

CAPÍTULO 5

A IMPORTÂNCIA DOS INSETOS



Formicidae: *Atta sexdens*, formiga cortadeira



Curculionidae: *Anthonomus grandis* (bicudo)



Trichogrammatidae: *Trichogramma galloi*, parasitoide

Reginaldo Constantino UnB, Departamento de Zoologia, Brasília, DF.  <https://orcid.org/0000-0003-2060-6723>

A importância dos insetos pode ser demonstrada com uma simples pergunta: O que aconteceria se todos os insetos fossem erradicados do planeta? Embora não seja possível prever todas as consequências diretas e indiretas, podemos ter certeza de algumas: 1) extinção de plantas polinizadas por insetos (a maior parte das angiospermas); 2) extinção dos animais insetívoros, incluindo boa parte das aves, peixes, répteis, anfíbios e mamíferos; 3) acúmulo de material animal e vegetal morto, incluindo serapilheira, fezes, e cadáveres, devido à ausência dos insetos necrófagos, xilófagos, e detritívoros em geral; 4) colapso dos solos, que dependem da ação contínua de pequenos animais, a maioria deles insetos, para a manutenção da sua fertilidade e das suas propriedades físicas; 5) superpopulação de animais que são controlados direta ou indiretamente pela ação de insetos; 6) grande redução da produção agrícola; 7) fim da produção de mel, seda, carmim e vários outros produtos derivados de insetos. As pessoas não teriam mais que lidar com mordidas de mosquitos e picadas de vespas, e as plantações não seriam mais danificadas por insetos, porém o resultado global seria catastrófico, com queda dramática na produção de alimentos, extinções em massa e outros problemas ambientais imprevisíveis.

Diversidade e abundância. A ciência catalogou até hoje cerca de um milhão de espécies de insetos, o que corresponde a cerca de 70% de todas as espécies de animais e 52% de todas as espécies vivas do planeta (incluindo animais, plantas, bactérias, fungos etc.) (Chapman 2009). Proporções semelhantes são observadas na biodiversidade brasileira. Porém o número de espécies ainda não catalogadas é muito maior. As estimativas mais conservadoras apontam para um total de 5 milhões de espécies atuais de insetos, o que significa que ainda existem pelo menos mais 4 milhões de espécies não catalogadas e sem nome (Mora *et al.* 2011). Significa também que no período de 265 anos desde Linnaeus (1758) conseguimos catalogar apenas 20% dos insetos do planeta.

Os insetos são mais dominantes em ecossistemas terrestres e de água doce tropicais, subtropicais, e temperados, ocorrendo em menor proporção em regiões frias e de grande altitude. Existem poucos insetos marinhos, a maioria limitada a ambientes costeiros. Apenas alguns Hemiptera (Gerridae) e Psocodea (piolhos de aves e mamíferos marinhos) são encontrados em ambientes pelágicos (Cheng 2009).

Dados confiáveis de abundância e biomassa são escassos na literatura. Alguns trabalhos indicam grande proporção de insetos na biomassa animal de alguns ecossistemas. Por exemplo, Fittkau & Klinge (1973) estimaram que a biomassa de insetos corresponde a cerca de 45% da biomassa animal total em florestas da região de Manaus. Porém os dados globais apontam para uma biomassa relativamente pequena, menos de 10% da biomassa animal e apenas 0,04% da biomassa total do planeta (Bar-On *et al.* 2018). A maior parte da biomassa corresponde a plantas e microrganismos, com pequena proporção de animais.

Entretanto, a proporção da biomassa em si não é o melhor indicador da importância de um determinado grupo de organismos. Mais importante é sua contribuição para a dinâmica do ecossistema através da produção secundária e da modulação de processos como decomposição e reciclagem de nutrientes minerais (Yang & Gratton 2014). Da mesma maneira que o plâncton nos ambientes aquáticos, a biomassa dos insetos é relativamente pequena, mas são organismos pequenos de ciclo de vida curto, com rápido *turnover*.

