



Foto: Giorgio Venturieri

A.B.E.L.H.A.
Associação Brasileira de Estudos das Abelhas

Agricultura e Polinizadores



Organizador:
Associação Brasileira de Estudos
das Abelhas - A.B.E.L.H.A.

Agricultura e Polinizadores

São Paulo - SP

2015

SUMÁRIO

06

Apresentação

07

Prefácio

09

O papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil

19

Polinizadores manejados no Brasil e sua disponibilidade para a agricultura

32

A importância da paisagem agrícola no serviço de polinização das abelhas

44

O valor econômico do serviço de polinização em alguns cultivos brasileiros

54

Impacto da agricultura sobre a população e a diversidade de polinizadores, e formas de mitigação de seus efeitos

APRESENTAÇÃO

Foto: Cláudia Inês da Silva



Macho de *Centris* sp. visitando flor de *Poincionella gardneriana* (Leguminosae).

A preocupação com o destino do planeta e principalmente de nosso País é pauta diária de todos os cidadãos.

Pesquisas e esforços estão sendo empregados para gerar informações sobre a proteção da biodiversidade e apoio à produção de alimentos no Brasil; são indiscutíveis os avanços nesses setores. A convergência dessas informações é que às vezes não acontece.

Norteadas pela missão da A.B.E.L.H.A. - de produzir e divulgar informações com base científica, que visem à conservação das abelhas e outros polinizadores no Brasil -, a proposta deste trabalho foi a de reunir pesquisadores buscando estimular o intercâmbio de conhecimento sobre a polinização, a produção agrícola e a proteção à biodiversidade. Ao mesmo tempo, tem o intuito de contribuir para fortalecer o nosso país no seu crescimento e na produção das riquezas, mantendo o olhar sobre a proteção ambiental e a harmonia entre os setores. Os assuntos aqui apresentados possibilitarão a construção da coexistência da produção agrícola e a preservação da biodiversidade.

Ana Lúcia Assad

**Dra. em Política Científica e Tecnológica
pela Universidade Estadual de Campinas
Diretora-Executiva da A.B.E.L.H.A.**

PREFÁCIO

Ao surgir o tema as abelhas e seu desaparecimento e a necessidade de proteção para os serviços ecossistêmicos que elas executam, houve uma resposta de cautela por parte do agronegócio brasileiro. Propusemos o início de um diálogo, com o objetivo de mostrar que os polinizadores são na verdade uma grande oportunidade para a agricultura.

A polinização, feita principalmente pelas abelhas na natureza, é essencial para a produção de sementes e frutos. São muitos os polinizadores, e a sua importância muito relevante para a produção agrícola.

As abelhas *Apis*, nativas na Europa, África e parte da Ásia, foram domesticadas pelo homem e, por isso, levadas pelos colonizadores para as outras partes do mundo. O mel é um produto de grande importância alimentar e medicinal, e foi o primeiro motivo para a criação racional dessas abelhas - conhecida como Apicultura. A partir dos anos 70, o papel das abelhas na polinização foi destacado principalmente nos Estados Unidos e no Reino Unido, e em alguns países passou a ser considerado essencial na economia agrícola. A produção de frutos, legumes e verduras e o

aumento da qualidade de fibras e óleos muitas vezes depende ou é complementada pelo uso das abelhas nas culturas. Por isso, o desaparecimento das abelhas foi inicialmente percebido nas abelhas domésticas.

Entretanto, há mais de 20.000 espécies de abelhas no mundo. A maior parte delas tem hábitos solitários, não vive em colônias e nem produz mel. Com diferentes morfologias e tamanhos, elas têm em comum a visita a flores para ali obterem seu alimento: o néctar das flores como fonte açucarada e o pólen como fonte proteica. E, quando voam de flor em flor, polinizam .

O primeiro capítulo deste volume trata do papel dos polinizadores na produção agrícola no Brasil. Até recentemente este assunto era considerado irrelevante no rendimento econômico da agricultura brasileira. Mas estudos mostraram a importância dos polinizadores na produção de alimento, e que o valor econômico deste serviço é muito alto. Uma visão atualizada sobre polinizadores na agricultura brasileira, necessidades e projeções futuras é dada pelos Drs. Breno M. Freitas e Cláudia I. Silva.

Além das abelhas domésticas, quais os outros polinizadores manejados no Brasil? Foi este o tema do segundo capítulo, de autoria da Dra. Claudia Inês da Silva e colaboradores. Assim, temos uma visão das possibilidades do momento de utilização de polinizadores na agricultura, e quais são eles. Veremos que este é um campo significativo e em crescimento, mostrando as potencialidades que a biodiversidade oferece no Brasil para a conservação e uso sustentável de polinizadores.

Hoje sabemos que a paisagem do entorno agrícola interfere na produtividade das culturas. Para apresentar um panorama geral sobre este tema, Dra. Denise de A. Alves discorreu sobre o tema e apresenta estudos de caso no Brasil. É um capítulo que merece atenção especial, principalmente neste momento em que devemos recuperar áreas para a recomposição dos serviços ecossistêmicos.

O valor econômico da polinização no Brasil é o capítulo desenvolvido pela Dra. Tereza Cristina Giannini. A primeira avaliação global do serviço de polinização para a agricultura foi apresentado em 2009 por Gallai e colaboradores, mostrando que a polinização valia, em média, aproximadamente 10% no valor da agricultura mundial. Aqui, a autora apresenta os valores para o Brasil, usando como base os dados de produção nacional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O capítulo final, do Dr Décio LG, traz sua visão ampla e profunda sobre a agricultura brasileira.

Após um histórico de como a presença dos polinizadores foi ligada ao rendimento agrícola no mundo, o autor propõe medidas importantes para a recuperação de áreas degradadas. Sugere que os produtores brasileiros recomponham as áreas de proteção permanente com plantas amigáveis aos polinizadores. Isso vale também para as várzeas e matas ciliares, e para as áreas de reserva legal, onde plantas nativas devem ter o seu plantio incentivado. Os estudos realizados pela Academia e o conhecimento do homem do campo precisam ser resgatados para esta etapa de fortalecimento e melhoria das áreas que formam a paisagem agrícola.

Portanto, consideramos que este livro, organizado pela Dra. Rosemarie Rodrigues, é uma contribuição valiosa para os interessados no tema de abelhas e o agronegócio brasileiro, pois inauguramos uma era de diálogo e de propostas de soluções para o interesse comum, que é usar os polinizadores como um elo entre agricultura e conservação.

Vera Lucia Imperatriz Fonseca
Professora Sênior de Ecologia
Instituto de Biociências
Universidade de São Paulo

1

O PAPEL DOS POLINIZADORES NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO BRASIL

ABELHAS

AGRICULTURA

POLINIZAÇÃO

PRODUÇÃO DE
ALIMENTOS

VALOR ECONÔMICO

Breno Magalhães Freitas &
Cláudia Inês da Silva

Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia
Universidade Federal do Ceará

freitas@ufc.br

claudia.silva@ufc.br

A maioria das culturas agrícolas depende da polinização realizada por animais para expressar todo o seu potencial produtivo. No entanto, até recentemente a polinização era ignorada no setor agrícola e tratada como um fator de pouca importância do sistema de produção, exceto naquelas culturas extremamente dependentes. Apesar de mudanças nessa visão estarem ocorrendo nos últimos anos, mostramos e discutimos que a polinização agrícola ainda se encontra envolta em muitas crenças e carece de informações sobre os polinizadores, requerimentos de polinização das culturas e profissionais qualificados no assunto.

A polinização

Polinização é a transferência dos grãos de pólen das estruturas masculinas das flores, os estames, para a parte feminina, o estigma, da mesma flor ou de uma outra flor da mesma espécie vegetal. O pólen transferido então germina no estigma e fertiliza os óvulos localizados no ovário da flor. Esse processo, chamado fertilização, faz com que cada óvulo forme um embrião que ao se desenvolver produz fitormônios (hormônios vegetais) responsáveis pelo crescimento e amadurecimento do ovário, formando então o fruto.

A polinização é essencial para a produção de sementes e frutos, exceto nos poucos casos em que esses são gerados sem que ocorra a polinização, chamados de apomixia (formação de sementes sem haver fertilização, ex. amora preta, dente de leão) e partenocarpia (formação do fruto sem a fertilização dos óvulos, ex. banana, abacaxi, pepino sem sementes). No entanto, mesmo nesse tipo de planta, a polinização pode ser necessária para produzir frutos partenocárpicos, como no caso da melancia sem sementes (partenocarpia estimulada), ou a apomixia nem sempre ocorre ou ocorre parcialmente, havendo a necessidade da reprodução sexual por meio da polinização, como observado em algumas espécies de *Citrus* e variedades de manga.

A maioria das plantas, no entanto, necessita de polinização para vingar sementes e frutos. Dentre as mais de 308.000 espécies de plantas

conhecidas atualmente, algumas possuem a capacidade de se autopolinizar e não dependem de mediadores para levar seus grãos de pólen das anteras para o estigma das flores (ex. muitos feijões, soja, pêssego e amendoim), enquanto outras usam agentes abióticos (não vivos), como o vento, a água ou a gravidade para a polinização (ex. milho, arroz, trigo). Contudo, a grande maioria das plantas, cerca de 87%, depende da polinização realizada por seres vivos, os polinizadores. Mesmo muitas das espécies que se autopolinizam ou são polinizadas pelo vento alcançam maior produção de frutos e sementes quando tem sua polinização complementada por animais, conforme veremos mais adiante.

Os polinizadores

Os polinizadores são seres vivos que visitam as flores de uma grande variedade de plantas em busca de recursos como néctar, pólen, óleos florais, essências, resinas, aquecimento, abrigo, entre outros. Durante suas visitas às flores, muitos desses animais entram em contato acidental ou proposital com os estames e adquirem pólen em seus corpos, que acabam sendo transferidos para os estigmas quando os tocam, realizando a polinização.

Vários grupos de animais podem atuar como polinizadores, desde os mais óbvios, como os insetos, até os pássaros, morcegos, e aqueles mais improváveis, como marsupiais, roedores, lagartos, e até o Homem. No entanto, é importante ressaltar que nem todo visitante floral é um polinizador, pois em suas buscas



Xylocopa sp. visitando flor de feijão caupi (*Vigna sinensis*).

por recursos florais muitos deles conseguem alcançar seus alvos sem polinizar as flores. Isso pode ocorrer por uma série de motivos, desde o tamanho inapropriado do visitante em relação à flor, até o seu comportamento dentro desta ou o horário da visita.

Os insetos são os principais polinizadores da flora do planeta, especialmente as abelhas, borboletas, mariposas, besouros, moscas, vespas e formigas. Mas dentre todos esses, as abelhas se destacam como o grupo de polinizadores mais importante. Diferente dos demais grupos, insetos ou não, as abelhas se alimentam exclusivamente de pólen e néctar e precisam visitar uma quantidade enorme de flores por dia para suprir suas necessidades individuais, de suas crias e, no caso das espécies

sociais, armazenar alimento, especialmente para o período de escassez de flores. Isso faz com que mais que qualquer outro grupo de polinizadores, as abelhas literalmente vivam de visitar e polinizar as flores.

Dessa forma, as abelhas são as responsáveis pela manutenção da base da cadeia alimentar nos ecossistemas silvestres. Elas respondem pela polinização de mais de 50% das plantas das florestas tropicais e no Cerrado brasileiro podem chegar a polinizar mais de 80% das espécies vegetais. Considerando as plantas cultivadas e utilizadas de forma direta ou indireta na alimentação humana, as abelhas são responsáveis pela polinização de 73% do total e de 42% das 57 espécies vegetais mais plantadas no mundo.



Foto: Tiago Mahlmann

Importância da polinização e dos polinizadores

A polinização é um serviço ecossistêmico essencial para a reprodução e manutenção da diversidade de espécies de plantas, além de fornecer alimentos para humanos e animais. Na agricultura, ao contrário do que muitos acreditam, a polinização não interfere apenas no volume da produção (ex. maracujá, caju, café), mas influencia também o aspecto qualitativo dos frutos (ex. maçã, morango, pimentão), a quantidade de substâncias nas sementes (ex. óleo no girassol, canola, mamona), encurtamento do ciclo de culturas (ex. melão, melancia) e uniformização da altura das plantas (ex. gergelim, soja). Todos esses fatores podem contribuir substancialmente para melhorar a produtividade, a eficiência do uso da terra e/ou reduzir as perdas de colheita, aumentando a rentabilidade e lucratividade do cultivo.

Estima-se que a polinização por insetos na América do Sul tenha um valor equivalente a € 11,6 bilhões (aproximadamente R\$ 37,12 bilhões). No Brasil, somente oito culturas dependentes de polinização biótica são responsáveis por US\$ 9,3 bilhões (cerca de R\$ 20,46 bilhões) em exportações. Estudo recente, de grande repercussão, demonstrou que os serviços de polinização de abelhas e outros polinizadores é capaz de aumentar a produção de 41 sistemas agrícolas mundiais, sendo que a maioria dessas culturas também é cultivada no Brasil.

Vários estudos têm destacado a importância da polinização para a agricultura, não somente do ponto de vista econômico. Uma questão importante é que a grande maioria das culturas com produtos de alto valor nutricional para o ser humano, como as frutas, sementes, nozes e vegetais depende da polinização biótica, em comparação aos alimentos polinizados pelo vento como o trigo, arroz e milho, que são basicamente apenas fontes de carboidratos.

Os polinizadores e a produção agrícola no Brasil

O Brasil é um país de vocação agrícola. Historicamente, a agricultura tem constituído uma das principais, senão a principal, atividade econômica da nação. Atualmente, a agropecuária é responsável pela maior parcela do PIB (Produto Interno Bruto) brasileiro. Nesse contexto, os polinizadores assumem papel de extrema importância para o país, sem falar que, com o cenário que se avizinha de redução da produção agrícola mundial em função das mudanças climáticas, a questão da segurança alimentar será crucial para a estabilidade financeira e política das nações.

Além da conhecida contribuição para o aumento da produtividade agrícola de culturas alimentícias reconhecidamente dependentes de polinização exploradas no Brasil, como a maçã, melão, melancia, canola, maracujá, caju, acerola, tomate, dentre tantas outras, os polinizadores também são importantes na produção de outras nas quais os seus papéis são menos conhecidos,

como a soja, os feijões, o dendê e o mamoeiro (Fig. 1). Além disso, muitos produtos não alimentícios, mas essenciais para o país, como fibras, biocombustíveis, forragens, sementes, essências, látex, dentre outros, também se beneficiam da polinização biótica (Tabela 1).

Culturas como a mamona, reconhecidamente polinizada pelo vento, aumentam o percentual de frutos vingados e o teor de óleo das sementes ao serem visitadas por abelhas, o mesmo observado para outras oleaginosas com alguma dependência na polinização pelo vento (anemofilia), como a canola, ou por insetos (entomofilia), como o girassol e o pinhão manso. Da mesma forma, plantas que se autopolinizam e, teoricamente não dependeriam de polinizadores, têm se beneficiado da visita de insetos aumentando a produção de grãos (soja e feijões), fibra (algodão, sisal, agave e linho). Outro produto dependente direto da polinização são as próprias sementes. Plantas forrageiras fundamentais para a produção pecuária, como os trevos e a alfafa, só produzem sementes quando suas flores são polinizadas, o mesmo acontecendo com plantas fornecedoras de essências, como a lavanda e a baunilha e a maioria das hortaliças, como alface, cebola, coentro, cenoura e tantas outras cujas sementes possuem grande valor de mercado.

Todas essas culturas listadas acima são polinizadas por abelhas. Mas vários outros polinizadores são importantes para a agricultura e a produção de alimentos no Brasil. O dendê, a graviola, fruta do conde, araticum e várias outras

plantas são polinizadas por besouros, enquanto que a mangaba e os mamões dependem de mariposas. O cacau e a seringueira são polinizados por pequenas moscas (dípteros) da família Ceratopogonidae. Muitas espécies exploradas pela população humana e, que hoje já começam a despertar o interesse pelo cultivo, como o agave, pequi, piquiá, jatobá e a samaúma, são polinizados por morcegos e o bacuri por periquitos.

É importante ressaltar que, exceto por algumas poucas espécies vegetais extremamente adaptadas a certos polinizadores e vice-versa, a maioria das culturas se beneficia de mais de uma espécie de polinizador, sendo, portanto, de grande importância manter a biodiversidade em uma área agrícola e seu entorno, tanto no sentido de fornecer diversos potenciais polinizadores para a cultura-alvo, como também outras opções de abrigo, nidificação e alimentação para os polinizadores.

O declínio dos polinizadores

Enquanto a importância da polinização agrícola vem se tornando cada vez mais evidente, e as culturas que dependem dos polinizadores aumentando suas áreas plantadas em todo o mundo, estudos indicam que os polinizadores estão em declínio. A perda de polinizadores é uma questão global, mas tem se tornado particularmente preocupante no Hemisfério Sul, onde o número de culturas dependentes de polinizadores é maior que no Hemisfério Norte. Essa é uma preocupação, especialmente porque

as mudanças climáticas que atingirão o planeta em um futuro próximo, provavelmente, levarão à redução na produtividade agrícola, enquanto que a população mundial continua crescendo em ritmo acelerado.

Vários fatores têm contribuído para o declínio dos polinizadores, dentre eles o desmatamento de áreas com vegetação nativa para a implantação e/ou expansão das cidades, áreas agrícolas, exploração de madeira, formação de pastagens, fabricação de carvão vegetal, mineração, dentre outras. Além disso, pode-se destacar também o inadequado uso de práticas de cultivo, inclusive a utilização abusiva de pesticidas e alguns fungicidas, muitas vezes sem necessidade ou sem seguir as instruções recomendadas pelos fabricantes.

