. O manuseio dos espécimes e a preparação de coleções são muito reveladores e exigem a prática de diversos conhecimentos, o que contribui de forma significativa para a aprendizagem prática do que é estudado nos livros. Por exemplo, a observação de espécimes vivos permite que você aprenda mais sobre os habitats, comportamentos, características e hábitos, prática tão importante quanto a verificação dos atributos morfológicos para determinar a posição taxonômica do inseto (TRIPLEHORN, JOHNSON, 2015).

Quando não temos o conhecimento consolidado sobre aspectos entomológicos corremos o risco de estarmos em uma área de produção e nem sequer notar a presença dos insetos, o que irá impactar na forma de avaliação do

ataque dos insetos, podendo afetar, consequentemente, o manejo adotado para a produção agrícola.

Os insetos podem ser encontrados em praticamente todos os lugares e em quantidades que vão oscilar de acordo com as condições presentes que impactam no ciclo de vida deles. Ao coletar insetos, a diversidade de locais que você visitar para capturá-los será, possivelmente, proporcional à variedade de exemplares que poderão ser coletados. É importante considerar o momento para a coleta também. De acordo com Triplehorn e Johnson (2015), o verão é a melhor estação para coleta, pois as temperaturas mais altas contribuem para o ciclo de vida de grande parte dos insetos; entretanto eles já estão ativos desde o início da primavera até o final de outubro e muitos podem estar em hibernação durante o inverno.

Assimile

As espécies possuem hábitos distintos e isto faz com que grupos de insetos estejam ativos em diferentes momentos do dia, ou seja, a qualquer hora do dia será possível coletar algum tipo de exemplar. Porém, é preciso considerar que condições adversas como chuvas, temperaturas com grandes oscilações, ventos fortes, entre outros, são influências que podem tornar uma coleta ineficaz, mesmo que a localização seja propícia para a captura de um inseto.

Grande parte dos insetos são fitófagos, ou seja, alimentam-se de ou frequentam os vegetais, de modo que as plantas se tornam um dos melhores locais para coleta. Os indivíduos também apresentam preferências alimentares que variam de espécie para espécie, assim, a diversidade de plantas visitadas na coleta também é importante para que um maior número de espécies seja coletado. Triplehorn e Johnson (2015) reforçam ainda que todas as partes das plantas podem conter insetos, mas grande parte tem como preferência as folhagens e as flores; outros insetos optam por casca, madeira, raízes, caule e fruto. Já outros insetos vivem no solo, entre as folhagens, pedras, partes de árvores mortas, materiais em decomposição de origem vegetal e animal. E ainda, podem ser encontrados em edificações, animais e humanos. Os insetos encontrados em edificações podem estar em móveis, tecidos, alimentos, grãos e frutos, por exemplo.

Uma forma fácil de coletar insetos é utilizar as luzes como atrativo para capturá-los. É possível utilizar lâmpadas mais comuns em residências ou luzes especiais em locais estratégicos para coletar algumas espécies específicas. Porém, é preciso saber que muitos insetos noturnos não são atraídos pelas luzes, sendo necessário que a coleta seja manual.

Para que a coleta seja realizada são necessários alguns equipamentos e instrumentos como, Segundo Triplehorn e Johnson (2015, p. 705):

1) Rede para insetos ou rede entomológica (Figura 3.10).

2) Frascos mortíferos ou letais.

3) Caixas pequenas contendo papel de limpeza.

4) Envelopes ou papel para fazer envelopes.

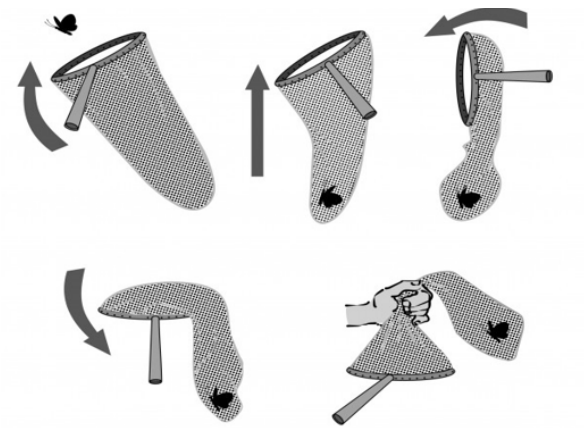
5) Frascos com conservantes.

6) Pinças.

7) Uma lupa com aumento de 10x (para examinar os insetos em campo).

8) Folhas de papel branco simples.

Figura 3.10 | Demonstração de rede entomológica e movimento realizado para captura de inseto



Fonte: https://canalcederj.cecierj.edu.br/recurso/9334. Acesso em: 5 dez. 2018.

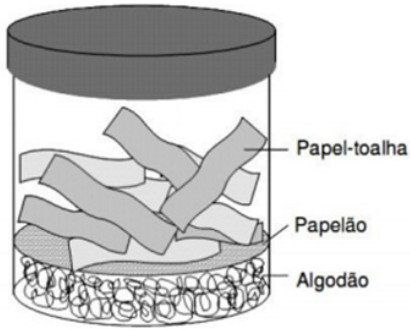
Exemplificando

Outros itens também são utilizados na coleta de insetos como: aspirador bucal, lençol ou guarda-chuva entomológico, armadilhas, facas, pincéis, equipamentos para coleta de insetos aquáticos, lanterna, peneira, entre outros.

Para armazenamento dos insetos coletados podem ser utilizados envelopes para os mais sensíveis como os lepidópteros e os frascos mortíferos (Figura 3.11) que servem para que os insetos sejam mortos após sua captura sem que ocorram danos ou quebras de alguma de suas partes. O tamanho

dos frascos é variável, não sendo indicado que muitos insetos sejam armazenados em um mesmo recipiente para evitar que ações de atrito os danifiquem, principalmente exemplares delicados como os da ordem Lepidoptera que, preferencialmente, devem ser armazenados individualmente. Vários materiais podem ser utilizados como agentes tóxicos, como o cianeto, o acetato de etila, o tetracloreto de carbono e o clorofórmio. Essas substâncias devem ser embebidas em um algodão, depositadas no fundo do frasco e separadas do restante do recipiente por uma cartolina, por exemplo. Assim evita-se o contato direto do inseto com a substância mortífera e evitam-se danificações. Todos os frascos devem ser rotulados como "veneno" para evitar contaminações.

Figura 3.11 | Frasco mortífero para insetos

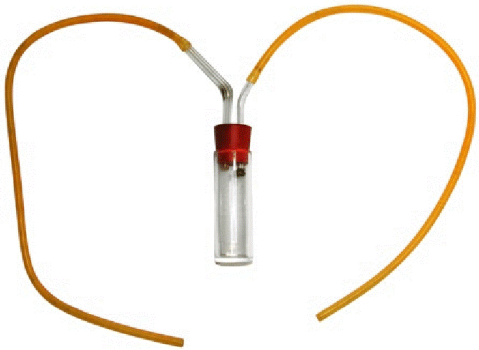


Fonte:http://paginapessoal.utfpr.edu.br/jucelainehaas/entomologia-geral-e-zootecnica/COLETA-E-MONTAGEM-DE-INSETOS.pdf/at_download/file. Acesso em: 6 dez. 2018.

As redes podem ser feitas pelo próprio usuário ou compradas de fornecedores específicos que produzem esse tipo de equipamento. A maior diferença entre ambas é o preço (menor quando feito pela própria pessoa) e a durabilidade (maior quando adquirida de um fornecedor). Algumas redes são feitas de cabos de 1 m, em média, de alumínio ou madeira; a malha deve ter uma abertura em que seja possível visualizar o inseto capturado, mas não muito larga para não permitir que ele fuja. Na coleta com rede pode-se adotar duas técnicas principais: coleta de insetos específicos, buscando-os e capturando-os com um certo grau de agilidade entre o momento de visualização e a tentativa de captura; e por varredura, por meio da qual é possível capturar maior quantidade de insetos e de variadas espécies, embora possa ocorrer danificação de alguns espécimes mais delicados.

Os aspiradores (Figura 3.12) são utilizados para capturar insetos menores e se pretende mantê-los vivos por meio da sucção pelo bocal.

Figura 3.12 | Aspirador entomológico



Fonte: https://www.researchgate.net/profile/Amabilio_Camargo2/publication/275041714/figure/fig4/AS:613857928179734@1523366543697/Figura-7-Aspirador-entomologico.png. Acesso em: 9 jan. 2019.

Já o guarda-chuva entomológico (Figura 3.13) é um dispositivo utilizado para capturar os insetos, quando, ao sacudir vegetais, eles são jogados ao chão; um lençol branco ou uma rede de insetos aberta pode ser utilizada para capturar os insetos no guarda-chuva.

Figura 3.13 | Guarda-chuva entomológico

Fonte:adaptada de https://www.researchgate.net/profile/Ana_Lucia_Tourinho2/publication/315702082/figure/fig1/AS:477682124234754@1490899701987/Figura-1-Guardachuva-entomologico-Usado-para-se-capturar-insetos-e-aracnideos-na_W840.webp. Acesso em: 9 jan. 2019.

As peneiras também fazem parte da coleta, sendo utilizadas para insetos muito pequenos e incomuns que ficam no lixo e em folhagens e que podem ser coletados mais facilmente pela peneiração. O funil de Berlese também é um instrumento utilizado, mais especificadamente na coleta de inseto do solo e nas folhagens. A armadilha luminosa também é um instrumento bastante utilizado quando se almejam coletas de diversos insetos que são atraídos pela luz.

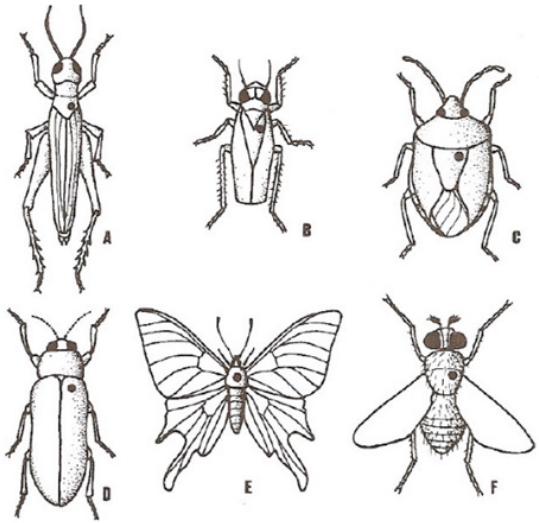
Assimile

Após a captura os insetos podem ser conservados pela secagem dos espécimes (forma natural ou artificial), de forma liquida ou em lâmina de microscópio (no caso de piolho, pulga e outros insetos muito pequenos). Os insetos podem ser mantidos em baixas temperaturas, em uma geladeira ou congelador, como uma forma de preservação temporária até que sejam encaminhados para a montagem.

A montagem e preservação de insetos pode ocorrer de variados modos. A forma mais usual é a alfinetagem e posterior secagem dos insetos, o que os manterá nessa posição em definitivo.

Após a coleta, e com os insetos ainda úmidos, é realizada a montagem dos insetos, que são alfinetados. Triplehorn e Johnson (2015) expõem que a alfinetagem é o melhor método para preservar os insetos de corpo duro, pois mantém o aspecto natural do inseto e facilita a manipulação e estudo dos espécimes. A posição em que o alfinete é inserido dependerá da ordem ou espécie do inseto, como na Figura 3.14.

Figura 3.14 | Posição do alfinete no corpo de insetos de algumas ordens: A. Orthoptera; B. Hemiptera-Homoptera; C. Hemiptera-Heteroptera; D. Coleoptera; E. Lepidoptera; F. Diptera

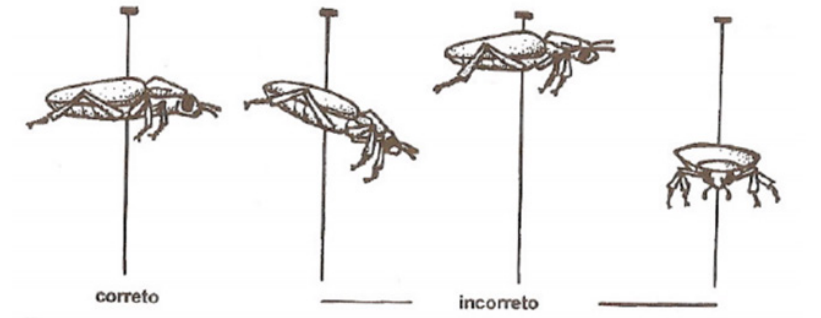


Fonte: http://www.den.ufla.br/attachments/article/73/AULA1_coleta_monta_ident.pdf. Acesso em: 5 dez. 2018.

A posição que o alfinete é inserido no inseto também precisa seguir um padrão para que a sua visualização seja a melhor possível, contribuindo com a identificação de apêndices de forma correta. Insetos menores são colados em

triângulos e não são alfinetados devido ao pequeno tamanho e possível dano que poderia ser provocado (Figura 3.15).

Figura 3.15 | Inserção correta e incorreta do alfinete no inseto



Fonte: http://www.den.ufla.br/attachments/article/73/AULA1_coleta_monta_ident.pdf. Acesso em: 5 dez. 2018.

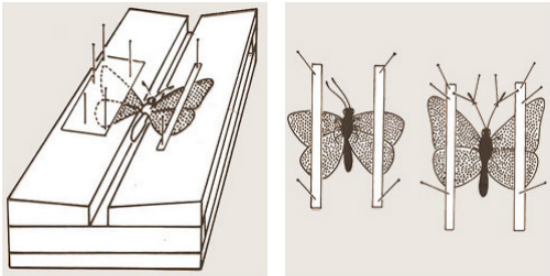
Dica

A montagem dos insetos é uma importante etapa na elaboração da caixa entomológica, por isso é preciso saber exatamente de que forma cada espécie deve ser montada para que assim seja possível visualizar seus apêndices de forma detalhada. No vídeo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, indicado a seguir, você pode saber mais sobre a montagem dos insetos.

EMBRAPA. **Montagem de insetos**. 14 abr. 2015.

Para a maioria dos insetos segue-se o padrão de direcionar o primeiro par de pernas para frente do inseto e o segundo e terceiro pares para a parte traseira dele. As antenas devem estar direcionadas para frente, exceto as que são extremamente longas; estas devem ser direcionadas para trás do inseto. As asas da maioria dos insetos devem permanecer fechadas, mas para as borboletas, libélulas e mariposas, por exemplo, deve-se manter as asas abertas para a visualização das nervuras (Figura 3.16).

Figura 3.16 | Montagem de borboleta



Fonte:http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/16136/montagem_e_conservacao_dos_insetos.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

A etiquetagem deve ser aplicada tanto em insetos preservados secos quanto em líquidos, pois grande parte do valor científico de um espécime será considerado pelas informações a respeito do nome do colecionador e o habitat em que foi realizada a coleta. A etiqueta (Figura 3. 17) deve ser inserida no momento da coleta e na preservação. As informações básicas são: data, local e coletor, e ainda pode seguir o padrão: coordenadas geográficas, localidade da coleta, data, nome do coletor, método de coleta, habitat e notas comportamentais (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2015).

