

**A POLINIZAÇÃO EM CULTIVOS AGRÍCOLAS E A CONSERVAÇÃO DAS
ÁREAS NATURAIS: O CASO DO MARACUJÁ-AMARELO**
(*Passiflora edulis* *F. flavicarpa* DENEGER)

Marcela Yamamoto¹, Ana Angélica Almeida Barbosa² & Paulo Eugênio Alves Macedo de Oliveira^{2,*}

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia. Rua Ceará, s/n, Campus Umuarama. Caixa Postal: 593. Uberlândia, MG, Brasil. CEP: 38400-902.

² Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia. Rua Ceará, s/n, Campus Umuarama. Caixa Postal: 593. Uberlândia, MG, Brasil. CEP: 38400-902.

E-mails: yamamotomarcela@gmail.com, angelica@ufu.br, poliveira@ufu.br(*)

RESUMO

A polinização é um importante serviço ecossistêmico que envolve a manutenção da diversidade das plantas e também a produção de alimentos, podendo aumentar a quantidade e a qualidade dos produtos agrícolas. Os principais polinizadores são as abelhas que representam mais de 70% dos polinizadores das plantas cultivadas. Mas apenas cerca de uma dúzia de espécies é manejada para este fim, sendo que *Apis mellifera* é a principal espécie utilizada. Os relatos de declínio dos polinizadores indicaram uma crise global da polinização e desencadearam as iniciativas de conservação e uso sustentável dos polinizadores ao redor do mundo incentivando estudos detalhados da polinização de cultivos e dos polinizadores nativos. Mas há autores que questionam as reais necessidades de polinizadores bióticos para a produção mundial de alimentos, já que a maioria destas culturas é autógama ou polinizada pelo vento. Análises detalhadas circunscreveram algumas culturas essencialmente dependentes de polinizadores bióticos para sua produção. Se tais culturas não são tão importantes em termos de produção bruta, elas parecem ser vitais para a manutenção da diversidade de hábitos alimentares e de culturas locais. Estes estudos de meta-análise recentes também mostraram a dependência dos serviços de polinização em relação à diversidade de polinizadores e à conservação das áreas no entorno de tais culturas. No entanto, os estudos neste sentido, especialmente no Brasil, estão restritos a algumas poucas culturas e áreas de produção. O modelo do cultivo do maracujá-amarelo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger (Passifloraceae) na Região do Triângulo Mineiro foi utilizado para analisar aspectos da conservação das áreas naturais e do serviço de polinização. Esta interação envolve um cultivo auto-incompatível que necessita da polinização de abelhas de grande porte para a produção de frutos, especialmente as abelhas do gênero *Xylocopa*, de hábitos solitários, que nidificam em madeira. Além disso, a região de estudo está entre as áreas de mais alta pressão antrópica do bioma Cerrado, com estimativas de até 92% de degradação da vegetação original. Os resultados encontrados para a região apontaram produtividade natural do cultivo (25%) superior aos valores considerados economicamente viáveis (cerca de 20%), os quais podem ser explicados pela maior riqueza de espécies de polinizadores quando comparado a outras regiões do Brasil. Mas tais resultados não mostraram relação com a cobertura de áreas naturais de cerrado no entorno dos cultivos apontando a necessidade de uma maior investigação quanto a este aspecto.

Palavras-chave: Abelhas; cerrado; *Passiflora*; polinizadores nativos.

ABSTRACT

CROP POLLINATION AND CONSERVATION OF NATURAL AREAS: THE CASE OF YELLOW PASSION FRUIT (*Passiflora edulis* *F. flavicarpa* DENEGER). Pollination is an important ecosystem service that involves plant diversity conservation and food production, increasing the quantity and quality of

agricultural products. The main pollinators are bees, which represent over 70% of pollinators of cultivated plants. However, only about a dozen species are managed for this purpose, and *Apis mellifera* is the main species used. The reports of pollinator decline indicated a global pollination crisis and triggered initiatives for conservation and sustainable use of pollinators around the world, encouraging detailed studies of crop pollination and native pollinators. However, there are authors who question the real requirements of biotic pollinators for world production of food, since most of these crops is autogamous or pollinated by wind. Detailed analysis circumscribed some cultures essentially dependent on biotic pollinators for their production. If such crops are not as important in terms of production value, they seem to be vital to maintaining the diversity of food habits and local cultures. These recent meta-analysis studies also showed the dependence of pollination services in relation to pollinator diversity and the conservation of areas surrounding such crop plantations. However, studies in this direction, especially in Brazil are restricted to a few crops and production areas. Passion fruit, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger (Passifloraceae) in Triângulo Mineiro Region was used as a crop model to analyze aspects of the conservation of natural areas and the pollination service. This interaction involves a self-incompatible crop that needs pollination of large bees for fruit production, especially bees of the genus *Xylocopa*, with solitary habit, which nest in wood. In addition, the study area is among the areas of highest human pressure in the Cerrado (Brazilian savanna), with estimates of degradation up to 92% of the original vegetation. The results for the region showed natural productivity of the crop (about 25%) was higher than the values considered economically viable (20%), which may be explained by the relatively higher species richness of pollinators when compared to other regions of Brazil. Nevertheless, those results showed no relation with the remnants of natural areas of Cerrado in the surrounding crop, indicating the necessity for more research effort on this aspect.