Serviços ecossistêmicos. Polinização. Cerca de 75% das plantas agrícolas e 94% das angiospermas silvestres dependem de insetos para polinização. O valor da produção agrícola dependente da ação de insetos polinizadores, tanto natural como manejada, foi estimado em US\$215 milhões em 2005 (Vanbergen & The Insect Pollinators Initiative 2013). Abelhas são manejadas em várias

Como citar: Constantino, R. 2024. Cap. 5, A importância dos insetos, pp. 109-113. In: Rafael, J.A.; Melo, G.A.R.; Carvalho, C.J.B. de; Casari, S. & Constantino, R. (eds). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 880 pp.

<https://doi.org/10.61818/56330464c05>

partes do mundo para polinizar maçãs, amêndoas, abóboras, alfafa e dezenas de outras plantas agrícolas, um serviço com valor de vários bilhões de dólares anuais (Olmstead & Wooten 1987). O caso da produção de alfafa nos EUA é um bom exemplo. É uma leguminosa amplamente utilizada como forrageira em muitos países e tem grande importância nos EUA. Várias espécies de abelhas, incluindo *Apis mellifera* Linnaeus e algumas abelhas solitárias, têm sido manejadas para polinizar a alfafa, com grande aumento da produtividade a um custo muito baixo (Olmstead & Wooten 1987). É importante destacar que o valor da polinização feita por insetos é muito maior que todos os prejuízos causados por insetos pragas.

Decomposição, reciclagem de nutrientes minerais e fertilidade dos solos. Grande número de espécies de insetos de muitas ordens diferentes utiliza plantas e animais mortos como alimento. São em geral denominados saprófagos (do grego *sapros*, podre), incluindo alguns grupos especializados como os necrófagos (cadáveres de animais), coprófagos (fezes), xilófagos (madeira morta), geófagos (solo), húmívoros (húmus) e detritívoros. A decomposição desse material pode ocorrer apenas pela ação de fungos e bactérias, mas na ausência dos insetos o processo é muito mais lento, resultando no acúmulo de matéria orgânica morta, que por sua vez retém nutrientes minerais que não são reciclados e disponibilizados para as plantas. Os insetos trituram, fragmentam e movimentam o material, e a passagem pelo seu canal alimentar quebra as moléculas pela ação de suas próprias enzimas e de simbioses. A movimentação causada pelos insetos também facilita o trabalho dos microrganismos do solo. Assim, embora a biomassa desses insetos seja relativamente pequena em comparação com plantas e microrganismos, sua atividade tem um importante efeito de modulação no ecossistema (Yang & Gratton 2014). Essa atividade tem um efeito positivo sobre a fertilidade dos solos, tanto em ecossistemas naturais como em agroecossistemas (Lavelle 1997). Sem a ação dos insetos, os solos tendem a ficar compactados e empobrecidos.

Controle biológico de pragas e ervas daninhas. Muitas espécies de insetos são pragas, mas os principais inimigos naturais de muitas pragas são outros insetos. O maior sucesso em controle biológico de insetos-praga tem sido obtido com parasitoides, especialmente das ordens Hymenoptera e Diptera (várias famílias). A grande vantagem dos parasitoides é sua especificidade, em contraste com predadores e patógenos, que em muitos casos atacam também espécies não-alvo, com impacto negativo. Apesar da predominância de parasitoides, existem casos bem-sucedidos de controle biológico usando predadores, como a introdução da joaninha australiana *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) na Califórnia em 1888 para controlar a cochonilha *Icerya purchasi* Maskell, importante praga de citros (Caltagirone & Doust 1989). Insetos fitófagos têm sido usados com sucesso no controle biológico de plantas daninhas e invasoras em várias partes do mundo. Alguns exemplos: a cochonilha *Dactylopius ceylonicus* (Green) (Hemiptera) foi introduzida na Índia no início do século 19 para controlar o cacto *Opuntia vulgaris* (Mill.); várias espécies de insetos nativos do México foram introduzidos no Havaí no início do século 20 para controlar *Lantana camara* Linnaeus, uma planta ornamental que se tornou invasora; o besouro *Cyrtobagous salviniae* Calder & Sanders (Coleoptera: Curculionidae) foi introduzido em vários

países da África, Ásia e Oceania para controlar *Salvinia molesta* (Salvinaceae), uma planta aquática flutuante invasora, nativa do Sudeste do Brasil (Goeden & Andres 1999).

