

Insetos Polinizadores em Sistemas Agrícolas

Insect Pollinators in Agricultural Systems

Dayana Alves da Silva Cunha^a; Michele Aparecida dos Santos Nóbrega^a; William Fernando Antonialli Junior^a

^aUniversidade Estadual de Mato Grosso do Sul, MS, Brasil

Resumo

A maioria das plantas agrícolas, utilizadas na produção de alimento depende da polinização tanto por insetos quanto por outros animais. Assim, a diversidade de polinizadores contribui para a manutenção de uma variedade de cultivos produzidos por sistemas agrícolas. Os polinizadores além de serem determinantes para manutenção da produtividade agrícola também podem servir como bioindicadores e agentes no controle biológico. Neste sentido, de maneira geral oferecem meios de avaliar as condições ambientais, devido às interações ecológicas que apresentam com plantas e outros animais. Esta revisão tem por objetivo agrupar as informações referentes à importância das ações de polinizadores em sistemas agrícolas, buscando demonstrar a importância de se estabelecer iniciativas de conservação e manejo destes insetos nestes ambientes.

Palavras-chave: Polinização. Pesticidas. Controle.

Abstract

The majority of agricultural plants, utilized in the production of food depends on pollination by insects how much both by other animals. Thus, the pollinator diversity contributes to the maintenance of a variety of crops produced by agricultural systems. The pollinators addition to being crucial for maintaining agricultural productivity can also serve as bioindicators and in the biological control agents. In this sense, in general offer ways of evaluating the environmental conditions due to ecological interactions with plants that have and other animals. This review aims to group the information pertaining the importance of the actions of pollinators in agricultural systems, seeking to demonstrate the importance of establishing conservation initiatives and management of these insects in these environments.

Keywords: *Pollination. Pesticides. Control.*

1 Introdução

A sociedade humana recebe muitos benefícios, dos ecossistemas naturais. Os ecossistemas, neste sentido, fornecem alimentos, fibras, combustíveis, materiais para abrigo, fármacos, entre outros, além de também fornecer uma gama de outros benefícios que são difíceis de qualificar e quantificar (DAILY, 1997).

A economia humana, portanto, depende dos serviços prestados pelos ecossistemas e, os serviços ambientais fornecidos anualmente valem trilhões de dólares (DAILY *et al.*, 1997). Por outro lado, o desenvolvimento econômico que destrói habitats e prejudica serviços podem criar custos para a humanidade em longo prazo. Isto sugere a necessidade de políticas que alcance um equilíbrio entre a manutenção dos serviços do ecossistema e prossecução dos objetivos do desenvolvimento econômico em curto prazo (DAILY *et al.*, 1997).

Partindo deste ponto de vista os elevados níveis de perturbações antrópicas dos ecossistemas, têm sido alvo de grande preocupação, em relação à conservação da biodiversidade. Uma das principais consequências dessas perturbações é a fragmentação de paisagens que reduz significativamente o fluxo de animais, pólen e sementes (KEARNS; INOUE, 1997; VIANA; PINHEIRO, 1998).

No entanto, as discussões sobre questões ambientais para desenvolver sustentavelmente levam-nos a avaliar as diversas ações antrópicas, a exemplo da agricultura, pois embora avançada, a produção de alimentos para a população continua provocando impactos significativos (TEIXEIRA, 2005).

As principais transformações ocorridas na agricultura, nos últimos anos foram no sentido de aumentar a produção num menor tempo, portanto, passaram a predominar grandes áreas de monoculturas no lugar da prática chamada de agricultura tradicional ou convencional, levando ao uso de muitos insumos químicos para repelir pragas e plantas invasoras (NUNES, 2007).

Embora essas novas práticas mais rentáveis ainda persistam pela necessidade contínua de aumento de produção, atualmente se busca um desenvolvimento rural sustentável visando o equilíbrio ambiental, a utilização de técnicas de manejo na agricultura que é um meio mais eficaz para busca da conservação e a associação de animais às culturas, propiciando não só a preservação de espécies, como também o aumento da produção de forma mais natural (SANTOS, 2009). De fato, argumenta-se que os benefícios de um manejo conservado em ecossistemas muitas vezes superam os custos, quando o verdadeiro valor do capital natural é calculado corretamente (JAMES *et al.*, 1999).

A polinização é um exemplo de um serviço do ecossistema que é muitas vezes esquecido e, por vezes, subvalorizado, uma vez que permite a reprodução das plantas, pela transferência de pólen de uma planta a outra (FREE, 1993), contudo, a autopolinização é relativamente rara, devido à natureza protogínica de flores e estruturas florais específicas (SUSEK; IVANCIC, 2006).

A dinâmica dos ecossistemas é significativamente influenciada pela diversidade de animais antófilos (atuantes como polinizadores) e muitas espécies apresentam uma estreita relação com determinadas plantas, seja como fonte de alimento (néctar, pólen ou óleos florais) ou substrato para a reprodução (local de acasalamento, construção de ninhos e oviposição, em contrapartida, espécies vegetais dependem de interações com organismos polinizadores, sendo que cerca de 70% das plantas com flores dependem desses organismos para a sua reprodução (BROWN JR.; FREITAS, 2002; KEARNS *et al.*, 1998; KEVAN, 1999).

Cerca de 240 mil espécies de plantas para as quais o modo de polinização já foi registrado requerem um animal, incluindo plantas selvagens e cerca de 70% por cento das espécies de culturas agrícolas que alimentam o mundo. Mais de 100.000 diferentes espécies de animais, dentre estes, abelhas, besouros, pássaros, borboletas e moscas, são conhecido para fornecer serviços de polinização (BATISTA, 2010). Em contrapartida, a disponibilidade desses polinizadores depende da existência de uma ampla variedade de tipos de habitats necessário para a sua alimentação, seu sucesso reprodutivo, e realização de seus ciclos de vida (NABHAN; BUCHMANN, 1997).

De fato, os polinizadores mais importantes são os insetos, como abelhas e moscas (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2009). A importância econômica dos insetos polinizadores tem sido muito reconhecida na agricultura moderna. Uma vasta lista de plantas cultivadas depende totalmente destes animais ou se beneficiam com suas visitas. A polinização por abelhas, por exemplo, melhora, comprovadamente, a produtividade de um modo geral em muitas culturas entomófilas (ROUBIK, 2002).