Key-words: Bees; Cerrado; *Passiflora*; native pollinators.

RESUMEN

LA POLINIZACIÓN EN CULTIVOS AGRÍCOLAS Y LA CONSERVACIÓN DE LAS ÁREAS NATURALES: EL CASO DEL MARACUYÁ AMARILLO (*Passiflora edulis* F. *flavicarpa* DENEGER).

La polinización es un importante servicio del ecosistema que envuelve el mantenimiento de la diversidad de las plantas y también la producción de alimentos, pudiendo aumentar la cantidad y la calidad de los productos agrícolas. Los principales polinizadores son las abejas que representan más del 70% de los polinizadores de las plantas cultivadas. Pero solo cerca de una docena de especies es manejada para este fin, siendo que *Apis mellifera* es la principal especie utilizada. Los informes de disminución de los polinizadores indicaron una crisis global de la polinización e desencadenaron iniciativas de conservación y uso sostenible de los polinizadores alrededor del mundo incentivando estudios detallados de la polinización de cultivos y de los polinizadores nativos. Sin embargo, hubo autores que cuestionaron la real necesidad de polinizadores bióticos para la producción mundial de alimentos, ya que la mayoría de estos cultivos son autógamos o polinizados por el viento. Análisis detallados se circunscribieron a algunos cultivos esencialmente dependientes de polinizadores bióticos para su producción. Si tales cultivos no son tan importantes en términos de producción bruta, ellos parecen ser vitales para el mantenimiento de la diversidad de hábitos alimenticios y de cultivos locales. Estudios de meta-análisis recientes también mostraron la dependencia de los servicios de polinización en relación a la diversidad de polinizadores y a la conservación de las áreas en torno a tales cultivos. A pesar de esto, los estudios en esta área, especialmente en Brasil, están restringidos a algunos pocos cultivos y áreas de producción. El modelo del cultivo de maracuyá amarillo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger (Passifloraceae) en la Región del Triángulo Minero fue utilizado para analizar aspectos de la conservación de las áreas naturales y del servicio de polinización. Esta interacción envuelve un cultivo auto-incompatible que necesita de la polinización de abejas de tamaño grande para la producción de frutos, especialmente las abejas del género *Xylocopa*, de hábitos solitarios, que nidifican en madeira. Además de esto, la región de estudio está entre las áreas de más alta presión antrópica del bioma Cerrado, con estimativas de hasta 92% de degradación de la vegetación original. Los resultados encontrados para la región señalaron una productividad natural del cultivo (25%) superior a los

valores considerados economicamente viáveis (cerca de 20%), los cuales pueden ser explicados por la mayor riqueza de especies de polinizadores comparado con otras regiones de Brasil. Sin embargo, tales resultados no mostraron relación con la cobertura de áreas naturales de cerrado en el entorno de los cultivos evidenciando la necesidad de una mayor investigación en este aspecto.

Palabras clave: Abejas; cerrado; *Passiflora*; polinizadores nativos.

INTRODUÇÃO

A polinização, processo de transferência dos grãos-de-pólen das anteras para o estigma, é importante não somente para a reprodução das plantas com flores, mas também, para a produção de alimentos e a manutenção da rede de interações entre animais e plantas, constituindo um serviço ecossistêmico básico. A presente revisão visa descrever estudos recentes da polinização em agroecossistemas associados à conservação das áreas de vegetação natural de entorno e apresentar o maracujá-amarelo como exemplo de um cultivo para o qual a polinização biótica é essencial na produção dos frutos, reforçando a importância deste serviço ambiental.

Para a sua manutenção no planeta, o homem necessita de recursos e processos providos pelos ecossistemas. Estes benefícios são denominados serviços ecossistêmicos e incluem vários produtos indispensáveis às atividades humanas. Tais serviços podem ser subdivididos em cinco categorias: abastecimento - como a produção de alimento e água; equilíbrio - como, por exemplo, o controle de clima e doenças; apoio - como a ciclagem dos nutrientes e a polinização de cultivos; cultural - envolvendo os benefícios espiritual e recreativo; e preservação - que inclui a constante vigília para a manutenção da diversidade (Millenium Ecosystem Assessment 2005).

A sociedade tem percebido que os serviços ecossistêmicos são limitados e que estão cada vez mais ameaçados pelo próprio homem. A polinização feita por animais nativos, por exemplo, é considerado um serviço chave gerado pelo ecossistema (Klein *et al.* 2007). A ausência deste serviço pode afetar negativamente a reprodução sexuada e a diversidade genética das plantas, além de comprometer a produção de alimentos e produtos relacionados (Buchmann & Nabhan 1996).

Para auxiliar na conscientização e na tomada de decisões das políticas ambientais e sociais, valores

econômicos foram estimados para os serviços ecossistêmicos. Estimativas monetárias apontam que 33 trilhões de dólares americanos são gerados anualmente com os serviços ecossistêmicos, sendo que a polinização representa US\$112 bilhões deste valor (Costanza *et al.* 1997). Outras estimativas calcularam em cerca de US\$200 bilhões empregados na agricultura global ressaltando a importância econômica da polinização e justificando a prioridade da conservação deste sistema (Kearns *et al.* 1998). Um estudo recente estimou o valor de produção dos cultivos, com informações do ano de 2005, em €1.618 trilhões e demonstrou a importância dos insetos como polinizadores com estimativas de €153 bilhões (Gallai *et al.* 2008). No entanto, os autores recomendam cautela no prognóstico uma vez que não levaram em consideração as estratégias de mercado (Gallai *et al.* 2008) e reforçam que a valoração deve ser utilizada como uma ferramenta nas práticas conservacionistas e não como um fim ou solução por si mesma (Daily *et al.* 2000, Gallai *et al.* 2008).