3.17 | Exemplo de etiqueta entomológica

***Mecistomela marginata* Thunberg, 1821**
(Coleoptera:Chrysomelidae:Hispinae)
Local: Restinga de Barra de Maricá, RJ
Coletor: Viviane Grenha
Data: 2/4/03

Fonte: https://canalcederj.cecierj.edu.br/recurso/9023. Acesso em: 10 jan. 2019.

Reflita

De que forma as coleções entomológicas podem contribuir para a pesquisa científica de um país? É preciso lembrar que, por meio dos exemplares, tem-se uma espécie de biblioteca em que é possível saber mais sobre a fauna de um determinado país, o que impacta nas atividades agrícolas uma vez que é possível saber se um determinado inseto-praga é presente ou ausente no território.

Nesta unidade estudamos uma área de grande relevância para a entomologia que é a classificação, conservação e montagem de insetos. Não se esqueça de aprofundar seus conhecimentos acessando a bibliografia básica da disciplina e os materiais complementares indicados.

Sem medo de errar

Aluno, agora que estudamos mais sobre a caixa entomológica, a coleta, o armazenamento e a montagem dos insetos, vamos retomar a problemática apresentada no início da seção e aplicar os conhecimentos adquiridos:

Você, engenheiro agrônomo, está finalizando sua consultoria na empresa Produtos Agrícolas Brasil, e irá fazer a análise do último setor, chamado de **conservação de insetos**, que apresenta os problemas mais graves dentre os três setores, já que este é o responsável pela coleção entomológica da empresa com os insetos catalogados. Ali foram observados diversos problemas que criam confusões e incorreta conservação dos exemplares.

No setor você averiguou que não há um local adequado para a realização dos procedimentos de preservação dos insetos e os instrumentos utilizados são lápis, alfinetes, pedaços de madeira finos, ou segundo alguns participantes da equipe: "o que estiver disponível". Não há também um local adequado para armazenamento das caixas entomológicas, já que elas estavam empilhadas em cima de uma mesa e que as técnicas adotadas não estão seguindo nenhum padrão para que os insetos permaneçam conservados pelo tempo esperado e com a qualidade ideal. Em consequência da má conservação, a coleção estava sendo perdida, visto que os insetos estavam sendo danificados por ataque de formigas, o que dificulta a devida identificação pelo entomologista. Além disso, as etiquetas de identificação não estavam seguindo um padrão, pois estavam sem o local ou data de coleta. Quais os instrumentos e materiais adequados de coleta e armazenamento de insetos que devem ser utilizados nesse processo? Quais as medidas que deverão ser adotadas para a preservação e curadoria dos insetos?

Quais os instrumentos e materiais adequados de coleta e armazenamento de insetos que devem ser utilizados nesse processo?

Primeiro é preciso explicar aos funcionários que os instrumentos que podem ser utilizados para coleta são as redes entomológicas, armadilhas luminosas, peneiras, aspiradores, entre outros. É importante que sejam variados para que diferentes tipos de insetos sejam coletados. Já para o armazenamento podem ser utilizados frascos com álcool para matar os insetos e envelopes que servem para armazenar os lepidópteros, por exemplo, que são mais sensíveis e podem ter suas estruturas danificas. Os instrumentos para montagem dos insetos também devem ser adequados.

Quais medidas deverão ser adotadas para preservação e curadoria dos insetos?

Os insetos podem ser montados e alfinetados e, posteriormente, passar pelo processo de secagem para que sejam preservados na posição desejada.

Outra forma de preservação é a utilização de pequenos frascos com álcool que possibilitam a preservação de espécies muito pequenas. Além disso, é preciso que a equipe seja instruída para a montagem correta dos insetos com a utilização dos alfinetes entomológicos, a fim de que saibam a correta disposição das antenas, pernas e asas. Por exemplo, no caso de uma borboleta é preciso que suas asas fiquem abertas para que seja possível visualizar seus segmentos. O ambiente também deve ser controlado, sem que a umidade esteja elevada, assim como a temperatura, fatores que podem provocar deterioração e podem influenciar na qualidade da conservação dos espécimes.

Ao responder esses questionamentos você será capaz de entregar à empresa um relatório final da sua consultoria, expondo como alguns processos foram alterados em cada um dos setores e expondo como é possível obter a identificação das principais ordens e famílias dos insetos, relacionando com o seu habitat e seu comportamento através do trabalho desenvolvido conjuntamente no laboratório da empresa.

Avançando na prática

Conservação de insetos

Descrição da situação-problema

Você é o engenheiro agrônomo que foi convidado para realizar uma palestra a estudantes do ensino médio com o intuito de contribuir com o conhecimento deles sobre a entomologia. A sua primeira ideia foi realizar uma apresentação em PowerPoint mostrando as características dos insetos das principais ordens, entretanto o projeto e alguns recursos não estavam disponíveis no local em que seria realizada a apresentação. Sabendo que existem diversos tipos de coleções biológicas, qual delas você poderia utilizar nessa palestra? O que você deverá expor como principais características de uma coleção entomológica?

Resolução da situação-problema

Na sua apresentação, você poderia expor a caixa entomológica didática que servirá para que os alunos compreendam, de forma mais clara e simples, as características das principais ordens de insetos escolhidas por você para integrarem a caixa entomológica. É importante destacar para os alunos a importância da preservação de espécimes para as atividades mais diversas (pesquisa, segurança pública, atividades agrícolas). Exponha também que cada coleção tem características próprias e a coleção didática apresenta a função de contribuir para que as pessoas compreendam mais sobre os insetos

utilizando aquelas espécies mais características e que possuem, por exemplo, atributos morfológicos mais visíveis. Por exemplo, a coleção didática tem o propósito expositivo para explicações, aulas, palestras, demonstrações educativas, entre outros. A coleção científica se constitui em material biológico conservado de acordo com as normas que garantem qualidade, longevidade, segurança e integridade, além de garantir que pesquisas científicas sejam realizadas por meio dos espécimes conservados. A coleção particular pode apresentar diferentes finalidades como as da didática e as de pesquisa. A coleção de serviço tem a finalidade de geração de produtos biotecnológicos, alimentícios, farmacêuticos, entre outros. Já a coleção de segurança nacional é de instituições públicas e apresenta importância por proporcionar segurança interna à nação, considerando fatores econômicos, sociais e ambientais.

Faça valer a pena

1. Analise a Figura 3.14 e o texto a seguir.

Figura 3.14 | Insertos conservados

Fonte: iStock.

A diversidade biológica, além de ser fundamental para manter a vida na terra, é essencial para atender às necessidades básicas do homem (saúde e alimentação, por exemplo). Os recursos biológicos são propriedade do país que os detêm e devem ser considerados estratégicos para o desenvolvimento de uma nação, e as _____ devem ser vistas como bancos de dados fundamentais para o desenvolvimento científico e tecnológico (CAMARGO et al., 2015).

Após analisar a imagem e ler o texto, a alternativa que completa a lacuna corretamente é:

a) coleções biológicas.
b) coletas.
c) famílias.

d) pragas.
e) espécies.

2. Analise o texto a seguir:

> "Uma coleção entomológica não é apenas uma entidade estática para visitação e admiração de insetos coloridos. Apesar do notável valor estético, uma coleção biológica é, antes de qualquer coisa, uma ferramenta, um banco de dados que permite o desenvolvimento de inúmeras pesquisas estratégicas para ecologia, biogeografia e conservação. (CAMARGO et al., 2015, p. 11)

Sobre as coleções entomológicas, é correto afirmar:
a) Sua função é somente servir como objeto de admiração em museu, pois não existe uma vantagem em se estudar insetos mortos.
b) Todas as coleções entomológicas devem conter insetos vivos para que seja possível um estudo concreto dos seus hábitos.
c) É considerada como um aparato taxidermista e dentre suas finalidades podemos citar a didática e a científica.
d) A criação de uma coleção entomológica não auxilia na identificação de pragas, pois os insetos sofrem mutações com muita frequência e acabam por se diferenciarem dos seus antepassados.
e) Taxonomistas não apoiam a criação de coleções entomológicas, pois acabam afetando a identificação de um inseto.

3. Analise as assertivas a seguir:
I- É possível utilizar lâmpadas comuns para atrair insetos, pois eles tendem a fugir da luz.
II- A maior parte dos insetos são carnívoros e costumam atacar suas presas em grupo, pois, devido ao seu tamanho reduzido, um só indivíduo não seria suficiente para vencer a presa.
III- A melhor época para coleta de insetos é durante o inverno, pois são capturados facilmente enquanto hibernam.

Assinale a alternativa que contém somente assertivas verdadeiras:
a) Apenas I e II estão corretas.
b) Apenas I e III estão corretas.
c) Apenas II e III estão corretas.
d) I, II e III estão corretas.
e) Apenas I está correta.

Referências

AGUIAR-MENEZES, E. L.; MENEZES, E. B. Bases ecológicas das interações entre insetos e plantas no manejo ecológico de pragas agrícolas. *In:* AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Eds.). **Agroecologia:** princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 324-339.

AZEREDO, E. H.; PERRUSO, J. C.; MENEZES, E. B.; CASSINO, P. C. R. Utilização de *Brassica oleracea* (L.) como planta atrativa simultânea de *Myzus persicae* (SULZEI, 1776) e *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) em área de cultivo de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Revista Universidade Rural,** v. 24, n. 2, p. 89-95, 2004.

BARROS, L. T. E. **Aspectos bionômicos de Geometridae (Lepidoptera) associados à *Rapanea umbellata* (Mart.) Mez, 1902 (Myrsinaceae) na região de São Carlos, SP.** 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ecologia e Biologia Evolutiva, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

BUZZI, Z. J. **Entomologia didática.** 4 ed. Curitiba: Ed. UFPR, 2002. 347 p.

CAMARGO, A. J. A. A importância de uma coleção entomológica para o país e para o agronegócio em particular. **Página rural,** [S.l.], 7 set. 2005. Disponível em: http://www.paginarural.com.br/artigo/1165/a-importancia-de-uma-colecao-entomologica-para-o-pais-e-para-o-agronegocio-em-particular. Acesso em: 5 dez. 2018.

CAMARGO, A. J. A. et al. **Coleções entomológicas:** legislação brasileira, coleta, curadoria e taxonomia para as principais ordens. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/122542/1/amabilio-01.pdf. Acesso em: 3 dez. 2018.

CARVALHO, A. E.; FREY, G.; AZEVEDO, T. N.; DUARTE, M. **Fontes alternativas de açúcar desviam atenção de formigas sobre hemípteros sugadores?** 2011. Prática de Pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica, USP, 2011. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/curso/2011/pdf/PO1-G2.pdf. Acesso em: 16 fev. 2013.

CARVALHO, C. J. B. de; RAFAEL, J. A.; COURI, M. S.; SILVA, V. C. Diptera Linnaeus, 1758. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 701-743.

CASARI, S. A.; IDE, S. Coleoptera Linnaeus, 1758. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 453-536.

CASSANO, C. R.; CEREZIN, M. T.; BOVENDORP, R. S.; AGUIAR, A. P. **Seleção de locais de oviposição por insetos galhadores em folhas de marmeleiro *Dalbergia ecastaphyllum* (Fabaceae).** 2009. Prática de Pesquisa em Ecologia da Mata Atlântica, USP, 2009. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/curso/2009/pdf/PO1/PO1_rainbow_show.pdf. Acesso em: 1 nov. 2018.

CAVALCANTI, M. G.; VIELA, E. F.; EIRAS, A. E.; ZANUNCIO, J. C.; PICANÇO, M. C. Interação Tritrófica entre *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), *Eucalyptus* e Lagartas de *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil,** v. 29, n. 4, p. 697-703, 2000.

CONSTANTINO, R. Isoptera. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 311-321.

COSTA J. M.; SANTOS, T. C.; OLDRINI, B. B. Odonata Fabricius, 1792. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 245-256.

DEL-CLARO, K. Origens e importâncias das relações plantas-animais para a ecologia e conservação. *In:* DEL-CLARO K.; TOREZAN-SILINGARDI, H. M. (Orgs.). **Ecologia das interações plantas-animais:** uma abordagem ecológico-evolutiva. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012. p. 37-50.

DIAS-PINI, N. S.; COUTINHO, C. R.; PASTORI, P. L.; GUZZO, E. C. **Seleção Hospedeira por Insetos fitófagos.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313059525_Selecao_Hospedeira_por_Insetos_Fitofagos. Acesso em: 4 nov. 2018.

DUARTE, M.; MARCONATO, G.; SPECHT, A.; CASAGRANDE, M. M. Lepidoptera Linnaeus, 1758. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 625-682.

EMBRAPA. **Ordem Mantodea.** 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/mantodea. Acesso em: 1 dez. 2018.

GARCIA-PEREIRA, P.; MONTEIRO, E.; VALA, F.; LUÍS, C. Insetos em ordem. 2. ed. [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: http://www.mundonaescola.pt/wp-content/uploads/2014/11/Cat%C3%A1logo-Insetos-em-Ordem.pdf. Acesso em: 4 dez. 2018.

GASTON, K. J. The magnitude of global insects species richness. **Conservation Biology,** v. 5, p. 283-296, 1991.

GRANDCOLAS, P.; PELLENS, R. *Blattaria Burmeister*, 1829. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012.

HAMADA, N.; AZEVÊDO, C. A. S. *Megaloptera Latreille*, 1802. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 547-552.

HEPPNER, J. B. Faunal regional and the diversity of Lepidoptera. **Tropical Lepidoptera,** v. 2, n. 1, p. 1-85, 1991.

KNAAK, N.; AZAMBUJA, A. O.; LUCHO, A. P. R.; BERLITZ, D. L.; FIUZA, L. M. Interações de *Bacillus thuringiensis* e o controle de fitopatógenos. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento,** n. 38, p. 48-53, 2009.

LAWRENCE, J. F.; BRITTON, E. B. Coleoptera (beetles). *In:* C.S.I.R.O. Division of Entomology. **The insects of Australia:** a textbook for students and research workers. 2. ed. Carlton: Melbourn University Press, 1991. p. 543-683.

LEITE, G. L. D.; SÁ, V. G. M. de. **Apostila:** taxonomia, nomenclatura e identificação de espécies. Apostila da disciplina de Entomologia Básica do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Montes Claros, 2010. Disponível em: https://halley.adm-serv.ufmg.br/ica/wp-content/uploads/2017/06/Apostila_Entomologia_Basica.pdf. Acesso em: 10 dez. 2018.

LIMA, J. S.; PINTO, O. R. O.; HONORATO, T. B.; MELO, J. G. M.; PINTO, C. M. Interações tritróficas nos agroecossistemas. **Enciclopédia Biosfera,** Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 1347-1360, 2013. Disponível em: http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/interacoes%20tritroficas.pdf. Acesso em: 8 nov. 2018.

MELO, G. A. R.; AGUIAR, A. P.; GARCETE-BARRETT, B. Hymenoptera Linnaeus, 1758. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 553-612.

MOREIRA, L. S. D. **Expressão gênica e voláteis induzidos pela herbivoria de *Spodoptera* (J. E. Smith) (Lepdoptera: Noctuidae) em milho, *Zea mays* L. (Poaceae).** 2010. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências/Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

NASCIMENTO, J. B. Fatores que afetam a liberação e a eficiência de parasitoides no controle biológico de insetos-praga. **Enciclopédia Biosfera,** v. 7, n. 13, p. 550-570, 2011.