O declínio dos polinizadores pode ter consequências desastrosas para a Humanidade. Alguns estudos têm mostrado que a perda em uma escala global levaria a uma redução considerável na produtividade agrícola, e que a produção de alimentos, como frutas, vegetais e estimulantes, cairia abaixo do consumo atual, com consequentes desabastecimentos e impactos nos custos, preços e comércio internacional. A Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas (FAO) já aponta para um déficit na disponibilidade geral de polinizadores nativos envolvidos na produção de alimentos.



Foto: José Elton de Melo Nascimento



Foto: Breno Magalhães freitas



Foto: Cláudia Inês da Silva



Foto: Cláudia Inês da Silva



Foto: Tiago Mannmann



Foto: Patrícia B. de Andrade

Fig. 1. Algumas culturas economicamente e socialmente importantes no Brasil que dependem de polinizadores e seus grupos de polinizadores conhecidos. A: *Apis mellifera* visitando flor de abacateiro (*Persea americana*). B: *Apis mellifera* em flor do cajueiro (*Anacardium occidentale*). C: *Bombus atratus* visitando flor do maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). D: *Centris tarsata* visitando flor de aceroleira (*Malpighia emarginata*). E: *Eulaema nigrita* em visitando flor de urucum (*Bixa orellana*). F: *Ceratina* sp. visitando flor de gergelin (*Sesamum indicum*).

Tabela 1. Algumas culturas economicamente e socialmente importantes cultivadas no Brasil que dependem de polinizadores bióticos e abióticos e seus grupos de polinizadores conhecidos.

Família	Gêneros/Espécies	Nome popular	Polinizadores efetivos ou que ajudam na produção
Alliaceae	<i>Allium cepa</i>	Cebola	Abelha
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Caju	Abelha
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Manga	Mosca, vespa
Annonaceae	<i>Annona squamosa</i>	Fruta do conde	Besouro
Annonaceae	<i>Annona muricata</i>	Graviola	Besouro
Annonaceae	<i>Annona crassiflora</i>	Araticum	Besouro
Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i>	Coentro	Abelha
Arecaceae	<i>Elaeis guineensis</i>	Dendê	Besouro
Asteraceae	<i>Lactuca sativa</i>	Alface	Abelha
Asteraceae	<i>Helianthus annuus</i>	Girassol	Abelha
Brassicaceae	<i>Brassica napus</i>	Canola	Vento e Abelha
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	Mamoeiro	Mariposa
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>	Pequi	Morcego, mariposa, beija-flor e abelha de língua longa (Euglossini)
Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i>	Bacuri	Ave (Psittacidae), abelha e vespa
Curcubitaceae	<i>Citrullus lanatus</i>	Melancia	Abelha
Curcubitaceae	<i>Cucumis melo</i>	Melão	Abelha
Curcubitaceae	<i>Cucumis sativus</i>	Pepino	Abelha
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Mamona	Vento e Abelha
Euphorbiaceae	<i>Jatropha curcas</i>	Pinhão manso	Abelha
Euphorbiaceae	<i>Hevea brasiliensis</i>	Seringueira	Mosca (Ceratopogonidae)
Lamiaceae	<i>Lavandula dentata, L. nimmoi</i>	Lavanda	Abelha
Leg-Papilionoideae	<i>Medicago sativa</i>	Alfafa	Abelha
Leg-Papilionoideae	<i>Vigna spp.</i>	Feijão	Abelha
Leg-Papilionoideae	<i>Glycine spp.</i>	Soja	Abelha

Família	Gêneros/Espécies	Nome popular	Polinizadores efetivos ou que ajudam na produção
Leguminosae	<i>Trifolium</i> spp.	Trevo	Abelha
Linaceae	<i>Linum usitatissimum</i>	Linho	Abelha
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i>	Acerola	Abelha
Malvaceae	<i>Gossypium hirsutum</i> , <i>G. barbadense</i> , <i>G. mustelinum</i>	Algodão	Abelha
Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i>	Cacau	Mosca (Ceratopogonidae)
Passifloraceae	<i>Passiflora edulis</i> , <i>P. alata</i>	Maracujá	Abelha
Pedaliaceae	<i>Sesamum indicum</i>	Gergelim	Vento e Abelha
Poaceae	<i>Oryza sativa</i>	Arroz	Vento
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Milho	Vento
Poaceae	<i>Triticum</i> spp.	Trigo	Vento
Rosaceae	<i>Rubus</i> spp.	Amora preta	Abelha
Rosaceae	<i>Malus prunifolia</i> , <i>M. pumila</i>	Maçã	Abelha
Rosaceae	<i>Fragaria x ananassa</i>	Morango	Abelha
Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Pêssego	Abelha
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	Café	Abelha
Rutaceae	<i>Citrus</i> spp.	Limão, laranja, tangerina	Abelha
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i>	Pimentão	Abelha
Solanaceae	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate	Abelha

Agradecimentos

Os autores agradecem à Dra. Márcia Maués por valiosas informações sobre espécies vegetais amazônicas, à Universidade Federal do Ceará, ao CNPq e à CAPES por apoio a projetos de pesquisa.

Leitura sugerida

FREITAS, B. M.; CRUZ, D. O. As Abelhas na Polinização de Culturas Agrícolas. In: Segunda Semana dos Polinizadores, 2, 2009, Petrolina. Segunda Semana dos Polinizadores, Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010, p. 10-22.

FREITAS, B.M.; PINHEIRO, J.N. Polinizadores e pesticidas, princípios de manejo para os agroecossistemas brasileiros. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2012.

PINTO, H.S.; ASSAD, E.D., ZULO JR.; J., EVANGELISTA, S.R.M.; OTAVIAN, A.F.; ÁVILA, A.M.H.; EVANGELISTA, B.; MARIN, F.R.; MACEDO JR., C.; PELLEGRINO, G.Q.; COLTRI, P.P.; CORAL, G. Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. EMBRAPA, São Paulo. 2008.

SILVA, C. I. 2009. Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por *Xylocopa* spp. e interação com plantas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro. 287 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SILVA, C.I., ALEIXO, K.P.; NUNES-SILVA, B.; FREITAS, B.M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Guia Ilustrado de Abelhas Polinizadoras no Brasil. Editor Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Co-editor: Ministério do Meio Ambiente - Brasil 54p. ISBN: 978-85-63007-07-0. 2014.

SILVA, C.I.; MARCHI, P.; ALEIXO, K.P.; NUNES-SILVA, B., FREITAS, B.M.; GARÓFALO, C.A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; OLIVEIRA, P.E.A.M. & ALVES-DOS-SANTOS, I. Manejo dos polinizadores e polinização das flores do maracujazeiro. Editor Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Co-editor: Ministério do Meio Ambiente - Brasil. 64p. ISBN: 978-85-63007-06-3. 2014.

2

POLINIZADORES MANEJADOS NO BRASIL E SUA DISPONIBILIDADE PARA A AGRICULTURA

CONSERVAÇÃO

MANEJO

POLINIZAÇÃO

PRODUÇÃO

Cláudia Inês da Silva¹,
Alípio José de Souza Pacheco Filho² &
Breno Magalhães Freitas¹

¹ Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia
Universidade Federal do Ceará,
claudia.silva@ufc.br
freitas@ufc.br

² Centro de Ciências, Departamento de Biologia
Universidade Federal do Ceará,
alipiopachecofilho@hotmail.com

O Brasil é um país com uma ampla diversidade de abelhas, mas nós ainda não sabemos como utilizar grande parte delas para incrementar a produção agrícola. A única espécie de abelha criada em larga escala é a abelha melífera (*Apis mellifera*), uma espécie exótica que comumente compete com os polinizadores nativos por recursos. Mesmo assim, seu uso ainda é incipiente. Uma alternativa à abelha melífera são as abelhas nativas, como os meliponíneos, as mamangavas e diversas outras espécies solitárias. Essas abelhas são mais eficientes polinizadoras do que a exótica para grande parte das plantas cultivadas. Contudo, o avanço acelerado e insustentável das atividades humanas tem destruído os habitats dessas abelhas e diminuído suas populações. Com isso, muitas vezes elas não estão disponíveis na natureza em número suficiente para fornecer o serviço de polinização, tão precioso para a produção de alimentos. Neste cenário, a utilização racional de abelhas para polinização e a preservação de áreas com vegetação nativa no entorno dos cultivos têm se mostrado um meio de fornecer um serviço de polinização adequado.

Abelhas manejadas no Brasil

As abelhas são insetos da ordem Hymenoptera que estão no planeta há cerca de 125 milhões de anos. Estima-se que em todo o mundo haja mais de 20.000 espécies, sendo mais bem representadas nas regiões tropicais e subtropicais. O Brasil é um país com uma ampla diversidade de abelhas, podendo chegar a mais de 3.000 espécies. Contudo, nós ainda não sabemos como utilizar grande parte delas para incrementar a produção agrícola. A única espécie de abelha criada em larga escala é a abelha melífera (*Apis mellifera*), uma espécie exótica trazida da Europa e da África, que comumente compete com os polinizadores nativos por recursos. O processo de hibridização das raças europeias e a africana de *A. mellifera* no Brasil iniciou na década de 1950 e, atualmente, a maior parte dos ninhos encontrados na natureza e também manejados para a produção de produtos apícolas e para a polinização é da abelha africanizada. Com mais de 60 anos de manejo da abelha melífera no Brasil, ainda assim, seu uso na produção agrícola é incipiente. Uma alternativa mais plausível ao uso da abelha melífera na agricultura são as abelhas nativas, como os meliponíneos, as mamangavas (*Bombus*, *Centris*, *Epicharis*, *Eulaema* e *Xylocopa*) e diversas outras espécies solitárias, ainda pouco estudadas. Essas abelhas atuam como polinizadores mais eficientes do que a abelha melífera para muitas espécies de plantas cultivadas. Contudo, o avanço acelerado e insustentável das atividades humanas tem diminuído a sua disponibilidade na natureza. Com isso, muitas vezes elas não estão disponíveis

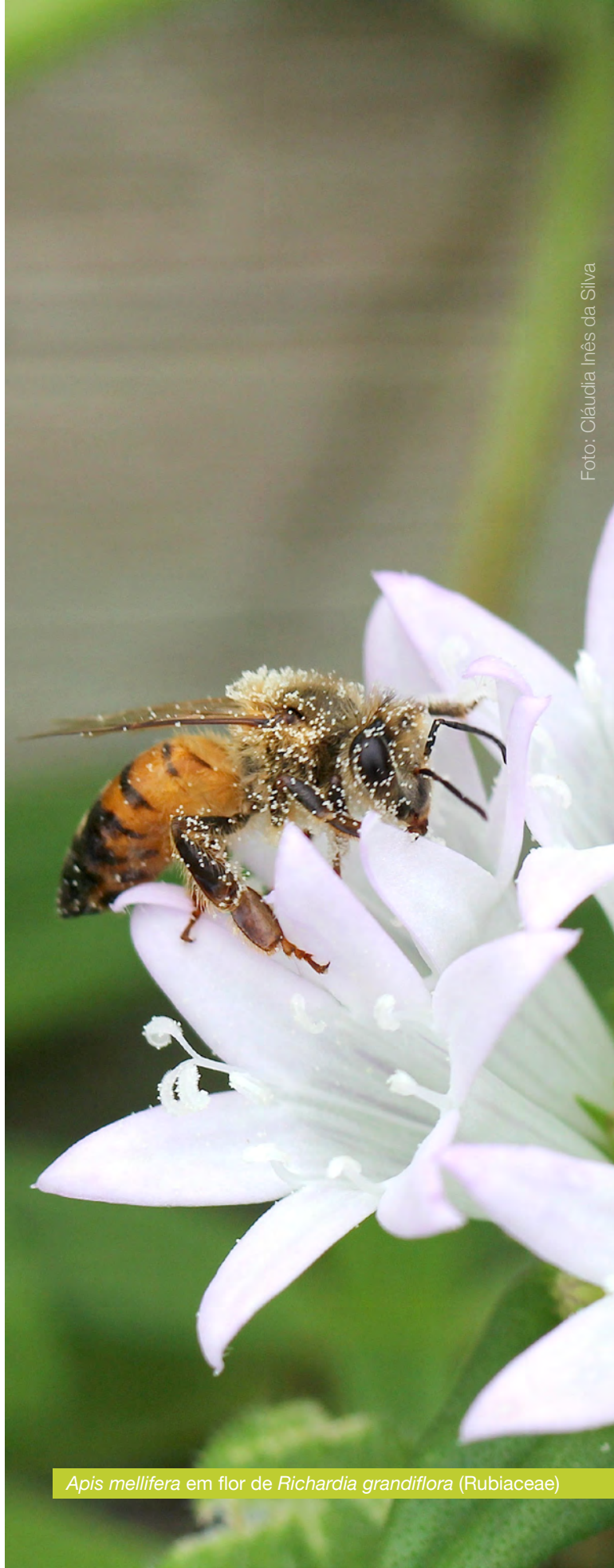
em número suficiente para fornecer o serviço de polinização tão precioso para a produção de alimentos. Dentre os vários fatores que afetam a diversidade de abelhas, a fragmentação de habitats, disseminação de doenças, o mau uso do solo e a aplicação indevida e indiscriminada de pesticidas estão entre os mais alarmantes. O último vem sendo apontado como o mais grave no desaparecimento massivo das abelhas melíferas, no mundo. Entretanto, há poucos estudos científicos que corroborem essa hipótese, e menos ainda que indiquem as verdadeiras causas da redução drástica das abelhas. O mais provável é que haja um sinergismo entre os vários fatores e por isso, não se deve trabalhar com fatos isolados. Nesse processo de perda da diversidade de abelhas, a utilização racional de espécies nativas para polinização e a preservação de áreas no entorno dos cultivos têm se mostrado um meio importante para fornecer um serviço de polinização adequado. O grande desafio é lidar com um país com ampla área territorial, megadiverso e com barreiras fitogeográficas e climáticas que demandam estudos com espécies adaptadas a cada região.

A abelha melífera (*Apis mellifera*)

A abelha melífera é sem dúvida o inseto mais utilizado no serviço de polinização de plantas cultivadas em todo mundo. A maioria dos dados sobre a biologia e a economia da polinização é referente ao uso desta abelha. Ela é utilizada para incrementar a produção de importantes culturas como o café (*Coffea arabica*), a maçã

(*Malus domestica*), a laranja (*Citrus* spp.), o melão (*Cucumis melo*) e tantas outras. No Brasil, apenas duas culturas economicamente expressivas recorrem ao emprego em larga escala de abelhas melíferas para a polinização, a maçã (na Região Sul, especialmente Santa Catarina) e o melão (na Região Nordeste, destacadamente nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte).

A despeito do pouco emprego de *A. mellifera* nos pomares brasileiros, estudos apontam que esta abelha pode aumentar a rentabilidade em várias de nossas culturas. Por exemplo, a introdução de colônias de *A. mellifera* em cultivos de mamona (*Ricinus communis*) nos estados do Piauí e Ceará contribuiu para o incremento em produtividade, aumentando o número de frutos por cacho e o rendimento de óleo das sementes. Mais recentemente foi demonstrado que a introdução de abelhas melíferas em plantações de soja (*Glycine max*), uma espécie que se autopoliniza, favoreceu a polinização e contribuiu para atenuar o déficit de polinização, melhorando significativamente o rendimento da produção. A polinização realizada por essas abelhas também propicia melhoras qualitativas. Pesquisas mostram que flores de laranjeiras (*Citrus sinensis*) visitadas por abelhas melíferas produziram frutos mais doces (além de aumento em quantidade de frutos) que as flores não visitadas. Também há potencial para o emprego de *A. mellifera* em plantações de caju (*Anacardium occidentale*). O cajueiro é altamente dependente de polinizadores para promover a formação de frutos e a escassez



desses polinizadores tem gerado um déficit de polinização que pode ser corrigido com a introdução dessa abelha nas áreas de cultivo.

Ao lado dos benefícios socioeconômicos da utilização de *A. mellifera* (por exemplo, o aumento de renda na atividade agrícola gerada pela polinização pode favorecer a geração de empregos), existe também um custo ambiental atrelado. *Apis mellifera* é uma espécie invasora globalmente dispersa capaz de prejudicar algumas espécies de polinizadores e de plantas nativas. Elas são bastante eficientes na localização de recursos florais (como néctar e pólen) e no recrutamento de operárias para coletar tais recursos. Neste sentido, elas podem diminuir ou mesmo exaurir as fontes florais antes da chegada dos polinizadores nativos, como ocorre, por exemplo, em cultivos de maracujá (*Passiflora edulis*). Isso pode promover a diminuição das populações de polinizadores com graves consequências para as plantas que deles dependem. Além disso, a abelha melífera pode competir por locais de nidificação e possibilitar a transmissão de parasitas ou patógenos para os organismos nativos. Portanto, era esperado um impacto pronunciado após a invasão desta abelha sobre a biota nativa. Apesar disso, estudos apontam que não há em grande escala um impacto sobre as espécies nativas, sendo apresentados na literatura alguns casos isolados, comparado à diversidade de plantas e abelhas que ocorre no Brasil. O declínio das populações de *A. mellifera* no mundo tem dirigido o foco de muitos pesquisadores para as abelhas nativas, como uma alternativa para

o uso na agricultura. Os polinizadores nativos, em teoria são mais adequados à polinização das espécies de plantas nativas e mais resistentes às adversidades climáticas e aos eventos sazonais.