A POLINIZAÇÃO COMO SERVIÇO AMBIENTAL

A polinização é essencial para a manutenção da diversidade das plantas nativas e, indiretamente, responsável pela existência de outras guildas que dependem dos recursos florais, tais como herbívoros e predadores de sementes (Potts *et al.* 2006, Kremen *et al.* 2007). Tanto plantas nativas como cultivadas podem se beneficiar pela polinização feita por animais e mesmo quando os polinizadores não são imprescindíveis para a produção agrícola, podem aumentar a quantidade e a qualidade das colheitas (Allen-Wardell *et al.* 1998, Roubik 2002, DeMarco & Coelho 2004), aumentando o valor proteico, o teor de fibras e o número das sementes produzidas (Sundriyal & Sundriyal 2004, D'ávila & Marchini 2005).

Das 250.000 espécies de Angiospermas modernas estimadas, aproximadamente 90% são polinizadas

por animais, principalmente insetos (Costanza *et al.* 1997, Kearns *et al.* 1998), entre os quais, destacam-se as abelhas como o principal táxon de polinizadores (Delaplane & Mayer 2000). Para se ter uma idéia, do total das 40.000 espécies de polinizadores estimadas, mais da metade, 25.000 são abelhas (FAO 2004). Além da abundância dos dois taxa (angiospermas e insetos), outros fatores podem explicar o sucesso desta interação abelha-planta, como a coevolução dos grupos resultando em adaptações morfológicas em ambos (Pitts-Singer & James 2008). E abelhas são visitantes obrigatórias de flores, dependendo quase que exclusivamente delas para obterem seus recursos alimentares, incluindo especialmente néctar, pólen e óleo (Michener 2000).

Considerando todos os polinizadores, estima-se que em torno de 73% das plantas cultivadas mundialmente sejam polinizadas por alguma espécie de abelha, 19% por moscas, 6,5% por morcegos, 5% por vespas, 5% por besouros, 4% por aves e 4% por borboletas e mariposas (FAO 2004). Dos 57 maiores cultivos mundiais em volume de produção, 42% são polinizados por pelo menos uma espécie de abelha nativa (Klein *et al.* 2007). Ainda assim, apenas aproximadamente uma dúzia de espécies de abelhas é manejada para serviços de polinização em todo o mundo (Kremen *et al.* 2002, Kremen 2008).

Os exemplos de polinizadores utilizados para polinização agrícola incluem abelhas sociais e principalmente espécies que nidificam em cavidades, devido à facilidade de estudo e do próprio manejo (Bosch & Kemp 2002). Entre as abelhas sociais destaca-se a *Apis mellifera* Linnaeus, 1758, abelha de mel, muito utilizada na polinização de cultivos (Delaplane & Mayer 2000), e as espécies de mamangavas-de-solo, pertencentes ao gênero *Bombus*, que são usadas na polinização do tomate (*Lycopersicon esculentum*, Solanaceae), para outros cultivos em estufas (Bosch & Kemp 2002) e na polinização de trevos (*Trifolium* spp, Fabaceae) na Nova Zelândia (O'Toole 1993). Entre as abelhas solitárias que nidificam em cavidades, *Megachile rotundata* (Fabricius, 1787) é utilizada na polinização da alfafa (*Medicago sativa*, Fabaceae), sendo um dos exemplos mais bem sucedidos da utilização em grande escala de abelhas silvestres para polinização (Richards 2001), além de espécies de *Osmia* utilizadas na polinização de frutíferas (Bosch & Kemp 2002). Também são manejadas algumas

abelhas que nidificam no solo como *Nomia melanderi* Cockerell 1906 e *Rhopitoides canus* (Eversmann, 1852), utilizadas na polinização da alfafa (Roubik 1989).

No Brasil têm sido relatados alguns casos de manejos de polinizadores como a utilização de abelhas melíferas na polinização da maçã (*Malus domestica*, Rosaceae) e do melão (*Cucumis melo*, Cucurbitaceae), além de alguns estudos experimentais em cultivos como mamona (*Ricinus communis*, Euphorbiaceae) e algodão (*Gossypium hirsutum*, Malvaceae) (B.M. Freitas comunicação pessoal), mas essa prática ainda não é vista como fator importante na produtividade (Freitas & Imperatriz-Fonseca 2005). Outros estudos experimentais incluem as abelhas solitárias do gênero *Xylocopa* no maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*, Passifloraceae) (Freitas & Oliveira-Filho 2001, Camillo 2003) e as abelhas da Tribo Meliponini em distintas culturas, por exemplo, *Melipona subnitida* Ducke, 1910 em pimentão (*Capsicum annum*, Solanaceae) (Cruz *et al.* 2005), *M. fasciculata* Smith, 1854 em plantios de açaí (*Euterpe oleracea*, Arecaceae) (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2006) e *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) em morango (*Fragaria ananassa*, Rosaceae) (Malagodi-Braga & Kleinert 2004).