Dispersão de sementes por formigas (mirmecocoria). Cerca de 11 mil espécies de plantas produzem sementes adaptadas para dispersão por formigas. Essas sementes possuem uma estrutura chamada elaiosomo, que atrai algumas formigas, as quais transportam as sementes para seus ninhos. Elas removem e consomem o elaiosomo sem danificar a semente, que é descartada perto do ninho. A mirmecocoria ocorre principalmente em regiões áridas com solos pobres, com o maior número de registros na Austrália e na África do Sul (Warren & Giladi 2014).

Produtos. Mel e outros produtos apícolas. O mel de abelhas tem sido utilizado como alimento pelo homem há cerca de 2 milhões de anos de forma extrativista e há alguns milhares de anos através de apicultura, desde o Egito antigo (Crane 1999). Atualmente é utilizado em todas as regiões do mundo, com status de commodity com intenso comércio internacional, movimentando cerca de US\$6 bilhões anuais (fonte: <http://www.fao.org>). A produção brasileira equivale a cerca de US\$150 milhões anuais. Na culinária tradicional do Velho Mundo, bolos e doces eram feitos com mel porque não existia açúcar de cana, que passou a ser mais utilizado apenas no século 17. O mel era também amplamente utilizado na produção de um fermentado alcoólico, o hidromel. A apicultura produz também cera, pólen, própolis e geleia real.

Seda. A mariposa *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae), conhecida popularmente como bicho-da-seda, foi domesticada na China há mais de 4 mil anos com a finalidade de aproveitamento da seda do seu casulo para a fabricação de fios e tecidos. A atividade de criação comercial do bicho-da-seda é chamada de sericicultura. A seda tornou-se uma commodity valorizada no mercado internacional desde a antiguidade, dando origem à famosa “rota da seda” que ligava a China à Europa. A China manteve o monopólio da produção de seda durante muito tempo, mas aos poucos a sericicultura se expandiu para países próximos, como o Japão, Índia e Coreia, chegando à Europa no ano 552, durante o Império Romano (Cherry 1987). Mais recentemente a seda perdeu importância com o desenvolvimento de fibras sintéticas, mas continua sendo uma commodity valorizada, especialmente no mercado de luxo, com produção mundial variando entre 100-200 mil toneladas anuais (<http://www.fao.org>), com valor próximo de US\$4 bilhões. No entanto, esse valor corresponde apenas à seda bruta e não aos produtos acabados, que têm valor agregado muito maior. Atualmente o Brasil é o sexto produtor mundial de seda, com produção concentrada nos estados de São Paulo e Paraná.

Carmim-de-cochonilha. A cochonilha *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera) é um inseto nativo das Américas que vive sobre cactos. As fêmeas produzem uma substância de cor vermelha, o ácido carmínico, com função defensiva. Esse pigmento era utilizado pelos maias, aztecas e povos andinos para tingir tecidos, vários séculos antes da chegada dos europeus (Baranyovits 1978). Os espanhóis exploraram comercialmente a produção de carmim entre os séculos 16 e 19, quando foi muito utilizado para tingir tecidos na Europa. Esse mercado desapareceu com o desenvolvimento de corantes sintéticos, mas o carmim continua sendo usado como corante nas indústrias alimentícia e farmacêutica,

e também para anatomia fina e microscopia. O maior produtor mundial é o Peru.

Goma laca. Cerca de 100 espécies de cochonilhas da família Kerridae (Hemiptera: Coccoidea), especialmente *Kerria laca* (Kerr) produzem uma secreção conhecida como “laca”, que é coletada, refinada e separada em vários componentes comerciais, incluindo cera, resina e corante (Raman 2014). A goma laca propriamente (em inglês *shellac*) corresponde à resina usada como verniz. A laca é produzida por vários países do sudeste asiático, incluindo Índia, Tailândia, Indonésia, China e Sri Lanka. Foi o verniz dominante no mercado internacional até o início do século 20, quando passou a ser substituída por vernizes sintéticos. Porém ainda é amplamente utilizada nas indústrias de tintas, farmacêutica, cosmética, alimentícia, entre outras. A produção mundial gira em torno de 40 mil toneladas e emprega milhões de pessoas na Ásia.