SANTOS, M. P. **Diversidade de vespas parasitoides (Hymenoptera: Parasitica) em áreas de cultivo de café (*Coffea arábica*) e em uma área de vegetação nativa localizadas no município de Piatã, Chapada Diamantina, Bahia.** 2008. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2008.

SÃO JOÃO, R. E.; RAGA, A. **Mecanismos de defesa das plantas contra o ataque de insetos sugadores.** Documento técnico 23. São Paulo: Apta, abr. 2016. Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/dt/insetos_sugadores.pdf. Acesso em: 10 nov. 2018.

TERRA, P. S.; AGUDELO, A. A. Mantodea Burmeister, 1838. *In:* RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Eds.). **Insetos do Brasil:** diversidade e taxonomia. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 323-331.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos.** 2. ed. São Paulo: Cengage, 2015.

VALOIS, A. C. C. Mecanismos de Resistência de Plantas a Insetos. **Procitropicos,** Brasília, 13 nov. 2017. Disponível em: https://procitropicos.org.br/articulo/mecanismos-de-resistencia-de--plantas-a-insetos-en-portugues/. Acesso em: 11 nov. 2018.

Unidade 4

Entomologia econômica e controle de pragas

Convite ao estudo

Caro aluno! Chegamos à última unidade desta disciplina. Até aqui, você absorveu muitos conteúdos, que o auxiliarão a identificar os insetos no campo, sejam eles negativos ou benéficos. O que você ainda não estudou dentro da entomologia agrícola é que, além de identificar as pragas e os inimigos naturais, é importante observar o momento exato em que a população da praga deve ser controlada, uma vez que não se justifica utilizar uma estratégia de controle se esta tiver um custo maior do que o dano ocasionado em uma cultura comercial.

Você é o mais novo engenheiro agrônomo de uma usina sucroalcooleira, contratado para o setor de controle de pragas. Dentre outras atividades, seu maior escopo é composto pelo direcionamento das equipes de amostragem de pragas, análise do índice de infestação de cada fazenda produtora e tomada de decisão sobre o melhor método de controle a ser utilizado em cada área.

A usina possui uma área de 10.000 hectares de cana-de-açúcar e você começa, logo nos primeiros dias, a entender como funciona a dinâmica do setor. As equipes que realizam a amostragem e o controle de pragas são treinadas no início de cada safra, em virtude da presença de novos colaboradores e da necessidade de padronização das operações. Este também é o momento no qual os resultados da safra anterior são apresentados, bem como as metas de controle para aquela que se inicia. Você percebe, ainda, que há um planejamento diário relacionado a quais áreas devem ser visitadas para amostragem e quais áreas deverão receber algum método de controle. Dentre as pragas-chave analisadas diariamente, estão a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e a cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*). Em menor volume e periodicidade, essas equipes realizam amostragem também do Bicudo-da-cana (*Sphenophorus levis*) e dos cupins em geral.

Você, agora, deverá se lembrar de conceitos básicos relacionados à entomologia econômica para se sair bem nesse novo desafio profissional. Então, quando se deve iniciar uma estratégia de controle para as pragas? Como são realizadas as amostragens? E quais são os métodos mais comuns de controle? É possível utilizar mais de um método de controle na mesma área?

Para responder a essas perguntas, você conhecerá os principais conceitos relacionados ao nível de dano, ao nível de controle e aos métodos de amostragem, além dos métodos de controle e das estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP). Ao final desta unidade você será capaz de fazer a amostragem de pragas, reconhecer seu nível de controle e realizar a tomada de decisão sobre o melhor método de controle a ser utilizado!

Seção 4.1

Entomologia econômica

Diálogo aberto

O controle de pragas em determinada cultura é realizado em virtude de razões econômicas, entendendo que cada agricultor encara sua lavoura como um negócio e espera receber lucro dela. Sendo assim, a preocupação da entomologia econômica torna-se justamente esta: analisar cada caso e procurar estabelecer recomendações que permitam tirar o máximo de proveito dos agroecossistemas, fazendo com que os prejuízos ocasionados por pragas nas culturas comerciais sejam mínimos.

Mas, quando saber que é o momento certo para tomar a decisão por uma determinada medida de controle? Lembre-se de que você, agora, é o mais novo engenheiro agrônomo de uma usina sucroalcoleira, contratado para o setor de controle de pragas. Dentre outras atividades, seu maior escopo é composto pelo direcionamento das equipes de amostragem de pragas, análise do índice de infestação de cada fazenda produtora e tomada de decisão sobre o melhor método de controle a ser utilizado em cada área.

Você acompanha diariamente as amostragens de pragas realizadas no dia anterior, a fim de ser assertivo em relação ao momento correto de alocar as equipes de controle para cada área que precisar. Você sabe que o nível de controle para a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) é 3% e, nesta última amostragem, a Fazenda Boa Vista, própria da usina, demonstrou em seus relatórios um Índice de Infestação (I.I %) de 4,5%. Em contrapartida, a cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*), que possui como nível de controle 1 ninfa por metro linear, estava com seu índice abaixo disso. E agora, o controle de pragas deve ser iniciado na Fazenda Boa Vista? Se sim, você indicaria o controle para as duas pragas amostradas? Qual é a diferença entre o nível de dano econômico e o nível de controle? Você acredita que os dados que você tem em mãos estão em nível de dano ou nível de controle?

Uma série de conhecimentos é desejável para que você possa saber quando e onde é necessário controlar as pragas agrícolas. Nesse sentido, esta seção lhe ajudará a buscar respostas para essas perguntas e tomar a melhor decisão neste momento, lhe apresentando os conceitos iniciais da entomologia econômica.

Não pode faltar

Estamos iniciando a última unidade desta disciplina e chegou o momento de aplicar o conteúdo estudado em relação aos insetos em sua importância econômica para a agricultura, por meio da entomologia econômica.

Antes disso, precisamos ter alguns conceitos claros em nossa mente, sendo **"praga"** o primeiro deles. Podemos entender como pragas todos os organismos que, em algum momento do seu ciclo de vida, competirem com o homem por alimento, matéria-prima ou bem-estar. Elas podem ser urbanas ou agrícolas e nem sempre serão insetos. Na agricultura, um inseto é considerado praga quando se alimenta de uma determinada cultura ou produto armazenado, ocasionando perdas econômicas ao homem.

Assimile

Pombos, ratos, mosquitos e baratas são exemplos de pragas urbanas que competem com o homem por espaço, prejudicam seu bem-estar e podem transmitir doenças. Veja que, no conceito mais abrangente de praga, temos pombos e ratos, que não são insetos. Na agricultura, os insetos são importantes pragas agrícolas por competirem com o homem por alimento e matéria-prima, principalmente.

Assim, um inseto nem sempre poderá ser considerado uma praga, a não ser no caso em que ele prejudicar o homem, um animal ou uma cultura vegetal de alto valor. Por esse motivo, na agricultura, o conceito de praga está diretamente relacionado aos efeitos econômicos produzidos pelo inseto, uma vez que um único inseto não poderá produzir **injúrias** ou **danos** que compensem a sua eliminação da cultura (NAKANO, 2011).

Por falar em injúrias e danos, estes também são conceitos muito utilizados na entomologia econômica que precisamos entender. Uma **injúria** é definida como um efeito negativo de um determinado inseto na fisiologia da planta. Se o inseto se alimenta de parte das folhas de uma planta, por exemplo, reduzindo sua área foliar e sua capacidade fotossintética, esta é uma injúria. Ela não provoca danos necessariamente, uma vez que as plantas apresentam um certo nível de tolerância em relação ao ataque dos insetos. Já o **dano** está diretamente relacionado à perda de utilidade da planta, seja em sua produtividade, seja na qualidade do produto final, por exemplo. O dano ocorre em resposta à injúria, quando esta for severa (CONSTANTINO; DINIZ; MOTTA, 2002).

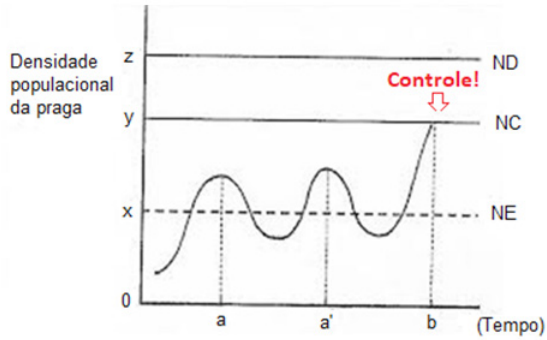
O conceito de dano está ligado a dois outros conceitos que, frequentemente, são utilizados quando falamos em controle de pragas na agricultura: o **nível de dano econômico (NDE)** e o **nível de controle (NC)**.

O **dano econômico** relaciona-se à quantidade de perda causada por uma população de insetos acima do custo de uma medida de controle, ou seja, é o lucro que se perde com o custo do controle. O **NDE** se refere a uma menor densidade populacional de uma espécie de inseto que causa dano econômico. É a partir desse nível que a adoção de medidas de controle são justificadas economicamente. Ele depende não só do dano causado pelo inseto mas também do valor do produto no mercado, do custo dos insumos utilizados na cultura (incluindo os inseticidas) e da mão de obra de controle. Já o **NC** é a densidade populacional, em que as medidas de controle devem ser tomadas para impedir que uma determinada população de insetos atinja o NDE (NAKANO, 2011).

O custo das medidas necessárias para impedir que uma população atinja o nível de dano econômico corresponde à diferença entre o nível ou ponto de equilíbrio (NE ou PE) e o nível de controle (NC).

Vejamos, na Figura 4.1 um gráfico que exemplifica a flutuação populacional de uma determinada espécie de praga em função do tempo em uma cultura. Observe que o inseto se mantém estável, em nível de equilíbrio (NE), durante os períodos (0-a) e (0-a´), começando a se elevar em b, quando atinge seu nível de controle (NC). Neste caso, é o momento da tomada de decisão para que as medidas de controle sejam tomadas antes que a praga chegue ao nível de dano (ND).

Figura 4.1 | Densidade populacional de uma determinada espécie de pulgão, em função do tempo, em cultura de trigo



Fonte: adaptada de Nakano (2011, p. 12).

As pragas podem ser classificadas em diferentes tipos, considerando a parte da planta que costumam atacar, seu lugar de origem e sua importância. Vamos conhecer cada uma delas!

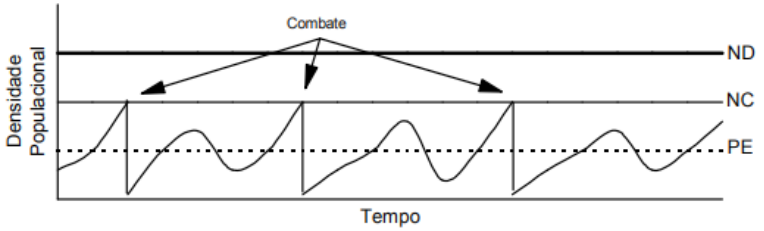
De acordo com a parte da planta que é atacada, as pragas podem ser diretas ou indiretas. **Diretas** quando atacam diretamente a parte comercializada, como o percevejo marrom da soja *Euschistus heros* (que causa danos diretamente às vagens e aos grãos da soja); e **indiretas** quando atacam uma parte da planta que afeta indiretamente a parte comercializada, por exemplo, a lagarta da soja *Anticarsia gemmatalis* (que causa desfolha e, consequentemente, perda de produtividade da soja).

Já de acordo com o seu lugar de origem, as pragas podem ser introduzidas ou endêmicas. São consideradas pragas **introduzidas** aquelas que não são nativas da região onde se estabeleceu a cultura. Esses organismos, geralmente, são nativos da região de origem da planta cultivada e sua introdução na região foi feita durante o estabelecimento da cultura. Já as pragas **endêmicas** são aquelas originárias da região em que se estabeleceram, podendo passar a se alimentar de uma planta introduzida como cultura.

Por fim, de acordo com sua importância, podemos classificar os insetos como organismos não-pragas, pragas secundárias ou pragas-chave. Estas últimas podem ser, por sua vez, frequentes ou severas.

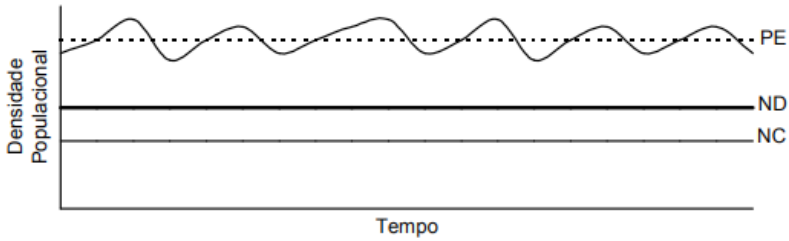
Os **organismos não-pragas** são aqueles cuja densidade populacional nunca atinge o nível de controle; as **pragas secundárias** são aquelas que raramente atingem o nível de controle; e as **pragas-chave** são aquelas que frequentemente ou sempre atingem o nível de controle. As pragas-chave podem ser divididas em **frequentes** (Figura 4.2), quando atingem o nível de controle com frequência, ou **severas** (Figura 4.3), quando sua posição de equilíbrio é maior que o nível de controle.

Figura 4.2 | Exemplo de flutuação populacional de uma praga-chave frequente



Fonte:http://www.den.ufla.br/attachments/article/71/MeTODOS%20CULTURAL,%20FiSICO,%20LEGISLATIVO%20E%20MECaNICO.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.

Figura 4.3 | Exemplo de flutuação populacional de uma praga-chave severa



Fonte: http://www.den.ufla.br/attachments/article/71/MeTODOS%20CULTURAL,%20FiSICO,%20LEGISLATIVO%20E%20MECaNICO.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.

Exemplificando

Na cultura da cana-de-açúcar, na Região Sudeste do Brasil, a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) e a cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) são consideradas pragas-chave frequentes, enquanto que a broca gigante (*Telchin licus*) é considerada praga secundária. Já no Nordeste do Brasil, a broca gigante e a cigarrinha-das-folhas (*Mahanarva posticata*) são consideradas pragas-chave frequentes, sendo que a broca gigante já foi considerada uma praga-chave severa em algumas regiões.

Uma das etapas fundamentais para a quantificação de populações de pragas agrícolas, e muito comum em estudos de ecologia quantitativa, é a amostragem. Para a entomologia econômica, ela se torna essencial por demonstrar a flutuação populacional dos insetos-praga e também dos inimigos naturais, auxiliando na tomada de decisão sobre o momento correto de se iniciar o controle.

Os estudos de populações podem ser extensivos ou intensivos. Os estudos **extensivos** são aqueles conduzidos para mapeamento de distribuição de espécies de insetos em grandes áreas, além de identificar e quantificar o nível de dano e o momento correto da aplicação de medidas de controle. Neste tipo de estudo, uma mesma área pode ser amostrada várias vezes, sendo que o foco, geralmente, é em um determinado estágio de desenvolvimento do inseto (BOARETTO; BRANDÃO, 2000).

Já os estudos **intensivos** são aqueles relacionados a contínuas observações de determinada população em uma determinada área. De acordo com Boaretto e Brandão (2000), as informações resultantes desses estudos permitem elaborar tabelas de vida dos estágios de desenvolvimento ou determinar quais fatores podem interferir na flutuação populacional do inseto. Além disso, esses estudos podem ser mais específicos, como para a determinação do nível de parasitismo de um inseto sobre outro ou a sua taxa de dispersão, por exemplo.