As discussões sobre a perda dos polinizadores e dos seus serviços de polinização têm aumentado nas últimas décadas (Allen-Wardell *et al.* 1998, Kearns *et al.* 1998) e são baseadas nas evidências recentes de seu declínio em escala local e regional (ex. Larsen *et al.* 2005, Biesmeijer *et al.* 2006), e da alta taxa de extinção em vários grupos (Millenium Ecosystem Assessment 2005) além do registro de perdas significantes registradas na população dos polinizadores manejados (ex. Williams 1991, Allen-Wardell *et al.* 1998). As abelhas melíferas, principalmente *A. mellifera*, permanecem como os polinizadores mais utilizados nas monoculturas mundiais (Williams 1994) e a produtividade dos frutos, sementes e nozes cultivadas podem diminuir em mais de 90% na ausência destes polinizadores (Southwick & Southwick 1992). Quando as abelhas nativas não visitam os campos agrícolas, o manejo das abelhas melíferas frequentemente é a solução para garantir a polinização da cultura. Comparando com as espécies nativas, abelhas melíferas são versáteis, baratas e convenientes para o manejo e para alguns

cultivos não há polinizadores mais efetivos (Cane 1997, Westerkamp & Gottsberger 2000, Klein *et al.* 2007). Por outro lado, muitos cultivos podem ser polinizados por abelhas nativas ou ambas (Kevan *et al.* 1990, Freitas & Paxton 1998, Ricketts 2004) ou as diferentes espécies podem complementar a visita de outras (Greenleaf & Kremen 2006). Por exemplo, a melancia (*Citrullus lanatus*, Cucurbitaceae) recebe serviços de polinização de mais de 30 espécies de abelhas silvestres além da *A. mellifera* (Kremen *et al.* 2002) e para o cultivo do mirtilo (*Vaccinium myrtillus*, Ericaceae) as espécies de *Bombus* são consideradas polinizadoras mais efetivas que as abelhas melíferas (Cane & Paine 1988).

O número de colônias das abelhas melíferas manejadas está diminuindo em algumas partes do mundo (Delaplane & Mayer 2000). Este declínio está associado a parasitos como *Varroa* spp (Arthropoda, Arachnida), *Aethina tùmida* (Arthropoda, Coleoptera) entre outros; pelo uso impróprio de pesticidas e recentemente, pela misteriosa desordem de colapso da colônia, de causa ainda desconhecida, que já reduziu pela metade o número de colônias existentes nos Estados Unidos (Cox-Foster *et al.* 2007). Estes problemas têm se refletido na atratividade das atividades apícolas, já desestimuladas pelos baixos preços de mercado de seus produtos e serviços, principalmente na Europa e América do Norte. A preocupação com os déficits de polinização e o risco de depender quase exclusivamente de uma única espécie como polinizadora conduziram a iniciativas que visam à conservação dos polinizadores favorecendo muitos estudos de investigação de espécies nativas.

Por esses fatores, a polinização de cultivos agrícolas é comumente citada como um exemplo de serviço ecossistêmico classificado como ameaçado (Corbet *et al.* 1991, Williams 1994, Ingram *et al.* 1996, Matheson *et al.* 1996, Allen-Wardell *et al.* 1998, Kearns *et al.* 1998, Kevan & Phillips 2001, Steffan-Dewenter *et al.* 2005), ocasionando a “crise global da polinização” e a conseqüente queda na produção de alimentos. Esta “crise da polinização” desencadeou as iniciativas de conservação e uso sustentável dos polinizadores nativos, em princípio pela Iniciativa Internacional dos Polinizadores e paralelamente, por outras iniciativas regionais: européia, norte-americana, africana, sudeste-asiático e brasileira (Dias *et al.* 1999). Como conseqüências iniciaram-se

muitos projetos no sentido de identificar e preencher as lacunas no conhecimento necessário para executar as ações efetivas propostas por estas iniciativas (Imperatriz-Fonseca *et al.* 2006). Estes projetos são justificados porque muitos estudos mais detalhados dos sistemas de polinização de cultivos ainda são classificados como incompletos e obsoletos (Klein *et al.* 2007).

Entretanto, Ghazoul (2005) questiona a real existência de uma crise global na polinização já que, aparentemente, a percepção desta crise é proveniente dos relatos do declínio da polinização por abelhas melíferas nos cultivos da América do Norte e de espécies de mamangavas-de-solo (*Bombus* spp) e de borboletas na Europa. Algumas considerações do autor levam em conta que a maioria das culturas agrícolas utilizadas na alimentação humana é proveniente de espécies que não necessitam destes agentes, uma vez que são autopolinizadas ou polinizadas pelo vento. Além disso, argumenta que a produtividade dos cultivos pode ser limitada por outros fatores que não os serviços de polinização, como por exemplo, a disponibilidade de nutrientes ou de água. Desta maneira, o declínio de polinizadores pode ser visto como causa de uma crise na agricultura apenas para cultivos com características particulares, como aqueles que visam à produção de frutos e/ou sementes, são auto-incompatíveis, dependentes de um polinizador específico ou que apresentem limitações nos tamanhos populacionais (Ghazoul 2005).