Abelhas sem ferrão (Meliponíneos)

O uso de abelhas sem ferrão como polinizadores de culturas agrícolas se mostra como uma alternativa promissora à abelha melífera e como um recurso à escassez de polinizadores. Essas abelhas apresentam um nível de organização social comparável ao da *A. mellifera*, com colônias perenes possuindo centenas ou milhares de operárias. Esse grupo de abelhas apresenta elevada diversidade de espécies e de características biológicas, diferindo no tamanho da colônia, no tamanho do corpo e na estratégia de forrageamento. Essas diferenças entre os meliponíneos podem ditar a seleção da espécie a ser utilizada em uma determinada cultura ou sistema de produção (ambiente protegido ou área aberta, por exemplo). Em geral, as abelhas sem ferrão são generalistas, capazes de utilizar néctar e pólen de diversas espécies de plantas. Isso as tornam capazes de serem empregadas em diferentes culturas. Por outro lado, elas possuem o comportamento de se especializar temporariamente em um único tipo floral (constância ou seletividade floral), o que leva a uma polinização mais eficiente. Além disso, essas abelhas não ferroam, tornando-as mais adequadas para a polinização de plantas cultivadas em ambientes protegidos.

A despeito do grande potencial no uso de abelhas sem ferrão, poucas de suas espécies são manejadas para o uso em polinização ou outro fim. Das mais de 600 espécies distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo, há registros de um pouco mais de 34 espécies sendo criadas. No Brasil, em torno de 23 espécies são manejadas, concentrando-se principalmente na região amazônica e menos expressivamente no nordeste e sudeste do país. Contudo, um considerável avanço no uso dessas abelhas na polinização de espécies cultivadas vem sendo percebido nos últimos anos. No período de seis anos (1999 e 2005) registrou-se o crescimento de nove para 18 (100%), nas culturas conhecidas que são polinizadas por meliponíneos.

As abelhas sem ferrão são sugeridas como importantes abelhas sociais manejadas para a polinização de espécies da flora nativa e cultivada. Na Amazônia, o açazeiro (*Euterpe oleraceae*) e o cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), duas importantes culturas dessa região, são efetivamente polinizadas por meliponíneos. O açazeiro é polinizado por muitas espécies de abelhas sem ferrão, entre elas *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata*, *M. melanoventer* e *Scaptotrigona* spp., enquanto que o cupuaçu é polinizado primariamente por *Aparatrigona impunctata*, *Leurotrigona pusilla*, *Plebeia* sp., *Trigona* sp..

Pesquisas no Brasil mostram que a introdução de colônias de jandaíra (*M. subnitida*) em cultivo



protegido de pimentão (*Capsicum annuum*) pode resultar em frutos significativamente mais pesados e largos, com um número maior de sementes e de melhor qualidade (baixo porcentual de frutos deformados). De modo semelhante, o uso de *Tetragonisca angustula* e *P. nigriceps* em morango (*Fragaria x ananassa*), de *Melipona fasciculata* em cultivos de berinjela (*Solanum melongena*) e de *Melipona quadrifasciata* em cultivos de tomates (*Lycopersicon esculentum*) tem gerado frutos mais pesados e de melhor qualidade. O emprego de espécies de *Melipona* na polinização de plantas que necessitam de abelhas que vibram para ser polinizadas (como na berinjela, pimentão e no tomate) é especialmente interessante, dada a ineficiência da abelha melífera na polinização de tais plantas.

Infelizmente, um dos principais entraves no uso em larga escala de abelhas sem ferrão está no fato de se reproduzirem (pelo processo de enxameagem) a uma taxa inferior ao que ocorre nas abelhas melíferas. Além disso, o manejo de algumas espécies em caixas racionais tem se mostrado difícil. Nem todas as espécies podem ser facilmente transferidas para essas caixas devido aos seus requisitos específicos de nidificação (por exemplo, *Geotrigona* e *Paratrigona subnuda* nidificam no solo, enquanto *Scaura latitarsis* constrói ninhos em cupinzeiros). Deste modo, torna-se necessária a realização de mais pesquisas para que as abelhas sem ferrão possam ser produzidas e manejadas eficientemente para a polinização em escala comercial.

Bombus

Desde o início do século XX as abelhas do gênero *Bombus* são utilizadas na polinização de culturas agrícolas. Atualmente, algumas espécies desse gênero estão disponíveis comercialmente para polinização, como é caso de *B. terrestris* na Europa, Ásia e Chile, de *B. canariensis* nas Ilhas Canárias, de *B. impatiens* na América do Norte e do Sul. O rápido desenvolvimento da indústria de produção de *Bombus* incentivou a abertura de vários países para a importação dessas abelhas. Neste cenário, destacou-se *B. terrestris* como a abelha do gênero mais difundida e utilizada em ambientes protegidos, especialmente na cultura de tomate. Contudo, essa espécie tem causado uma série de problemas ecológicos nos países onde foi introduzida.

No Brasil, há seis espécies de abelhas do gênero *Bombus* (*B. atratus*, *B. bellicosus*, *B. brasiliensis*, *B. brevivillus*, *B. morio* e *B. transversalis*) e nenhuma delas é manejada para polinização de culturas ou qualquer outra finalidade. As espécies exóticas de *Bombus* têm sua importação proibida no Brasil. Entretanto, existe um uso recente de *B. pauloensis* (antes classificada como *B. atratus*) na polinização de culturas de elevado valor econômico na Colômbia. A introdução de colônias dessa espécie em plantações comerciais de tomate tem gerado um incremento de até 30% na produção, aumentado o tamanho, o peso dos frutos e o número de sementes quando comparado à autopolinização. De modo semelhante, flores de pimentão (*Capsicum annuum*) produzem frutos



Foto: Cláudia Inês da Silva

Bombus atratus visitando flor de *Ipomoea ramosissima* (Convolvulaceae).

maiores, mais pesados e com mais sementes quando polinizados por *B. pauloensis* em relação à ausência de polinizadores. Esses resultados destacam o potencial dessa espécie (e de outras do gênero nativas do Brasil) para a produção de alimentos em nosso país.

Mamangavas (*Xylocopa* spp.) e abelhas solitárias

O uso de abelhas solitárias na polinização é menos expressivo quando comparado às abelhas sociais, embora a maioria das espécies possua hábito solitário. Para que essas abelhas sejam utilizadas eficientemente na polinização é necessário que aceitem os ninhos artificiais, iniciem suas atividades no mesmo período de florescimento da planta-alvo e que sejam atraídas pelas plantas cultivadas e visitem suas flores. Esses pré-requisitos reduzem o número de espécies a serem utilizadas para fins comerciais. Apesar disso, algumas abelhas solitárias têm sido usadas com sucesso na polinização comercial, especialmente fora do Brasil. Este é o caso de *Megachile rotundata* e *Nomia melanderi*, que são eficientes polinizadoras da alfafa. O emprego da *M. rotundata* supera limites políticos e são comumente importadas pelos Estados Unidos, Nova Zelândia e Austrália. De igual modo, abelhas do gênero *Osmia* são amplamente utilizadas na polinização de espécies de Rosaceae (principalmente maçã) na Europa, Estados Unidos e Japão.

No Brasil, as abelhas dos gêneros *Xylocopa* e *Centris* são bem estabelecidas como

polinizadoras importantes de plantas cultivadas. A eficiência em polinização de *Xylocopa* é tamanha que existem relatos de 700% de aumento na produtividade de frutos após a introdução de ninhos de *X. frontalis* e *X. grisescens* em um plantio comercial de maracujá no Estado de São Paulo. Outros resultados mostram que a presença dos ninhos racionais com *Xylocopa* promove aumentos na ordem de 505% na frequência dessas abelhas às flores de maracujá e de 92,3% no vingamento inicial de frutos. É lógico concluir, portanto, que o uso racional dessas abelhas pode contribuir bastante para elevar os índices de polinização e produtividade do maracujá.

As abelhas solitárias do gênero *Centris* são comuns no Brasil e se apresentam como polinizadoras importantes da acerola (*Malpighia emarginata*) e do caju (*Anacardium occidentale*), por exemplo. Pesquisas mostram que a introdução de ninhos de *Centris analis* em pomares de acerola pode aumentar a produtividade da cultura, com registros de incremento de 1.798 kg/ha. Outras abelhas do gênero, como *C. aenea* e *C. tarsata*, também são polinizadoras efetivas dessa cultura. Para o cultivo de caju, *C. tarsata* é considerada uma abelha eficiente na polinização, além de *C. bicolor*. Contudo, a ausência de outras plantas fundamentais na dieta destas abelhas pode torná-las escassas dentro de pomares de caju. Além dessas abelhas, o Brasil é rico em espécies de Megachilidae e de Halictidae. Ambas as famílias possuem abelhas especializadas que comumente são polinizadoras efetivas. Deste

modo, existe um grande potencial no uso de abelhas dessas famílias.

Preservação das áreas naturais e o manejo das abelhas na agricultura

Não basta apenas conhecer e saber manejar os ninhos das abelhas, isso deve ser feito ao mesmo tempo em que se conhece as fontes de recursos ecológicos usados na sua manutenção. Os locais de construção dos ninhos são recursos ecológicos importantes para a sobrevivência das abelhas. A maioria das abelhas sociais, como os meliponíneos, usa ocos de árvores ainda vivas para construir seus ninhos, mas há espécies que fazem ninhos em cupinzeiros terrestres e arborícolas, no solo ou ainda constroem ninhos externos em árvores, rochas e paredes. Os materiais mais usados para construir seus ninhos são: a resina retirada de troncos, ramos e flores, barro, pedaços de madeira morta, etc.. Já abelhas solitárias ou com níveis de socialidade basais são comumente encontradas nidificando em madeira morta, colmos de bambu, hastes florais, solos e cavidades preexistentes, como por exemplo, buracos em rochas e barrancos. Na construção dos ninhos, a maioria delas usa areia, barro, folhas, pétalas de flores, óleos florais, resinas, etc. Tais recursos são facilmente encontrados pelas abelhas nas áreas naturais do entorno dos cultivos. Por essa razão é importante preservar essas áreas.

Para estudar e manejar as abelhas são usados ninhos-armadilha confeccionados com colmos

de bambu, troncos de madeira, tubos de papel ou caixas racionais. A multiplicação de ninhos naturais é feita usando esses ninhos-armadilha. Com isso, é possível incrementar as populações de polinizadores em áreas naturais, áreas em processo de recuperação, áreas urbanas e áreas cultivadas. Preservar o solo e mantê-lo o mais próximo do natural também é uma estratégia importante para conservar as abelhas nas áreas cultivadas. Nos Estados Unidos da América, estudos com *Nomia melanderi* têm mostrado que a preparação do solo e o isolamento de áreas próximas aos cultivos de alfafa aumentam a permanência dessas abelhas e garante uma boa produtividade.

Outros recursos fundamentais para a manutenção das abelhas são aqueles usados na sua alimentação. Para se alimentar, a maioria

das abelhas adultas coleta recursos florais, como por exemplo, os grãos de pólen, que constituem uma importante fonte de proteína e sais minerais, o néctar, que é a principal fonte de carboidratos e os óleos florais, que são fontes importantes de lipídeos para as abelhas coletoras de óleos. Esses recursos florais são usados também na dieta dos imaturos. De maneira geral, as abelhas sociais e aquelas solitárias com ciclo de vida longo e com várias gerações por ano, são mais generalistas no uso dos recursos florais do que as espécies solitárias com ciclos de vida curtos e/ou com poucas ou apenas uma geração por ano. Isso mostra que as abelhas se comportam de maneira diferente na coleta dos recursos florais, podendo mudar constantemente de fontes alimentares. Dessa forma, manter a diversidade de plantas no entorno é extremamente importante para que as

abelhas tenham uma dieta balanceada. Mesmo as espécies de abelhas que são constantes ou seletivas na coleta do pólen são generalistas na coleta do néctar. Cada recurso alimentar tem um valor nutricional diferente e necessário para uma dieta saudável.

A maioria das abelhas promove a polinização das espécies de plantas durante as visitas para a coleta dos recursos florais. Com isso, elas conservam os ciclos reprodutivos das plantas por meio da formação de frutos e sementes advindos do processo de polinização. Processo esse que é importantíssimo para a manutenção dos ecossistemas. Os frutos e sementes, além da perpetuação das próprias populações das plantas, também garantem a alimentação de outros insetos, de aves, mamíferos e répteis encontrados nas áreas naturais. Além disso, asseguram a manutenção dos agroecossistemas associados, pois sustentam não somente os polinizadores, mas também muitos insetos importantes no controle biológico de pragas agrícolas. Estudos mostram que os cultivos mais próximos às áreas naturais são mais produtivos, como por exemplo, o café e o caju. A qualidade e o tamanho dessas áreas também influenciam a produtividade, como já foi verificado nos cultivos de morango e maracujá. As áreas naturais são fontes que mantêm as abelhas e, durante o período de floração nos cultivos são atraídas de forma massiva, garantindo assim uma boa polinização e conseqüentemente uma boa produção. Um ponto importante a se considerar é que as abelhas precisam continuar nas áreas naturais até a florada seguinte,

e isso pode durar meses. Sem recursos alimentares, muitas espécies de abelhas podem migrar e a florada consecutiva no cultivo fica comprometida na ausência de polinização. Também é importante saber que em algumas culturas as abelhas coletam apenas um dos recursos alimentares, sendo necessárias fontes complementares de recursos. Por exemplo, nas flores do maracujazeiro, as mamangavas coletam apenas o néctar e, para a alimentação, tanto dos adultos, como também dos imaturos, essas abelhas precisam de pólen, que é retirado de outras plantas, principalmente aquelas com anteras poricidas. No caso da aceroleira, muitas espécies de abelhas coletoras de óleos florais visitam as flores para coletar esse recurso, mas elas também precisam de pólen e de néctar que são coletados de outras fontes. O estudo da dieta das abelhas feito por meio da análise dos grãos de pólen amostrados no corpo das abelhas e também nos seus ninhos tem revelado informações importantíssimas na elaboração de planos de manejo e conservação das áreas naturais do entorno dos cultivos.

O ideal é que antes de implementar um cultivo, seja avaliado primeiramente o entorno e o seu potencial na manutenção dos polinizadores da cultura de interesse. Lembrando que nem sempre a espécie cultivada é suficiente para manter os seus polinizadores, sendo necessárias outras espécies de plantas para complementar suas dietas (Fig. 1). Deste modo, um dos primeiros passos para o manejo dos polinizadores é o conhecimento da flora que os abriga e que disponibiliza os recursos necessários para sua sobrevivência.

Tabela 1a. Plantas cultivadas e seus polinizadores

Abelhas	Plantas Cultivadas																													
	Abacate	Abóbora	Açaí	Acerola	Algodão	Berinjela	Café	Caju	Canola	Castanha-do-Brasil	Cupuaçu	Girassol	Goiaba	Guaraná	Laranja	Maçã	Mamona	Maracujá-amarelo	Maracujá-doce	Melancia	Melão	Morango	Pepino	Pimenta-malequeta	Pimentão	Pitanga	Soja	Tamarindo	Tomate	Urucum
<i>Aparatrigona impunctata</i>											•																			
<i>Apis mellifera</i>					•		•	•	•			•					•	•				•					•			
<i>Bombus atratus</i>						•												•							•				•	
<i>Bombus morio</i>		•																•												
<i>Centris aenea</i>				•				•					•															•		
<i>Centris analis</i>				•				•																				•		
<i>Centris bicolor</i>								•																						
<i>Centris fuscata</i>				•				•					•															•		
<i>Centris tarsata</i>				•				•																						
<i>Epicharis flava</i>				•						•									•											
<i>Eulaema mocsaryi</i>										•																				
<i>Eulaema nigrita</i>																		•	•											•
<i>Leurotrigona pusilla</i>											•																			
<i>Melipona fasciculata</i>			•			•		•																				•	•	
<i>Melipona flavolineata</i>			•									•																		•
<i>Melipona melanoventer</i>			•																											•
<i>Melipona quadrfasciata</i>		•																							•	•			•	
<i>Melipona scutellaris</i>	•																									•	•			
<i>Melipona seminigra</i>								•						•																•
<i>Melipona subnitida</i>								•					•													•				
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>												•											•	•						
<i>Plebeia nigriceps</i>																							•							
<i>Tetragonisca angustula</i>																							•							
<i>Trigona spinipes</i>		•						•				•			•						•					•		•		•
<i>Xylocopa frontalis</i>										•			•					•												
<i>Xylocopa grisescens</i>																		•												
<i>Xylocopa suspecta</i>																		•										•		

Tabela 1b. Abelhas e plantas silvestres importantes para sua manutenção em agroecossistemas. Os números da coluna direita se referem às espécies de plantas silvestres da legenda

Abelhas	Plantas silvestres importantes
<i>Aparatrigona impunctata</i>	95, 96
<i>Apis mellifera</i>	11, 20, 29, 36, 82, 89
<i>Bombus atratus</i>	12, 79, 80, 82
<i>Bombus morio</i>	1, 36, 37, 74, 75, 79
<i>Centris aenea</i>	10, 17, 23, 29, 33, 43, 46, 79
<i>Centris analis</i>	4, 5, 9, 10, 15, 16, 42, 46
<i>Centris bicolor</i>	18, 79, 91, 97
<i>Centris fuscata</i>	9, 10, 11, 14, 15, 16
<i>Centris tarsata</i>	35, 69, 70, 72, 76, 79, 80, 92, 93, 94
<i>Epicharis flava</i>	17, 18, 46, 79
<i>Eulaema mocsaryi</i>	27, 31, 45, 59, 65, 79, 81, 87
<i>Eulaema nigrita</i>	5, 28, 29, 44, 51, 58, 60, 82, 84
<i>Leurotrigona pusilla</i>	98
<i>Melipona fasciculata</i>	7, 52, 54, 56, 67, 77, 78, 85, 90
<i>Melipona flavolineata</i>	52, 55, 66, 83, 85
<i>Melipona melanoventer</i>	99
<i>Melipona quadrifasciata</i>	11, 12, 59, 82, 89
<i>Melipona scutellaris</i>	19, 22, 38, 39, 40, 41, 49, 57, 62, 68, 73, 86
<i>Melipona seminigra</i>	21, 26, 32, 63, 85, 88
<i>Melipona subnitida</i>	30, 50, 53, 61
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	2, 3, 4, 6, 8, 11, 37
<i>Plebeia nigriceps</i>	100
<i>Tetragonisca angustula</i>	1, 4, 8, 11, 20, 24, 37, 82
<i>Trigona spinipes</i>	1, 4, 11, 13, 16, 25, 72, 82
<i>Xylocopa frontalis</i>	1, 13, 19, 34, 48, 59, 75, 76
<i>Xylocopa griseescens</i>	29, 46, 47, 60, 71, 74, 79, 82, 91
<i>Xylocopa suspecta</i>	1, 29, 34, 60, 64, 72, 75, 79, 80, 82