Assim, o monitoramento de pragas, baseado no planejamento das amostragens, tem o intuito de avaliar o nível populacional, tanto da praga como dos inimigos naturais no campo, por meio da investigação da **população absoluta** (que é o número de insetos/área), da **população relativa** (que é o número de insetos/levantamento) ou dos **índices populacionais** (que é a média dos danos causados pelos insetos).

Reflita

Considere que você precise planejar o monitoramento de lagartas do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) em uma grande área de monocultura do milho. A investigação seria de população absoluta, relativa ou do índice de infestação? Como você tomaria essa decisão?

Para a realização das amostragens, é necessário o conhecimento das metodologias de avaliação populacional, do plano de amostragem e do tipo de caminhamento a ser adotado nelas. Conforme já citado anteriormente, os métodos absolutos de avaliação de populações consistem na avaliação da população total existente em determinada área. Como depende de tempo e mão de obra e envolve um custo alto, ele praticamente não é usado na prática em grandes áreas comerciais. Já nos métodos relativos, estima-se a população de determinada área amostral por meio da contagem direta das pragas existentes em uma determinada área (Figura 4.4a), ou do uso de armadilhas que realizam a captura de insetos adultos (Figura 4.4b). Por fim, os índices de população, também conhecidos como índices de infestação, consistem na avaliação do tamanho da população por meio dos sinais e sintomas dos insetos-praga nas culturas (Figura 4.4c).

Figura 4.4 | Métodos de amostragem de população relativa e índice de infestação; (a) Pano de batida para amostragem de pragas diversas em soja; (b) Armadilha para captura de adultos de Spodoptera frugiperda em milho; (c) Determinação de índice de podridão vermelha em sorgo, ocasionada por broca

Fonte:
(a) https://www.embrapa.br/en/busca-de-imagens/-/midia/1194001/pano-de-batida
(b) https://www.embrapa.br/image/journal/article?img_id=10844460&t=1458324786502
(c)https://www.spo.cnptia.embrapa.br/documents/10192/32214/doenca22.jpg?t=1371651387729. Acesso em: 23 out. 2018.

As amostragens e o monitoramento de insetos-praga devem ser realizados durante todo o período vegetativo e reprodutivo da cultura, desde a semeadura até a colheita. Para maior controle da sanidade da lavoura, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) recomenda que as amostragens sejam realizadas pelo menos uma vez por semana, aumentando essa frequência quando a densidade das pragas se aproximar do nível de controle. Considerando a cultura da soja como exemplo, recomenda-se o mínimo de seis amostragens para uma área de até 10 hectares e de 10 amostragens para áreas superiores a 30 hectares (EMBRAPA, 2017).

Em relação ao horário para o monitoramento, a indicação é que seja realizado nas horas mais frescas do dia por serem os períodos em que os insetos se movimentam menos. A contagem das pragas encontradas em cada amostra deve ser anotada na ficha de monitoramento (Figura 4.5), sendo imprescindível anotar a identificação da fazenda, do talhão, da cultivar plantada, a data da amostragem e a fase de desenvolvimento da cultura.

Figura 4.5 | Exemplo de ficha de monitoramento de pragas da soja

MONITORAMENTO DE PRAGAS NA CULTURA DA SOJA - MIP SOJA

Data:_____ Monitor:_____
Propriedade/Município:_____
Cultivar:_____
Data da Semeadura:_____
Lote/Talhão:_____

☐ Vegetativo
☐ Floração
☐ Desenvolvimento de vagens
☐ Enchimento de grãos
☐ Maturação

PRAGAS Lagartas: Pequenas = menores do que 1,5 cm Grandes = maiores do que 1,5 cm			PONTOS DE AMOSTRAGEM												Nível de controle
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Média	
	Lagarta-da-soja *(Anticarsia)*	Pequena													20 lagartas > 1,5 cm/m
		Grande													
	Lagarta-falsa-medideira *(Chrysodeixis)*	Pequena													
		Grande													
	Lagarta-das-vagens *(Spodoptera* spp.*)*	Pequena													10 lagartas/m ou 10% de vagens danificadas
		Grande													
	Lagartas do grupo Heliothinae	Pequena													4 lagartas/m - vegetativo
		Grande													2 lagartas/m - reprodutivo
Desfolhamento															30 % até o florescim. ou 15 % após
	Percevejo-verde *(Nezara)*	Ninfa (3º ao 5º instar)													Lavoura Grão: 2 perc. /m Lavoura Semente: 1perc. /m
		Adulto													
	Percevejo-pequeno *(Piezodorus)*	Ninfa (3º ao 5º instar)													
		Adulto													
	Percevejo-marrom *(Euschistus)*	Ninfa (3º ao 5º instar)													
		Adulto													
	Percevejo-barriga-verde *(Dichelops)*	Ninfa (3º ao 5º instar)													
		Adulto													
Outros Percevejos		Ninfa (3º ao 5º instar)													
		Adulto													
	Broca-dos-ponteiros *(Crocidosema)*	Ponteiros Atacados													25 a 30% das plantas c/ ponteiros atacados
		Nº de Plantas													
	Tamanduá-da-soja *(Sternechus)*	Adulto													até V3 1 adulto/m V4-V6 2 adultos/m
	Vaquinhas *(Diabrotica)* *(Cerotoma)* *(Colaspis)*	Adulto													Desfolha: 30% até o florescim. ou 15% após
	Torrãozinho *(Aracanthus)*	Adulto													
Outros Insetos															

Adaptado de: CORRÊA-FERREIRA, B.S. Monitoramento de pragas na cultura da soja. Londrina: Embrapa Soja, s.d. 1 folder.

Fonte: adaptado de Embrapa (2017, p. 10).

Dica

Gostou do tema e quer conhecer um pouco mais da prática de amostragem de pragas? No material indicado a seguir, você conhecerá como pode ser realizada a amostragem e o monitoramento de pragas da soja. A indicação é que você realize a leitura das páginas 632 a 642.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Amostragem de pragas da soja**. 2012.

Assim, chegamos ao final da primeira seção desta unidade. Aqui, você iniciou seus estudos acerca da importância da entomologia econômica como uma área de estudo e o seu papel na manutenção do equilíbrio dos insetos-praga no campo, sem que existam perdas de qualidade e produtividade no campo. Fique atento às próximas seções, pois elas serão fundamentais para a aplicação de todos os conceitos e métodos de amostragem estudados até aqui. Estudaremos os métodos de controle e a aplicação do manejo integrado de pragas no campo, deixando-o preparado para a elaboração de um plano de manejo para controle de insetos-praga na cultura que desejar.

Sem medo de errar

Chegamos ao final de mais uma seção, e nessa introdução à entomologia econômica você entendeu que o simples fato de identificarmos a presença de uma determinada praga em uma cultura não significa que precisamos tomar a decisão de controlá-la. Essa decisão deverá ser tomada apenas quando a densidade populacional da praga em questão estiver próxima ao nível de dano econômico, podendo causar prejuízo econômico à lavoura.

Assim, em seu último desafio profissional dessa disciplina, você se tornou o mais novo engenheiro agrônomo de uma usina sucroalcooleira, contratado para o setor de controle de pragas, e deverá, dentre outras atividades, realizar o direcionamento das equipes de amostragem de pragas, a análise do índice de infestação de cada fazenda produtora e a tomada de decisão sobre o melhor método de controle a ser utilizado em cada área.

Você acompanha diariamente as amostragens de pragas realizadas e sabe que o nível de controle para a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) é 3% de índice de infestação, enquanto o nível de controle da cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*), é de 1 ninfa por metro linear. Na última amostragem, a Fazenda Boa Vista, própria da usina, demonstrou em seus relatórios um Índice de Infestação (I.I %) de 4,5% para a broca-da-cana e menos de 1 ninfa de cigarrinha por metro linear. **O controle de pragas deve ser iniciado na Fazenda Boa Vista? Se sim, você indicaria o controle para as duas pragas amostradas?** Qual é a diferença entre o nível de dano econômico e o nível de controle? Você acredita que pelos dados obtidos as pragas estão em nível de dano ou nível de controle?

Analisando a situação, você deve chegar à conclusão que sim, o controle de pragas na Fazenda Boa Vista deve ser iniciado, entretanto, de acordo com os resultados das amostragens, apenas a broca-da-cana está acima do nível de controle, não havendo necessidade de que a cigarrinha-das-raízes seja controlada neste momento. Para ambos os casos, novas amostragens serão

necessárias, a fim de se acompanhar a flutuação populacional das pragas e mantê-las abaixo do nível de dano econômico.

Conceitualmente, o dano econômico relaciona-se à quantidade de perda causada por uma população de insetos acima do custo de uma medida de controle, ou seja, é o lucro que se perde com o custo do controle. O nível de dano econômico (NDE), por sua vez, refere-se a uma menor densidade populacional de uma espécie de inseto que causa dano econômico. É a partir desse nível que a adoção de medidas de controle são justificadas economicamente. Já o nível de controle (NC) é a densidade populacional, em que as medidas de controle devem ser tomadas para impedir que uma determinada população de insetos atinja o NDE.

Assim, com os dados da amostragem, pode-se concluir que a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis)* está acima de seu nível de controle e que, caso a tomada de decisão não ocorra imediatamente, ou a estratégia de controle não seja eficiente, a praga atingirá seu nível de dano econômico.

Agora, você deve iniciar o seu plano de manejo para as pragas mencionadas. Não deixe de registrar as informações até aqui levantadas, bem como o índice de infestação da broca onde a tomada de decisão pelo controle foi realizada. Essas informações serão fundamentais para que você possua o histórico da área e possa, na próxima seção, tomar a decisão sobre qual método de controle utilizar neste caso.

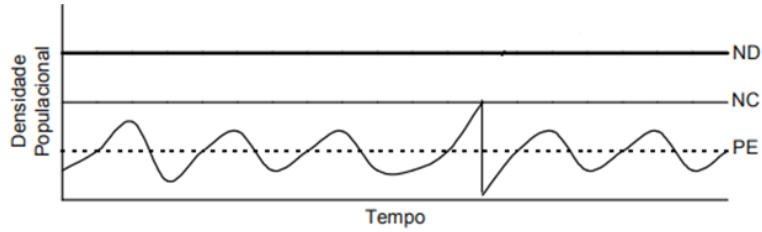
Avançando na prática

Praga-chave ou praga secundária?

Descrição da situação-problema

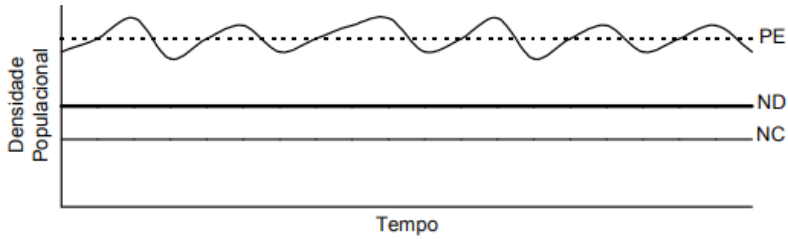
Você é o agrônomo responsável por uma fazenda produtora de milho, cujo produtor decidiu, nesta safra, realizar o plantio consorciado de soja-milho. Você e sua equipe vem realizando amostragens e monitoramento de pragas nas duas culturas e perceberam a ocorrência do percevejo marrom da soja (*Euschistus heros*) nas plantas de milho, resultando em plantas anãs e com uma grande quantidade de perfilhos. Na soja, o percevejo também foi encontrado, ocasionando a diminuição do tamanho das vagens e o abortamento das sementes. Solicitando os gráficos de monitoramento, você recebe os seguintes resultados, sendo a flutuação populacional de *Euschistus heros* para milho (Figura 4.6) e para soja (Figura 4.7):

Figura 4.6 | Exemplo de flutuação populacional de percevejo marrom (*Euschistus heros*) em milho



Fonte: http://www.den.ufla.br/attachments/article/71/MeTODOS%20CULTURAL,%20FiSICO,%20LEGISLATIVO%20E%20MECaNICO.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.

Figura 4.7 | Exemplo de flutuação populacional de percevejo marrom (*Euschistus heros*) em soja



Fonte: http://www.den.ufla.br/attachments/article/71/MeTODOS%20CULTURAL,%20FiSICO,%20LEGISLATIVO%20E%20MECaNICO.pdf. Acesso em: 25 nov. 2018.

Analisando os gráficos, você precisa tomar a decisão sobre a gravidade da situação em ambas as culturas. Será que, por se tratar de um consórcio, a praga em questão pode ser considerada praga-chave para ambas as culturas? Por quê?

Resolução da situação-problema

Considerando o conceito de praga e sua classificação de acordo com sua importância, os organismos não-praga são aqueles cuja densidade populacional nunca atinge o nível de controle; as pragas secundárias são aquelas que raramente atingem o nível de controle; e as pragas-chave são aquelas que frequentemente ou sempre atingem o nível de controle, ficando acima dele. As pragas-chave podem ser divididas em frequentes, quando frequentemente atingem o nível de controle, ou severas, quando sua posição de equilíbrio é maior que o nível de controle.

No caso apresentado, pela análise da Figura 4.6, você pode concluir que o percevejo marrom é uma praga secundária, e não é uma praga-chave em milho, uma vez que, em um determinado período de tempo, atingiu o nível de controle apenas uma vez. Ao contrário dessa situação, quando se analisa a

Figura 4.7, você pode concluir que se trata de uma praga-chave considerada severa em soja, uma vez que sua posição de equilíbrio está acima do nível de controle e do nível de dano.

Faça valer a pena

1. Um inseto nem sempre poderá ser considerado uma praga, a não ser no caso em que ele prejudicar o homem, um animal ou uma cultura vegetal de alto valor. Por esse motivo, na agricultura, o conceito de praga está diretamente relacionado aos efeitos econômicos produzidos pelo inseto, uma vez que um único inseto não poderá produzir prejuízos que compensem a sua eliminação da cultura (NAKANO, 2011).

Analise os conceitos a seguir:

I. Efeito negativo de um determinado inseto na fisiologia da planta.
II. Perda de utilidade da planta, seja em sua produtividade ou qualidade do produto final.

Assinale a alternativa que contém os termos corretos para os conceitos I e II, respectivamente
a) Dano; Morte.
b) Infestação; Dano.
c) Dano; Injúria
d) Injúria; Infestação.
e) Injúria; Dano.

2. As pragas podem ser classificadas em diferentes tipos, considerando a parte da planta que costumam atacar, seu lugar de origem e sua importância. De acordo com este tema, analise e relacione as colunas a seguir:

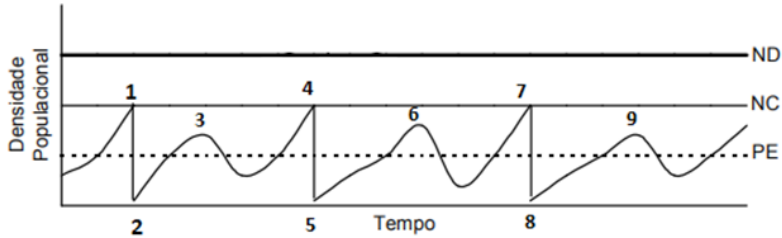
Coluna 1	Coluna 2
I. De acordo com a parte da planta que é atacada.	A. Introduzidas e Endêmicas.
II. De acordo com o lugar de origem.	B. Pragas-chave e pragas secundárias.
III. De acordo com a importância.	C. Diretas e Indiretas.