Aizen *et al.* (2008) analisaram os tipos de cultivos agrícolas utilizados nas últimas quatro décadas e observaram um crescimento no número das variedades cultivadas e na extensão da área ocupada por aqueles cultivos que necessitam dos serviços dos polinizadores, ressaltando não apenas a diminuição dos polinizadores, mas também, o aumento da necessidade dos seus serviços. No entanto, os autores concordam que a importância destes cultivos dependentes de polinização está restrita a algumas áreas do globo e sob condições específicas. Ghazoul (2005) recomenda que, nestas situações de limitação dos serviços de polinização, seja diversificado o uso das espécies de polinizadores na agricultura, a conservação das áreas naturais para o fornecimento de recursos para os polinizadores e a preferência para sistemas agroflorestais às monoculturas. O autor ressalta ainda que a iniciativa de conservação dos

polinizadores seja um desenvolvimento merecedor, embora baseado em suposições incertas.

De acordo com a necessidade dos serviços de polinização Richards (2001) classificou os cultivos em: (1) cultivos onde o produto consumido é a parte vegetativa e a propagação da espécie também é vegetativa; (2) cultivos onde o produto consumido é de origem vegetativa mas a propagação é feita por sementes após a polinização feita por animais, (3) cultivos onde o produto consumido é o fruto ou a semente sem polinização por animal e (4) cultivos onde o produto consumido é o fruto e/ou a semente proveniente da polinização por animais. Sendo que para apenas duas destas categorias faz-se necessária a polinização por animais (zoofilia).

Nestes cultivos dependentes de polinização, aqueles que aumentam a produtividade com a polinização feita por animais representam 35% da produção mundial, dos quais 20% são destinados à produção de frutos e outras partes vegetativas e 15% à produção de grãos (Klein *et al.* 2007). Para cultivos europeus, 84% das espécies, de um total de 264 dependem ou se beneficiam da polinização por animais (Williams 1994). Para os cultivos tropicais, há uma lista detalhada para 1330 espécies incluindo informações sobre os seus sistemas reprodutivos e os seus taxa de polinizadores, sendo que cerca de 70% dos cultivos tropicais parece ter pelo menos uma variedade para a qual a produção é melhorada pela polinização animal (Roubik 1995).

Os maiores cultivos mundiais em volume de produção não necessitam dos polinizadores, representam 60% da produção e incluem 18 grandes culturas (Klein *et al.* 2007), tais como trigo (*Triticum aestivum*, Poaceae), arroz (*Oryza sativa*, Poaceae), milho (*Zea mays*, Poaceae) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, Poaceae) que são polinizadas pelo vento (Ghazoul 2005). Por outro lado, as demais culturas apresentam graus variados de dependência de polinizadores (Klein *et al.* 2007) e mesmo aquelas que não dependem dos polinizadores, podem melhorar sua produção (qualidade e produtividade) na presença dos polinizadores. Alimentos como batata (*Solanum tuberosum*, Solanaceae), cenoura (*Daucus carota*, Apiaceae), inhame (*Dioscorea rotundata*, Dioscoreaceae) e mandioca (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae) se reproduzem vegetativamente e dependem da

polinização apenas para a produção de sementes (categoria 2, *sensu* Richards 2001), apresentam cerca de 36% de aumento na produção com a presença dos polinizadores (Klein *et al.* 2007). Muitos cultivos são autoférteis e não requerem polinizadores para a produção de frutos e grãos como observado para a lentilha (*Lens culinaris*, Fabaceae) e o amendoim (*Arachis hypogaea*, Fabaceae), mas a polinização biótica pode aumentar a produção, como ocorre com a canola (*Brassica napus*, Brassicaceae), girassol (*Helianthus annuus*, Asteraceae), soja (*Glycine max*, Fabaceae), algodão, pimentão e tomate; enquanto que outras espécies não necessitam da polinização, como por exemplo, a banana (*Musa paradisiaca*, Musaceae) e o figo (*Ficus carica*, Moraceae) (Klein *et al.* 2007), ao contrário do que ocorre com os seus parentes silvestres. Entre as espécies monóicas, existem as culturas autoférteis e polinizadas pelo vento, nas quais as visitas dos insetos podem aumentar a produção, por exemplo, o coco (*Cocos nucifera*, Arecaceae), e também as culturas que são dependentes dos polinizadores para a produção dos frutos e sementes (categoria 4, *sensu* Richards 2001) como a abóbora (*Cucurbita* spp, Cucurbitaceae), pepino (*Cucumis sativus*, Cucurbitaceae), manga (*Mangifera indica*, Anacardiaceae) e a jaca (*Artocarpus heterophyllus*, Moraceae) (Klein *et al.* 2007).

Plantas auto-incompatíveis que dependem dos polinizadores incluem variedades de café (*Coffea arabica*, Rubiaceae), cardamona (*Elettaria cardamomum*, Zingiberaceae), maracujá e muitos frutos da família Rosaceae, por exemplo, a maçã, a pêra (*Pyrus communis*), a ameixa (*Prunus domestica*), a cereja (*Prunus avium*) e a amêndoa (*Prunus dulcis*), sugerindo que muitas culturas agrícolas dependentes da polinização zoófila são espécies de menor valor econômico e cultivadas em menor escala, com mercados predominantemente locais (Richards 2001, Ghazoul 2005). Tais culturas apresentam maior ocorrência nos países do hemisfério sul, ou em países em desenvolvimento, envolvendo cultivos exclusivos tais como a castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), cacau (*Theobroma cacao*, Sterculiaceae), dendê (*Elaeis guineensis*, Arecaceae) e outros (Aizen *et al.* 2008). Normalmente são culturas que ocorrem em áreas de agricultura sustentável ou em sistemas agrícolas com alta diversidade e menor intensidade da ação antrópica, fatores que favorecem a

diversidade e abundância dos polinizadores (Ghazoul 2005, Aizen *et al.* 2008).