Na presença de organismos polinizadores, sobretudo insetos, algumas espécies vegetais, aumentam sua produção não só em quantidade, mas também em qualidade dos seus frutos (NASCIMENTO *et al.*, 2012; TOLEDO *et al.*, 2013). De fato, muitos estudos apontam a necessidade de utilização de técnicas no sistema agrícola que reduzam os impactos sobre estes polinizadores (UTELLI; ROY, 2000; FREITAS; OLIVEIRA FILHO, 2003; TOLEDO *et al.*, 2011).

Segundo Santos (2008) sementes de manjeriço apresentam maiores porcentagens de germinação quando polinizadas por abelhas, assim como frutos de berinjela, no qual plantas polinizadas apresentavam maior número de sementes do que plantas cultivadas em casa de vegetação fechada. Cultivos de erva-doce apresentam maiores índices de frutificação e maior qualidade dos frutos quando expostos

polinização por insetos, sendo que, apesar de várias espécies de diferentes ordens visitarem suas flores, dípteros são os mais frequentes (WANDERLEY *et al.*, 2007).

Dentre os diversos insetos que visitam flores, destacam-se as abelhas não só por serem eussociais, mas pela alta atividade das colônias e pelo hábito alimentar generalista (RAMALHO, 2004). A polinização por abelhas tem destaque em ecossistemas naturais e agrícolas, sendo capazes de polinizar 30% a 90% da polinização da flora nativa. Além de produzir mel e alguns produtos medicinais (KERR, 1997).

Portanto, amenizar os impactos gerados pelas atividades antrópicas nas abelhas é extremamente importante para a manutenção de diversos habitats, pois sabe-se que habitam desde as florestas até áreas de produção agrícola (SANTOS, 2010).

Para a compreensão dos diversos fatores que os sistemas agrícolas contribuem ou afetam a polinização, faz-se necessário um breve estudo sobre os insetos polinizadores, seus papéis na produtividade sustentável e os tipos de fatores antrópicos que afetam suas populações. Desta forma, este estudo tem por objetivo, avaliar os valores da polinização e os impactos atuais dos serviços de polinização, buscando iniciativas de conservação e manejo de polinizadores na agricultura.

2 Desenvolvimento

2.1 A polinização e a biologia dos insetos polinizadores

A polinização é o processo de transferência dos grãos de pólen das anteras para o estigma, sendo importante não somente para a reprodução das plantas, mas também, para a produção de alimentos e a manutenção da rede de interações entre animais e plantas, constituindo um serviço ecossistêmico básico (MACENA, 2011). A maioria das plantas cultivadas de interesse econômico, frutos, sementes, fibras e demais produtos, é dependente quase que exclusivamente da polinização por insetos, entre os quais, se destacam as abelhas como o principal táxon de polinizadores (MACENA, 2011).

De fato, insetos polinizam a maioria das plantas com flores. Argumenta-se que o sucesso das angiospermas está relacionado ao desenvolvimento dessas interações. Os benefícios da polinização por insetos (entomofilia) sobre a polinização pelo vento (anemofilia) incluem: aumento da eficiência da polinização, reduzindo o desperdício de pólen; polinização bem sucedida em condições não adequadas para a polinização pelo vento e uma maximização do número de espécies de plantas em uma dada área já que mesmo plantas raras podem receber pólen da mesma espécie, carregados por insetos dentro de uma área (GULLAN; CRANSTON, 2008).

Na verdade, existem três maneiras de se acontecer a polinização: a primeira forma é na própria flor, chamada de autogamia ou autopolinização, a segunda que recebe a denominação geitonogamia ocorre entre flores diferentes da mesma planta, a terceira e última maneira é a polinização

cruzada ou xenogamia que acontece entre flores de plantas diferentes (SANTOS *et al.*, 2008), sendo que o papel dos polinizadores é efetivo nos dois últimos casos

Segundo Kevan (1999) a diversidade de polinizadores provavelmente chega a milhões de espécies. Os principais táxons antofílicos (que frequentam flores) entre os insetos são a maioria das espécies de abelhas, vespas e formigas (Hymenoptera), moscas e mosquitos (Diptera), mariposas e borboletas (Lepidoptera), e besouros (Coleoptera) (GULLAN; CRANSTON, 2008; TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005).

São conhecidos ainda outras ordens de insetos em que antofilia é comum, como em trips (Thysanoptera), outros bastante especializado, como Zaprochilidae (Orthoptera) ou esporádicos, como os springtails (Collembola). Esses insetos visitam as flores primariamente para obter o néctar e/ou pólen, mas mesmo alguns insetos predadores podem polinizar as flores que visitam (GULLAN; CRANSTON, 2008).

No geral, os insetos polinizadores apresentam interações específicas com as plantas, como por exemplo, a estrutura floral condizente com o aparato bucal, atrativos florais, ou conhecidos por facilitadores florais, como odor (GHAZOUL, 2006) ou por coloração: flores azuis e amarelas tendem a serem visitadas por abelhas, flores laranja e vermelho por borboletas, e flores brancas por polinizadores generalistas como o moscas e besouros (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005).

Algumas interações peculiares como de alguns machos de himenópteros que não são atraídos pelo pólen nem pelo néctar, mas pela semelhança na forma, cor e odor de certas flores de orquídeas com fêmeas da mesma espécie. Na tentativa de copular (pseudocópula) com a flor imitadora do inseto, o macho poliniza a orquídea com pólen que aderiu ao seu corpo em pseudocópulas anteriores (GULLAN; CRANSTON, 2008). A polinização pseudocopulatória é comum entre vespas thynníneas australianas (Tiphidae), mas ocorrem também em alguns outros grupos de vespas, abelhas e raramente em formigas (GULLAN; CRANSTON, 2008). A seguir são apresentados os polinizadores mais frequentes dentre os insetos.

2.2 Hymenoptera polinizadores

A ordem Hymenoptera é um grupo importante dentre os insetos por conta de sua grande diversidade e expressarem uma complexidade de comportamentos, culminando na organização social de vespas, abelhas formigas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005). A ordem é tradicionalmente dividida em duas subordens, a Symphyta ou Chalastogastra (vespas-da-madeira) e a Apocrita (formigas, abelhas e vespas).

Quase todos symphytas são fitófagos e os entomologistas, amplamente aceitam que os symphytas, de fato, são um grupo parafilético (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2012). Os Apocritas, por outro lado, são mais importantes do que os Symphytas com relação à polinização. Assim em relação à esfecofilia (polinização

por vespas), a vespas polinizadores de figo (Chalcidoidea: Agaonidae) são polinizadores altamente especializados das centenas de espécies de figueira (GULLAN; CRANSTON, 2008), como por exemplo, a vespa *Eupristina verticillata*, que é polinizadora específica da espécie de figo, *Ficus microcarpa* (FARACHE *et al.*, 2009). Outro exemplo de polinização por esfecofilia é a espécie *Bicyrtes angulata* e *Ammophila gracilis*, que são visitantes frequentes de *Waltheria americana* (Sterculiaceae), uma erva daninha (MACEDO; MARTINS, 1998).