A alternativa que apresenta a correta relação entre as colunas é:
a) I-A; II-B; III-C.
b) I-C; II-A; III-B.
c) I-C; II-B; III-A.
d) I-B; II-C; III-A.
e) I-A; II-C; III-B.

3. Quando se estabelece uma determinada cultura, esta passa a ser fonte de alimento para muitos insetos. Sob esse conceito, um inseto poderá ser considerado praga quando atingir o nível de dano econômico ou ultrapassar o nível de controle (NAKANO, 2011).

Analise a situação representada no gráfico (Figura 4.8) a seguir, que representa a flutuação populacional de uma determinada praga no campo:

Figura 4.8 | Flutuação populacional de um inseto-praga



Fonte: http://www.den.ufla.br/attachments/article/71/MeTODOS%20CULTURAL,%20FiSICO,%20LEGISLATIVO%20E%20MECaNICO.pdf. Acesso em: 13 nov. 2018.

Após a análise do gráfico, é possível afirmar que:
a) O inseto representado no gráfico não pode ser considerado praga, pois não atingiu o nível de dano econômico.
b) Para que não exista prejuízo econômico, o ideal é manter a população do inseto nos pontos representados por 2, 5 e 8.
c) O controle não foi eficiente, pois a praga não se manteve em ponto de equilíbrio, atingindo em 1, 4 e 7 o seu nível de controle.
d) O controle foi eficiente nos pontos representados por 1, 4 e 7, motivo pelo qual a praga não chegou ao nível de dano.
e) O inseto representado no gráfico não pode ser considerado praga frequente, pois, nos pontos representados por 2, 5 e 8, não houve população.

Seção 4.2

Métodos de controle de pragas

Diálogo aberto

Olá, aluno! Após amostrar e identificar o nível de controle de uma determinada praga no campo, é chegada a hora da tomada de decisão pelo método mais conveniente para a área em questão. Parece uma decisão simples, mas engloba uma série de fatores que, se não analisados de maneira responsável, pode reverter em problemas, como o não controle e aumento da população da praga; desequilíbrio ecológico com desaparecimento dos inimigos naturais da região; resistência das pragas aos inseticidas; e contaminação ambiental.

Agora que você já conhece os principais conceitos relacionados à entomologia econômica, vamos iniciar nosso estudo relacionado aos métodos de controle das pragas. Para tanto, lembre-se de que você, agora, será o mais novo engenheiro agrônomo de uma usina sucroalcoleira, contratado para o setor de controle de pragas. Dentre outras atividades, seu maior escopo é composto pelo direcionamento das equipes de amostragem de pragas, análise do índice de infestação de cada fazenda produtora e tomada de decisão sobre o melhor método de controle a ser utilizado em cada área. Você já sabe que deve realizar um planejamento diário relacionado a quais áreas devem ser visitadas para amostragem e quais áreas deverão receber algum método de controle. Dentre as pragas-chave analisadas diariamente, a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) atingiu, recentemente, seu nível de controle na Fazenda Boa Vista e você deve tomar a decisão sobre o melhor método de controle para essa área o mais rápido possível.

A área é uma fazenda de 64 hectares, que possui seus talhões entre um córrego e o centro de uma comunidade rural, contendo igreja, cozinha comunitária e salão de eventos. A cana-de-açúcar está em seu segundo corte e iniciando seu estágio fisiológico de maturação, medindo cerca de 1,50 m de altura. Considerando o índice de infestação de 4,5% e as condições da fazenda em questão, para a tomada de decisão em relação aos métodos de controle e de aplicação, é preciso levar em consideração o entorno da região? Neste caso, qual seria o melhor método de controle para a praga?

Para lhe ajudar nessa tomada de decisão, nesta seção, estudaremos os principais métodos de controle e como utilizar cada um, conhecendo as peculiaridades deles. Bons estudos!

Não pode faltar

Aluno, estamos nos aprofundando no conteúdo de uma das etapas mais importantes dentro de um programa de controle de pragas agrícolas: a escolha de qual método de controle utilizar.

Para garantir a sanidade da cultura e uma boa produtividade agrícola, é importante ter um bom conhecimento sobre as técnicas e estratégias de controle de pragas. Esse conhecimento lhe permitirá escolher a mais adequada em relação aos fatores técnicos, econômicos, ecológicos e sociais. Um exemplo disso é saber se determinada técnica de controle atingirá o inseto-alvo, se provocará algum impacto aos seus inimigos naturais, se causará algum tipo de poluição ambiental, se é viável economicamente (relação de custo-benefício) e se não trará nenhum impacto social. Assim, antes de se iniciar qualquer medida de controle contra uma praga, é necessário um bom estudo sobre a praga em questão, realizar observações e amostragens de campo e, se possível, conversar com as equipes responsáveis pela realização de amostragens e tratos culturais em campo, pois eles podem ter alguma informação ou observação a complementar.

Assimile

A sanidade vegetal é uma área de estudo das ciências agrárias formada por um conjunto de práticas de prevenção, controle e erradicação de pragas e doenças que possam provocar danos econômicos às lavouras e aos seus produtos, principalmente àquelas culturas de importância econômica e social.

Os métodos de controle de pragas que estudaremos nesta seção serão divididos em: métodos legislativos; mecânicos; físicos; cultural; resistência de plantas; químico e biológico.

Métodos legislativos

Iniciaremos pelos métodos chamados legislativos, os quais, apesar de não serem métodos propriamente ditos, referem-se a um conjunto de leis e portarias que possuem o objetivo de reduzir a possibilidade de que uma praga seja introduzida em determinada cultura. Além disso, os métodos legislativos podem estabelecer a obrigatoriedade de medidas de controle para pragas de grande importância. Dentre elas, destacaremos: o serviço quarentenário e as medidas obrigatórias de controle.

O **serviço quarentenário** tem como objetivo prevenir a entrada de pragas exóticas e impedir sua disseminação (GALLO *et al.*, 2002). No Brasil, esse serviço é executado pelo Serviço de Defesa Sanitária Vegetal do Ministério

da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que realiza a inspeção e fiscalização dos produtos que entram e saem do país, por meio de portos e aeroportos, além daqueles que são transportados entre os estados brasileiros.

De acordo com Gallo *et al.* (2002), do ponto de vista quarentenário, uma praga é qualquer espécie, raça ou biótipo nocivo para os vegetais ou produtos vegetais. A identificação de uma praga quarentenária é baseada em critérios estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). São eles: presença ou ausência da praga em uma área de risco; sua distribuição e importância econômica; e se ela é ou não controlada oficialmente no país.

A Portaria nº 181, de 5 de outubro de 1998, da Secretaria de Desenvolvimento Agrícola (SDA), publicada no D.O.U. de 23 de novembro de 1998, estabelece três categorias para as pragas quarentenárias, sendo elas:

- Pragas quarentenárias A1: pragas de grande importância, não presentes no Brasil.
- Pragas quarentenárias A2: pragas presentes no pais, em áreas restritas e sob controle oficial.
- Pragas não quarentenárias regulamentáveis: pragas não quarentenárias passíveis de regulamentação devido a sua importância.

Cada país possui suas próprias normas e leis para legislar sobre as ações relacionadas às pragas, sejam elas quarentenárias ou não. Nesse sentido, as **medidas obrigatórias de controle** são aquelas estabelecidas por meio de leis que obrigam os produtores a cumpri-las.

Métodos mecânicos

Uma forma simples de controle de insetos, e comumente utilizada em plantações de pequena escala, na agricultura de subsistência, são os métodos mecânicos. Eles consistem na coleta manual dos insetos em qualquer que seja seu estágio de vida (ovos, larvas, ninfas ou adultos). Um exemplo muito comum é a coleta de ovos e lagartas de curuquerê da couve (*Ascia monuste orseis*) em pequenas hortas. Pode-se também fazer batidas sucessivas no tronco de árvores frutíferas, colocando-se panos ou plásticos sob elas, visando à coleta dos insetos caídos; criar barreiras que impeçam ou dificultem o acesso do inseto à planta, por exemplo, usar um cone invertido feito de polietileno preso ao coleto (ponto de encontro entre a raiz e o caule da planta) de frutíferas, para evitar que formigas cortem as folhas, ou utilizar a passagem da grade de discos após a colheita para destruir as larvas que permanecerem nos resíduos culturais.

Métodos físicos

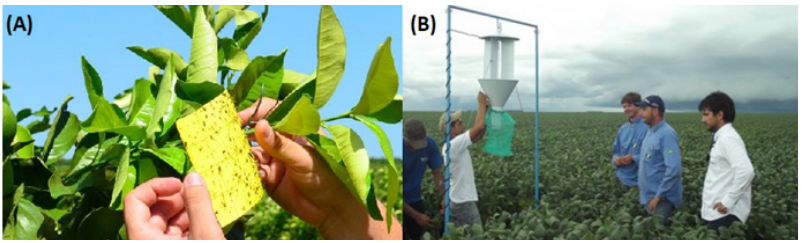
Os métodos físicos, por sua vez, utilizam técnicas baseadas no uso do fogo, umidade, temperatura e radiação eletromagnética para o controle dos insetos indesejáveis. O fogo tem uso restrito no controle de pragas. Quando utilizado, ele é aplicado em situações nas quais o controle químico seria antieconômico, por exemplo, na eliminação de restos de cultura e destruição de ramos de plantas atacadas por coleobrocas, como *Trachyderes thoracicus* em citros e *Dorcacerus barbatus* em acerola (GALLO *et al.,* 2002). As variações extremas de temperatura (50 °C ou -5 °C) podem matar ou paralisar as atividades de algumas pragas, sendo muito empregadas para o controle de pragas de grãos armazenados (GALLO *et al.,* 2002).

Os processos de radiação eletromagnética, por sua vez, utilizam-se das radiações ultravioleta (U.V.), luminosa e infravermelha (I.V.). A radiação ultravioleta pode ser utilizada para controle de insetos, uma vez que eles podem ter reações de atratividade ou repelência. Por exemplo, o pulgão *Myzus persicae* é repelido por radiação ultravioleta, motivo pelo qual recomenda-se o uso de palha de arroz sobre cobertura de hortas, como cobertura morta refletora de ultravioleta (GALLO *et al*., 2002). Outro exemplo do uso de radiação ultravioleta é a luz de cor amarela, que é atraente para adultos de mosca branca (*Bemisia* sp.) e mosca minadora dos citros (*Phyllocnistis citrella*), sendo utilizada para atrair e capturar adultos no campo (Figura 4.9A). Armadilhas luminosas, em geral, são aparelhos utilizados para atrair e capturar insetos chamados **fototrópicos positivos** de voo noturno. Existem vários tipos de armadilhas luminosas, e a maioria utiliza lâmpadas que emitem maior parte de sua energia na faixa do ultravioleta (U.V.) (Figura 4.9B).

Assimile

Fototropismo é a designação dada a seres vivos que se movimentam de acordo com estímulos luminosos. Esse movimento pode ser no sentido da luz (fototropismo positivo) ou no contrário dela (fototropismo negativo). Sendo assim**, insetos fototrópicos positivos** são aqueles que se sentem atraídos pela luz.

Figura 4.9 | Exemplos de armadilhas para captura de adultos: (A) Armadilha que utiliza cor como atrativo e (B) armadilha luminosa



Fonte: (A) https://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/galeria/ba03f-156-201706211006.jpg; (B) http://www.ampa.com.br/imagens/noticias/mini/17012013123728.jpg. Acesso em: 9 dez. 2018.

A radiação infravermelha (IV) pode ser utilizada como método físico de controle de pragas, uma vez que cada corpo emite um determinado controle de onda IV, e os insetos, por sua vez, possuem capacidade para identificá-lo por meio de seus olhos compostos e suas antenas. Um exemplo de como isso pode ser utilizado no campo é estudando-se cultivares resistentes justamente por emitirem certos comprimentos de onda de IV desfavoráveis às pragas. O infravermelho também pode ser utilizado no campo para a detecção de pragas em plantas por meio do sensoriamento remoto (GALLO *et al.*, 2002).

Métodos culturais

O controle cultural de insetos consiste na alteração do meio ambiente, com o objetivo de torná-lo desfavorável para as pragas. Para isso, utiliza-se um conjunto de técnicas para reduzir a probabilidade da multiplicação de insetos indesejáveis na cultura; promover a dispersão deles para outras áreas; ou reduzir sua sobrevivência e/ou reprodução.

Dentre as técnicas utilizadas como métodos culturais, temos a modificação do meio físico (por meio do preparo do solo ou do manejo de fertilizantes e matéria orgânica, por exemplo) e a modificação no hábitat (por meio do aumento na densidade de plantio, da consorciação de culturas, da alteração na época de colheita e da rotação de culturas, por exemplo).

Exemplificando

Para a utilização da alteração da época de colheita visando ao controle de insetos, ela deve ser feita logo após a maturidade fisiológica dos frutos ou sementes, diminuindo, assim, o tempo de exposição destes às pragas. Utiliza-se essa recomendação, por exemplo, para o controle da mosca das frutas (Diptera: Tephritidae), em feijoeiro e também em cereais, para diminuir o ataque de pragas de grãos armazenados (cujo início da infestação ocorre no campo).

Métodos de controle por modificação genética e resistência de plantas

As técnicas de controle baseadas na modificação genética são aquelas nas quais se utiliza a biotecnologia para modificação dos organismos, com o objetivo de controlar populações de insetos praga. Essa modificação genética pode ser da própria praga ou de outros componentes do sistema, como as plantas hospedeiras ou seus inimigos naturais.

O controle baseado na modificação da praga para reduzir a população de sua própria espécie é o chamado controle autocida. Um exemplo é a criação massal de insetos de uma determinada espécie de praga, sua esterilização (geralmente, do macho) e a liberação no campo para competir com os insetos normais no acasalamento. Neste caso, as fêmeas acasaladas com os machos estéreis não deixarão descendentes, reduzindo os níveis populacionais.

Outra técnica é a utilização de organismos transgênicos para o controle de pragas, utilizando-se DNA recombinante e engenharia genética para introduzir nos organismos genes de outros, conferindo-os alguma vantagem em relação ao ataque de pragas. Os genes mais utilizados nas plantas já consagrados são o da toxina de *Bacillus thuringiensis,* conhecido como bt.

Além da modificação genética, a resistência de plantas pode estar relacionada a fatores específicos da planta, do inseto ou do ambiente. De acordo com Gallo *et al.* (2002), em relação aos fatores da planta, as causas de resistência podem ser **físicas** (repelência do inseto pela cor do substrato), **químicas** (alteração do comportamento do inseto em virtude de substâncias químicas da planta) ou **morfológicas** (características da planta que podem afetar a locomoção, o acasalamento ou a alimentação do inseto). Já os fatores do inseto, geralmente, relacionam-se à espécie, ao biotipo, à fase de desenvolvimento e ao tamanho da população. Por fim, os fatores do ambiente podem ser temperatura, umidade, nutrientes, época de plantio, tamanho das parcelas, inimigos naturais e presença de doenças, por exemplo (GALLO *et al.*, 2002).