Em alguns locais do Brasil, nas pequenas propriedades, geralmente o produtor não dispõe da estrutura e nem do maquinário necessário para cultivos em larga escala. Nestes casos, as diversas atividades agrícolas como o plantio de pequenas áreas associadas à agropecuária ajudam a sua manutenção no campo. Na Região do Triângulo Mineiro, onde se localiza um dos principais pólos de processamento de algumas frutas tropicais (J.R. Silva comunicação pessoal), a manutenção destes pequenos produtores na zona rural favorece a indústria, e até certo ponto, contribui para a heterogeneidade e a conservação ambiental. Desta forma, ainda que esses cultivos sejam feitos em menor escala, possuem grande valor e importância em escala local, corroborando Richards (2001). Mas vale ressaltar que além da contribuição calórica desses alimentos, a dieta humana seria bastante empobrecida, nutricional e culturalmente com o declínio dos polinizadores (Steffan-Dewenter *et al.* 2005, Aizen *et al.* 2008, Ashworth *et al.* 2009).

Não existem estudos amplos sobre o valor econômico da polinização em sistemas agrícolas ou naturais brasileiros (Freitas & Imperatriz-Fonseca 2005) e as exigências para a polinização dos cultivos têm sido pouco estudadas. As justificativas são diversas, tais como a falta de conhecimento, falta de enfoque nos cursos acadêmicos, ou porque poucos cultivos necessitam de polinizadores. Talvez o Brasil não tenha sentido ainda a necessidade de incrementar a polinização por causa da diversidade e das características da paisagem local, diferente dos demais países onde a polinização é considerada fator de produção agrícola (Freitas & Imperatriz-Fonseca 2005). As poucas informações existentes envolvem algumas culturas como acerola (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae), murici (*Byrsonima crassifolia*, Malpighiaceae), goiaba (*Psidium guajava*, Myrtaceae), pimentão, graviola (*Annona muricata*, Annonaceae), mangaba (*Hancornia speciosa*, Apocynaceae), melão, café, maracujá, laranja (*Citrus x sinensis*, Rutaceae), soja, algodão, caju (*Anacardium occidentale*, Anacardiaceae) e maçã (Freitas & Paxton 1996, Aguiar *et al.* 2000, Freitas & Oliveira-Filho 2001, Pereira 2001, Ribeiro & Couto 2002, DeMarco & Coelho 2004, Freitas & Pereira 2004, Darrault & Schlindwein 2005, Silva *et al.* 2005, Vilhena &

Augusto 2007). Incluindo também os cultivos do urucum (*Bixa orellana*, Bixaceae), berinjela (*Solanum melongena*, Solanaceae), abóbora, mamona, girassol, pinhão manso (*Jatropha curcas*, Euphorbiaceae), castanha-do-Brasil, alfafa, kiwi (*Actinidia deliciosa*, Actinidiaceae) (B.M. Freitas comunicação pessoal), contudo os dados ainda são escassos para uma análise mais robusta. Mas para se ter uma idéia, usando apenas os dados de oito dos cultivos estudados (melão, café, maracujá, laranja, soja, algodão, caju e maçã), importantes na economia brasileira, tanto para exportação quanto para o mercado interno, os rendimentos são próximos a US\$ 9.204,2 milhões anuais, ocupando uma área de 27.345.000ha (Freitas & Imperatriz-Fonseca 2005).

Em geral, a ameaça aos polinizadores nativos nos países desenvolvidos é a agricultura intensiva, enquanto que nos países em desenvolvimento, o desmatamento e a destruição das áreas naturais são apontados como as principais causas (Aizen *et al.* 2008, Freitas *et al.* 2009). Outros fatores não menos importantes incluem o uso de agrotóxicos, a introdução de espécies exóticas, a poluição ambiental, doenças e parasitos nos polinizadores manejados (Kevan & Imperatriz-Fonseca 2006).

O SERVIÇO DE POLINIZAÇÃO E A CONSERVAÇÃO DAS ÁREAS NATURAIS

No serviço de polinização, existem dois aspectos importantes e interconectados em relação aos polinizadores, aqueles necessários para a agricultura bem sucedida e os destinados à manutenção da biodiversidade, sendo que ambos dependem da manutenção de habitats naturais e para a agricultura, em particular, da interação espacial entre os habitats naturais e as culturas agrícolas (Imperatriz-Fonseca 2004). Sabe-se que a reprodução das plantas nativas é afetada pela fragmentação (Aguilar *et al.* 2006), e tanto plantas quanto polinizadores apresentam características biológicas particulares que resultam em diferentes respostas ecológicas sobre os efeitos da fragmentação de hábitat (Waser *et al.* 1996, Aizen & Feisinger 2003). Sendo assim, a suscetibilidade da reprodução sexuada das plantas frente à fragmentação de hábitat depende dos fatores que caracterizam o grau de dependência e especialização de seus polinizadores (Aguilar *et al.* 2006).