As formigas (Vespoidea: Formicidae) são normalmente antofílicas (visitantes florais), mas raras vezes polinizam as plantas que visitam, primeiro por que as formigas não voam, são em geral pequenas e seus corpos são frequentemente lisos; dessa forma, é improvável que elas facilitem a polinização cruzada, outro problema para a polinização, as glândulas metapleurais das formigas, produzem secreções que se espalham pelo tegumento e inibem fungos e bactérias, mas também podem afetar a viabilidade do pólen e a germinação (GULLAN; CRANSTON, 2008).

Algumas plantas, na verdade, evoluíram mecanismos para repelir formigas; contudo, algumas poucas espécies, em especial, em habitats quentes e secos, parecem ter evoluído adaptações para a polinização de formigas (GULLAN; CRANSTON, 2008).

Apesar do tegumento de muitas formigas serem pouco piloso, dificultando a adesão do pólen em processos de polinização, existe numerosas espécies em que este é mais piloso do que o das abelhas e vespas, permitindo a retenção do pólen (BEATTIE, 1985). Neste sentido, a mirmecofilia (polinização por formigas) é conhecida para algumas espécies de plantas e segundo Gómez (2000), por exemplo, formigas representam 81,2% das visitas de *Lobularia maritima* (Cruciferae) e ainda que possa ser visitada por quatro espécies mais frequentemente, como *Plagiolepis pygmaea*, *Camponotus micans*, *Tapinoma simrothi*, *Crematogaster auberti*, somente *C. micans* tem potencial de aumentar o número de sementes e flores produzidas devido à ausência da glândula metapleural nesse gênero.

As abelhas são consideradas o mais importante grupo de insetos polinizadores, coletam o néctar e o pólen para suas larvas e também para seu próprio consumo (ROUBIK, 2002). *Apis melífera*, por exemplo, são os polinizadores economicamente mais valiosos para as monoculturas em todo mundo (WATANABE, 1994; ROUBIK, 2002). Há mais de 20.000 espécies de abelhas ao redor do mundo, e todas são antofílicas. As plantas que dependem da melitofilia (polinização por abelhas) quase sempre possuem flores chamativas (amarelas ou azuis) e com cheiro doce, que possuem guias de néctar, que são linhas, ou outras marcas, com frequências visíveis no ultravioleta, nas pétalas que direcionam os polinizadores para o néctar (GULLAN; CRANSTON, 2008).

Os serviços de polinização das abelhas são extremamente

importantes para muitas plantas cultivadas, mas em ecossistemas naturais podem gerar problemas, competindo com outros insetos polinizadores nativos, inclusive os polinizadores especialistas de uma espécie de planta nativa (GULLAN; CRANSTON, 2008).

Colmeias de abelhas gerenciadas é muitas vezes a única solução para agricultores para garantir a polinização de culturas. Em produção agrícola, onde se busca a maior produção de frutos, maior tamanho e de formas uniformes, a introdução de populações gerenciadas de abelhas, por exemplo, *Apis melífera*, pode ser uma ótima solução (ORONJE, 2012). De fato, segundo Roubik (2002), *Apis melífera*, é conhecida como as polinizadoras mais efetivas de café e em estudos de Vilanova (2011) são as visitantes mais frequentes de pessegueiros (*Prunus pérsica*), aumentando sua capacidade de frutificação e qualidade dos frutos.

2.3 Díptera polinizadores

Díptera constitui uma das maiores ordens de insetos, sendo muito abundantes e diversos (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005), compreendendo moscas, mosquitos e afins. Os dípteros são prontamente reconhecíveis pelo desenvolvimento das asas posteriores (metatorácicas) como balancins ou halteres e, nos estágios larvais, pela falta de pernas verdadeiras e, com frequência, pela aparência vermiforme (GULLAN; CRANSTON, 2008). Estima-se que 150 mil espécies classificadas em cerca de 10 mil gêneros, de 188 famílias, tenham sido descritas (THOMPSON, 2006) e também que metade das espécies tenha larvas com hábitos aquáticos (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005).

A miofilia (polinização por moscas) ocorre quando visitam flores para obter néctar, embora as moscas da família Syrphidae se alimentem principalmente de pólen do que de néctar. As flores polinizadas por moscas tendem a serem menos chamativas do que outras flores polinizadas por outros insetos, mas possuem um odor forte, na maioria das vezes repugnante, de acordo com os padrões humanos. As moscas, em geral utilizam muitas fontes diferentes de alimentos e, isto sugere que sua atividade de polinização é irregular. Contudo, a grande abundância e presença de algumas moscas durante o ano inteiro significa que elas são polinizadoras importantes de muitas plantas (GULLAN; CRANSTON, 2008).

De fato, os dípteros são considerados o segundo mais importante grupo de polinizadores, embora a maioria deles não seja dependente das flores para obtenção de recursos (ENDRESS, 1994), visto que possuem hábitos generalistas.

Em estudos de Blanco e Barboza (2005), por exemplo, foi documentado a polinização por pseudocópula em *Lepanthes* sp. (Pleurothallidinae) por dípteros Sciaridae, sendo que esses dípteros também são polinizadores de plantas da família Orchidaceae: *Acianthera aveniformis* e *Acianthera hygrophila*. Cerca de 47,1% de espécies da família Cyclorhapha polinizam espécies de *Mangifera indica* (mangueira) (MALERBO-SOUZA; HALAK, 2009).

2.4 Lepidóptera polinizadores

As borboletas e mariposas são insetos comuns, facilmente reconhecidos pela morfologia peculiar. Os lepidópteros são economicamente importantes, uma vez que as larvas da maioria das espécies são fitófagas e causam prejuízos para muitos cultivos de plantas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005).

A maioria dos lepidópteros se alimenta de flores utilizando um aparelho bucal, especializado, chamado de espirotromba que é uma estrutura longa e fina. As flores polinizadas por borboletas e mariposas com frequência são regulares, tubulares e com cheiro doce. A falenofilia ou esfingofilia (polinização por mariposas) está tipicamente associada a flores de cores claras e pendentes para baixo, e que a (abertura das flores) noturna ou crepuscular; ao passo que a psicofilia (polinização por borboletas) é tipificada por flores vermelhas, amarelas ou azuis, direcionadas para cima, que possuem antese diurna (GULLAN; CRANSTON, 2008).