Legenda:

- 1-Acosmium dasycarpum
- 2-Aegiphila lhotzkiana
- 3-Ageratum fastigiatum
- 4-Andira humilis
- 5-Anemopaegma glaucum
- 6-Antigonon leptopus
- 7-Avicennia nitida
- 8-Baccharis dracunculifolia
- 9-Banisteriopsis argyrophylla
- 10-Banisteriopsis stellaris
- 11-Bidens gardneri
- 12-Bidens segetum
- 13-Bowdichia virgilioides
- 14-Byrsonima basiloba
- 15-Byrsonima coccolobifolia
- 16-Byrsonima intermedia
- 17-Byrsonima pachyphylla
- 18-Byrsonima verbascifolia
- 19-Caesalpinia pulcherrima
- 20-Campomanesia pubescens
- 21-Cassia ferruginea
- 22-Cedrela fissilis
- 23-Chamaecrista desvauxii
- 24-Chresta sphaerocephala
- 25-Copaifera langsdorffii
- 26-Cordia sellowiana
- 27-Costus arabicus
- 28-Couepia grandiflora
- 29-Crotalaria brachystachya
- 30-Croton sonderianus
- 31-Dichorisandra thyrsoiflora
- 32-Didymopanax morototoni
- 33-Diplusodon virgatus
- 34-Eriotheca gracilipes
- 35-Erythroxylum deciduum
- 36-Erythroxylum suberosum
- 37-Erythroxylum tortuosum
- 38-Eucalyptus citriodora
- 39-Eucalyptus moluccana
- 40-Eugenia pyriformis
- 41-Handroanthus chrysotrichus
- 42-Handroanthus ochraceus
- 43-Heteropterys byrsonimifolia
- 44-Himatanthus obovatus
- 45-Impatiens walleriana
- 46-Jacaranda decurrens
- 47-Kielmeyera coriacea
- 48-Kielmeyera rubriflora
- 49-Leucaena leucocephala
- 50-Libidibia ferrea
- 51-Mandevilla velutina
- 52-Miconia minutiflora
- 53-Mimosa arenosa
- 54-Mimosa caesalpiniiifolia
- 55-Mimosa polydactyla
- 56-Myrcia eximia
- 57-Ocimum gratissimum
- 58-Odontadenia lutea
- 59-Ouratea hexasperma
- 60-Ouratea spectabilis
- 61-Piptadenia moniliformis
- 62-Poincianella pluviosa
- 63-Protium heptaphyllum
- 64-Qualea grandiflora
- 65-Qualea parviflora
- 66-Schizolobium amazonicum
- 67-Senna alata
- 68-Senna bicapsularis
- 69-Senna macranthera
- 70-Senna multijuga
- 71-Senna obtusifolia
- 72-Senna rugosa
- 73-Senna spectabilis
- 74-Senna sylvestris
- 75-Senna velutina
- 76-Serjania erecta
- 77-Solanum grandiflorum
- 78-Solanum juripeba
- 79-Solanum lycocarpum
- 80-Solanum paniculatum
- 81-Stachytarpheta cayennensis
- 82-Styrax ferrugineum
- 83-Swietenia macrophylla
- 84-Tabebuia aurea
- 85-Tapirira guianensis
- 86-Tecoma stans
- 87-Thunbergia grandiflora
- 88-Trema micrantha
- 89-Vernonia polyanthes
- 90-Vismia guianensis
- 91-Vochysia cinnamomea
- 92-Vochysia rufa
- 93-Vochysia thyrsoidea
- 94-Vochysia tucanorum
- 95- Moraparaenses
- 96-Sterigmaphetalum obovatum
- 97-Mascagnia cordifolia
- 98- Clusia insignis
- 99-Bixa orellana
- 100-Euterpe edulis.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Ceará, ao CNPq e a Capes pelo apoio aos projetos de pesquisa.

Leitura sugerida

FREITAS, B. M.; PACHECO-FILHO, A. J. S.; ANDRADE, P. B.; LEMOS, C. Q.; ROCHA, E. E. M.; PEREIRA, N. O.; BEZERRA, A. D. M.; NOGUEIRA, D. S.; ALENCAR, R. L.; ROCHA, R. F.; MENDONÇA, K. S. Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. *Journal of Pollination Ecology*, v. 12, n. 4, p. 22-30, 2014.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KREMEN, C.; MORALES, J.M.; BOMMARCO, R.; et al. (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecol. Lett.* 14, 1062-1072.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. Polinizadores no Brasil - contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo, EDUSP. 488p. ISBN: 978-85-314-1344-5.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; SILVA, C. I.; ROLDÃO, Y. S.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. *Apidologie*, v. 44, n. 5, p. 537-546, 2013.

SILVA, C.I.; ALEIXO, K.P.; NUNES-SILVA, B. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2014. Guia Ilustrado de Abelhas Polinizadoras no Brasil. Editor Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Co-editor: Ministério do Meio Ambiente - Brasil 54p. ISBN: 978-85-63007-07-0.

SILVA, C.I.; MARCHI, P.; ALEIXO, K.P.; NUNES-SILVA, B.; FREITAS, B.M.; GAROFALO, C.A., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; OLIVEIRA, P.E.A.M. & ALVES-DOS-SANTOS, I. 2014. Manejo dos polinizadores e polinização das flores do maracujazeiro. Editor Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, Co-editor: Ministério do Meio Ambiente - Brasil. 64p. ISBN: 978-85-63007-06-3.

3

A IMPORTÂNCIA DA PAISAGEM AGRÍCOLA NO SERVIÇO DE POLINIZAÇÃO DAS ABELHAS

PAISAGEM

AGROECOSSISTEMA

HABITAT

ABELHAS

CULTURAS AGRÍCOLAS

PRODUTIVIDADE

Denise de Araujo Alves

Departamento de Entomologia e Acarologia
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Universidade de São Paulo
daalves@usp.br

Nos últimos 50 anos temos acompanhado uma intensa transformação quanto ao uso da terra, a fim de prover requisitos alimentares, de moradia e de bem-estar para a crescente população humana. Embora o uso da terra para a finalidade agrícola afete grande parte dos ecossistemas, por ser uma das principais causas de mudanças globais, sua contribuição para a conservação atual e futura de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos é crucial. Dentre os serviços ecossistêmicos diretamente ligados à agricultura está a polinização, realizada, principalmente, pelas abelhas. Assim, o objetivo deste capítulo é mostrar como as alterações nas paisagens agrícolas impactam as populações de abelhas e a produção agrícola, bem como sugerir políticas adequadas de mitigação e de manejo sustentável de serviços de polinização. Assegurar a manutenção de comunidades diversas de polinizadores e das plantas utilizadas por eles em áreas cultivadas significa maximizar a produtividade agrícola, conservar a natureza e aumentar a capacidade de recuperação de serviços ecossistêmicos frente a futuras perturbações ambientais.

O rápido crescimento da população humana nas últimas décadas impõe grandes desafios para atender às elevadas demandas na produção de alimento e acarreta transformações nos ambientes terrestres e aquáticos em nível local, regional e global. Em 2011, a população no planeta atingiu a marca de 7 bilhões de pessoas e as estimativas são de que chegaremos a 8 bilhões em apenas 12 anos. Dentre os países mais populosos do mundo, o Brasil ocupa a quinta posição, logo após a China, a Índia, os Estados Unidos e a Indonésia. No último censo de 2010, nossa população era composta por mais de 190 milhões de habitantes e, se compararmos com a densidade demográfica de 1920, nosso crescimento ultrapassou a margem dos 520%.

Esses números impressionantes relacionados ao crescimento da população humana em nível global, ou mesmo nacional, indicam que muitas transformações têm ocorrido a fim de prover requisitos para suprir as necessidades humanas mais básicas (ou seja, requisitos alimentares, de moradia e bem-estar). Uma das principais transformações tem sido o uso da terra, tanto para o estabelecimento ou expansão de áreas urbanas como para finalidades agrícolas. Apenas nos últimos 50 anos temos acompanhado o aumento de cerca de 33% de área cultivada e de 57% de produção agrícola e, conseqüentemente, a diminuição e/ou alteração da cobertura de vegetação natural, da biodiversidade, da ciclagem de nutrientes, da qualidade dos corpos d'água, da formação de solos, da decomposição de matéria orgânica,

do controle biológico de pragas, da resistência a doenças e patógenos, dos serviços de polinização. A alteração quantitativa e qualitativa da vegetação, da biodiversidade e desses serviços ecossistêmicos⁽¹⁾ impacta diretamente, e de forma decisiva, a nossa segurança alimentar.

Embora o uso da terra para fins agrícolas afete grande parte dos ecossistemas, por ser uma das principais causas de mudanças globais, sua contribuição para a conservação atual e futura de biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos é crucial. Dessa forma, a mudança de nossa visão se faz necessária, pois precisamos encarar a agricultura e a conservação como temas complementares e não como antagônicos ou incompatíveis. Para nos auxiliar nessa mudança de visão está a perspectiva da paisagem, que nos ajuda a entender os efeitos positivos e negativos do uso das terras agrícolas para manutenção de serviços ecossistêmicos. Além do mais, há o componente prático – e não menos importante – do elo entre a agricultura e a conservação, pois a agricultura se beneficia, e muito, com o manejo sustentável da biodiversidade e desses serviços.

Dentre os serviços ecossistêmicos diretamente ligados à agricultura está a polinização. Nesse processo, como salientado nos outros capítulos, 88% das plantas com flores são dependentes de animais para a transferência de grãos de pólen em quantidade suficiente para a fertilização dos óvulos e a conseqüente formação de frutos e sementes. Das 115 culturas agrícolas que lideram a produção global, 70% se beneficiam da ação desses polinizadores, o que representa 35%

⁽¹⁾ Serviços ecossistêmicos: processos naturais pelos quais os ecossistemas e as espécies que os compõem sustentam e beneficiam as populações humanas. São classificados em: 1) Produção (bens produzidos ou aprovionados pelos ecossistemas: alimento, fibra, recursos genéticos, lenha, água doce, bioquímicos); 2) Regulação (benefícios obtidos da regulação dos processos de ecossistema: regulação do →



Melipona scutellaris visitando flor de café

do nosso suprimento alimentar. O benefício da polinização é traduzido em frutos maiores, mais pesados, com maior número de sementes, mais vistosos, agregando maior valor de mercado, ou seja, a polinização realizada de forma gratuita pelos animais é convertida em lucro direto ao agricultor.

As abelhas são nossos principais polinizadores. Elas não só são imprescindíveis para a manutenção e conservação de comunidades de plantas em ecossistemas naturais, como também na melhoria da produtividade agrícola. *Apis mellifera* (no Brasil chamada de abelha do mel, melífera, africanizada, africana) é a espécie mais conhecida em diversas regiões do mundo pela sua expressiva produção de mel e ainda é uma das poucas manejadas para aumentar a produtividade agrícola. Contudo, nas últimas

décadas, o número de colônias manejadas dessas abelhas tem diminuído nos Estados Unidos (59% de perda de colônias entre 1947 e 2005) e na Europa (25% de perda de colônias entre 1985 e 2005) devido a múltiplos fatores. Embora as perdas registradas em países do Hemisfério Norte sejam preocupantes, se considerarmos o contexto mundial desde 1961, o número de ninhos de abelhas melíferas aumentou em 45%, um valor representativo. Assim mesmo, há um desafio a enfrentar: a rápida alteração dos nossos hábitos alimentares (mais de 300%) de culturas agrícolas que dependem de polinizadores, indicando explicitamente que a demanda por esses agentes é maior do que temos para oferecer em número de colônias atualmente.

Dessa forma, nossa preocupação é crescente

clima, de doenças, de cheias); 3) Cultural (benefícios não materiais são obtidos dos ecossistemas: educacional, espiritual, recreação, estético, simbólico); 4) Suporte (serviços necessários para a produção de todos os outros serviços: formação do solo, ciclos dos nutrientes, produtividade primária).

quanto à manutenção de sistemas agrícolas que dependem exclusivamente da polinização por uma única espécie de abelha. No mundo conhecemos mais de 17.000 espécies e o Brasil é um dos países com maior diversidade de abelhas solitárias e sociais (temos mais de 1.600 espécies). Muitas delas são conhecidas por serem eficientes na polinização de plantas em áreas naturais e/ou agrícolas e por terem grande potencial de manejo. Mais do que nunca, estamos vivendo um momento em que é imprescindível conhecer a ecologia básica dessas abelhas nativas e entender os serviços que elas oferecem.

Para mantermos os serviços de polinização realizados pelas abelhas nas paisagens agrícolas, devemos manejar e conservar os recursos essenciais para sua sobrevivência. Estes incluem habitats adequados para fazerem seus ninhos (cavidades arbóreas, bambus, madeiras podres, substratos no solo), para obterem seus alimentos (flores que ofertem pólen e/ou néctar – fontes de proteínas, açúcares, vitaminas, minerais) e outros recursos necessários para sua sobrevivência (água, sombra, resina, fibras, óleo, barro). Áreas naturais ou semi-naturais dentro de paisagens agrícolas frequentemente oferecem tais habitats. Isso porque, as extensas áreas com plantações, especialmente as grandes monoculturas, não suportam comunidades mais diversas (com muitas espécies) e abundantes (com muitos indivíduos por espécie) de polinizadores, devido ao curto período de florescimento das culturas, ao baixo número de locais para ninhos e de recursos florais e à aplicação de agroquímicos.

Também, a maioria das abelhas é altamente dependente dos locais onde estão seus ninhos, e sempre regressa para eles após suas viagens para coleta de alimento. Dessa forma, a proximidade dos habitats (semi-)naturais aos campos cultivados é um dos principais determinante da polinização agrícola.

Análises recentes, baseadas em dados compilados de estudos conduzidos em campo (com plantações de atemoia, café, canola, dendê, girassol, kiwi, macadâmia, manga, maracujá, melancia, morango, tomate, trigo sarraceno, uva e outras culturas), nos ajudam a compreender melhor como as alterações na paisagem impactam as populações de abelhas e, conseqüentemente, a polinização agrícola. A partir dessas análises mais refinadas e realizadas por especialistas, destacamos alguns dos padrões mais importantes encontrados, e que devem servir como diretrizes para implementação de políticas adequadas de mitigação e de manejo sustentável de serviços de polinização.

1) A remoção de habitats (semi-)naturais de paisagens agrícolas leva à perda de espécies de polinizadores. As conseqüências dessa remoção envolvem também a perda de recursos alimentares e de moradia, o isolamento físico e genético de populações, as mudanças de fatores abióticos (como luminosidade, temperatura, umidade relativa) e a ruptura de interações entre espécies, com efeitos negativos na polinização das flores e suas taxas de fecundação e produção de frutos e sementes.



Melipona seminigra carregando pólen da flor de sapateira

2) A diversidade de visitantes florais, a taxa de visitação dos polinizadores às flores e a produtividade agrícola são afetadas negativamente pelo aumento do grau de isolamento de habitats (semi-)naturais das áreas agrícolas. Ou seja, quanto maior a distância entre os habitats e as lavouras, maior o declínio do número de espécies de polinizadores e de suas visitas às flores das culturas, acarretando prejuízos à produtividade agrícola.

Em média, campos distantes a 1,5km de manchas nativas de vegetação possuem metade da diversidade de polinizadores quando comparados aos campos próximos a essas manchas, pois muitas espécies não conseguem voar distâncias tão grandes para procurar alimento (ou vice-versa, quando seus ninhos

estão nas áreas agrícolas, mas suas fontes nutricionais encontram-se nas áreas nativas). Quando as manchas de habitat estão a 1,0km das áreas de cultivo, a perda de diversidade de espécies é de 34%. Esse valor em números é ainda mais alarmante quando consideramos as regiões tropicais, onde temos elevado número de espécies quando comparado com as regiões temperadas.

As taxas de visitas às flores diminuem em 50% quando os habitats (semi-)naturais estão apenas a 600m das áreas agrícolas. Esse dado indica que os polinizadores nativos estão presentes na paisagem, mas com o aumento crescente da distância, a abundância diminui e, como resultado, a taxa de visitas às flores cai. Esses visitantes pouco frequentes podem



Ceratina sp. visitando flor de cosmos

ser indivíduos que saem para forragear para distâncias incomuns à sua rotina, ou fazem parte de populações reduzidas que persistem dentro dos campos agrícolas.

Mesmo as taxas de visitação realizadas pelas abelhas melíferas – os principais agentes polinizadores em grande parte do globo – sofrem os efeitos negativos de distâncias superiores a 2km entre os habitats (semi-) naturais e os campos cultivados. Contudo, os efeitos de isolamento são menos pronunciados para as abelhas melíferas, pois, comparado com a grande maioria das espécies, elas têm dieta mais ampla em relação à diversidade de fontes florais que usam, têm maior raio de voo do que muitas espécies, e um sistema de comunicação de fontes de alimento complexo e

muito eficiente, que permite o recrutamento de muitas companheiras de ninho, maximizando a exploração dos recursos.