A fragmentação e a degradação dos habitats naturais ou semi-naturais próximos aos cultivos podem ser prejudiciais para a comunidade de abelhas (Kremen *et al.* 2002, 2004, Steffan-Dewenter *et al.* 2002, 2006, Larsen *et al.* 2005, Cane *et al.* 2006, Kremen *et al.* 2007, Steffan-Dewenter & Westphal 2008). A principal causa é atribuída à perda ou dissociação dos recursos alimentares e de nidificação (Hines & Hendrix 2005, Potts *et al.* 2005, Kremen *et al.* 2007). Os efeitos da alteração da paisagem são conhecidos por afetar comunidades de herbívoros, insetos predadores e parasitos em agroecossistemas (Cronin & Reeve 2005, Tschamtker *et al.* 2005, Bianchi *et al.* 2006). Uma avaliação similar do impacto da paisagem na polinização de cultivos foi feita recentemente por Ricketts *et al.* (2008) apontando um declínio nas taxas de visitação dos polinizadores com o aumento da distância dos seus habitats refletindo o potencial da ameaça da destruição de áreas naturais.

Ainda que se conheça a importância da polinização na produção de muitos cultivos agrícolas, a interação entre os polinizadores nativos e as práticas atuais da agricultura não tem sido bem resolvidas. O uso de inseticidas, por exemplo, favorece o cultivo, mas afeta negativamente a comunidade dos polinizadores (Morandin & Winston 2005). A confiança em uma única ou em apenas algumas espécies de polinizadores utilizadas para a produção agrícola tem sido uma estratégia de alto risco devido à perda potencial destes serviços e desta forma, os polinizadores nativos podem prover um seguro crescente na polinização contínua de cultivos, além da polinização de flores nativas. E para manter ou aumentar a diversidade e a abundância dos polinizadores, habitats semi-naturais têm sido tradicionalmente implantados em medidas de conservação e em projetos agro-ambientais (Institute for European Environmental Policy 2002). Estas iniciativas apresentam respostas variadas conforme as espécies de abelhas observadas em cada área, como em Greenleaf & Kremen (2006) com o girassol e DeMarco & Coelho (2004) com o café.

A conservação dos habitats naturais próximos aos cultivos pode ajudar na manutenção dos serviços de polinização. Alguns estudos mostram uma relação positiva significativa entre os serviços de polinização de cultivos e a proximidade dos fragmentos naturais (ex. DeMarco & Coelho 2004, Kremen *et al.* 2004, Klein *et al.* 2007). As populações das abelhas nativas

que polinizam plantas cultivadas são mais abundantes e mais diversas próximas a ambientes naturais (Klein *et al.* 2002, Ricketts 2004, Ricketts *et al.* 2004, Kremen *et al.* 2004). Entretanto, outros estudos apontam o efeito contrário ou a pouca influência na taxa de visitas dos polinizadores dos cultivos em uma paisagem intensivamente modificada pelo homem (ex. Winfree *et al.* 2007, Chacoff *et al.* 2008).

Para a manutenção dos serviços de polinização faz-se necessário reavaliar a política de conservação dos habitats naturais a fim de disponibilizar os recursos imprescindíveis para a manutenção dos polinizadores nativos. Recursos incluem locais de nidificação (ex. cavidades em troncos, substrato adequado no solo) e recursos florais suficientes (ex. néctar, pólen) (Kremen *et al.* 2007). Além disso, as abelhas apresentam um comportamento de sempre retornar ao local de nidificação após o forrageamento, reforçando a idéia de que a relativa proximidade dos locais de nidificação e dos campos agrícolas é crítica para os cultivos polinizados por abelhas (Delaplane & Mayer 2000, Gathmann & Tschamtker 2002).

Em uma meta-análise envolvendo 16 cultivos distribuídos nos cinco continentes, observou-se um acentuado declínio da riqueza e da taxa de visitas dos polinizadores nativos com o aumento da distância das áreas naturais sendo que a riqueza de espécies reduziu pela metade a 1,5 km de distância e a taxa de visitas em 0,6 km (Ricketts *et al.* 2008). Também se observou que a diminuição da taxa de visitas dos polinizadores foi mais acentuada nas áreas tropicais do que nas temperadas e o efeito foi mais marcante nas abelhas sociais que nas solitárias (Ricketts *et al.* 2008). As espécies de polinizadores que ocorrem nas diferentes regiões estudadas e o comportamento de nidificação diferenciado das mesmas podem explicar tais variações. Por exemplo, nas áreas tropicais, as abelhas sem ferrão, de menor porte e menor capacidade de vôo, costumam usar cavidades de troncos de árvores como locais de nidificação nas florestas, enquanto que nas áreas temperadas, as mamangavas-de-solo são as espécies mais frequentes. Estas abelhas de maior porte, que nidificam em cavidades no solo, têm maior autonomia de vôo e, portanto, estariam mais aptas a viver em ambientes mais antropizados (Michener 2000). No entanto, existem exceções como as abelhas que exigem maior qualidade ambiental, a exemplo das abelhas carpinteiras do gênero *Xylocopa*,

que nidificam em troncos (Hurd 1978, Camillo & Garófalo, 1982, Freitas & Oliveira-Filho 2001) e as mamangavas-de-solo sociais, que nidificam não somente no solo, mas também na vegetação herbácea (Michener 2000, Osborne *et al.* 2008). Além da disponibilidade dos sítios de nidificação, a diversidade dos recursos florais nas áreas de ocorrência, como a encontrada em ambientes tropicais, é outro fator a ser considerado porque torna o cultivo menos atrativo para os polinizadores. Tal fato, associado à diferença da estação reprodutiva das abelhas, contínua para as espécies sociais, também afetam os serviços de polinização, já que há necessidade ininterrupta dos recursos florais provenientes dos habitats naturais. Isto contrasta com o requerido pelas abelhas solitárias, que apresentam uma estação reprodutiva mais curta e podem ser capazes de completar seu ciclo durante o período produtivo do cultivo, podendo então nidificar dentro do próprio campo ou nas imediações de áreas cultivadas (Cane 1997). Por outro lado isso pode representar um problema em culturas com intenso uso de defensivos agrícolas.