Substâncias bioativas para uso medicinal. Insetos são usados na medicina tradicional há milhares de anos. Com uma diversidade tão grande, eles produzem muitas substâncias bioativas diferentes com potencial de aplicação médica. Porém insetos têm sido negligenciados pela medicina moderna e praticamente não existem medicamentos convencionais derivados de insetos. As substâncias com potencial de aplicação medicinal incluem peçonhas de abelhas, vespas e formigas, secreções defensivas como a cantaridina, peptídeos antimicrobianos, mel e própolis (Ratcliffe *et al.* 2011). Dados publicados indicam potencial de aplicação como analgésicos, anti-inflamatórios, antibióticos e no tratamento de câncer.

Insetos como alimento humano e animal. Segundo um estudo patrocinado pela FAO (Van Huis *et al.* 2013), cerca de 1900 espécies de insetos pertencentes a mais de 10 ordens têm sido utilizadas como alimento no mundo. As vantagens dos insetos como fonte de proteína são as seguintes: facilidade de manter criações em espaços pequenos e com baixo custo, alta taxa de conversão alimentar, possibilidade de alimentação com resíduos e baixo impacto ambiental. Insetos fazem parte da dieta tradicional de vários países, especialmente na África e na Ásia e são também utilizados por povos indígenas de várias regiões. Porém têm pouca aceitação na cultura ocidental. O valor nutricional dos insetos é variável, e a alta proporção de proteína bruta indicada em muitos estudos pode ser enganosa, porque boa parte dessa proteína encontra-se imobilizada no exoesqueleto e não pode ser aproveitada (Redford & Dorea 1984). A presença do exoesqueleto rígido indigerível e de secreções defensivas de sabor desagradável e tóxico inviabiliza a utilização de muitas espécies. Na maioria dos casos são utilizadas apenas as formas imaturas, que tem corpo mole. Formas aladas de formigas e cupins são também bastante utilizadas e apresentam alto valor nutricional (Redford & Dorea 1984). Criações comerciais já existem no Brasil há vários anos, tanto para alimentação humana como animal, porém ainda em pequena escala.

Criação comercial de borboletas. Fazendas de criação de borboletas existem em vários países, incluindo EUA, Costa Rica, Equador e Papua Nova Guiné. As borboletas produzidas são comercializadas mortas para colecionadores e para confecção de artesanato, e vivas para eventos como casamentos, para exposição e borboletários (New 1994). Essas fazendas também costumam receber turistas em visitas pagas. Além de gerar renda

para as populações locais, as criações de borboletas contribuem para a preservação de florestas nativas e aliviam a pressão de coleta sobre as populações naturais das espécies valorizadas por colecionadores.

Prejuízos causados por insetos. Pragas agrícolas e florestais. Centenas de espécies de insetos fitófagos causam prejuízos à produção agrícola e florestal. As ordens que incluem o maior número de pragas agrícolas importantes são Lepidoptera, Coleoptera e Hemiptera. O controle de insetos pragas movimenta uma indústria bilionária, porém dados confiáveis sobre os prejuízos e custos envolvidos, diretos e indiretos, não estão disponíveis e muitos valores citados na literatura são baseados em estimativas duvidosas sem reprodutibilidade e sem indicação clara da origem. A ordem de magnitude dos custos envolvidos pode ser estimada pelo mercado global de inseticidas, atualmente próximo de US\$20 bilhões anuais (fonte: <http://statista.com>), a maior parte destinada a uso agrícola. Como o controle envolve também despesas com maquinário e mão-de-obra, o custo total é ainda maior. A praga agrícola mais importante do mundo é a mariposa *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), que ataca hortaliças da família Brassicaceae. A estimativa do custo do controle dessa espécie na agricultura mundial é de cerca de US\$5 bilhões anuais (Zalucki *et al.* 2012). Outros exemplos de pragas importantes em nível mundial: o besouro *Tetropium fuscum* (Fabricius) (Coleoptera: Cerambycidae), broca de coníferas, causa prejuízo de US\$4,5 bilhões apenas no Canadá; a mariposa *Lymantria dispar* (Linnaeus) (Lepidoptera: Erebididae), cuja lagarta ataca várias espécies florestais, US\$3,2 bilhões no mundo; *Anoplophora glabripennis* (Motschulsky) (Coleoptera: Cerambycidae), broca de dezenas de espécies de árvores de importância comercial, US\$3 bilhões na América do Norte e Europa (Bradshaw *et al.* 2016). Além do dano causado às plantas vivas, vários insetos atacam produtos armazenados, como grãos, farinhas e até mesmo fumo.