Controle químico

O controle químico de pragas é baseado no uso de produtos genericamente chamados de agrotóxicos e, mais recentemente, designados de produtos fitossanitários. Segundo a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (BRASIL, 1989), os agrotóxicos e afins são definidos como produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso em ambientes agrícolas, urbanos, hídricos e industriais, com a finalidade de alterar a composição da flora e da fauna, preservando-as da ação danosa de seres vivos considerados nocivos. Essa definição engloba não só os inseticidas, como também os fungicidas, acaricidas e nematicidas, além das substâncias utilizadas como desfolhantes, dessecantes, fertilizantes e inibidores de crescimento vegetal.

Ainda em relação à legislação relacionada ao controle químico, é importante saber que o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a referida lei (Lei nº 7.802/89), dispõe sobre a pesquisa, experimentação, produção, embalagem, rotulagem, transporte, armazenamento, comercialização, destino final dos resíduos das embalagens, entre outros.

De acordo com Gallo *et al*. (2002), a toxicidade de um inseticida é determinada estabelecendo-se a dose mínima necessária para que possa matar um inseto. Essa dose, por sua vez, é variável de acordo com o tipo do produto e as reações fisiológicas que ela provocará ao inseto. Sendo assim, antes de se tomar a decisão pela utilização de um inseticida, é preciso levar em consideração sua natureza química, a dose que será empregada e também seu estado físico, de acordo com a formulação do inseticida (que pode ser pó seco, pó molhável, granulado, líquido, aerossóis, gasosos, entre outros).

Além disso, é preciso, ainda, levar em consideração o tipo de aplicação após selecionar o inseticida que será utilizado. Cada tipo de formulação exigirá um tipo de aplicação específica para a praga que se deseja controlar. Alguns exemplos das formas mais comuns de aplicação de inseticidas são: pulverizações aéreas, pulverizações tratorizadas, tratamento de sementes antes do plantio, fumigação (muito utilizado para se evitar o trânsito de pragas quarentenárias na exportação de produtos vegetais) e aplicação de granulados no solo.

Para grandes áreas de monocultura, geralmente, opta-se pela aplicação aérea, que traz um bom rendimento em termos de área aplicada por dia. Entretanto, apesar dos benefícios, a aplicação aérea possui algumas restrições para aplicação de agrotóxicos, como o impedimento da aplicação em áreas localizadas até 500 metros de povoações, cidades, vilas, bairros e áreas de mananciais de captação de água para abastecimento. Nestes casos, opta-se pela aplicação tratorizada, ou outro método de controle, que não seja o químico. A aplicação tratorizada não possui essas restrições em relação a mananciais, povoados, vilas e bairros, entretanto é necessária uma análise da declividade do terreno, a fim de entender se ele é mecanizável.

Dica

Ficou curioso e quer saber mais sobre a aplicação aérea de agrotóxicos? Na página do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) há informações sobre a aviação agrícola.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. MAPA. Aviação Agrícola. 2018.

Controle biológico

O controle biológico de pragas, último método de controle que estudaremos nesta seção, é baseado na utilização de inimigos naturais no controle das populações de organismos praga. Os inimigos naturais, assim como já estudado em seções anteriores, podem ser predadores, parasitas ou entomopatógenos (patógenos de insetos).

De acordo com Gallo *et al.* (2002), o controle biológico pode ser classificado em natural, clássico ou aplicado. Vamos conhecer melhor cada um deles. O **controle biológico natural** de populações de pragas é realizado por inimigos naturais que ocorrem normalmente no agrossistema, não sendo necessário fazer nenhuma intervenção no agroecossistema. Neste caso, para que o controle natural seja bem-sucedido é necessária apenas a utilização de técnicas de manejo que protejam os inimigos naturais, seja utilizando inseticida seletivo (que não prejudica o ciclo de vida dos inimigos naturais), aplicando o inseticida apenas em reboleiras, ou somente quando realmente necessário. É importante ainda diversificar as espécies vegetais cultivadas para a manutenção de populações dos inimigos naturais.

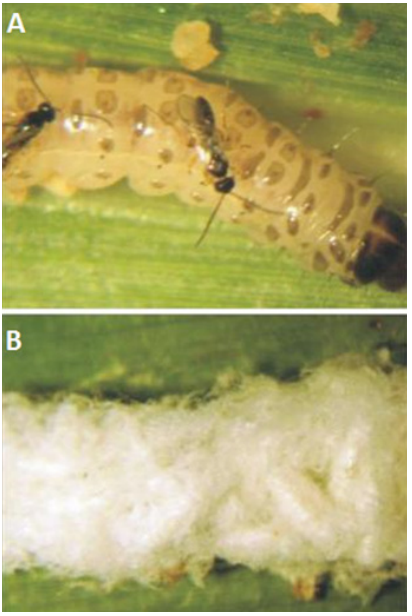
Já no **controle biológico clássico** ocorre a introdução de um inimigo natural originário de outra região, para o controle de pragas exóticas (eventualmente nativas). Um exemplo é a introdução da vespinha *Cotesia flavipes*, originária do sudeste asiático, para o controle da broca da cana (*Diatraea saccharalis*), que é uma praga de regiões tropicais, mas não é nativa do Brasil.

Por fim, **o controle biológico aplicado** consiste na criação em massa de inimigos naturais para posterior liberação ou aplicação no campo. No Brasil, as biofábricas costumam produzir em maior escala parasitoides (Hymenoptera) e entomopatógenos (fungos, bactérias e vírus).

Exemplificando

Um exemplo de controle biológico aplicado é a produção e o uso da vespinha *Cotesia flavipes* em cana-de-açúcar, para a redução dos índices da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) (Figura 4.10). As vespinhas podem ser adquiridas via biofábricas particulares, mas, muitas vezes, as próprias usinas acabam optando pela implantação e manutenção dos seus próprios laboratórios de criação massal. Trata-se de um controle eficaz e oportuno por se tratar de uma estratégia ambientalmente segura e aplicável a qualquer tipo de área, uma vez que não possui as limitações apresentadas para a aplicação aérea ou tratorizada de defensivos, por exemplo.

Figura 4.10 | (A) Cotesia flavipes realizando ovoposição em Diatraea saccharalis e (B) pupas de Cotesia flavipes em campo



Fonte:http://panorama.cnpms.embrapa.br/insetos-praga/inimigos-naturais/parasitoides-de-lagartas/vespa-cotesia-flavipes-cameron-hymenoptera-braconidae. Acesso em: 22 jan. 2019.

As liberações de ovos e adultos de parasitoides são, geralmente, realizadas de maneira inoculativa, liberando-se quantidades específicas em vários pontos da cultura, permitindo, assim, seu estabelecimento e posterior incremento da população ou em forma inundativa, liberando-se um grande número de indivíduos no campo. Atualmente, com a tecnologia, pode-se utilizar, inclusive, drones para esse tipo de liberação. Já para a aplicação de entomopatógenos, normalmente, utiliza-se aplicação aérea ou tratorizada, levando em consideração os mesmos critérios que os inseticidas químicos.

Reflita

Agora que você já conhece um pouco mais sobre os métodos de controle químico e biológico, retome o conceito de agrotóxico definido pela Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, e reflita: os agentes de controle biológico podem ser considerados como agrotóxicos? Você acha que esse termo é o mais adequado?

O Projeto de Lei nº 6.299/2002, conhecido popularmente como "PL do veneno", propõe uma flexibilização nas regras para fiscalização e aplicação dos agrotóxicos no Brasil, entretanto vem causando uma grande discussão entre diversos órgãos ambientais e de saúde pública (como IBAMA e ANVISA, por exemplo), além de atrair depoimentos negativos e campanhas da sociedade civil que se declaram contra.

De acordo com o novo PL, a atual Lei n° 7.802, de 1989, apresenta-se defasada ou incompatível com conceitos, fundamentos e princípios dos tratados e acordos internacionais ratificados pelo Brasil, como o Acordo sobre a Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS)/OMC, em que os membros da OMC "têm o direito de aplicar medidas sanitárias e fitossanitárias para a proteção da vida ou saúde humana, animal ou para preservar as plantas" (BRASIL, 2002, [s.p.]). Ainda de acordo com o novo PL, a atual lei vigente ainda desconsidera os critérios de classificação toxicológica de defensivos fitossanitários do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), que foi adotado pela Organização das Nações Unidas, em 2002. Sendo assim, o projeto em questão propõe adotar o termo "produto fitossanitário" ao invés do termo "agrotóxico" e, ainda, efetuar revisão de diretrizes e exigências para o registro de novos produtos, fundamentadas em fatos ou conhecimentos científicos novos, que sejam relevantes quanto à eficácia agronômica, toxicológica e ecotoxicológica.

Quem defende a aprovação do PL entende que o avanço dos conhecimentos técnicos e científicos, tanto em âmbito nacional quanto internacional, devem ser considerados. Entretanto, quem é contra acredita que os impactos dessa mudança podem viabilizar a aprovação de agrotóxicos mais agressivos à saúde humana, animal e ao meio ambiente, alegando que não está claro o que é "risco aceitável" quando se trata de classe toxicológica.

A aprovação do PL pode ser negativa do ponto de vista dos ambientalistas, que têm receio de que a modificação de nomenclatura seja uma tentativa de maquiar a nocividade do componente, como declarado pelo Greenpeace. Entretanto, do ponto de vista do controle biológico de pragas, da evolução dos bioinseticidas e dos macrorganismos agentes de controle biológico, há realmente uma necessidade de adequação, uma vez que todos são enquadrados, conceitualmente, como "agrotóxicos", um termo pejorativo, uma vez que se tratam de produtos biológicos e que não apresentam toxicidade, a não ser à praga-alvo, em uma estratégia de controle. Ressalta-se que, além de depreciativo, o termo agrotóxico é utilizado apenas no Brasil. Neste sentido, efetuar uma revisão de diretrizes e exigências fundamentadas em fatos ou conhecimentos científicos novos se torna realmente relevante quando tratamos de eficácia agronômica, toxicológica e ecotoxicológica.

Dica

Saiba mais sobre o Projeto de Lei nº 6.299/2002: BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 6.299, de 2002**. Altera os arts. 3º e 9º da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

Assim, chegamos ao final de mais uma seção, na qual você pôde conhecer os métodos de controle utilizados para o controle de pragas agrícolas, sejam elas nas lavouras ou no armazenamento de produtos agropecuários. Neste momento, é importante que você tenha em mente que nenhuma estratégia de controle de insetos-praga é única, sendo necessária, dependendo do caso, a utilização de métodos combinados. Este é justamente o tema da nossa próxima e última seção: o manejo integrado de pragas (MIP). Você verá que é possível realizar a adoção de um conjunto de práticas que visam reduzir a população de insetos negativos na área agrícola e minimizar os danos causados às culturas.

Sem medo de errar

Agora que você conhece um pouco mais sobre os métodos de controle de pragas e quando utilizar cada um deles, vamos retomar nossa situação hipotética e resolver seu novo problema como engenheiro agrônomo de uma usina sucroalcoleira.

Você já sabe que deve realizar um planejamento diário relacionado às áreas que devem ser visitadas para amostragem e àquelas que deverão receber algum método de controle. Dentre as pragas-chave analisadas diariamente, a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) atingiu recentemente seu nível de controle na Fazenda Boa Vista, e você deve tomar a decisão sobre o melhor método de controle para essa área o mais rápido possível.

Vamos recordar que a área em questão possui 64 hectares entre um córrego e o centro de uma comunidade rural, contendo igreja, cozinha comunitária e salão de eventos. A cana-de-açúcar está em seu segundo corte e iniciando seu estágio fisiológico de maturação, medindo cerca de 1,50 m de altura. Considerando o índice de infestação de 4,5% e as condições da fazenda em questão, para a tomada de decisão em relação aos métodos de controle e de aplicação, é preciso levar em consideração o entorno da região?

Neste caso, qual seria o melhor método de controle para a praga?

A resposta para o primeiro questionamento é sim. Para a tomada de decisão em relação a um método de controle de pragas é preciso levar em consideração a cultura, a praga que será controlada, o estágio fenológico da planta, o tamanho, a localização e a característica do terreno da área em questão, pois todos esses fatores poderão influenciar no tipo de controle a ser adotado.

Para grandes áreas de monocultura, como a cana-de-açúcar, geralmente, opta-se pela aplicação aérea, que traz um bom rendimento em termos de área aplicada por dia. Entretanto, apesar dos benefícios, ela possui algumas restrições para aplicação de agrotóxicos, como o impedimento da aplicação em áreas localizadas até 500 metros de povoações, cidades, vilas, bairros e áreas de mananciais de captação de água para abastecimento, que o caso da Fazenda Boa Vista. Por esse motivo, nestes casos, uma opção seria a aplicação tratorizada, ou os controles biológico, cultural ou mecânico, por exemplo. Estes não possuem restrições em relação a mananciais, povoados, vilas e bairros.

Outro ponto importante a ser analisado é a declividade do terreno, a fim de entender se ele é mecanizável. No caso da cana-de-açúcar da fazenda em questão, a altura das plantas seria um outro fator limitante, uma vez que estão muito altas, inviabilizando a aplicação do trator.

Assim, como não é possível utilizar aplicação aérea nem tratorizada, a opção mais viável seria o controle biológico com a liberação da vespinha *Cotesia flavipes* para a redução dos índices da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*). As vespinhas podem ser adquiridas via biofábricas particulares, mas, muitas vezes, as próprias usinas acabam optando pela implantação e manutenção dos seus próprios laboratórios de criação massal. Trata-se de um controle eficaz e oportuno por se tratar de uma estratégia ambientalmente segura e aplicável a qualquer tipo de área, uma vez que, por ser uma liberação manual, não possui as limitações apresentadas para a aplicação aérea ou tratorizada de defensivos, por exemplo.

A favor ou contra?

Descrição da situação-problema

Você é um renomado agrônomo especialista em controle de pragas e foi recentemente convidado a participar de uma mesa-redonda em um congresso da área, cujo tema é "O controle de pragas e a PL do veneno". Você preparou sua apresentação com os principais tópicos do Projeto de Lei em questão (Projeto de Lei nº 6.299/2002), mas não entrou em detalhes sobre a maior questão entre ambientalistas e ruralistas, que vem sendo alvo de discussão e muito noticiado pela mídia.

Assim, quando aberto espaço para perguntas, uma jovem oportunamente lhe perguntou:

– Professor, você citou todos os pontos positivos do projeto de lei, entretanto não citou o motivo pelo qual os ambientalistas vêm se opondo a ele e pelo qual ele ficou conhecido como "PL do veneno". Você poderia nos esclarecer?

E agora, professor? O que você responderá à aluna congressista?

Resolução da situação-problema

Para responder ao questionamento da aluna, é importante iniciar dizendo que quem defende a aprovação do PL entende que o avanço dos conhecimentos técnicos e científicos, tanto em âmbito nacional quanto internacional, devem ser considerados. Entretanto, quem é contra acredita que os impactos dessa mudança podem viabilizar a aprovação de agrotóxicos mais agressivos à saúde humana, animal e ao meio ambiente, alegando que não está claro o que é "risco aceitável" quando se trata de classe toxicológica. Neste caso, de acordo com os ambientalistas que apelidaram o Projeto de Lei de "PL do veneno", a modificação de nomenclatura dos agrotóxicos é uma tentativa de mascarar a nocividade do componente, como declarado pelo Greenpeace.