3) Os efeitos do grau de isolamento de habitats (semi-)naturais são mais pronunciados em paisagens de regiões tropicais do que os encontrados nas regiões temperadas. Nas regiões tropicais, as abelhas sem ferrão compõem o grupo mais diverso de abelhas sociais, como cerca de 300 espécies conhecidas no Brasil, e seus atributos biológicos as tornam ecologicamente dominantes em relação aos visitantes florais nativos. Porém, suas visitas às plantas para busca de recursos, seja alimento na flor (néctar e pólen) ou resina, são limitadas por seu raio de ação relativamente curto (aproximadamente 1.000m). Portanto,

os recursos, necessários para alimentação e construção de ninhos, precisam estar próximos às suas colônias. Dentre as abelhas tropicais sensíveis aos distúrbios provocados pelo homem, as abelhas sem ferrão provavelmente são as mais afetadas, em especial, pela fragmentação de habitat. Esse grupo megadiverso de abelhas sociais está intimamente associado a habitats florestados, pois, geralmente, utilizam os recursos florais como fonte de alimento e as cavidades arbóreas para a construção de seus ninhos e alojamento de suas colônias. Aliadas à dependência do oco como substrato de nidificação, outras características biológicas tornam o elo entre essas abelhas e as árvores ainda mais forte. A primeira diz respeito à alta longevidade das colônias, compostas por uma rainha e centenas a milhares de operárias que, uma vez estabelecidas num determinado oco, lá permanecem por anos até décadas. A segunda se refere à perda da habilidade de voo da rainha depois que ela é fecundada, já que seu abdômen se desenvolve muito devido ao número de ovos produzidos. Assim, caso haja qualquer tipo de perturbação, a colônia inteira permanece e não abandona o local do ninho, como ocorre com outros grupos de abelhas. A terceira característica biológica está no modo como as colônias se reproduzem, pelo processo conhecido como enxameagem. Neste, o vínculo estreito entre colônia-filha e colônia-mãe permanece por muitos dias, pois a primeira depende de recursos (alimento e materiais de construção de ninhos) armazenados pela colônia-mãe, o que impede a dispersão das novas colônias para grandes distâncias.

Devido a essas características, as colônias são altamente dependentes da existência das árvores que abrigam seus ninhos, as protegem de predadores e de intempéries ambientais, as isolam termicamente e as provêm alimento, como néctar e pólen. A redução ou perda de locais adequados de nidificação impacta direta e negativamente esses organismos que têm alta longevidade e baixa frequência de enxameagens.

Também, as diferenças dos parâmetros ambientais, como temperatura e umidade, entre os habitats (semi-)naturais e os campos cultivados devem ser fortes nas paisagens tropicais. E quanto maior a diferença, mais difícil será para o polinizador, adaptado às condições tropicais e úmidas, sair de seu hábitat e forragear em ambientes mais quentes e secos. Todavia, independente de qual seja a razão, os agricultores em regiões tropicais podem perder polinizadores agrícolas mais rapidamente, a partir das alterações no uso da terra e do isolamento dos habitats naturais em relação às suas lavouras.

4) As espécies de abelhas sociais nativas sofrem mais com o aumento da distância de habitats (semi-)naturais do que as solitárias. Além do que foi mencionado no item anterior, as abelhas sem ferrão e as melíferas, por formarem colônias populosas que sobrevivem por muitos anos, dependem de grande quantidade de fontes de alimento, e com diferentes épocas de floração, encontrada nos habitats (semi-)naturais. Em contrapartida, as abelhas solitárias, que representam cerca de 85% das

espécies de abelhas conhecidas no mundo, apresentam ciclos de vida curtos que, muitas vezes, coincidem com o período de floração de determinadas culturas agrícolas. Devido a essa sincronia entre ciclo de vida e época de floração, e também às características biológicas das espécies, os campos cultivados podem prover os substratos necessários para a formação de seus ninhos e também suas fontes de alimentos.

Esses padrões mostram claramente que há uma diminuição considerável na fauna de polinizadores, e dos serviços de polinização em culturas agrícola, quando as alterações no uso da terra aumentam o isolamento das lavouras dos habitats (semi-)naturais. Os efeitos das atividades agrícolas são mais negativos sobre a diversidade e a abundância de espécies de abelhas em paisagens mais simples do que àquelas mais complexas e heterogêneas. Isso porque em paisagens intensivamente manejadas, e estruturalmente mais homogêneas, além da redução da oferta de recursos florais e de moradia, o impacto de agentes patogênicos é consideravelmente maior, pois as fontes nutricionais dos polinizadores e, conseqüentemente, suas condições de saúde, estão relacionadas às comunidades florais mais empobrecidas. Estudo recente sugere que o aumento de 10% na qualidade de habitats de alta qualidade para abelhas, corresponde ao incremento de 37% da diversidade e abundância desses insetos.

Foto: Cristiano Menezes



Trigona pallens na flor de jambo

Contudo, muitas vezes, essas ações de melhoria da qualidade do habitat podem ser encaradas pelo produtor agrícola como algo que afetará negativamente seus interesses financeiros, já que parte de sua propriedade não se destinará à plantação do(s) cultivo(s)-alvo. O que deve ficar claro é que se o produtor executar ações que levem ao aumento da heterogeneidade dos habitats em suas propriedades agrícolas, ele propiciará benefícios diretos tanto para os polinizadores como para as culturas que eles polinizam. Essas ações devem promover um mosaico de manchas de habitats naturais e antrópicas, de forma que mantenham a diversidade de sítios de nidificação (com a restauração florestal) e de fontes florais, para que os recursos alimentares fiquem disponíveis ao longo do ano (ou seja, a promoção de diferentes espécies de plantas que floresçam em diferentes épocas do ano). Além disso, o produtor reduzirá os custos financeiros com a aplicação de agroquímicos sintéticos (inseticidas, herbicidas, fungicidas), pois essas áreas também servirão como repositórios para os agentes de controle biológico de pragas. Em resumo, ações de melhoria na qualidade de habitats para polinizadores em propriedades agrícolas não só aumentam a rentabilidade do agricultor, mas também promovem a melhoria de outros serviços ecossistêmicos, como a regulação natural de populações de pragas, a proteção dos mananciais de água, a fertilidade do solo.

Dessa forma, nossa intenção com essa breve revisão foi a de mostrar os benefícios de paisagens agrícolas heterogêneas para a

produção agrícola e que, cada vez mais, se torna urgente o aumento de investimento de práticas agrícolas amigáveis aos polinizadores. Assegurar a manutenção de comunidades diversas de polinizadores e das plantas utilizadas por eles em áreas cultivadas significa maximizar a produtividade agrícola, conservar a natureza e aumentar a capacidade de recuperação de serviços ecossistêmicos frente a futuras perturbações ambientais.

Quadro 1. Efeito das alterações na paisagem sobre as abelhas em algumas culturas importantes economicamente no Brasil



a) Café (*Coffea arabica*)

O café é atualmente umas das principais culturas agrícolas tropicais estudadas, não só por conta do seu alto valor de mercado, como também pelo impacto que seu cultivo causa na paisagem. Ele foi introduzido no início do século XVIII no Brasil e hoje o país se destaca no cenário mundial por ser o maior produtor cafeeiro (corresponde a 35% da produção mundial de café). Somos um dos maiores exportadores do mundo e a estimativa de rendimento anual para 2014 é de cerca de 9,3 bilhões de reais, o que corresponde a 5,3% das exportações do agronegócio nacional⁽²⁾. Porém, para tal, grandes áreas florestadas e com solo fértil foram devastadas ou queimadas para que os cultivos de café se estabelecessem e prosperassem. Dentre os muitos fatores que afetam a produtividade cafeeira (como, por exemplo, características do solo, estresse hídrico, quantidade de sombra, espaçamento entre as plantas, variações nas condições climáticas), é indiscutível o papel das abelhas como polinizadores efetivos, proporcionando o aumento da quantidade e da qualidade da produção.

Em adição, quanto menor a distância entre os remanescentes florestais e os cafezais, maior é o número de espécies de abelhas que visitam as flores do café, mesmo em sistemas distintos como são a Indonésia (*Coffea canephora*: as flores necessitam de polinização cruzada) e a Costa Rica (*C. arabica*: flores se autopolinizam⁽³⁾). Também, quanto mais rica e abundante a comunidade de abelhas, maior a quantidade e estabilidade dos serviços de polinização e, conseqüentemente, maior é o número e

a qualidade dos frutos de café produzidos, assegurando maior valor de mercado. Embora as flores de *C. arabica* se autopolinizem, a formação de frutos é incrementada em 20% quando as flores são efetivamente polinizadas por abelhas que residem em manchas de habitats próximas aos cultivos. Os resultados de obtidos em Minas Gerais mostram aumento na produtividade cafeeira de 14,6%. A partir desse número, os autores calcularam que um produtor com uma propriedade de 1ha pode plantar 4.000 mudas de café. Assim, essa plantação, de cerca de 5 anos, produzirá em média 4.680 frutos (ou 176 sacas de café). Com esse aumento de produtividade devido à polinização, haverá um acréscimo de 25 sacas para o produtor. Em outro estudo, o produtor costa-riquenho obteve um rendimento anual de U\$60.000,00, graças aos serviços de polinização efetuados pelas abelhas sociais residentes nos fragmentos florestais próximos às sua lavoura de café.



b) Caju (*Anacardium occidentale*)

O cajueiro é uma árvore nativa do Nordeste brasileiro e dele obtemos múltiplos produtos, como a popular castanha-de-caju, da qual se extrai a amêndoa, o pseudofruto, consumido *in natura* e usado para a confecção de sucos e doces, e substâncias da casca do caju usadas pelas indústrias de tinta e cosméticos. Em 2102, o Brasil ocupava a 23ª posição dos maiores produtores mundiais de castanha-de-caju com casca⁽⁴⁾.

Sabemos que as flores de caju dependem de insetos para a polinização adequada e que os polinizadores

⁽²⁾ Disponível: <http://expocafe.com.br/cafe_em_numeros.pdf>, acesso em 10/08/2014

⁽³⁾ Experimentos com *Coffea arabica* mostram que 45% e 75% das flores auto-polinizadas e as que sofrem polinização cruzada formam frutos, respectivamente. Além disso, quando os polinizadores acessam as flores, há um incremento de 25% no peso dos frutos.

nativos (especialmente as abelhas sem ferrão representam 39% dos visitantes florais) são muito importantes, já que complementam os serviços realizados pelas abelhas melíferas (53% dos visitantes florais). As áreas cultivadas mais próximas de fragmentos florestais no Estado do Ceará e, conseqüentemente, as que apresentaram maior diversidade de polinizadores, foram as que obtiveram maior produtividade de caju.



c) Canola (*Brassica napus*)

A canola é considerada o terceiro maior “commodity” entre as culturas oleaginosas do mundo e seu cultivo é destinado, principalmente, para a produção de óleo e também para biodiesel e alimentação animal. Em junho de 2014, a cotação do grão da canola na Argentina foi de U\$510,00/ton e do óleo foi de U\$990,00/ton⁽⁴⁾, mas a Comunidade Europeia é o principal produtor e mercado consumidor de canola no mundo. No Brasil, seu cultivo está em expansão, especialmente no Rio Grande do Sul, com participação de 81,1% na produção e 82,4% de área plantada do país.

Embora a canola apresente alta taxa de auto-polinização, as visitas realizadas por insetos (abelhas e moscas), aumentam tanto a quantidade quanto a qualidade (sementes mais pesadas, com maior conteúdo de óleo e menor de clorofila) das sementes, elevando seu preço de mercado. Na Suécia, a polinização por insetos representou um aumento de 18% na produtividade e 20% no valor de mercado. As abelhas melíferas são os insetos mais abundantes e mais comumente encontrados, tanto em estudos conduzidos no Rio Grande do Sul quando na Suécia, e são os principais polinizadores dessa cultura. Em campos sulinos brasileiros, elas representaram 79% dos insetos e 97% das abelhas. As abelhas nativas, sociais e solitárias, estiveram presentes em lavouras que apresentavam maior heterogeneidade ambiental, pois esta provê diversidade de fontes de alimento e de locais de nidificação, que não é encontrada em campos com extensas monoculturas.

BOMMARCO, R., MARINI, L., VAISSIÈRE, B. E. (2012) Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia* 169, 1025-1032

DE MARCO, P., COELHO, F. M. (2004) Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodivers. Conserv.* 13, 1245-1255

FREITAS, B. M., PACHECO FILHO, A. J., ANDRADE, P. B., LEMOS, C. Q., ROCHA, E. E., et al. (2014) Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. *J. Pollinat. Ecol.* 12, 22-30

KLEIN, A., STEFFAN-DEWENTER, I., TSCHARNTKE, T. (2003) Bee pollination and fruit set of *Coffea arabica* and *C. canephora* (Rubiaceae). *Am. J. Bot.* 90, 153-157

RICKETTS, T. H. (2004) Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conserv. Biol.* 18, 1262-1271

WITTER, S., BLOCHTEIN, B., NUNES-SILVA, P., TIRELLI, F., LISBOA, B., et al. (2014) The bee community and its relationship to canola seed production in homogenous agricultural areas. *J. Pollinat. Ecol.* 12, 15-21

⁽⁴⁾ Disponível: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>, acesso em 10/08/2014

⁽⁵⁾ Disponível: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_21_16_32_51_canolajunho2014.pdf>, acesso em 10/08/2014

Agradecimentos

Agradeço ao Programa Nacional de Pós-Doutorado (PNPD) da CAPES pelo auxílio financeiro e aos organizadores deste livro pela iniciativa e convite.

Fontes consultadas

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KREMEN, C.; MORALES, J.M.; BOMMARCO, R. et al. (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecol. Lett.* 14, p.1062-1072

GONZÁLEZ-VARO, J. P.; BIESMEIJER, J. C.; BOMMARCO, R.; POTTS, S.G.; SCHWEIGER, O. et al. (2013) Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends Ecol. Evol.* 28, p.524-530

KENNEDY, C.M.; LONSDORF, E.; NEEL, M.C.; WILLIAMS, N.M.; RICKETTS, T.H. et al. (2013) A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecol. Lett.* 16, p.584-599.

POTTS, S.; BIESMEIJER, J.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. (2010) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25, p.345-353

RICKETTS, T.H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C. et al. (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecol. Lett.* 11, p.499-515

TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C. (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8, p.857-874.

VIANA, B.F.; BOSCOLO, D.; MARIANO NETO, E.; LOPES, L.E.; LOPES, A.V. et al. (2012) A polinização no contexto da paisagem: o que de fato sabemos e o que precisamos saber?, in: IMPERATIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. (Eds.), *Polinizadores no Brasil - contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais*, EDUSP, São Paulo, p.67-102

WINFREE, R.; AGUILAR, R.; VÁZQUEZ, D.; LeBUHN, G.; AIZEN, M. (2009) A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90, p.2068-2076

4

O VALOR ECONÔMICO DO SERVIÇO DE POLINIZAÇÃO EM ALGUNS CULTIVOS BRASILEIROS

ABELHAS

AGRICULTURA

PRODUÇÃO AGRÍCOLA

CULTURAS

Tereza Cristina Giannini

Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências

Universidade de São Paulo

giannini@usp.br

A produção de alimentos é um dos maiores desafios globais da atualidade, principalmente devido ao aumento da população mundial e às mudanças de clima. A agricultura deve se tornar mais eficiente sem prejudicar o meio ambiente, protegendo, dessa forma, os serviços de ecossistema. Esses serviços são importantes para, por exemplo, regular o clima, manter o estoque de água e a ciclagem de nutrientes, salvaguardando o bem-estar humano. A polinização é considerada um serviço de ecossistema de importância fundamental, pois participa da formação de frutos e sementes, contribuindo para a produção de alimentos e outros recursos de origem vegetal e aumentando a rentabilidade do agronegócio. Um levantamento de dados recentes apresentou 83 culturas brasileiras que possuem diferentes graus de dependência de polinização animal, ou seja, espécies vegetais que dependem em maior ou menor grau de animais polinizadores para produzirem seus frutos e/ou sementes. Para 33 dessas culturas, foi possível estimar qual é o valor econômico anual da polinização, cujo total equivale aproximadamente a 6 bilhões de dólares. Além disso, outras 26 culturas obtêm benefícios adicionais da polinização - nem sempre facilmente mensurados, mas importantes para o agronegócio - como por exemplo, aumento da qualidade dos frutos, das fibras (algodão) ou do óleo produzido (canola e mamona). Para garantir que o serviço de polinização permaneça disponível para as culturas de interesse econômico, é necessário reconhecer a importância dos polinizadores e incentivar a adoção de programas de preservação e manejo.

Introdução

Os polinizadores participam do ciclo de reprodução das plantas e contribuem para a formação de frutos e sementes, o que tem um impacto direto na produção agrícola. Estudos recentes demonstraram que a alimentação depende de plantas polinizadas por animais, sendo que, em nível global, foi estimado que 35% da produção total de alimentos dependem de polinizadores. Apesar de certas culturas que apresentam alto volume de produção e consumo, como por exemplo, arroz e milho, serem independentes da polinização animal, uma grande proporção de frutas, sementes, castanhas e legumes são dependentes de polinizadores. Assim, uma alimentação balanceada e rica em nutrientes depende da presença de polinizadores. Além disso, a polinização também atua na melhoria da qualidade dos frutos; assim, frutos cujas flores são polinizadas apresentam uma melhor formação e aparência, podem ser maiores, ou apresentarem sabor mais aprazível.

No entanto, apesar da importância dos polinizadores para a produção de alimentos, evidências recentes têm demonstrado seu declínio em várias partes do mundo, especialmente no Hemisfério Norte. Esse declínio é devido a múltiplos fatores como por exemplo, perda e fragmentação de habitat, doenças e mudanças de clima. Como a produção de alimentos depende dos polinizadores, várias pesquisas têm sido desenvolvidas globalmente para estudar os possíveis impactos desse declínio.