Insetos de importância médica e veterinária. Muitos insetos são agentes transmissores ou causadores de doenças humanas e de animais domésticos. Os principais problemas são causados por insetos hematófagos e ectoparasitas das ordens Diptera (moscas e mosquitos), Siphonaptera (pulgas e bicho-de-pé), Phthiraptera (piolhos) e Hemiptera (barbeiros e percevejo de cama). Os insetos mais importantes na saúde pública são os pernilongos (Diptera: Culicidae), vetores de grande número de patógenos incluindo vírus, protozoários e filarioses. A malária é a doença mais importante transmitida por insetos (mosquitos do gênero *Anopheles* Meigen), com 200 milhões de casos e 600 mil mortes por ano (<http://who.int> e GDB Collaborators 2018). O mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus) transmite dengue (50 milhões de casos e 40 mil mortes por ano), febre amarela (5 mil mortes anuais), zika e chicungunha. Outros Diptera importantes incluem os mosquitos-palha (Psychodidae), transmissores da leishmaniose, os borrachudos (Simuliidae), transmissores de oncocercose e protozoários; os mosquitos-pólvora (Ceratopogonidae), transmissores de vírus e filarioses; as mutucas (Tabanidae), transmissoras de filarioses, bactérias e protozoários; e as moscas tsé-tsé (Glossinidae), transmissoras da tripanossomíase africana. Várias espécies de moscas são vetores mecânicos de patógenos e algumas (especialmente Calliphoridae e Oestridae) causam

miíases, incluindo o berne e bicheiras. Os barbeiros (Reduviidae) são vetores da doença-de-chagas, que afeta milhões de pessoas no Brasil, e os percevejos-de-cama (Cimicidae) causam incômodo e prejuízos na avicultura. A peste bubônica, que é causada por uma bactéria e transmitida por pulgas, foi muito importante na Idade Média, causando milhões de mortes na Europa. As pulgas também transmitem várias outras doenças virais e bacterianas, e causam a tungiase, infestação por bicho-de-pé. Os piolhos (Phthiraptera) causam incômodo e podem transmitir doenças causadas por vírus, bactérias e vermes. Além de doenças, insetos com ferrão (vespas, abelhas e formigas) e urticantes (lagartas de fogo e alguns besouros) causam acidentes frequentes, alguns com resultado fatal. Muitos insetos sinantrópicos são também fonte importante de alergia.

Dano a madeira e outros materiais celulósicos. Cerca de US\$2 bilhões são gastos anualmente para controlar cupins em edificações nos EUA, não incluindo o custo dos reparos (Su & Scheffrahn 2000). Cupins também podem danificar papel, incluindo livros e documentos, potencialmente de grande valor histórico e cultural. Não existem estimativas confiáveis do prejuízo global causado por esses insetos, mas com base nos dados dos EUA é possível estimar a ordem de magnitude em cerca de US\$10 bilhões anuais. Além de cupins, várias espécies de outras ordens, especialmente Coleoptera, também danificam madeira e papel, mas com menor importância.

Outros usos de insetos. *Insetos como modelo em pesquisa científica.* Insetos têm sido usados como modelo em pesquisas de laboratório nas áreas de genética, evolução, fisiologia, neurobiologia e comportamento. As vantagens de insetos como modelos em comparação com vertebrados (e.g. roedores) são as seguintes: manutenção de populações grandes em pequenos espaços e com baixo custo, ciclo de vida curto, possibilitando resultados mais rápidos, e ausência de restrições éticas e legais. Insetos não são animais sencientes e por isso não há exigência legal de aprovação prévia por comitês de ética em pesquisa. Entre os insetos utilizados em pesquisa biomédica, destacam-se as moscas do gênero *Drosophila* Fallén (Diptera: Drosophilidae) (Jennings 2011).

Entomologia Forense. Insetos podem ser usados como evidência na solução de crimes e em disputas legais envolvendo responsabilidade e indenização. Em casos criminais, insetos podem por exemplo ser usados para estimar o intervalo post-mortem através da atividade de necrófagos como moscas e besouros (Amendt *et al.* 2004). Fragmentos de insetos podem ser usados para determinar a origem de drogas ilícitas como maconha.