Noubissié *et al.* (2012), por exemplo, observaram que a espécie *Papilio demodocus*, uma borboleta, é responsável pela polinização de cerca de 30% das flores de *Striga hermonthica*.

2.5 Coleóptera polinizadores

Coleóptera é a maior ordem de insetos, com cerca de 40% das espécies conhecidas no subfilo Hexápoda. Mais de um quarto de milhão de espécies de besouros já foram descritas, sendo que uma das características mais marcantes dos coleópteros é a estrutura de suas asas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2005). A maioria dos besouros têm quatro asas, com o par frontal mais espesso chamado de elytra (ou elytron). O que fica claro a importância deste grupo para polinização, por exemplo, segundo Silva (2007) flores da família Myrtaceae, como *Eugenia uniflora*, *E. neonitida*, *E. puniceifolia* e *E. rotundifolia*, são visitadas e frequentemente polinizadas por coleópteros de 8 famílias, Nitidulidae, Eliateridae, Chrysomelidae, Oedemeridae, Dasitidae, Tenebrionidae, Scarabaeidae e Coccinellidae.

2.6 Papéis dos polinizadores nos sistemas agrícolas

A polinização, como um serviço do ecossistema prestado em benefício do homem, representa 200 bilhões de dólares anuais (COSTANZA *et al.*, 1997). A chamada agricultura sustentável procura utilizar, de forma inteligente, os serviços prestados pelo ecossistema, com destaque para aqueles oferecidos pela polinização (LIMA; ROCHA, 2012). Atualmente no Brasil, o agronegócio representa 22,80% de todo o rendimento gerado pela economia brasileira, uma soma equivalente a R\$ 252,4 bilhões em 2013 (SANTOS *et al.*, 2013).

Espécies de abelhas sociais são utilizadas na polinização de cultivos, como por exemplo, a abelha-do-mel *Apis mellifera* (DELAFLANE; MAYER, 2000). Em muitos países, como o Canadá, esse é um dos modelos mais bem-sucedidos

da utilização em grande escala de abelhas silvestres para a polinização (RICHARDS, 2001). Neste âmbito, Bosch; Kemp (2002) destacam espécies do gênero *Osmia* são utilizadas na polinização de frutíferas em várias regiões da Europa.

No Brasil, tem se destacado estudos com o maracujá-amarelo, *Passiflora edulis* f. *Flavicarpa* Deg, que é uma espécie cultivada, auto incompatível, e depende de polinizadores (TEIXEIRA, 1994). Também são relatados estudos de manejos de polinizadores como a utilização da abelha africanizada *Apis mellifera* na polinização da maçã (*Malus domestica*) e do melão (*Cucumis melo*).

Um forte exemplo do manejo de polinizadores com abelhas, é com o gênero *Bombus*, como é o caso da *Bombus terrestris*, comumente utilizada na polinização de espécies cultivadas em estufas. Criada com sucesso em laboratório, a partir de 1987, passou a ser produzida por companhias belgas e holandesas produzindo frutos de melhor qualidade, com o uso de menor quantidade de pesticidas (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004).

Dentre as atividades desenvolvidas com polinizadores, pode se destacar a apicultura e a meliponicultura. Estas atividades são capazes de causar impactos positivos tanto sociais quanto econômicos, além de contribuir para a manutenção e a preservação dos ecossistemas. Segundo Pereira, Vincenzi e Lovato (2003), a cadeia produtiva da apicultura propicia a geração de inúmeros postos de trabalho, empregos e fluxo de renda, principalmente no ambiente da agricultura familiar, sendo determinante para a melhoria da qualidade de vida e a fixação do homem no meio rural.

A apicultura vem ganhando espaço, atualmente o Brasil é o sexto maior produtor de mel (ficando atrás somente da China, Estados Unidos, Argentina, México e Canadá), entretanto, ainda existe um grande potencial apícola (flora e clima) não explorado e grande possibilidade de se maximizar a produção, incrementando o agronegócio apícola, que é uma atividade considerada rentável para pequenos, médios e grandes produtores; e que para o Brasil é bastante promissora, já que a flora brasileira é considerada uma das maiores e mais ricas do mundo (BACAXIXI *et al.*, 2011).

A atividade apícola é essencialmente ecológica, comprovadamente rentável, que pode ser desenvolvida em, praticamente, todo o espaço geográfico, sendo uma atividade sustentável e de grande importância econômica e, pela sua natureza é uma atividade conservadora das espécies (GUIMARÃES, 1989).

A modificação que tem ocorrido no ambiente, principalmente por ações antrópicas tem afetado as populações de polinizadores de diversas espécies de plantas, que nos últimos 120 anos, foram encontrados grandes mudanças no meio ambiente bem como o comportamento de insetos envolvidos na polinização (BURKLE *et al.*, 2013).

Muitos insetos polinizadores sofrem com a atividade agrícola intensa e conseqüente mudança na paisagem. Populações de muitas espécies sentem estes efeitos de

forma negativa em suas populações (OCKINGER; SMITH, 2007). Por outro lado, o declínio na riqueza e abundância de polinizadores podem levar a uma diminuição concomitante das espécies de plantas, dependentes de polinização (BIESMEIJER *et al.*, 2006).

A tenacidade das populações de plantas e animais nas paisagens agrícolas é importante para manter os serviços ecossistêmicos (a polinização, por exemplo) e também para conservação de espécies ameaçadas. Um dos maiores problemas decorrentes de intensificações agrícolas, mesmo quando se destina uma área de reserva ambiental legal, é a fragmentação florestal (TSCHARNTKE *et al.*, 2005).

As alterações induzidas pela fragmentação podem ter conseqüências para polinizadores e para o fluxo gênico em populações de plantas e animais, podendo alterar a dinâmica de comunidades. Em paisagens agrícolas intensamente cultivadas, é possível observar pequenos fragmentos de habitats não cultivados, este com faunas empobrecidas quando comparadas com grandes áreas de pastagens (WEIBULL; OSTMAN; GRANQVIST, 2003).

A fragmentação florestal, causada principalmente pelo aumento nas áreas de cultivo agrícola, pode isolar populações de polinizadores em pequenas áreas florestadas, impedindo o fluxo entre fragmentos e a conseqüente ausência destas espécies nas matrizes no entorno (BENEVIDES, 2009).