Foto: Giorgio Venturieri



Trigona fulviventris na flor de açai

Por exemplo, estudos que utilizaram bases de dados globais demonstraram que em um cenário sem polinizadores, a produção de frutas, vegetais e estimulantes (café e cacau) ficaria abaixo do nível de consumo. Outro estudo utilizando bases de dados globais demonstrou que o plantio de culturas que dependem de polinizadores vem crescendo, mas que os polinizadores têm diminuído. Isso tem consequências diretas na produção de culturas que apresentam maior dependência de polinizadores e também no preço final da produção destas culturas. Áreas maiores precisam ser plantadas para se obter produções equivalentes, o que pode prejudicar ainda mais o ambiente e contribuir com as mudanças de clima, principalmente em escala regional. E isso é mais preocupante no Hemisfério Sul, onde as pesquisas mostraram que as culturas dependentes de polinização são em maior número.

A importância das espécies nativas de polinizadores é crucial. No Brasil existe uma rica diversidade de abelhas nativas que promovem o serviço de polinização das culturas agrícolas. Já foi demonstrado que uma rica fauna de polinizadores tem um papel fundamental na produção agrícola, e que é melhor proteger essa diversidade do que apenas confiar em algumas poucas espécies para a polinização.

Muito tem sido debatido sobre a valoração de serviços de ecossistema e embora alguns países já apresentem uma legislação bem definida acerca disso, esse ainda é um tema controverso. No entanto, a valoração dos serviços de

polinização foi sugerida pela *Food and Agriculture Organization* (FAO), o órgão das Nações Unidas relativo à produção mundial de alimentos, devido a urgência do tema, e devido à necessidade de se aumentar o conhecimento do público sobre ele. A metodologia utilizada nos próximos parágrafos para atribuir um valor econômico ao serviço de polinização foi apresentada na década passada (em 2007) e ainda está em processo de aperfeiçoamento. No entanto, ela é bastante útil para ter uma visão geral da importância da polinização para o agronegócio.

Como é estimado o valor econômico da polinização?

Existem muitos métodos de valoração, e o aplicado aqui foi escolhido por ser de baixa complexidade. O valor econômico da polinização é calculado como uma função de dois fatores, a saber, a taxa de dependência de cada cultura por polinização e o valor de produção anual de cada cultura.

Para estimar a dependência por polinização foram criadas quatro classes (essencial, grande, modesta ou pequena) e a cada uma dessas classes foi atribuída uma taxa de dependência (respectivamente, 0,95; 0,65; 0,25 e 0,05). Essa atribuição foi baseada em estudos que revelaram que algumas culturas quando não polinizadas apresentavam uma redução entre 90 e 100% na produção (dependência considerada essencial); outras, entre 40-90% (dependência considerada grande); entre 10-40% (modesta), e; entre 1-10% (pequena).

Uma vez que cada cultura tenha sua taxa de dependência por polinizadores estabelecida, essa taxa é multiplicada pelo valor de sua produção anual. No caso do Brasil, o valor de produção anual de algumas culturas está disponível na página da Internet do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Resumindo em uma fórmula simples, o cálculo para cada cultura é feito da seguinte forma:

Valor da polinização = taxa de dependência x valor da produção

Valor econômico da polinização para as culturas brasileiras

A partir de levantamento na bibliografia científica especializada sobre polinização de culturas, foi possível estimar a dependência de 83 culturas brasileiras por polinizadores. Desse total, apenas 33 apresentam o valor de produção agrícola anual disponível na página do IBGE e então, apenas para estas, foi possível estabelecer o valor econômico da polinização.

O valor total do serviço de polinização anual encontrado para as 33 culturas que têm dados disponíveis está na casa de 6 bilhões de dólares, o que corresponde aproximadamente a 27% do valor da produção anual agrícola para essas mesmas culturas (Tabela 1). As culturas que apresentam alto valor econômico de polinização são o café (dependência modesta; quase US\$ 2 bilhões); algodão (modesta; US\$ 924 milhões); cacau (essencial; US\$ 532 milhões) e laranja

(modesta; US\$ 522 milhões) (Tabela 2).

Quando são analisados os dados de dependência de todas as 83 culturas (Tabela 2 e 3) nota-se que para 18 destas culturas, a polinização foi considerada essencial; a dependência é grande em 22 culturas; modesta em 24 casos e pequena em 19. Ou seja, quase 50% das 83 culturas, para as quais foi possível encontrar dados, apresentam uma dependência essencial ou grande por polinização.

Adicionalmente, 26 culturas apresentam benefícios suplementares quando polinizadas, tendo sido relatado, principalmente, o aumento na qualidade de frutos e na produção de sementes (Tabela 4). Notável é também a importância da polinização para os biodiseis listados - soja e girassol (aumento na produção de sementes), mamona (aumento na qualidade dos frutos e na qualidade e quantidade de óleo produzido) e canola (aumento na produção de óleo) - com implicações econômicas que precisam ser melhor avaliadas.

É necessário ainda enfatizar que nesse resultado não foi incluída a soja, pois existe carência de dados sobre a dependência dessa cultura por polinizadores. Alguns trabalhos sugerem que haja uma dependência modesta, e nesse caso, o valor de polinização apenas da soja, no caso brasileiro, corresponderia a aproximadamente US\$ 5 bilhões. Mas como ainda é necessário aprofundar o conhecimento sobre o papel dos polinizadores para essa cultura, ela não foi incluída nas tabelas apresentadas aqui.



Melipona flavolineata na flor do açáí

Perspectivas futuras

A garantia da rentabilidade das culturas devido à presença de polinizadores adequados depende de programas de políticas públicas que divulguem a importância dessas espécies e que as protejam. Para tanto é necessário que haja dados confiáveis sobre as espécies-chave de polinizadores, e também sobre a produção agrícola no país. As culturas apresentadas aqui são as que já foram, em algum grau, investigadas previamente pela comunidade científica. Mas elas correspondem apenas a uma parte da totalidade de culturas utilizadas tradicionalmente. Um esforço no sentido de construir uma base de dados oficial sobre essas culturas, bem como, desenvolver estudos sobre

biologia reprodutiva e polinização de plantas de interesse econômico nos cursos de Agronomia, Biologia e afins seria importante, para suprir essa lacuna de conhecimento.

Bases de dados robustas são de fundamental importância para a construção de cenários e para tomada de decisão, principalmente considerando-se as rápidas mudanças globais que precisam ser enfrentadas. Por exemplo, de acordo com estudos recentes, as mudanças climáticas no Brasil poderão causar perdas nas safras de aproximadamente R\$7 bilhões já em 2020.

Muitas das culturas regionais têm um significado importante na economia familiar de populações

rurais. Dados robustos sobre essas culturas poderiam contribuir para estudos envolvendo o desenvolvimento de políticas públicas para a proteção de comunidades menos assistidas e que são mais vulneráveis. Relatórios recentes da FAO discutem que as comunidades rurais mais pobres geralmente vivem em condições ambientais mais precárias, como locais úmidos, áridos ou semiáridos, ou sujeitos a inundações. Para essas comunidades, mesmo mudanças pequenas de clima podem ter impacto negativo, especialmente naqueles grupos que praticam uma agricultura de subsistência. Por outro lado, pequenas fazendas e sistemas tradicionais de agricultura podem também ser parte da solução, contribuindo com a regulação local do clima, proteção da água e sequestro de carbono, especialmente quando boas práticas agrícolas forem adotadas.

A proteção da diversidade biológica nas áreas agrícolas é crucial, especialmente para manter a rentabilidade de culturas que dependem de polinizadores. Boas práticas já foram sugeridas especialmente para a proteção de abelhas polinizadoras, e incluem a manutenção de vegetação natural próxima ou dentro das áreas cultivadas que oferecem aos polinizadores fontes alternativas de alimento e de locais para nidificação. Essas áreas podem ser seminaturais, ou seja, terem sido replantadas ou manejadas para incluir espécies vegetais de interesse para as abelhas. Pode-se incluir nessas áreas, espécies vegetais que por exemplo, floresçam em diferentes épocas do ano, fora da estação de floração da cultura agrícola dominante,

e espécies que possam ser utilizadas como ninho. A conectividade dessas áreas deve ser incrementada, de tal forma a permitir o movimento dos indivíduos através da paisagem e promover sua reprodução, fluxo gênico e o estabelecimento de novas populações. Cercas vivas, proteção contra o vento e matas ciliares podem ser implementadas com essa finalidade, oferecendo corredores para deslocamento das espécies. Nessas áreas podem ser colocados ninhos artificiais que podem ser utilizados pelas diferentes espécies para nidificação.

O Brasil tem uma diversidade importante de polinizadores que contribuem para a rentabilidade do agronegócio, tanto em pequena quanto grande escala. Essas espécies precisam ser mais bem conhecidas para que programas de manejo e proteção sejam mais eficazes. Assim, programas básicos de pesquisa sobre polinização e polinizadores precisam ser enfatizados, bem como, programas para manejo e proteção de espécies chave em áreas agrícolas.

Tabela 1. Valores totais de produção anual e do serviço de polinização para as quatro classes de dependência das culturas em relação a polinização (dados disponíveis para 33 culturas listadas na Tabela 3)

Dependência da cultura em relação a polinização	Valor total da produção anual (US\$) (Fonte: IBGE)*	Valor total do serviço de polinização (US\$)
Essencial	1.635.878.182	1.554.084.273
Grande	850.930.000	553.104.500
Modesta	15.413.460.909	3.853.365.227
Pequena	4.435.095.000	221.754.750
TOTAL	22.335.364.091	6.182.308.750

* Dados pesquisados para os anos 2012 ou 2011.

Tabela 2. Valores totais de produção anual e do serviço de polinização para 33 culturas brasileiras (Taxa de dependência: 0,95 = essencial, 0,65 = grande, 0,25 = modesta, 0,05 = pequena)

Cultura	Taxa de dependência	Produção anual (US\$) (Fonte: IBGE)*	Valor da polinização (US\$)
1. café	0.25	7.596.003.636	1.899.000.909
2. algodão herbáceo	0.25	3.697.680.455	924.420.114
3. cacau	0.95	560.980.455	532.931.432
4. laranja	0.25	2.089.013.636	522.253.409
5. melancia	0.95	453.730.000	431.043.500
6. tomate	0.25	1.525.605.000	381.401.250
7. maracujá	0.95	389.815.909	370.325.114
8. maçã	0.65	440.800.000	286.520.000
9. melão	0.95	216.216.364	205.405.545
10. feijão	0.05	2.825.852.727	141.292.636
11. coco	0.25	408.035.455	102.008.864
12. goiaba	0.65	150.857.727	98.057.523
13. pêssego	0.65	133.571.818	86.821.682
14. abacate	0.65	55.935.000	36.357.750

Cultura	Taxa de dependência	Produção anual (US\$) (Fonte: IBGE)*	Valor da polinização (US\$)
15. girassol	0.65	40.782.727	26.508.773
16. mamão	0.05	529.948.182	26.497.409
17. urucum	0.95	15.135.455	14.378.682
18. tangerina	0.05	257.442.727	12.872.136
19. castanha de caju	0.25	50.337.727	12.584.432
20. limão e lima	0.05	251.400.000	12.570.000
21. guaraná	0.65	15.482.273	10.063.477
22. amendoim	0.05	199.515.455	9.975.773
23. pimenta	0.05	189.803.636	9.490.182
24. pera	0.65	13.165.455	8.557.545
25. dendezeiro	0.05	146.498.182	7.324.909
26. figo	0.25	26.857.273	6.714.318
27. mamona	0.25	10.935.455	2.733.864
28. fava	0.25	8.965.455	2.241.364
29. caqui	0.05	27.190.909	1.359.545
30. marmelo	0.65	335.000	217.750
31. ervilha seca	0.05	4.040.455	202.023
32. linho	0.05	3.402.727	170.136
33. algodão arbóreo	0.25	26.818	6.705

* Dados pesquisados para os anos 2012 ou 2011.

Tabela 3. Dependência de outras 50 culturas brasileiras por polinização, para as quais não há dados disponíveis sobre produção agrícola anual

Dependência da cultura em relação a polinização	Cultura
Essencial	cambuci, glicíndia, jurubeba, castanha do pará, macadamia, cajazeira, maracujá doce, abóbora, baunilha, acerola, cupuaçu, fruta do conde, kiwi
Grande	adesmia, araticum, gabiroba, murici, amêndoa, damasco, mirtilo, trigo sarraceno, cerejas, ameixa amarela, framboesa, carambola, ameixa, jambo vermelho
Modesta	amora, mangaba, melão de são caetano, castanha, pepino, groselha, berinjela, umbu, quiabo, canola, gergelim, morango, pitanga, romã
Pequena	juazeiro, pimenta malagueta, pimentão, ervilha, rambutão, feijão, tamarindo, graviola, lichia

Tabela 4. Benefícios adicionais da polinização para culturas brasileiras

Benefício	Cultura
Aumento da reprodução	batata doce, alho, abacaxi, batata inglesa, banana, inhame, mandioca
Aumento de produção de sementes	alcachofra, alface, chicória, aspargos, couve flor, repolho, brócolis, cebola, cenoura, nabo, girassol, soja, gergelim
Aumento da qualidade do fruto	algodão, café, laranja, melancia, morango, pimentão, tomate, mamona, berinjela
Aumento da qualidade do óleo	canola, mamona
Aumento na quantidade do óleo	mamona
Aumento na qualidade da fibra	algodão

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Lucas Alejandro Garibaldi, CNPq (472702/2013-0), FAPESP (2011/06811-5) e Universidade de São Paulo (NAP - Biocomp).

Leituras adicionais

ASSAD, E.; PINTO, H.S. Aquecimento global e cenários futuros da agricultura brasileira. São Paulo: EMBRAPA/ UNICAMP, 2008.

FREITAS, B.M.; NUNES-SILVA, P. Polinização agrícola e sua importância no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CANHOS, D. A. L.; ALVES, D. A.; SARAIVA, A. M. Polinizadores no Brasil. São Paulo: EDUSP, 2011.

GARIBALDI, L.A.; MORALES, C.L.; ASHWORTH, L.; CHACOFF, N.P.; AIZEN, M.A. (2012) Los polinizadores en la agricultura. Ciencia Hoy 21, p.35-43.

5

IMPACTO DA AGRICULTURA SOBRE A POPULAÇÃO E A DIVERSIDADE DE POLINIZADORES, E FORMAS DE MITIGAÇÃO DE SEUS EFEITOS

OPERAÇÕES AGRÍCOLAS
CONSERVAÇÃO DE
POLINIZADORES
CONSCIENTIZAÇÃO DE
AGRICULTORES
POLÍTICAS PÚBLICAS

Decio Luiz Gazzoni

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).
Centro Nacional de Pesquisa de Soja.
decio.gazzoni@embrapa.br

Tanto a produção agropecuária e florestal, quanto a diversidade florística – e, indiretamente, a faunística – dependem em grande proporção do serviço ambiental de polinização. Ao longo dos milênios, houve uma coevolução entre a agropecuária e os polinizadores, ao ponto de, em alguns casos, haver especialização de polinizadores para determinadas espécies vegetais. Entrementes, determinadas operações agrícolas, assim como outras ações antropogênicas, podem ser deletérias aos polinizadores. A perda de habitat, representada pela ocupação de áreas anteriormente cobertas com vegetação nativa, tanto para a expansão da fronteira agrícola, quanto pelo seu uso para outras atividades, como habitação, indústrias, lazer, ou infraestrutura de transporte, é considerada a maior ameaça atual aos polinizadores. Outras atividades agrícolas, como a monocultura extensiva ou o uso de agrotóxicos, também podem ser prejudiciais aos polinizadores, se não forem observadas as boas práticas agrícolas. Propõe-se um esforço de conscientização dos agricultores para adotar medidas que favoreçam os polinizadores. Políticas públicas que incentivem os agricultores a adotar essas medidas, ou então utilizando áreas públicas – como os parques ou acostamentos de rodovias – com a sementeira de plantas atrativas para polinizadores, fornecendo alimento e locais de nidificação, também são apresentadas.

Introdução

O serviço ambiental de polinização é fundamental para a manutenção da biodiversidade florística natural, assim como para a produtividade e qualidade da produção agrícola, posto que grande parte da produção mundial depende, em algum grau, do serviço de polinização. Estudiosos do tema consideram que 35% da produção agrícola mundial provém de cerca de 800 plantas cultivadas, que dependem da polinização, em alguma medida. Entretanto, algumas operações agrícolas, juntamente com ações antropogênicas em outras áreas que não a agricultura, podem redundar em efeitos deletérios sobre a população e a diversidade de espécies de polinizadores. Incluem-se nesse conjunto as mudanças no uso da terra, a redução ou fragmentação do habitat original, a introdução de organismos exóticos e algumas práticas agrícolas modernas como o uso de agrotóxicos.

Em escala global, o aspecto que mais tem afetado a continuidade do serviço de polinização é a perda de habitat, sendo parcela do problema atribuível à agropecuária, pela expansão da área de cultivo, conseqüentemente reduzindo as áreas de vegetação nativa diversificada, essencial para a nutrição e nidificação das espécies de polinizadores. Ao longo da História, houve redução intensa das áreas de vegetação nativa, especialmente florestas, tendo como principal mote a extração da madeira para fins energéticos ou industriais, e o eventual posterior uso agrícola da área desmatada. Na Europa,

estima-se que a vegetação original cubra não mais que 2% de seu território, contrastando com quase 60% de área preservada no Brasil, conforme demonstram os estudos da Embrapa Monitoramento por Satélite.