Terapia larval. Algumas espécies de moscas causadoras de miíases, por exemplo *Lucilia sericata* (Meigen) (Calliphoridae) alimentam-se apenas de tecido morto e liberam substâncias antissépticas para inibir a competição por bactérias, acelerando a recuperação e reduzindo a formação de cicatrizes (Ratcliffe *et al.* 2011). Essas moscas têm sido utilizadas desde a antiguidade no tratamento de ferimentos profundos e a técnica chamada de terapia larval foi incorporada à medicina ocidental no século 19, a partir de observações de médicos militares em campos de batalha. A partir da década de 1940 essa técnica caiu em desuso com o surgimento de antibióticos, mas tem sido resgatada desde a década de 1990, especialmente para aplicação em casos de difícil cicatrização e de bactérias resistentes.

Insetos como bioindicadores. Insetos têm sido usados com sucesso como indicadores biológicos para avaliar perturbações ou mudanças ambientais, analisar processos ecológicos como fragmentação de habitats e como táxon indicador em estudos comparativos de diversidade e endemidade, tanto em ambientes aquáticos como terrestres (McGeoch 2007). As ordens mais frequentemente utilizadas como indicadores em ambientes aquáticos são Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera. As mais usadas em ambientes terrestres são Coleoptera, Hymenoptera, Diptera e Lepidoptera.

Insetos na arte e cultura. A onipresença de insetos, com sua grande diversidade de formas e modos de vida tem servido de modelo e inspiração na arte e cultura desde a mais remota antiguidade. Insetos coloridos e de formas bizarras, ou com forte simbolismo, como escaravelhos, borboletas, abelhas, louva-a-deus, libélulas, cigarras e formigas fazem parte da arte, do folclore e da mitologia de muitas culturas antigas e atuais. Os escaravelhos, por exemplo, tinham forte simbolismo religioso no Egito antigo. Insetos estão presentes em fábulas de Esopo (620-560 A.C.) e La Fontaine (1621-1695), como “A cigarra e a formiga”. Em alguns países da Ásia, como o Japão e a China, é costume antigo manter insetos vivos, especialmente grilos, como animais de estimação em gaiolas (Ryan 1996). Os insetos estão presentes no artesanato, em pinturas, em livros infantis, em histórias em quadrinhos, em desenhos animados, em filmes de ficção científica etc. Mais de 200 personagens de histórias em quadrinhos da Marvel Comics e da DC Comics são baseados em insetos (Da-Silva *et al.* 2014). Insetos são também uma excelente ferramenta educacional no ensino primário e secundário (Matthews *et al.* 1997), pouco utilizada no Brasil.

Referências bibliográficas

- Amendt, J.; R. Krettek; R. Zehner 2004. Forensic entomology. *Naturwissenschaften* 91: 51-65. doi: 10.1007/s00114-003-0493-5
- Baranyovits, F.L.C. 1978. Cochineal carmine: an ancient dye with a modern role. *Endeavour* 2: 85-92; 10.1016/0160-9327(78)90061-3
- Bar-On, Y.M.; R. Phillips; R. Milo 2018. The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: 6506-6511; 10.1073/pnas.1711842115
- Bradshaw, C.J.A.; B. Leroy; C. Bellard *et al.* 2016. Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications* 7: 12986. doi: 10.1038/ncomms12986
- Caltagirone, L. & R. Doult 1989. The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Annual Review of Entomology* 34: 1-16. doi: 10.1146/annurev.en.34.010189.000245
- Chapman, A. 2009. **Numbers of living species in Australia and the world.** Parkes, ACT, Australian Govt., Dept. of the Environment, Water, Heritage, and the Arts.
- Cheng, L. 2009. Marine Insects, pp. 600-604. *In: Encyclopedia of Insects.* Amsterdã, Elsevier. doi: 10.1016/b978-0-12-374144-8.00167-3
- Cherry, R.H. 1987. History of Sericulture. *Bulletin of the Entomological Society of America* 33: 83-85. doi: 10.1093/besa/33.2.83
- Crane, E. 1999. **The World History of Beekeeping and Honey Hunting.** New York, Routledge, 705 pp.
- Da-Silva, E.R.; L.B.N. Coelho; E.L. de S. Santos *et al.* 2014. Marvel and DC characters inspired by insects. *Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Research* 4: 10-36.
- Fittkau, E.J.; H. Klinge 1973. On biomass and trophic structure of the central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica* 5: 2-14. doi: 10.2307/2989676
- GDB Collaborators 2018. Global, regional, and national age-sex-specific mortality for 282 causes of death in 195 countries and territories, 1980-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 392: 1736. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32203-7