A polinização pode ser diretamente afetada pela fragmentação por meio de uma redução na abundância e riqueza de espécies, mas também indiretamente, pela alteração do seu comportamento e padrões de voo. O fluxo restrito de pólen e conseqüentemente a redução da polinização, resultante da fragmentação, causa grandes danos a diversas espécies de plantas. A diminuição da polinização pode reduzir tanto a variabilidade genética da progênie, em plantas (especialmente de espécies lenhosas), causando uma depressão endogâmica e mudanças na estabilidade populacional em longo prazo (DIDHAN *et al.*, 1996).

Dessa forma sabe-se que as manutenções de populações de polinizadores em áreas de atividade agrícola dependem da preservação de habitats seminaturais permanentes, ou seja, habitats cuja manutenção depende da atividade humana (TSCHARNTKE *et al.*, 2005).

Em paisagens dominadas pela agricultura intensiva em que o habitat para as espécies de pastagens é altamente fragmentado, a presença até mesmo de pequenos fragmentos seminaturais leva a maior abundância e riqueza de espécies de borboletas e abelhas em pequenos habitat fragmentados (OCKINGER; SMITH, 2007).

De fato, vários estudos têm mostrado que a intensa atividade agrícola tem conseqüências negativas para a atividade de polinizadores. Como exemplos, pode-se citar a redução da taxa de frutificação em culturas de pinha (*Annona squamosa* e *Annona cherimola*) em fragmentos distantes um dos outros (BLANCHE; CUNNINGHAM, 2005), as diferenças no número de grãos de pólen em campos orgânicos

e convencional, em plantações de Melancia (*Citrullus lanatus*) (KREMEN *et al.*, 2002).

2.7 Relação entre intensificação da atividade agrícola e polinização

Os polinizadores têm sua importância reconhecida tanto no meio agrônomo quanto no ambiental, apresentando interesse social e importância ecológica. No entanto, algumas ações antrópicas são desfavoráveis ao meio ambiente e conseqüentemente para a população de polinizadores. Estima-se que os polinizadores têm importante papel na manutenção de dois terços das plantas do mundo e que três quartos das plantas cultivadas têm incremento de produtividade, gerando benefício econômico global estimado em US\$ 117 bilhões (RUGGIERO, 2002).

Neste âmbito estudos apontam uma crise na polinização de plantas tropicais devido, principalmente, à fragmentação do habitat, expansão agrícola, uso de herbicidas e pesticidas, introdução de abelhas exóticas e as mudanças climáticas globais (KEARNS *et al.*, 1998).

Em seu trabalho, Kerr *et al.* (2001) destaca alguns fatores que acarretam na diminuição dos polinizadores: (1) o desmatamento é responsável por quase a totalidade de 300 a 350 espécies de abelhas que vivem em ocos de árvores destruídas; (2) as queimadas, acarretam danos as rainhas fecundadas que por possuírem o abdômen desenvolvido, e pesar muito ficam impossibilitadas de voar, e 2% a 3% das espécies fazem ninhos subterrâneos superficiais, sendo mortas facilmente durante os incêndios; (3) durante a ação de meleiros após a coleta de mel quando em habitat natural, a cria é deixada no chão sendo posteriormente destruída pelas formigas; (4) a ação das serrarias também são grandes responsáveis pela diminuição dos locais de nidificação, pois, costumam retirar da floresta as árvores mais velhas, que geralmente tem ocos adequados para serem ocupados por novos enxames; (5) a fragmentação causa grandes danos, pois quando o fragmento é pequeno causa uma diminuição na variabilidade genética; (6) a utilização de inseticidas em áreas agrícolas, afetam os meliponários e as áreas de mata próximas aos cultivos; (7) e a fome, pois alguns animais atacam os ninhos em busca de alimento.

A redução de áreas ocupadas por vegetação nativa tem levado a alarmantes perdas de biodiversidade e empobrecimento de recursos genéticos (MYERS *et al.*, 2000). Deste modo os meios mais comuns de destruição de habitats são através do estabelecimento de monoculturas, pastoreio, desmatamento e irrigação (KEVAN, 1999).

A diminuição na ocorrência de polinizadores afeta diretamente o seu papel no ecossistema, pois estes são essenciais para a manutenção da diversidade das plantas nativas e, indiretamente, responsável pela existência de outras guildas que dependem dos recursos florais, tais como herbívoros e predadores de sementes (POTTS *et al.*, 2006; KREMEN, *et al.*, 2007). Estudos afirmam que tanto plantas

nativas quando cultivadas podem se beneficiar da polinização (ROUBIK, 2002; DEMARCO; COELHO, 2004).

Kevan (1999) e Richards (2002) afirmam que as populações de polinizadores parecem ter um declínio mundial com os efeitos dos pesticidas, devido à destruição do habitat, propagação de doenças e parasitas, e concorrência de visitantes florais introduzidos. Isto coloca em risco a biodiversidade e a sustentabilidade da agricultura, mas, ainda que se conheça a importância da polinização na produção de muitos cultivos agrícolas, a interação entre os polinizadores nativos e as práticas atuais da agricultura não tem sido bem resolvidas (YAMAMOTO; BARBOSA; OLIVEIRA, 2010).

A exposição das abelhas aos agrotóxicos pode afetar a sua capacidade de aprendizado e memorização, o que pode desorientar não só o indivíduo exposto como também as forrageiras da colônia (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Alguns fungicidas também apresentam um grande impacto sobre os polinizadores, por apresentar a capacidade de reduzir o número de visita às flores das culturas, ao exercerem ação repelente (SOLOMON; HOOKER, 1989).

No Brasil estima-se que utilizado anualmente um número superior a 300 mil toneladas de produtos formulados, representando o equivalente de mais de 130 mil toneladas em ingredientes ativos desses produtos químicos (LIMA; ROCHA, 2012). Estes produtos podem afetar de diversas formas as abelhas, dentre estas se destacam a divisão de trabalho dentro da comunidade, os cuidados com a prole e a limpeza da colônia, as modificações na atividade de forrageamento e na rotina da rainha.

Na literatura são relatados diversos grupos de inseticidas responsáveis por danos na ocorrência e distribuição de polinizadores, dentre eles se destacam o acefato, azocyclotin, bacillus, carbaril, carbofuran, clorpirifós, cipermetrina, dicofol, diflubenzuron, dimetoato, dissulfoton, fembutatina, óxido, metamidofó, paratiom metil, metomil, monocrotofós, permetrina, forato (Phorate), pirimicarb, profenofós, propargite, enxofre, tetradifon, tiodicarb (PINHEIRO; FREITAS, 2010).