Mais recentemente, além da agricultura, a expansão da infraestrutura viária e as áreas dedicadas à indústria, comércio, infraestrutura, habitação e lazer, têm retirado parcelas ponderáveis da vegetação nativa remanescente, com sério impacto sobre os polinizadores.

Diversidade é desejável

Especificamente no âmbito da agricultura, a biodiversidade de plantas dentro de campos de cultivo é desejável, porém, a diversidade da flora ao redor dos mesmos é essencial. Ela serve para fornecer habitat para as abelhas domésticas e selvagens e para outros insetos benéficos e, assim, melhorar os serviços de polinização em agroecossistemas. Algumas espécies de plantas daninhas em lavouras que fornecem recursos alimentares e refúgio poderiam ser mantidas em níveis toleráveis dentro de campos de cultivo para ajudar na sobrevivência de populações viáveis de polinizadores. Para tal, estratégias de manejo precisam ser definidas, a fim de privilegiar os polinizadores, porém sem acirrar a concorrência de plantas daninhas com as culturas (ocasionando perda de produtividade), ou que elas possam interferir com determinadas práticas culturais.

Como parte da estratégia, é necessário estabelecer a relação entre pequenas populações de plantas invasoras e a cultura principal, para evitar redução de produtividade da cultura. Entrementes, não se trata, simplesmente, de permitir a presença de plantas daninhas no meio da lavoura, mas privilegiar aquelas que beneficiem polinizadores, razão pela qual é necessário avançar no conhecimento da identificação das espécies de plantas que os favoreçam.

Em áreas de agricultura intensiva, as bordas de campos, margens de caminhos, cercas vivas e outras áreas não cultivadas – como os cordões das curvas em nível para contenção da erosão - podem se constituir em refúgios importantes para muitos polinizadores. Além de beneficiá-los, a proximidade com os cultivos poderá favorecer a melhoria da produtividade e da qualidade dos mesmos.

Em virtude do intenso desmatamento que ocorreu na Europa, com conseqüente perda de habitat para polinizadores, encontra-se em curso uma política pública em diversos países para recuperar, ainda que parcialmente, o habitat para os polinizadores. Por ela, o agricultor recebe valor equivalente ao lucro líquido que teria com a exploração comercial de uma área, para que a mesma permaneça coberta com plantas que seriam consideradas invasoras na lavoura, mas que fornecem o habitat necessário para os polinizadores.

Demanda de alimentos e redução do habitat

Compelida a suprir a demanda de mais de sete bilhões de habitantes do planeta Terra, a agricultura racionalizou-se e tornou-se muito eficiente sob o aspecto econômico. Porém esse sistema convive com a externalidade da simplificação da vegetação dos agroecossistemas, com monoculturas que sacrificam a diversidade floral e, conseqüentemente, a diversidade de insetos polinizadores, em grandes áreas. Em decorrência, tanto os campos cultivados quanto suas cercanias passaram a compor habitats simples, com um pequeno número de espécies, o que reforça a tendência da redução do número de espécies e da população total de polinizadores.

A expansão, a intensificação e a especialização da agricultura levaram a uma paisagem mais homogênea e mais pobre, do ponto de vista das necessidades dos polinizadores, sendo caracterizada por grandes campos livres de plantas daninhas, e pela quase ausência de habitats não cultivados. Em agroecossistemas simplificados, as plantas geralmente florescem em períodos síncronos e curtos. A diversidade floral encontrada até meados do século passado, representada por vegetação original, campos em pousio ou não cultivados, formações de capoeiras, cercas vivas, plantas invasoras em cultivos, bordas de lavoura e margens de estradas foram eliminados em sistemas agrícolas intensivos, ou por outros usos dados às terras. O valor da terra agrícola é, atualmente,

muito elevado, o que prejudica ainda mais a manutenção de áreas com formação florística diversificada, que favoreçam os polinizadores.

A conversão de terras para agricultura sempre resulta em uma perda líquida da vegetação original, diminuindo os locais de nidificação, com microhabitats menos variados para a postura de ovos e desenvolvimento das larvas de polinizadores. Vários entomologistas e ecologistas têm sugerido que a contração de recursos florais e de nidificação presentes na cobertura vegetal original seja o principal fator que explica o declínio na abundância e diversidade de abelhas nativas em campos de cultivo e conseqüente perda dos serviços de polinização.

Habitat

A redução da eficiência da polinização, devido à perda de habitat, foi claramente estabelecida para a alfafa cultivada na Hungria, com a observação dos prejuízos causados pelo aumento do tamanho dos campos de alfafa, e a homogeneização dos cultivos. Comparando-se a diversidade florística na região durante o período de 1950-60 com a década seguinte, foi verificado que, conforme as plantas daninhas foram eliminadas dos campos de alfafa, ocorreu uma redução na diversidade de polinizadores e na eficiência do serviço de polinização. Esse estudo pioneiro alertou outros cientistas, que passaram a observar o mesmo fenômeno em outros locais de agricultura intensiva, quando ocorria a expansão dos campos cultivados e

a redução das espécies a serem forrageadas pelos polinizadores.

A atual crise pela qual passam os serviços de polinização no Hemisfério Norte, especialmente na parcela prestada “gratuitamente” por abelhas nativas, pode ser mitigada por pequenas mudanças nas práticas agrícolas, que tenham como objetivo restaurar – ainda que parcialmente - habitats para artrópodes úteis, o que inclui não apenas polinizadores, mas também os inimigos naturais de pragas. A forma mais simples e direta de atingir esse objetivo é permitindo a presença de ervas daninhas em torno de lavouras cultivadas e, inclusive, em seu interior. Os estudiosos do assunto nos Estados Unidos propõem que as parcelas não cultivadas das propriedades possam servir para abrigar espécies que são forrageadas pelos polinizadores.

A ação proposta para os agricultores americanos também pode beneficiar a agricultura brasileira, se adotada por nossos produtores. Uma ação do presente, e exclusivamente para o produtor brasileiro, consiste em aproveitar o momento em que a Legislação Florestal brasileira obriga a recomposição de áreas de proteção permanente (APPs), como matas ciliares e várzeas, e as áreas de reserva legal (RL), para introduzir nesses locais plantas nativas que sejam úteis para os polinizadores, recompondo o habitat favorável aos mesmos.



Alternância das épocas de florescimento é fundamental para preservar polinizadores.

Habitats e sistemas agrícolas

As plantas que mais favorecem polinizadores são aquelas com flores atrativas, e que oferecem algum tipo de recompensa para atrair determinados tipos de polinizadores. Deve-se ter em conta que, ao longo da História, houve uma coevolução de muitos milhares de anos entre plantas com diferentes tipos de flores, exibindo variadas fenologias, que serviam para atrair a visita de polinizadores. Esse mutualismo se aperfeiçoou ao longo do tempo evolutivo, com as flores se especializando cada vez mais e os visitantes se tornando mais seletivos. Por vezes a coevolução foi tão radical que especializou um polinizador específico para uma determinada

planta. Entretanto, esse processo coevolutivo tem sido interrompido em tempos recentes, quando os agroecossistemas modernos passaram a ser dominados por uma uniformidade de flores com tamanhos, formas e cores semelhantes.

Pesquisas realizadas na Califórnia mostraram que a diversidade de abelhas nativas e sua abundância populacional estão significativamente relacionadas com a área proporcional de habitat nativo em torno da lavoura. Os pesquisadores documentaram as espécies presentes e avaliaram as contribuições das comunidades de abelhas nativas para a polinização das culturas em fazendas que variaram tanto em sua proximidade com o habitat natural quanto no tipo de sistema de produção, orgânico ou convencional.

Nas fazendas com sistemas orgânicos – as que mais se aproximavam do habitat natural - foi verificado que as comunidades de abelhas nativas podem fornecer serviços de polinização satisfatórios até mesmo para as culturas com grande demanda de polinização, como é o caso da melancia, dispensando a polinização assistida. Em contraste, nas fazendas com sistemas de cultivo convencionais, e distantes de formações de vegetação nativa, foi observada forte redução da diversidade e da abundância de abelhas nativas, resultando na insuficiência dos serviços naturais de polinização para atender a demanda das culturas.

Embora o uso de agrotóxicos possa constituir-se em um fator deletério para polinizadores, as fazendas orgânicas diferem das convencionais em outros aspectos além do uso de agroquímicos. Normalmente, os agricultores orgânicos cultivam diversas espécies, propiciando o aumento da vegetação não cultivada, porque pequenas áreas de cultivo são cercadas por mais bordas valorizando a diversidade da paisagem. Todas estas características ajudam a conservar os polinizadores.

Vegetação nativa nas proximidades de lavouras

Em levantamento realizado no Canadá, os campos de canola circundados por pastagens nativas ou por áreas não cultivadas, localizados até cerca de 800 m das suas bordas,

apresentaram população de abelhas maiores que os campos cercados por áreas cultivadas. Os resultados dessas pesquisas demonstram a importância para abelhas dos habitats adjacentes aos cultivos, em paisagens agrícolas antropizadas.

Um estudo da entomofauna de polinizadores em pomares e áreas adjacentes no Vale Okanagan (Colúmbia Britânica) revela o papel fundamental da floração da vegetação nativa, nas proximidades de campos de cultivo, para servir de abrigo e alimento para polinizadores. As maiores taxas de captura de abelhas selvagens ocorreram em flores em áreas não cultivadas, situadas próximas de pomares. Estas taxas foram quatro vezes superiores àquelas registradas dentro dos pomares, mostrando que as áreas adjacentes servem de abrigo e repositório para que a demanda de polinização dos pomares possa ser atendida.

Da mesma forma, no Vale do Baixo Fraser, também localizado na Colúmbia Britânica, foi constatado que tanto a abundância quanto a diversidade de polinizadores foram menores nas plantas cultivadas (mirtilo, framboesa, etc.) do que na vegetação nativa no entorno.

Do outro lado do Atlântico, na Finlândia, a riqueza de espécies de abelhas e sua densidade populacional foram maiores nas áreas agrícolas onde, nas margens dos campos (faixas com cerca de 1,5-2,5 m de largura) havia mais flores de dicotiledôneas, quando comparadas com áreas onde havia preponderância de

gramíneas. A largura das margens dos campos foi significativamente correlacionada com a densidade total de abelhas e zangões, ou seja, quanto mais largas as faixas de vegetação nativa com flores receptivas, maior a diversidade e a população de abelhas.

Na Suécia, as comunidades de insetos polinizadores nas margens de campos semeadas com flores de plantas específicas, atraentes para polinizadores, foram comparadas com os de uma margem com flora naturalmente diversificada e com uma pastagem adjacente. As leguminosas semeadas foram muito atraentes para a maioria dos grupos de insetos, especialmente as abelhas, e seu pólen constitui uma parte importante do alimento encontrado com as abelhas capturadas.

No Reino Unido, parcelas semeadas com misturas de seis espécies de plantas com floração anual, incluindo borragem comum (*Borago officinalis*), trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*), escovinha (*Centaurea cyanus*), malva (*Malva sylvestris*), calêndula (*Calendula officinalis*), e facélia azul (*Phacelia tanacetifolia*) em diferentes proporções atraiu uma diversidade de insetos visitantes florais. Entre os insetos observados destacavam-se diversas espécies de polinizadores. Semeaduras sequenciais fornecem néctar e pólen do início do verão ao outono, após o período em que as culturas haviam completado a floração, e o alimento para polinizadores era escasso.

Oferta estacional de alimento para polinizadores

Um dos desafios que as abelhas enfrentam em paisagens agrícolas é a falta de fontes alimentares constantes ao longo da temporada. As culturas polinizadas por abelhas, como amêndoa, canola, ou melancia, podem fornecer algumas semanas de comida abundante, mas a falta de plantas silvestres florescendo antes e depois das culturas pode resultar em um declínio da população de polinizadores. Os estudos sobre esse tema comprovaram que a diversidade de abelhas é frequentemente maximizada em paisagens onde 15 ou mais espécies de plantas com flores estão presentes no raio de ação de forrageamento.

Como as abelhas diferem na sua preferência em relação às flores, a disponibilidade de alimentos para toda a temporada é especialmente crítica. Abelhas nativas podem permanecer latentes durante todo o inverno, se não houver oferta adequada de alimentos. No entanto, precisam de fontes alimentares imediatas já no início da primavera.

De outra parte, muitas vezes as abelhas precisam de fontes de néctar no final da temporada para constituir suas reservas de energia para o inverno, nos locais onde a estação é muito fria ou seca, em que não há flores disponíveis para forrageamento. Assim, as abelhas podem passar o inverno dentro da colmeia consumindo

o mel produzido com o néctar recolhido ao longo dos meses em que houve oferta floral. Sem mel suficiente, as abelhas podem morrer de fome durante o inverno.

Além de necessitar de alimento para toda a temporada, a disponibilidade de locais de nidificação é importante. Como a maioria das abelhas nativas constrói seu ninho no solo, as práticas agrícolas que inibem ou destroem os ninhos, devem ser evitadas sempre que possível. Os locais de nidificação podem estar em manchas de solo não cultivada, pilhas de pedra ou madeira, restos de vegetação no solo, e outras formações que favorecem a construção do ninho.

A magnitude do efeito de cada espécie está relacionada com a duração do período de voo durante a estação de cultivo. Muitas abelhas têm um período de voo que se estende para além da disponibilidade de flores de uma determinada cultura. Algumas destas populações de abelhas mostram declínios maciços devido à falta de locais de nidificação adequados e disponibilidade de alimentos alternativos ao cultivo principal (Benedek, 1996). Esta situação também é comum em outros agroecossistemas onde as ervas daninhas floridas são eliminadas, principalmente em períodos em que as principais culturas não estão em floração.

Tamanho da área cultivada

Uma tendência da agricultura moderna, que afeta negativamente os polinizadores, é o

aumento contínuo da dimensão das fazendas especializadas em poucas culturas ou produção animal. Este não é um fenômeno exclusivamente brasileiro. O aumento do tamanho da área com monoculturas ocorre em escala global nos países importantes no cenário agrícola.

Os campos maiores geralmente são caracterizados por monoculturas, com o uso de práticas agrícolas que afetam a sua diversidade paisagística, sendo escassas as áreas sem cultivo que possam oferecer recursos florais e locais de nidificação de abelhas selvagens, nas margens de campos cultivados. É fácil de entender esta relação, porque os cultivos contínuos, de grandes dimensões, terão, proporcionalmente, menor área de sebes ou outras formas de vegetação nas margens dos campos. Posto que são esses os locais que fornecem ambiente para nidificação e recursos florais para polinizadores selvagens, quando as culturas não estão florescendo, então fazendas com grande extensão cultivada terão poucos polinizadores, independentemente de outras práticas agrícolas, incluindo o uso de agrotóxicos.

Mesmo em países onde a agricultura não é o principal negócio, verifica-se a relação negativa entre biodiversidade animal e monocultura vegetal. Por exemplo, pesquisas realizadas na Suécia mostraram que duas vezes mais borboletas e cinco vezes mais abelhas do que em grandes áreas cultivadas (> 135 ha). Da mesma forma, quando a área plantada em um determinado campo foi superior a 5 ha, o rendimento de trevo vermelho na Nova



Foto: Sharon Santoni

Bordas de lavouras e de caminhos rurais são excelentes locais para a diversidade florística que alimenta polinizadores.

Zelândia diminuiu, tendo a queda sido atribuída à escassez de abelhas polinizadoras.

O tamanho da área cultivada pode estar associado a diferentes tipos de práticas agrícolas que podem favorecer ou prejudicar polinizadores selvagens. Por exemplo, sistemas de produção como agricultura biológica, agroecológica ou orgânica, são adotados principalmente por pequenos agricultores. Os resultados de pesquisa disponíveis na literatura científica mostram que as fazendas orgânicas apresentam maior biodiversidade.

A intensificação da agricultura levou a uma paisagem mais homogênea caracterizada por grandes áreas de cultivo e cada vez menos habitats não cultivados. Neste contexto, aumenta a importância de plantas atrativas para

polinizadores dentro e em torno de campos, a fim de oferecer pólen ou néctar, bem como microhabitats que não estão disponíveis em monoculturas livre de plantas daninhas.

Uso de agrotóxicos

Praticamente todos os inseticidas conhecidos, tanto os que ainda se encontram disponíveis comercialmente, quanto os que já entraram em desuso, são tóxicos para abelhas polinizadoras. Como regra geral, a população de polinizadores diminui com o uso de agrotóxicos na lavoura, especialmente inseticidas, muito especialmente se a pulverização coincide com a floração, em uma espécie vegetal atrativa para polinizadores.

A maioria dos acidentes relatados em relação à mortalidade de abelhas e outros polinizadores

está associada com a não observância das boas práticas agrícolas. A experiência tem demonstrado que é possível mitigar o impacto de agrotóxicos sobre polinizadores observando-se regras básicas para o seu uso, evitando pulverizar quando os polinizadores estão presentes na lavoura e, especialmente, não permitindo deriva ou outra prática perniciosa e não recomendada, que redunde em pulverização sobre bordas de lavoura, capoeiras, cercas vivas, vegetação nativa, matas ciliares ou outros elementos da paisagem que abriguem polinizadores.

O problema não é circunscrito às lavouras, porém também pode ocorrer com o controle de pragas não agrícolas, como florestais, em ambientes aquáticos ou mesmo em áreas urbanas ou de lazer, para o controle de vetores de endemias que afetam a espécie humana. Por exemplo, estudos demonstraram que os programas de controle de mosquitos estão associados com grandes perdas de abelhas no Canadá e nos EUA. Em Manitoba, os esforços para combater surtos de encefalite equina ocidental, controlando seus mosquitos vetores resultou em danos para as colônias de abelhas.