- Goeden, R.D. & L.A. Andres 1999. Biological control of weeds in terrestrial and aquatic environments, pp. 871-890. *In*: T.S. Bellows, T.W. Fisher, L.E. Cahgirone, D.L. Dahlsten, G. Gordh, C.B. Huffaker (orgs.). **Handbook of biological control**. San Diego, Academic Press, 1046 pp.
- Jennings, B.H. 2011. *Drosophila* - a versatile model in biology & medicine. **Materials Today** 14: 190-195. doi: 10.1016/S1369-7021(11)70113-4
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. **Advances in Ecological Research** 27: 93-132.
- Linnaeus, C. 1758. **Systema Naturae per Regna tria Naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis**. 10a edição. London, British Museum of Natural History, 824 pp.
- McGeoch, M.A. 2007. Insects and bioindication: theory and progress, p. 144-174. *In*: A.J.A. Stewart, T.R. New, O.T. Lewis (orgs.). **Insect Conservation Biology**. Wallingford, UK, CAB International. doi: 10.1079/9781845932541.0144
- Matthews, R.W.; L.R. Flage & J.R. Matthews 1997. Insects as teaching tools in primary and secondary education. **Annual Review of Entomology** 42: 269-289. doi: 10.1146/annurev.ento.42.1.269
- Mora, C.; D.P. Tittensor; S. Adl et al. 2011. How many species are there on earth and in the ocean? **PLoS Biology** 9: 1-8. doi: 10.1371/journal.pbio.1001127
- New, T.R. 1994. Butterfly ranching: sustainable use of insects and sustainable benefit to habitats. **Oryx** 28: 169-172. doi: 10.1017/S0030605300028520
- Olmstead, A.L. & D.B. Wooten 1987. Bee pollination and productivity growth: the case of alfalfa. **American Journal of Agricultural Economics** 69: 56-63. doi: 10.2307/1241306
- Raman, A. 2014. Discovery of *Kerria lacca* (Insecta: Hemiptera: Coccoidea), the lac insect, in India in the late 18th century. **Current Science** 106: 886-890.
- Ratcliffe, N.A.; C.B. Mello; E.S. Garcia *et al.* 2011. Insect natural products and processes: New treatments for human disease. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 41: 747-769; 10.1016/j.ibmb.2011.05.007
- Redford, K.H. & J.G. Dorea 1984. The nutritional value of invertebrates with emphasis on ants and termites as food for mammals. **Journal of Zoology** 203: 385-395. doi: 10.1111/j.1469-7998.1984.tb02339.x
- Ryan, L.G. 1996. **Insect Musicians & Cricket Champions: A Cultural History of Singing Insects in China and Japan**. China Books, 92 pp.
- Su, N.Y. & R.H. Scheffrahn 2000. Termites as pests of buildings, pp. 437-453. *In*: T. Abe; M. Higashi; D.E. Bignell (orgs.). **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, xxii + 466 pp.
- Van Huis, A.; J. Van Itterbeeck; H. Klunder et al. 2013. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. Roma, FAO, 187 pp.
- Vanbergen, A.J. & The Insect Pollinators Initiative 2013. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. **Frontiers in Ecology and the Environment** 11: 251-259; 10.1890/120126
- Warren, R.J.; I. Giladi 2014. Ant-mediated seed dispersal: a few ant species (Hymenoptera: Formicidae) benefit many plants. **Myrmecological News** 20: 129-140.
- Yang, L.H. & C. Gratton 2014. Insects as drivers of ecosystem processes. **Current Opinion in Insect Science** 2: 26-32; 10.1016/j.cois.2014.06.004
- Zalucki, M.P.; A. Shabbir; R. Silva et al. 2012. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? **Journal of Economic Entomology** 105: 1115-1129; 10.1603/EC12107