Cox e Wilson (1984) observaram que inseticidas piretroides ocasionam a perda da capacidade de orientação e os indivíduos afetados podem não voltar à colônia, além de gerar graves distúrbios de comportamento que afetam a capacidade de forrageamento. Outro caso é o do Fipronil, inseticida da classe dos fenilpirazólico que afeta insetos não alvos, causando sua morte. Em doses subletais, o Fipronil pode afetar a percepção gustativa, o aprendizado olfatório e a atividade motora das abelhas, que são funções essenciais no forrageamento desses insetos (HASSANI *et al.*, 2005).

O inseticida Imidacloprido, também é capaz de causar danos às abelhas, afetando o padrão da dança, em *Apis mellifera*, se destacam por afetar o forrageamento dificultando o retorno dos indivíduos para a colônia (BORTOLOTTI *et al.*, 2003). Dentre os impactos promovidos pelos pesticidas

tem destaque o fenômeno chamado de colapso de desordem da colônia, este é atribuído ao uso de pesticida do grupo dos neonicotinóides, pelo dado que podem ocasionar nos receptores do sistema nervoso dos insetos. Para remediar este problema, no continente Europeu foi realizada uma votação que teve como objetivo a proibição do uso de três pesticidas desta classe, lei que entrou em vigor no ano de 2013 (CRESSEY, 2013).

Essas iniciativas ressaltam a necessidade de preservar áreas para polinizadores nativos em agroecossistemas e incentivar suas populações por fornecimento de forragem e locais de nidificação para a sua conservação. Para a manutenção dos serviços de polinização faz-se necessário reavaliar a política de conservação dos habitats naturais a fim de disponibilizar os recursos imprescindíveis para a manutenção dos polinizadores nativos, recursos que incluem locais de nidificação e recursos florais suficientes (KREMEN *et al.*, 2007).

Os estudos desenvolvidos na área destacam a importância da implantação de técnicas que visem recuperar e preservação os habitats naturais, não apenas de modo a preservar a vegetação, mas, sim todos os processos ecossistêmicos.

2.8 Insetos polinizadores como bioindicadores

Estudos comprovam que em ambientes naturais e até mesmo aqueles que sofre manejo, quanto maior a diversidade na vegetação maior deve ser a diversidade de polinizadores (RICHARDS, 2001). A gestão dos organismos que contribuem para os serviços dos ecossistemas requer a consideração não só do nível no local onde os serviços são prestados, mas também de sua ação mais ampla (KREMEN *et al.*, 2007). Neste sentido, se uma espécie-chave de planta perde seu polinizador, toda a estrutura da comunidade sofre mudanças drásticas (KEARNS; INOUE, 1997).

Deste modo, as mudanças nas paisagens oriundas de cultivos agrícolas ameaçam diretamente a diversidade, mas podem também ameaçar a produtividade, a diversidade e a estabilidade da produção alimentícia afetando as comunidades de polinizadores (RICKETTS, 2008). Neste âmbito ocorre a necessidade de buscar novas técnicas que visem minimizar os impactos ambientais. Assim, quando se fala em agricultura sustentável, uma técnica que vem ganhando espaço é o controle biológico, que segundo Parra *et al.* (2002), assume uma importância cada vez maior em programas de manejo integrado de pragas (MIP), os agentes utilizados são chamados de inimigos naturais.

Dentre os insetos predadores ganham destaque famílias das seguintes ordens: Hymenoptera (Formicidae e Vespidae), Díptera (Asilidae e Syrphidae), Coleoptera (Carabidae e Coccinellidae), Dermáptera (Forficulidae e Labiduridae), Hemíptera da subordem Heteroptera (Pentatomidae e Reduviidae), e os Crisópida (Neuroptera: Chrysopidae) (PARRA *et al.*, 2002).

Além do controle biológico, existem outras técnicas de

práticas agroecológicas como, por exemplo, os sistemas de policulturas e a adubação verde, o cultivo mínimo, nucleação, sistemas agroflorestais e a construção de corredores ecológicos, estas metodologias viabilizam a manutenção dos habitats, e contribuem para o aumento da biodiversidade do sistema, favorecendo os polinizadores ao oferecer uma maior disponibilidade de fontes alternativas, de forrageio e de locais para nidificação ou oviposição e ainda são capazes de oferecer abrigos para os inimigos naturais das pragas e reduzir a necessidade do uso de agrotóxicos (KEVAN *et al.*, 1990).

Os diversos estudos sobre essas técnicas demonstram a grande importância dos polinizadores para a obtenção do sucesso, por exemplo, na técnica de corredores ecológicos, as abelhas conseguem se deslocar de um fragmento para o outro, garantindo assim a variabilidade genética entre os locais. Segundo Lima e Rocha (2012), as abelhas, principalmente as encontradas em ambientes com certo grau de conservação, sociais ou solitárias, podem ser utilizadas como excelente ferramenta de monitoramento ambiental.

3 Conclusão

No cenário atual tem-se reconhecido cada vez mais a importância dos polinizadores, para a manutenção e a produtividade de ambientes naturais e agrícolas. Neste sentido, os insetos polinizadores desempenham um papel fundamental tanto na preservação e recuperação do ambiente quanto na economia mundial. Apesar de sua reconhecida importância, muitas ações antrópicas têm ocasionado grandes danos nas comunidades destes insetos, tendo como consequência um desequilíbrio nas relações ecossistêmicas.

Sabe-se que diversas espécies de plantas só conseguem se reproduzir com o auxílio de polinizadores, enquanto outras de algum modo se beneficiam da polinização, como é o caso de alguns cultivares, que tem como benefício a melhoria da qualidade e quantidade dos frutos.

Problemas ambientais, como desmatamento, queimadas, a fragmentação florestal, além da utilização de insumos químicos em áreas agrícolas, vêm impactando as populações de inúmeras espécies de polinizadores, em escala global. A intensificação de atividades agrícolas, com o uso excessivo de agrotóxicos, pesticidas e fungicidas, vem afetando-os consideravelmente, sobretudo, as abelhas, consideradas como polinizadores mais efetivos, acarretando em grandes prejuízos econômicos e ambientais.

Portanto, com o objetivo de se manter os serviços de polinização é necessário a implantação de uma política de conservação dos habitats naturais a fim de disponibilizar os recursos imprescindíveis para a manutenção dos polinizadores nativos, recursos que incluem locais de nidificação e recursos florais suficientes. Além disso, faz-se necessário reavaliar o uso de muitos insumos agrícolas e a utilização, no seu lugar, de produtos naturais para controle de pragas agrícolas e também a busca de incentivos para o uso do controle biológico.