É importante ressaltar que, em um ponto de vista favorável ao projeto de lei em questão, está uma análise em relação à situação do controle biológico de pragas, da evolução dos bioinseticidas e dos macrorganismos agentes de controle biológico. Nestes casos, há realmente uma necessidade de adequação, uma vez que todos são enquadrados, conceitualmente, como "agrotóxicos", um termo pejorativo, uma vez que se tratam de produtos biológicos e que não apresentam toxicidade, a não ser à praga-alvo em uma estratégia de controle.

Faça valer a pena

1. Analise, a seguir, o texto e a imagem relacionados a um método de controle de pragas:

Armadilhas luminosas, em geral, são aparelhos utilizados para atrair e capturar insetos chamados **fototrópicos positivos** de voo noturno. Existem vários tipos de armadilhas luminosas; a maioria delas utiliza lâmpadas que emitem maior parte de sua energia na faixa do ultravioleta (U.V.).

Figura 4.11 | Armadilha luminosa para insetos-praga

Fonte: http://www.isca.com.br/pt/produtos/p/40ae9f87-5439-49f2-bfc9-cbc261119577/515. Acesso em: 17 dez. 2018.

O método de controle em questão trata-se de:

a) Controle químico.
b) Controle biológico.
c) Controle mecânico.
d) Controle cultural.
e) Controle físico.

2. O controle biológico de pragas é baseado na utilização de inimigos naturais no controle das populações de organismos praga. Os inimigos naturais podem ser predadores, parasitas ou entomopatógenos (patógenos de insetos) e, de acordo com Gallo *et al.* (2002), o controle biológico pode ser classificado em natural, clássico ou aplicado.

Analise as asserções a seguir:

I. O controle de pragas é realizado pela liberação em campo de inimigos naturais criados em biofábricas.
II. O controle de pragas é realizado por inimigos naturais que ocorrem, normalmente, no agrossistema, não sendo necessário fazer nenhuma intervenção no agroecossistema.

III. O controle de pragas é realizado com a introdução de um inimigo natural originário de outra região, para o controle de pragas exóticas (eventualmente nativas).

Assinale a alternativa que contém o tipo de controle biológico correto para cada asserção.
a) I. Aplicado; II. Clássico; III. Natural.
b) I. Natural; II. Clássico; III. Aplicado.
c) I. Aplicado; II. Natural; III. Clássico.
d) I. Clássico; II. Natural; III. Aplicado.
e) I. Natural; II. Aplicado; III. Clássico.

3. Para a tomada de decisão em relação a um método de controle de pragas, é preciso levar em consideração a cultura, a praga que será controlada, o estágio fenológico da planta, o tamanho, a localização e a característica do terreno da área em questão, pois todos esses fatores poderão influenciar no tipo de controle a ser adotado.

Sobre o assunto, analise as asserções a seguir e a relação proposta entre elas:

I. Para grandes áreas de monocultura, como a cana-de-açúcar, geralmente, opta-se pela aplicação tratorizada, que traz um bom rendimento em termos de área aplicada por dia.
PORQUE
II. Apesar dos benefícios, a aplicação aérea possui algumas restrições para aplicação de agrotóxicos, como o impedimento da aplicação em áreas localizadas até 500 metros de povoações, cidades, vilas, bairros e áreas de mananciais de captação de água para abastecimento.

Assinale a alternativa que melhor representa a relação entre as asserções.
a) As duas asserções estão corretas, e a II é uma justificativa da I.
b) As duas asserções estão corretas, e a II não é uma justificativa da I.
c) A asserção I é correta, e a II é falsa.
d) A asserção I é falsa, e a II é correta.
e) As duas asserções são falsas.

Seção 4.3

Manejo Integrado de Pragas (MIP)

Diálogo aberto

Olá, aluno! Chegamos à última seção desta disciplina de Entomologia aplicada à Agronomia. Até aqui, você conheceu os aspectos morfológicos, fisiológicos e as ordens dos insetos. Entendeu também que, além de identificar as pragas, é importante a observação do momento exato em que ela deve ser controlada, pois não se justifica o seu controle quando o custo dele for superior ao dano causado por ela. Daí a explicação de o porquê há preocupação em manter a infestação abaixo do ponto em que os danos se equivalem ao custo de controle. Agora, veremos, na prática, como realizar a tomada de decisão sobre qual deles utilizar, ou utilizá-los de maneira integrada.

Para isso, lembre-se de que você é o mais novo engenheiro agrônomo de uma usina sucroalcoleira, responsável pelo direcionamento das equipes de amostragem de pragas, análise do índice de infestação e tomada de decisão sobre o melhor método de controle a ser utilizado em cada área. Dentre as pragas-chave analisadas diariamente, você já vem realizando o controle biológico da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) com o microhimenóptero *Cotesia flavipes*; agora, será necessário também realizar o controle da cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) em algumas áreas que já estão apresentando nível de controle. Entretanto, dentro da mesma fazenda, existem talhões que estão muito acima do nível de dano econômico (NDE) e outras que estão apenas no nível de controle (NC).

O desafio é tomar a decisão sobre qual método de controle utilizar para obter uma boa eficiência em relação ao custo, além de pensar na sustentabilidade da plantação. Como você não estava na empresa na safra anterior, resolveu levantar os dados de controle da cigarrinha e, comparando-se os métodos de controle biológico com o fungo *Metarhizium anisopliae* e o controle químico com inseticida, observou que ambos mantiveram a mesma produtividade da cana em toneladas por hectare, no entanto o resultado obtido com o fungo foi um pouco mais lento em dias quando comparado com o inseticida. Em contrapartida, os custos dos sistemas de manejo foram bem diferentes um do outro, conforme demonstra a Tabela 4.1:

Tabela 4.1 | Análise de custos entre controle biológico e controle químico da cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) na safra 2017/2018

ITEM AVALIADO	SF 2017/2018
Custo Controle Biológico (R$/ha)	48,01
Custo Controle Químico (R$/ha)	186,98
Variação (%)	77,9%

Fonte: elaborada pelo autor.

Sabendo-se que o controle biológico é mais lento e mais barato que o controle químico, no caso das fazendas que estão com alguns talhões apresentando o índice de infestação muito acima do NDE, você optaria por utilizar apenas esse método de controle em 100% das áreas? Seria possível integrar, na safra 2018/2019, os dois métodos de controle, a fim de se obter uma melhor eficiência e melhor custo com o controle, evitando-se o desperdício de produtos fitossanitários nas áreas em que não atingiram o NC? Do ponto de vista do Manejo Integrado de Pragas, quais outras estratégias poderiam ser utilizadas para controle da cigarrinha-das-raízes, além dos controles biológico e químico?

Para lhe ajudar a responder a questões como estas e lhe auxiliar com seu planejamento e tomada de decisão, nesta última seção, você conhecerá o conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP), suas técnicas de utilização e a escolha da estratégia de controle e tomada de decisão. Ao final, você estará apto a resolver os problemas relacionados ao controle de pragas da usina onde trabalha, além de ser capaz de tomar esse tipo de decisão para qualquer outra cultura e pragas-chave que vier a trabalhar.

Não pode faltar

Aluno, estamos finalizando a disciplina, então, você já deve estar ciente de que os insetos são fundamentais para o equilíbrio dos ecossistemas, entretanto, quando presentes em grandes populações nas culturas agrícolas, podem causar danos variáveis, podendo ser observados em todos os órgãos vegetais e com diferentes níveis de ataque.

Na seção anterior, você conheceu cada tipo de controle para as pragas agrícolas separadamente, porém você verá que o conceito de controle de pragas vem mudando e, atualmente, não mais é realizado por meio da utilização de um único método, ou pela aplicação sistemática de produtos químicos, como no passado.

De acordo com Gallo *et al.* (2002), o controle de pragas já foi baseado apenas no poder residual dos produtos, sem que houvesse preocupação com

os níveis de dano e de controle do inseto na cultura. Muitas vezes, as aplicações de inseticidas eram preestabelecidas e realizadas mesmo se a praga não estivesse presente. O resultado dessas aplicações desordenadas foi a resistência das pragas a diversos inseticidas, a ressurgência delas, a diminuição dos inimigos naturais, além dos efeitos tóxicos ao homem, aos peixes, aos animais silvestres e aos insetos polinizadores, por exemplo (GALLO *et al.*, 2002).

Assimile

Mesmo nos dias atuais, o controle químico ainda é utilizado de maneira indiscriminada em muitas localidades. De acordo com dados de pesquisadores da área, no Brasil, a utilização de agroquímicos aumentou 172% nos últimos 12 anos. Parece assustador, mas esse número também é alto no restante do mundo, em que o crescimento foi de 90%. Estima-se que, em 2012, o Brasil tenha gasto cerca de R$ 9,7 bilhões com agroquímicos. Já em 2014, esse número saltou para R$ 12 bilhões, sendo R$ 4,6 bilhões gastos exclusivamente com a compra de inseticidas (MOURA, 2017).

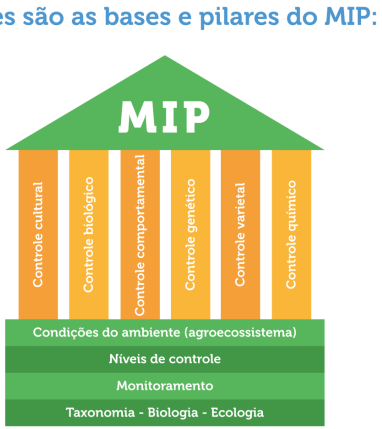
Diante da necessidade de reverter esses efeitos negativos, surgiu um novo conceito de controle de insetos. Inicialmente chamado de "Controle Integrado", o Manejo Integrado de Pragas (MIP) evoluiu para designar o controle de insetos com bases ecológicas e envolvendo diferentes tipos de problemas que limitam a produção agrícola. Sendo assim, de acordo com Gallo *et al.* (2002), o MIP foi uma resposta da comunidade científica ao uso incorreto de produtos químicos para o controle de insetos.

Conforme Zanetti (2006), o MIP é uma filosofia de controle de pragas que faz uso integrado de todas as técnicas de combate possíveis, com base em parâmetros econômicos, ecológicos e sociológicos, objetivando manter a densidade populacional de um organismo abaixo do nível de dano econômico.

Esse conceito é muito amplo e envolve tecnologias em diferentes áreas, como entomologia, fitotecnia, fisiologia vegetal, matemática e economia. Essa visão interdisciplinar forma um pacote tecnológico dinâmico, com o objetivo de tomada de decisão relacionada ao emprego de novos métodos de controle, e leva em consideração os pontos negativos de cada método já estudado anteriormente, procurando utilizar ao máximo os agentes naturais de controle do meio (tanto físico quanto biológico). Neste contexto, exemplos de estratégias que auxiliam no controle de pragas de maneira integrada são as técnicas de controle cultural, biológico, comportamental, genético, varietal e químico, todas estudadas na seção anterior.

Veja, na Figura 4.12, um diagrama que representa o desenvolvimento de um programa de manejo, análogo a uma casa, em que se pode ver suas bases e pilares. Esse esquema foi proposto inicialmente por Gonzalez (1971) e por Zucchi (1990).

Figura 4.12 | Bases e pilares do MIP



Fonte: adaptado de Zucchi (1990).

Como você pode observar na Figura 4.13, o MIP é um sistema de controle que utiliza diferentes técnicas do modo mais compatível possível para manter a população da praga abaixo do nível de dano econômico, levando em consideração critérios econômicos, ecológicos e sociais. É considerada uma das práticas agrícolas mais robustas surgidas na segunda metade do século XX. Segundo Gallo *et al.* (2002), o MIP tem um caráter muito mais amplo, existindo pesquisadores que até preferem os termos "Manejo Integrado de Culturas" ou "Manejo Ecológico de Culturas", uma vez que é necessária a participação, nesses programas, de entomologistas, fitotecnistas, fisiologistas de plantas, ecologistas, especialistas em nutrição de plantas, especialistas em plantas daninhas, especialistas em modelagem, patologistas, geneticistas, entre outros.

Se formos analisar um agroecossistema, veremos que ele difere dos ecossistemas naturais pelo alto nível de interferência e controle humano, uma vez que eles são resultados das interações entre os sistemas ecológicos e socioeconômicos. O conhecimento dos processos ecológicos é fundamental para que o MIP seja empregado com sucesso nas culturas, podendo ser entendido como base para uma agricultura sustentável, que utiliza os recursos de modo mais eficiente e preserva o meio ambiente.

De maneira geral, podemos dizer que o MIP é constituído de três etapas, que devem ser cumpridas sempre que surgirem problemas de ataque de insetos à cultura e que compõem as ações rotineiras do programa (ZANETTI, 2006).

A primeira etapa consiste na avaliação local do problema, em que devem ser analisados a planta, a praga, os inimigos naturais e o clima. Avaliados o histórico e a situação atual do local, a tomada de decisão é efetuada por meio da análise dos aspectos econômicos da cultura e da relação custo/benefício do controle de pragas, que é determinado pelo Nível de Dano Econômico.

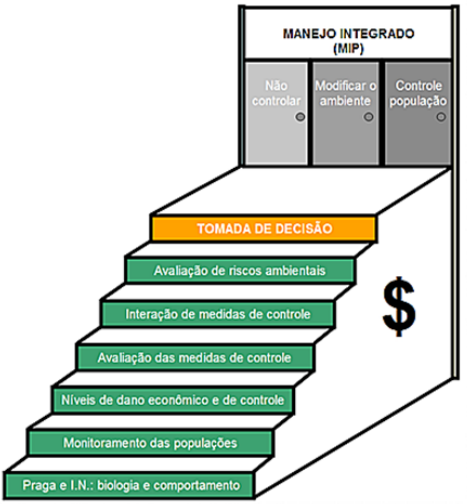
A tomada de decisão pelo manejo de pragas está relacionada à tecnologia, ao produtor, ao ambiente físico e ao ambiente institucional. O último passo das etapas do MIP consiste em adotar medidas de controle que podem envolver um ou mais métodos de redução populacional de insetos. Para isso, deve-se ter um bom conhecimento de todas as técnicas de controle e escolher as mais adequadas, levando-se em consideração os fatores técnicos, econômicos, ecológicos e sociológicos.

Em uma visão um pouco mais detalhada, conforme Gallo *et al.* (2002), as etapas para a elaboração de um plano de manejo de pragas em uma cultura incluem:

1. **Reconhecimento das pragas-chave:** envolve a identificação taxonômica, da biologia, dos hábitos, hospedeiros e inimigos naturais da praga.
2. **Avaliação dos inimigos naturais:** envolve as técnicas de criação de inimigos naturais para liberação ou produção de patógenos para aplicação.
3. **Estudo de fatores climáticos que afetam a dinâmica populacional da praga e seus inimigos naturais.**
4. **Determinação dos níveis de Dano Econômico e Controle:** envolve a fenologia da planta, os prejuízos da praga, o custo do controle e o preço da produção.
5. **Realização das amostragens.**
6. **Avaliação do(s) método(s) mais adequado(s) para incorporar em um programa de manejo.**

Veja, na Figura 4.13, que essas etapas levam à tomada de decisão que pode ser adotada por não realizar o controle, modificar o ambiente para evitar o surgimento das pragas ou controlar a população. Note que essa decisão envolverá a análise de custos do controle e o nível de dano econômico.