Não apenas inseticidas mas outros agrotóxicos podem ser deletérios para polinizadores, se não forem atentadas regras básicas, ou mesmo como externalidades negativas do seu uso correto, em sistemas de produção. Por exemplo, o uso de herbicidas pode afetar os polinizadores ao reduzir a disponibilidade de plantas no interior de cultivos, as quais fornecem pólen ou néctar. Entretanto, deve ser pontuado que não se trata

do impacto do herbicida sobre os polinizadores, porque a eliminação das plantas daninhas por outra forma – capina, por exemplo – teria o mesmo efeito.

Observações de diversos estudiosos constataram que campos de trigo não tratados com herbicidas continham populações muito maiores, de vários grupos de insetos, incluindo Coleoptera e Lepidoptera, do que aqueles que tinham sido tratados. Alguns agricultores usam herbicidas para controlar plantas daninhas nas bordas das culturas. Por vezes, essa prática conduz ao aumento de espécies de gramíneas anuais, empobrecendo a comunidade que se torna menos diversificada, reduzindo substancialmente os recursos de flores para polinizadores.

Variedades transgênicas

Nos últimos 30 anos, a pesquisa mostrou que os surtos intensos de certas pragas agrícolas são menos prováveis de ocorrer em sistemas de cultivo que contenham algumas plantas daninhas, do que em campos livres das mesmas. A principal explicação aponta para o aumento da mortalidade das pragas, ocasionada por inimigos naturais. Lavouras com alta diversidade de artrópodes geralmente têm mais predadores e parasitas do que os campos livres de ervas daninhas. Porém, o alerta sempre presente é que as plantas daninhas de per se, se deixadas sem controle e em alta população, reduzem a produtividade das lavouras, o que deve ser ponderado conjuntamente com outras



Plantas como o girassol são atrativas para polinizadores e ajudam a preservá-los nas áreas onde são cultivadas.

informações sobre aspectos benéficos da diversificação da comunidade de plantas.

Pela linha de raciocínio acima, o corolário é que cultivos com variedades resistentes a herbicidas podem ser desfavoráveis aos polinizadores, por propiciar um controle mais completo das plantas daninhas. Um estudo realizado em 2005, no Reino Unido, demonstrou que os cultivos convencionais de beterraba e canola abrigam mais abelhas e outros insetos polinizadores porque havia mais ervas daninhas para fornecer comida e abrigo, quando comparadas com lavouras cultivadas com variedades geneticamente modificadas para tolerar aplicações do herbicida.

A resistência a insetos, com base em

endotoxinas de *Bacillus thuringiensis* (variedades Bt) é a segunda característica mais utilizada (após resistência a herbicidas) em variedades comerciais geneticamente modificadas. Outras proteínas para resistência a insetos, como os inibidores de proteases e lectinas, também estão sendo usados em muitas culturas experimentais.

Embora o algodão, a soja e o milho não tenham grande dependência da polinização, o néctar de algodão é atraente para os polinizadores e serve para a produção de mel. O pólen de milho pode ser coletado quando outras fontes são escassas. Testes de biossegurança com abelhas são realizadas para cada variedade Bt antes de seu registro nos órgãos regulatórios. Cada teste envolve a alimentação das larvas de abelhas e, às

vezes, os adultos com proteínas Cry purificadas, em soluções de sacarose, em concentrações que excedem em muito aquelas que podem ser encontradas no pólen ou néctar das plantas geneticamente modificadas, em condições normais de cultivo. Até o momento, não há registro de efeitos adversos dos tratamentos sobre as abelhas.

Os efeitos de outras proteínas que tornam as plantas resistentes a insetos foram investigadas. Apenas os inibidores de proteinases (IPs) afetam as abelhas e os zangões, provocando alterações nas proteases do aparelho digestivo das abelhas, ocasionando pequenas reduções na sobrevivência quando ingeridos em altas concentrações. Se as abelhas estarão expostas a tais concentrações de IPs no campo dependerá dos níveis de expressão das mesmas no pólen das plantas transgênicas, as quantidades e os tipos de pólen forrageados.

Em testes de campo, as proteínas de *B. thuringiensis* Cry1A e c, presentes no pólen e néctar de plantas transgênicas, não demonstraram qualquer efeito sobre as abelhas das colmeias, cujas operárias forragearam nas culturas transgênicas. No caso de plantas com a presença de outras proteínas de resistência a insetos, como beta-glucanase 1,3, e um inibidor de tripsina, que são expressos em pólen e néctar, não se mostraram letais para abelhas, porém apresentaram um efeito negativo sobre o comportamento das mesmas.

Manejo de solo e rotação de culturas

Nos últimos 50 anos foram introduzidas novas práticas de manejo de solo, como cultivo reduzido, mínimo ou plantio direto. A sua adoção provoca alterações na composição e abundância das espécies de plantas daninhas presentes em sistemas de cultivo. Em culturas como soja e milho, a população de polinizadores se modificaram quando os sistemas de preparo convencional foram alterados para outras formas de cultivo.

Estudos demonstraram que as populações de gramíneas de ciclo anual geralmente aumentam em sistemas de plantio direto enquanto diminuem as populações de plantas dicotiledôneas, o que pode reduzir recursos florais para polinizadores. Por outro lado, a cobertura do solo durante os períodos sem cultivo, aumenta a população de polinizadores, como mostrado em uma pesquisa envolvendo 25 fazendas de produção de abóbora nos estados de West Virginia e Maryland, nos EUA. Os pesquisadores descobriram que a densidade de abelha foi três vezes maior em áreas de plantio direto. A presença de palhada sobre o solo, que é parte fundamental do sistema de plantio direto, também tem se mostrado favorável ao aumento da população de predadores de pragas.

A rotação de culturas afeta a população e a diversidade de plantas daninhas, porque as

medidas de controle de plantas daninhas mudam com as culturas sucessivas influenciando o banco de sementes do solo, sua composição e abundância. Nos estudos em que os efeitos de rotação sobre as plantas daninhas foram examinados, foi verificada a redução da intensidade de sua presença nos cultivos. Conjuntamente com a redução da população total de plantas invasoras, as comunidades de plantas são mais diversificadas do que em áreas onde as lavouras constituem monocultura. A diversidade de plantas cria habitat, alimento e condições mais favoráveis para os polinizadores.

Muitos agricultores utilizam plantas para cobertura de solo (geralmente leguminosas como adubos verdes) como um componente de rotação, que suprimem as plantas daninhas, competindo por recursos, alterando fatores ambientais que afetam a germinação de plantas daninhas e pela liberação de fitotoxinas que inibem a germinação de plantas daninhas.

Diversidade florística no interior da lavoura

Resultados de um estudo com lavouras de girassol, na África do Sul, mostraram que, se os agricultores permitem a coexistência da cultura com plantas atrativas às abelhas, diversos visitantes florais são capazes de persistir em áreas de cultivo, beneficiando a produção. Tais benefícios maximizam os efeitos positivos das manchas remanescentes de habitat natural.

A diversidade de plantas daninhas no interior do

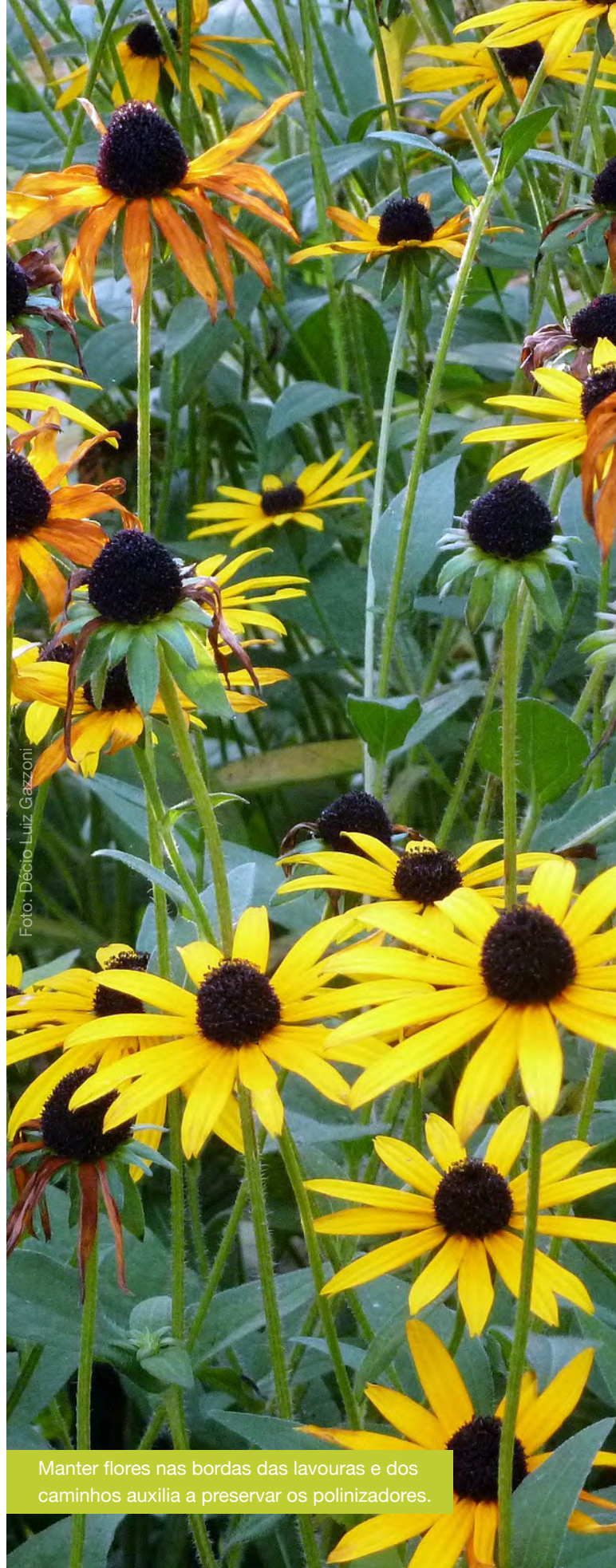


Foto: Décio Luiz Gazzoni

Manter flores nas bordas das lavouras e dos caminhos auxilia a preservar os polinizadores.

cultivo de girassol aumentou a multiplicidade de espécies visitando a lavoura, mitigando os efeitos negativos da deficiência de habitat natural. Ao analisar a variação da produtividade nas fazendas que cultivavam girassol, os pesquisadores descobriram que ela diminuiu significativamente com a distância de formações de vegetação nativa e aumentou significativamente com a riqueza de espécies de flores ruderais, ou seja, aquelas que vicejam em comunidades vegetais que se desenvolvem em ambientes perturbados pela ação humana.

O estudo na África do Sul referendou o efeito positivo da diversidade de flores em comunidades ruderais, o qual tem se mostrado significativo, independente da distância do habitat natural. Embora a maioria dos polinizadores visitantes fossem espécimes de abelha doméstica, observa-se que a diversidade de espécies provoca maior movimentação das abelhas domésticas, favorecendo a polinização, e aumentando a produtividade do girassol.

Princípios básicos para favorecimento de polinizadores em áreas agrícolas

É muito difícil recompor a comunidade de polinizadores selvagens ou nativos, que tenham sido negativamente afetados por mudanças na paisagem ou por operações agrícolas que os desfavoreçam. Por isto é muito importante preservá-los para que possam prestar um serviço ambiental de polinização conforme requerido. Sempre que possível, deve-se optar

pelas práticas agrícolas que mais favorecem polinizadores, como:

- a. Plantio direto, cobertura morta ou plantas de cobertura de solo, que podem fornecer locais de nidificação e sobrevivência para abelhas;
- b. Diversidade agrícola e de plantas não cultivadas, que permitam a contínua oferta de alimentos e condições de habitat para as abelhas e outros insetos polinizadores, ao menos nas bordas das lavouras e laterais de carregadores, caminhos e estradas;
- c. Estrita observância das boas práticas agrícolas quando forem utilizados agrotóxicos, tanto herbicidas, que podem retirar recursos florais, ou que afetem os polinizadores, como inseticidas;
- d. Limitação das extensões contínuas de monoculturas, sem que estejam entremeadas por habitats adequados aos polinizadores.

Preservação da diversidade florística

Posta a racionalidade econômica da produção agrícola da atualidade, não é fácil equilibrar a máxima rentabilidade conjuntural com a necessidade estrutural de preservação de polinizadores, em especial quando se trata da manutenção de habitats adequados em agroecossistemas. Face à necessidade de se manter plantas não cultivadas, que favoreçam polinizadores, em áreas de cultivo, estratégias factíveis precisam ser definidas, a fim de evitar

a concorrência de plantas daninhas com as culturas e interferência com certas práticas culturais. Limiares econômicos de populações de plantas daninhas devem ser definidos para os sistemas de cultivo específicos.

Uma ação efetiva para melhorar a situação de insetos polinizadores na paisagem agrícola moderna é enriquecer as margens dos campos remanescentes e as beiras de caminhos e estradas. Em áreas de agricultura intensiva, onde as plantas daninhas não são toleradas no interior dos cultivos, a prioridade deve ser conservar ou reforçar as comunidades diversificadas nas bordas de lavoura. Alguns exemplos são espécies de urtigas, umbelíferas selvagens, confrei, trevos selvagens, serralhas, asclépias, lavanda, alfazema, flores da família das compostas (Asteraceae) como as margaridas, além de plantas perenes, em particular as mais especializadas, que tendem a ter mais néctar de plantas anuais.

É importante salientar que, além de pólen e néctar para os adultos e larvas de polinizadores, as formações vegetais nas bordas de campos podem fornecer abrigo e locais de nidificação para muitos polinizadores. O ambiente favorável aos polinizadores inclui áreas não perturbadas, terra nua, galhos ou troncos secos ou assemelhados.

Propostas de ações proativas

Em nossas condições, como regra geral o produtor pode permitir um mínimo de três

espécies de plantas que floresçam em um dado momento durante o período de crescimento; primavera, verão e outono. Essa diversidade floral deve estar localizada dentro do raio de forrageamento dos polinizadores. Outras ações podem ser:

a. Atentar para que existam combinações de plantas anuais e perenes que sejam atrativas aos polinizadores;

b. Manter plantas que forneçam uma variedade de cores e formas diferentes para atrair polinizadores com diferentes demandas e especializações;

c. Atentar para que as plantas estejam situadas em maciços, ao invés de isoladas, para melhor atrair polinizadores;

d. Sempre que possível, escolher as plantas nativas para recomposição florística. As plantas nativas vão atrair mais polinizadores nativos e podem servir como plantas hospedeiras de larvas de algumas espécies de polinizadores;

e. No Brasil, ao longo desta e da próxima década, muitos produtores necessitarão recompor áreas de proteção permanente (APPs) e reservas legais (RLS). Trata-se de uma excelente oportunidade de uma ação em macroescala, selecionando plantas nativas com flores atrativas a polinizadores, e que floresçam em diferentes momentos ao longo do ano, para garantir alimento por períodos longos;

f. Uma política pública de grande

impacto seria o uso parcial dos acostamentos de estradas para manter plantas atrativas a polinizadores, especialmente quando as estradas cortam áreas de intensa produção agrícola, particularmente com o cultivo de grãos. Tanto as novas concessões de rodovias, quanto a renovação de contratos, ou mesmo adendos contratuais, deveriam prever o plantio e a manutenção de espécies de plantas que beneficiem polinizadores, de acordo com um sólido planejamento técnico, que atente para as características da paisagem local e regional. Da mesma forma, produtores agrícolas, empresas privadas, Organizações Não-Governamentais (ONGs), clubes, associações ou cidadãos deveriam receber incentivos para manter áreas favoráveis aos polinizadores.

Leitura recomendada

BELFRAGE, K.; BJÖRKLUND, J.; SALOMONSSON, L. (2005) The effects of farm size and organic farming on diversity of birds, pollinators, and plants in a Swedish landscape. *Ambio* 8, p.582–588.

CARRECK, N.L.; WILLIAMS, I.H. (2002) Food for insect pollinators on farmland: insect visits to flowers of annual seed mixtures. *J Insect Conser* 6, p.13–23.

CARVALHEIRO, L.G.; VELDTMAN, R.; SHENKUTE, A.G. et al. (2011) Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecology Letters* 14, p.251–259.

CHACOFF, N.P.; AIZEN, M.A. (2006) Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantations bordering premontane subtropical forest.

GALLAI, N.; SETTELE, J.M.; VAISSIERE, B.E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollination decline. *Ecol Econ* 68, p.810–821.

GARIBALDI, L.A.; AIZEN, M.A.; CUNNINGHAM, S.A.; KLEIN, A.M. (2009) Pollinator shortage and global crop yield. *Comm Integ Biol* 2, p.37–39.

GOULSON, D. (2003) Conserving wild bees for crop pollination. *Food Agric Envir* 1, p.142–144.

GROOT, A.T.; DICKE, M. (2002) Insect resistant transgenic plants in a multiple-trophic level. *Plant J* 31, p.387–406.

HAUSAMMANN, A. (1996) Strip-management in rape crop: is winter rape endangered by negative impacts of sown weed strips? *J Appl Ent* 120, p.505–512.

HAWES, C.J.; HAUGHTON, J.L. et al. (2003) Responses of plants and invertebrate trophic groups to contrasting herbicide regimes in the farm scale evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *Phil Trans R Soc Lond B* 358, p.1899–1913.

HOLE, D.G.; PERKINS, A.J.; WILSON, J.D.; ALEXANDER, I.H.; GRICE, P.V.; EVANS, A.D. (2004) Does organic farming benefit biodiversity? *Biol Cons* 122, p.113–130

JOHANSEN, C.A. (1977) Pesticides and pollinators. *Ann Rev Entomol* 22, p.177–192.

MORANDIN, L.A.; WINSTON, M.L. (2005) Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecol Appl* 15, p.871–881



www.abelha.org.br