Referências

- ALMEIDA, E.A.B. *et al.* Biogeography and diversification of colletid bees (Hymenoptera: Colletidae): emerging patterns from the southern end of the world. *J. Bio.*, v.39, p.526-544, 2012.
- BACAXIXI, P. *et al.* importância da apicultura no Brasil. *Rev. Cient. Eletr. Agron.*, v.20, p.5, 2011.
- BATISTA, G.T. Pagamentos por serviços ambientais. *Repos.io Eletr. Ciênc. Agrár.*, Coleção Ciências Ambientais, p.1-43, 2010.
- BENEVIDES, C.R.; GAGLIANONE, M.C.; HOFFMANN, M. Visitantes florais do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.: Passifloraceae) em áreas de cultivo com diferentes proximidades a fragmentos florestais na região Norte Fluminense, RJ. *Rev. Bras. Entomol.*, v.53, n.3, p.415-421, 2009.
- BEATTIE, A.J. *The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms*. Cambridge: Cambridge University, 1985.
- BIESMEIJER, J.C. *et al.* Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Sci.* v.313, n.5785, p.351-354, 2006.
- BOSCH, J.; KEMP, W.P. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bull. Entomol. Res.*, v.92, p.3-16, 2002.
- BLANCHE, R.; CUNNINGHAM, S.A. Rain Forest provides pollinating beetles for atemoya crops. *J. Econ. Entomol.*, v.98, p.1193-1201, 2005.
- BLANCO, M. A.; BARBOZA, G. Pseudocopulatory pollination in *Lepanthes* (Orchidaceae: Pleurothallidinae) by fungus gnats. *Ann. Botany*, v.95, p.763-772. 2005.
- BORTOLOTTI, L. *et al.* Effects of sublethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of the honey bees. *Bull. Insectol.*, v.56, p.63-67, 2003.
- BROWN JR.; K.S.; FREITAS, A.V.L. Butterfly communities of urban Forest fragments in Campinas, São Paulo, Brazil: structure, instability, environmental correlates, and conservation. *J. Insect Conserv.*, v.6, n.4, p.217-231, 2002.
- BURKLE, L.A.; MARLIN, J.C.; KNIGHT, T.M. Plant-Pollinator Interactions over 120 Years: Loss of Species, Co-Occurrence, and Function. *Science*, v.339, p.1611-1615, 2013.
- COSTANZA, R. *et al.* The value the world's service and natural capital. *Nature*, v.387, p.253-260, 1997.
- CRESSEY, D. Europe debates risk to bees. *Nature*, v.496, p.408, 2013.
- COX, R.L.; WILSON, W.T. Effects of permethrin on the behavior of individually tagged honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Environ. Entomol.*, v.13, p.375-378, 1984.
- DAILY, G. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystem*. Washington: Island, 1997.
- DAILY, G.C. *et al.* Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*: Ecological Society of American, 1997.
- DELAPLANE, K.S.; MAYER, D. F. *Crop pollination by bees*. Cambridge: Cabi. 2000.
- DEMARCO, P.; COELHO, F.M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures pollination and production. *Biodivers. Conserv.*, v.13, p.1245-1255, 2004.
- DIDHAM, R.K. *et al.* Insects in fragmented forests: a functional approach. *Science*, v.11, n.6, p.255-260, 1996.
- ENDRESS, P.K. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge: Cambridge University, 1994.
- FARACHE, F.H.A.; T DO Ó, V.; PEREIRA, R. A. S. New occurrence of non-pollinating fig wasps (Hymenoptera: chalcidoidea) in *ficus microcarpa* in Brazil. *Neotrop. Entomol.*, v.38, n.5, p.683-685, 2009.
- FREE, J.B. *Insect pollination of crops*. London: Academic, 1993.
- FREITAS, B.M.; OLIVEIRA FILHO, J.H. Ninhos racionais para mamangava (*Xylocopa frontalis*) na polinização do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis*). *Ciênc. Rural*, v.33, n.6, p.1135-1139, 2003.
- GHAZOUL, J. Floral diversity and the facilitation of pollination. *J. Ecol.*, v.94, p.295-304. 2006.
- GÓMEZ, J.M. Effectiveness of ants as pollinators of *Lobularia maritima*: effects on main sequential fitness components of the host plant. *Oecologia*, v.122, p.90-97, 2000.
- GUIMARÃES, N.P. Apicultura, a ciência da longa vida. Belo Horizonte: Itatiaia, 1989.
- GULLAN, P.J.; CRANSTON, P.S. *Os insetos: um resumo de entomologia*. São Paulo: Rocca, 2008.
- HASSANI, A.K. *et al.* Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of honey bee (*Apis mellifera*). *Pharmacol. Biochem. Behav.*, v.82, p.30-39, 2005.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização. Disponível em: <http://www.ib.usp.br/vinces/logo/vera.pdf>. 2004. Acesso em: 20 jun. 2013.
- JAMES, A.N.; GREEN, M.J.B.; PAINE, J.R. Global review of protected area budgets and staff. Cambridge: WCMC, 1999.
- KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. Pollinators, flowering plants, and conservation biology. *BioScience*, v.47, n.5, p.297-397, 1997.
- KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. ; WASER, N.M. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, v.29, p.83-112, 1998.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; THORP, R.W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, v.99, p.16812-19816, 2002.
- KREMEN, C. *et al.* Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol. Lett.*, v.10, p.299-314, 2007.
- KERR, W.E. Meliponicultura: A importância da meliponicultura para o país. *Biotecnologia Ciênc. Desenvolv.*, v.1, n.3, p.42-44, 1997.
- KERR, W.E. *et al.* Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001.
- KEVAN, P.G.; CLARK, E.A.; THOMAS, V.G. Insect pollinators and sustainable agriculture. *Am. J. Altern. Agric.*, v.5, n.1, p.13-22, 1990.
- KEVAN, P.G. Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agric. Ecosystems Environmen Elsevier Sci.*, v.74, p.373-393, 1999.
- LIMA, M.C.; ROCHA, S.D.A. *Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2012.
- MACENA, V.M. Abelhas visitantes florais, potenciais polinizadoras do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em cultivo agroecológico. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.
- MACEDO, J.F.; MARTINS, R.P. Potencial da erva daninha *Waltheria americana* (Sterculiaceae) no manejo integrado de pragas e polinizadores: visitas de abelhas e vespas. *An. Soc. Entomol. Brasil*, v.27, n.1, p.29-40, 1998.