Figura 4.13 | Etapas para a tomada de decisão no Manejo Integrado de Pragas (MIP)



Fonte: https://www.entomolconsultoria.com/entomologia. Acesso em: 20 dez. 2018.

Reflita

Considerando seu conhecimento em relação aos métodos de controle de pragas (estudados na seção anterior) e o conceito de Manejo Integrado de Pragas (MIP), você acredita que este, além de evitar perdas de produtividade devido ao ataque de pragas, poderá auxiliar o produtor rural na redução dos custos operacionais de manejo da lavoura?

Nesta seção, vimos que o emprego do MIP proporciona que as pragas agrícolas sejam controladas de maneira racional, utilizando-se a associação de diferentes métodos, como uso de cultivares mais resistentes às pragas, controle biológico e até mesmo o controle químico, dando prioridade a agrotóxicos mais seguros ao homem e ao meio ambiente. Assim, podemos concluir que o MIP proporciona, principalmente, o uso racional dos defensivos agrícolas, não apenas diminuindo o impacto no ambiente, como também aumentando a eficiência do controle de pragas e, ainda, aumentando a renda do produtor.

Vamos entender um pouco melhor como o MIP pode proporcionar o aumento da renda do produtor. A visão que temos de muitas lavouras brasileiras ainda é aquela de que os defensivos químicos são utilizados sem que seja considerada efetivamente a população da praga, analisada pelo nível de dano que elas causam e o nível de controle delas. Isso ocorre pois, durante muito tempo, o controle de pragas foi realizado utilizando-se um cronograma

de aplicação de produtos químicos, em que os inseticidas, geralmente, eram utilizados junto a outros defensivos. Essa prática, apesar de parecer mais eficiente, acaba por aumentar a quantidade de defensivos no meio ambiente e, consequentemente, os custos da lavoura, muitas vezes, sem necessidade.

Comparando-se essa forma de controle, pode-se afirmar que o MIP proporciona redução de custos ao produtor, uma vez que trabalha com aplicações mais assertivas, utilizando-se uma maior variedade de produtos, em diferentes épocas e de acordo com a necessidade da lavoura, conforme as amostragens realizadas.

Exemplificando

Se, por exemplo, em uma determinada lavoura, alguns talhões atingem o nível de controle de pragas, é possível realizar aplicações de inseticidas químicos ou biológicos apenas nesses locais, sem que exista a necessidade de aplicação na fazenda por completo.

Dica

Interessou-se pelo tema e quer saber um pouco mais sobre a possibilidade de redução de custos de uma lavoura utilizando-se o MIP? O artigo indicado a seguir apresenta um estudo realizado pela EMBRAPA, levantando esses dados. Não deixe de ler!

EMBRAPA. **Manejo integrado de pragas reduz aplicações de defensivos em quase 50%**. 2015.

Para que exista uma boa utilização do MIP, é imprescindível o conhecimento sobre a cultura em que se está trabalhando, bem como as características bioecológicas das pragas relacionadas a ela. Esse nível de conhecimento para a aplicação das estratégias de manejo integrado, segundo Gallo *et al.* (2002) pode dificultar ou tornar mais lenta a expansão das áreas que utilizam tal metodologia. Isso porque, na maioria das vezes, o controle é baseado em apenas um dos itens do MIP (como a aplicação de inseticidas no momento correto), deixando de lado a flutuação populacional dos inimigos naturais.

Ao final desta seção, é importante que você, futuro profissional da área agrícola, seja consciente de que, além de conhecer e saber utilizar os métodos de controle de pragas, sempre será necessário o desenvolvimento de novos mecanismos e novas tecnologias que atinjam as demandas futuras, de acordo com a adaptação das pragas aos agroecossistemas e às metodologias atualmente utilizados. Por exemplo: o desenvolvimento e a produção de microrganismos entomopatogênicos, bem como a comercialização de inimigos

naturais e feromônios, dentre outros métodos alternativos de controle, têm um grande mercado potencial para ser trabalhado, se levarmos em consideração as estratégias de manejo integrado e ecológico de pragas. O controle de pragas na atualidade é um desafio constante, mas muito gratificante quando realizado por meio de um programa de manejo sério, em que seja possível obter resultados não apenas técnicos, mas também se possa demonstrar a viabilidade da proposta em relação ao custo/benefício e à sustentabilidade ambiental dos agroecossistemas.

Assim, concluímos nossa disciplina. Neste momento, é importante uma breve reflexão de que o estudo dos insetos na agricultura não é importante apenas para o controle de pragas, conforme vimos nesta seção. Os insetos estão relacionados aos homens desde os primórdios das civilizações, equilibrando nossos ecossistemas e nos fornecendo produtos, como seda, pigmentos, cera, mel e própolis. Nesse sentido, o conhecimento da entomologia se torna essencial a você não somente em sua atuação como profissional na agricultura, mas também em diversas ocasiões do nosso cotidiano, em que nem mesmo percebemos a importância desses seres em nossas vidas. Não deixe de continuar estudando e aprofundando seus estudos!

Sem medo de errar

Chegamos ao momento de concluir nossos estudos e resolver o último desafio proposto a você nesta disciplina. Aqui, você pôde conhecer do que trata o Manejo Integrado de Pragas (MIP) e como aplicá-lo em seu cotidiano como engenheiro agrônomo, proporcionando um eficiente controle de pragas, um maior equilíbrio ambiental e ainda a redução dos custos de produção de uma lavoura.

Assim, lembre-se de que você é o mais novo engenheiro agrônomo de uma usina sucroalcoleira, e seu último desafio é tomar a decisão sobre qual o método de controle utilizar para obtenção de uma boa eficiência em relação ao custo, pensando, ainda, na sustentabilidade da plantação. Para a cigarrinha-da-raiz, comparando-se os métodos de controle biológico com o fungo *Metarhizium anisopliae* e o controle químico com inseticida, você observou que ambos mantiveram a mesma produtividade da cana, entretanto os custos dos sistemas de manejo foram bem diferentes um do outro, sendo o biológico muito mais barato que o químico.

Sabendo-se que o controle biológico é mais lento e mais barato que o controle químico, no caso das fazendas que estão com alguns talhões apresentando o índice de infestação muito acima do NDE, você optaria por utilizar apenas esse método de controle em 100% das áreas? Seria possível integrar, na safra 2018/2019, os dois métodos de controle, a fim de se obter

uma melhor eficiência e melhor custo com o controle, evitando-se o desperdício de produtos fitossanitários nas áreas em que não atingiram o NC? Do ponto de vista do MIP, quais outras estratégias poderiam ser utilizadas para controle da cigarrinha-das-raízes, além dos controles biológico e químico?

Sabemos que o MIP proporciona, principalmente, o uso racional dos defensivos agrícolas, não apenas diminuindo o impacto no ambiente, como também aumentando a eficiência do controle de pragas e a renda do produtor. Sendo assim, o indicado, nesta situação, em que apenas alguns talhões apresentam índice de infestação acima do NDE, não seria a aplicação de inseticida químico em 100% da área.

Para a safra 2018/2019, o indicado, de acordo com o MIP, seria a aplicação de controle químico apenas nos talhões mais problemáticos, procedendo com a aplicação de controle biológico (possivelmente, com o fungo *Metarhizium anisopliae)* nas demais áreas que estiverem dentro do NC. As áreas que estiverem abaixo do NC devem aguardar novas amostragens para a tomada de decisão.

Ainda do ponto de vista do MIP, você poderá optar pela utilização de outras estratégias que auxiliam no controle de pragas de maneira integrada. São elas: técnicas de controle cultural, biológico, comportamental, genético, varietal e químico, todas estudadas na seção anterior.

Por utilizar diferentes formas de controle, o MIP proporcionará a redução de custos ao produtor, uma vez que trabalhará com aplicações mais assertivas, utilizando-se uma maior variedade de estratégias, em diferentes épocas e de acordo com a necessidade da lavoura, conforme as amostragens realizadas.

Agora, você deverá resolver os problemas relacionados ao controle de pragas da usina onde trabalha, analisando o cenário proposto nesta unidade e elaborando um relatório técnico de das atividades realizadas até aqui.

Bom trabalho!

Avançando na prática

Escolher a variedade ou realizar o controle biológico?

Descrição da situação-problema

Você é um agrônomo convidado para prestar consultoria aos produtores de uma cooperativa de soja no interior do estado de Goiás. Os produtores andam muito animados com as novas variedades de soja resistentes a lagartas

desfolhadoras e desejam sua opinião sobre o assunto. De acordo com eles, após a implantação da lavora utilizando a variedade transgênica, eles nunca mais poderiam utilizar nenhum outro defensivo para o ataque de lagartas, pois não seria compatível com o controle realizado pela escolha da variedade. Será que essa afirmação é verdadeira? De acordo com seus conhecimentos sobre o MIP, qual seria sua opinião e indicação neste caso?

Resolução da situação-problema

Você deve explicar aos produtores da cooperativa que o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é uma filosofia de controle de pragas que faz uso integrado de todas as técnicas de combate possíveis, com base em parâmetros econômicos, ecológicos e sociológicos, objetivando manter a densidade populacional de um organismo abaixo do nível de dano econômico. Esse conceito é muito amplo e envolve tecnologias em diferentes áreas, como entomologia, fitotecnia, fisiologia vegetal, matemática e economia. Nesse contexto, exemplos de estratégias que auxiliam no controle de pragas, de maneira integrada, são as técnicas de controle cultural, biológico, comportamental, genético, varietal e químico, todas estudadas na seção anterior. Sendo assim, não haveria problema nenhum em utilizar o controle varietal junto a outra estratégia de controle de pragas, nem na cultura de soja nem em outra cultura agrícola qualquer.

Faça valer a pena

1. O controle de pragas já foi baseado apenas no poder residual dos produtos, sem que houvesse preocupação com os níveis de dano e de controle do inseto na cultura. Muitas vezes, as aplicações de inseticidas eram preestabelecidas e realizadas mesmo se a praga não estivesse presente (GALLO *et al.*, 2002).
O resultado dessas aplicações desordenadas foi:

I. A eliminação total das pragas nas lavouras.
II. A resistência das pragas a diversos inseticidas.
III. A ressurgência das pragas e a diminuição dos inimigos naturais.
IV. Efeitos tóxicos ao homem, aos peixes, animais silvestres e insetos polinizadores.

Assinale a alternativa que contém as asserções corretas.
a) I, apenas.
b) IV, apenas.
c) I, II e III, apenas
d) II, III e IV, apenas
e) I, III e IV, apenas.

2. De maneira geral, podemos dizer que o MIP é constituído de três etapas, as quais devem ser cumpridas sempre que surgirem problemas de ataque de insetos à cultura e que compõem as ações rotineiras do programa (ZANETTI, 2006).

Enumere, a seguir, as etapas principais que devem ser cumpridas na adoção de um programa de MIP:
( ) Adotar medidas de controle que podem envolver um ou mais métodos de redução populacional de insetos.
( ) Avaliação local do problema, em que devem ser analisados a planta, a praga, os inimigos naturais e o clima.
( ) Tomada de decisão é efetuada por meio da análise dos aspectos econômicos da cultura e da relação custo/benefício do controle de pragas, que é determinado pelo Nível de Dano Econômico.

Assinale a seguir a alternativa que apresenta a sequência correta.
a) 3 – 2 – 1.
b) 3 – 1 – 2.
c) 1 – 2 – 3.
d) 2 – 1 – 3.
e) 1 – 3 – 2.

3. Em relação ao MIP, analise as asserções a seguir e a relação proposta entre elas:

I. I. O MIP proporciona, principalmente, o uso racional dos defensivos agrícolas, não apenas diminuindo o impacto no ambiente, como também aumentando a eficiência do controle de pragas e ainda a renda do produtor.
PORQUE
II. II. O MIP trabalha com aplicações mais assertivas, utilizando-se uma maior variedade de produtos, em diferentes épocas e de acordo com a necessidade da lavoura, conforme as amostragens realizadas.

Analisando as asserções, é possível afirmar que:
a) As duas asserções estão corretas, sendo a II uma justificativa correta da I.
b) As duas asserções estão corretas, entretanto a II não é uma justificativa correta da I.
c) A asserção I é correta, e a II é falsa.
d) A asserção I é falsa, e a II é verdadeira.
e) As duas asserções são falsas.

Referências

BOARETTO, M. A. C.; BRANDÃO, A. L. S. **Amostragem de Insetos**. Vitória da Conquista, BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2000. Disponível em: http://www.uesb.br/entomologia/amostrag.html. Acesso em: 26 nov. 2018.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 6.299, de 2002**. Altera os arts. 3º e 9º da Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: https://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1654426&filename=Tramitacao-PL+6299/2002. Acesso em: 11 dez. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4074.htm. Acesso em: 14 dez. 2018.

BRASIL. **Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm. Acesso em: 14 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Aviação Agrícola**. 2018. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/aviacao-agricola. Acesso em: 11 dez. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 181, de 5 de outubro de 1998.** Estabelece categorias para as pragas quarentenárias. Disponível em: http://anexos.datalegis.inf.br/arquivos/3911_BOLETM_PESSOAL_30_30_10_2012_0.pdf. Acesso em: 11 mar. 2019.

CONSTANTINO, R.; DINIZ, I. R.; MOTTA, P. C. **Textos de entomologia**. Parte 3: Biologia. Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2002.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. **Amostragem de pragas da soja**. [s.d.]. Disponível em: http://www.cnpso.embrapa.br/artropodes/Capitulo9.pdf. Acesso em: 23 nov. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manejo integrado de pragas reduz aplicações de defensivos em quase 50%**. 2015. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/2634688/manejo-integrado-de-pragas-reduz-aplicacoes-de-defensivos-em-quase-50. Acesso em: 21 dez. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGOPECUÁRIA – EMBRAPA. . **Caderneta de campo para monitoramento de insetos na soja**. 2017. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1077323/1/CadernetaMIP.pdf. Acesso em: 26 nov. 2018.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia Agrícola**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2002.

GONZÁLEZ, J.B.; VARGAS, C.V.; JARA, B.P. Estudios sobre la aplicación de la técnica de machos estériles en el control de la mosca sudamericana de la fruta, Anastrepha fraterculus (Wied.). **Revista Peruana de Entomología**, v.14, p.66-86, 1971

MOURA, E. A. **Aumento de resistência de pragas agrícolas a inseticidas ameaça agronegócio**. 2017. Disponível em: http://agencia.fapesp.br/aumento-de-resistencia-de-pragas-agricolas-a-inseticidas-ameaca-agronegocio/26432/. Acesso em: 21 dez. 2018.

NAKANO, O. **Entomologia Econômica**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 2011.

ZANETTI, R. **Notas de aula de ENT-115 – Manejo Integrado de Pragas Florestais**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. Disponível em: https://www.academia.edu/26964892/Notas_de_Aula_de_ENT_115_Manejo_Integrado_de_Pragas_Florestais_M%C3%89TODOS_DE_CONTROLE_USADOS_NO_MIP_9.1._M%C3%89TODO_LEGISLATIVO. Acesso em: 21 dez. 2018.

ZUCCHI, R. A. A taxonomia e o manejo de pragas. *In:* CRÓCOMO, W.B. (Org.). **Manejo Integrado de Pragas**. São Paulo: UNESP, 1990. p. 57-69.

Anotações

ISBN 978-85-522-1380-2

9 788552 213802 >