- MALERBO-SOUZA, D.T.; HALAK, A.L. Comportamento de forrageamento de abelhas e outros insetos nas paniculas da mangueira (*Mangifera indica* L.) e produção de frutos. *Acta Scientiarum. Anim. Sci.*, v.31, n.3, p.335-341, 2009.
- MYERS, N. *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v.423, n.24, p.853-858, 2000.
- NABHAN, G.P.; BUCHMANN, S.L. Pollination services: biodiversity's direct link to world food stability. In: DAILY, G. *Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems*. Washington: Island, 1997, p.133-150.
- NASCIMENTO, W.M. *et al.* Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. *Horticultura Bras.*, v.30, p.494-498, 2012.
- NUNES, S.P. O desenvolvimento da agricultura brasileira e mundial e a ideia de desenvolvimento rural. *DESER*, p.15, 2007.
- NOUBISSIÉ, J.B.T.; YADJI, H.T.; BALDENA, I. Screening Sorghum Populations for Resistance to *Striga hermonthica* (Del.) Benth in Northern Cameroon. *Ann. Biol. Res.*, v.3, n.5, p.2357-2364, 2012.
- OCKINGER, E.; SMITH, H.G. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *J. Appl. Ecol.*, v.44, p.50-59, 2007.
- OLIVEIRA, L.M.T. Diagnóstico de fragmentos florestais nativos, em nível de paisagem, em áreas sob influência da Vera Cruz Florestal Ltda.. Eunápolis, BA. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- ORONJE, M.L. *et al.* Pollinator diversity, behaviour and limitation on yield of karela (*Momordica charantia* L. Cucurbitaceae) in Western Kenya. *Afr. J. Agric. Res.*, v.7, n.11, p.1629-1638, 2012.
- PARRA, J.R.P. *et al.* Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002.
- PEREIRA, J.C.; VINCENZI, M.L.; LOVATO, P.E. Roland ristow: uma contribuição ao estudo da agricultura sustentável. *Eisforia*, v. 1, n.1, p.63-97, 2003.
- PINHEIRO, J.N.; FREITAS, B.M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. *Oecologia Aust.*, v.14, n.1, p.266-281, 2010.
- POTTS, S.G. *et al.* Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, v.129, p.519-529, 2006.
- RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Bot. Bras.*, v.18, n.1, p.37-47, 2004.
- RICHARDS, A.J. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield?. *Ann. Bot.*, v.88, p.165-172, 2001.
- RICHARDS, K.W.; KEVAN, P.G. Aspects of bee diversity, crop pollination and conservation in Canada. In: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002, p.77-94.
- RICKETTS, T.H. *et al.* Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecol. Lett.*, v.11, n.5, p.499-515, 2008.
- ROUBIK, D.W. Feral African bees augment neotropical coffee yield. In: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília: Ministry of Environment, 2002, p.255-266.
- RUGGIERO, M.; HEALY, M.A. Federal conservation agency's interest in saving wild pollinators. In: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. *Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002, p.29-35.
- SANTOS, S.A.B. Polinização em culturas de manjerição, *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), berinjela, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) e tomate *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae) por espécies de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Tese (Doutorado)- Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.
- SANTOS, A.B. Diversidade de visitantes florais e potenciais polinizadores de tomateiros (*Solanum lycopersicum* L.) em cultivos orgânicos e tradicionais. Dissertação (Mestrado) - UFS: São Cristóvão, 2009.
- SANTOS, A. B. Abelhas nativas: polinizadores em declínio. *Natureza OnLine*, v.8, n.3, p.103-106, 2010.
- SANTOS, R.C.; PALERMO, T.L.; NUNES, G. Balanço 213 e Perspectivas 2014: Análise da economia brasileira e mundial em 2013 e perspectivas para 2014. CNA Brasil, 2013, 123 p.
- SOLOMON, M.G.; HOOKER, K.J.M. Chemical repellents for reducing pesticide hazard to honeybees in apple orchards. *J. Apicultural Res.*, v.28, p.223-227, 1989.
- SUSEK, A.; IVANCIC, A. Pollinators of *Helleborus niger* in Slovenian naturally occurring populations. *Acta Agric. Slovenica*, p.205-211, 2006.
- TEIXEIRA, C.G. *Multiplicação*. Campinas: ITAL, 1994.
- TEIXEIRA, J.C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. *Assoc. Geógrafos Bras.*, v.2, p.21-42, 2005.
- THOMPSON, F.C. *Biosystematic Database of World Diptera*. Version 7.5. Disponível em: <http://www.sel.barc.usda.gov/Diptera/biosys.htm>. 2006. Acesso em: 20 jun. 2013.
- TOLEDO, V.A.A. *et al.* Biologia floral e polinização em girassol (*Helianthus annuus* L.) por abelhas africanizadas. *Sci. Agraria Paranaensis*, v.10, n.1, p.5-17, 2011.
- TOLEDO, V.A.A. *et al.* Polinização por abelhas (*Apis mellifera* L.) em laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Sci. Agraria Paranaensis*, v.12, p.236-246, 2013.
- TRIPLEHORN, C.A.; JOHNSON, N.F. *Borrer and delong's introduction to the study of insects*. Belmont: Thomson Brooks, 2005.
- TSCHARNTKE, T. *et al.* Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. Lett.*, v.8, p.857-874, 2005.
- UTELLI, A.B.; ROY, B.A. Pollinator abundance and behavior on *Aconitum lycoctonum* (Ranunculaceae): an analysis of the quantity and quality components of pollination. *Oikos*, v.89, p.461-470, 2000.
- VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF*, v.12, n. 32, p.25-42, 1998.
- VILANOVA, C.S. Interações de insetos antofílicos em pessegueiros (*Prunus persica* C.V. Premier L. Batsch – Rosaceae) e efeito na produção de frutos no sul do Brasil. Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica, Porto Alegre, 2011.
- WATANABE, M.E. Pollination worries rise as honey bees decline. *Science*, v.265, p.1170, 1994.
- WANDERLEY, P.A. *et al.* Frutificação e peso de frutos de erva-doce orgânico com polinização aberta e fechada. *Rev. Bras. Agroecol.*, v.2, n.1, p.1537-1540, 2007.
- WEIBULL, A.C.; OSTMAN, O.; GRANQUIST, A. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodivers. Conserv.*, v.12, p.1335-1355, 2003.

YAMAMOTO, M.; BARBOSA, A.A.A.; OLIVEIRA, P.E.A.M. A polinização em cultivos agrícolas e a conservação das áreas naturais: o caso do maracujá-amarelo. *Oecologia Aust.*, v.14, n.1, p.174-192, 2010.