Embora Ricketts *et al.* (2008) tenham apontado o consenso encontrado na literatura, sobre a importância da conservação das áreas naturais para a manutenção dos polinizadores, os autores ressaltam que os efeitos da paisagem nos serviços de polinização podem variar substancialmente de maneiras ainda pouco entendidas. Os autores sugerem estudos envolvendo medidas diretas dos efeitos dos polinizadores na produtividade do cultivo, com experimentos controlados, o estabelecimento de métodos consistentes para estudos de polinização e a busca por mais informações sobre o efeito do tamanho e a qualidade das áreas naturais na população dos polinizadores e nos cultivos.

Kremen *et al.* (2007) propuseram um modelo conceitual para entender os impactos da mudança de uso da terra e da paisagem nos serviços de polinização (Figura 1), onde a forma de uso da terra altera a paisagem local. Tais mudanças vêm afetando a estrutura da paisagem que envolve as comunidades de plantas e de polinizadores, que por sua vez, são influenciados pelos fatores bióticos e abióticos (ex. predadores, patógenos, competidores, mutualistas,

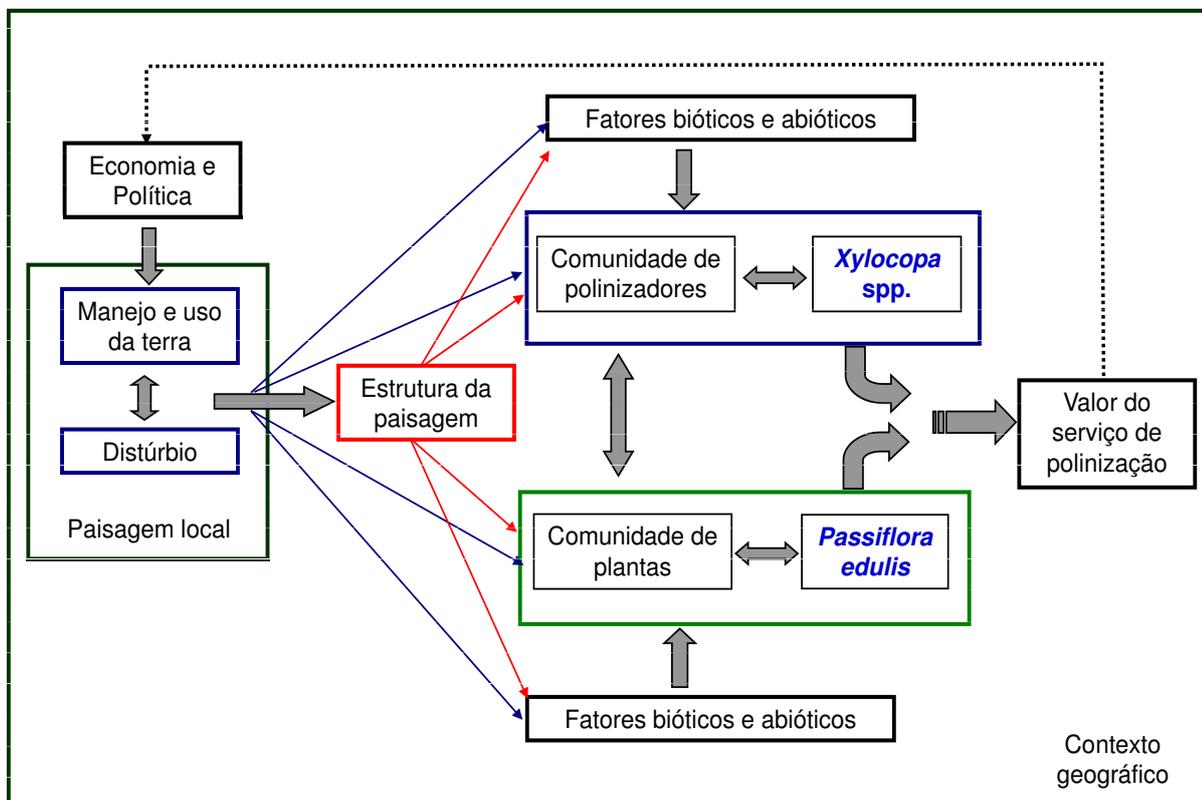


Figura 1. Modelo conceitual dos impactos da mudança de usos da terra nos serviços de polinização. Fonte: traduzido de Kremen *et al.* 2007.

Figure 1. Conceptual framework for impacts of land use change on pollination services. Source: Translated from Kremen *et al.* 2007.

disponibilidade de recursos críticos e outros). Neste sistema, a planta alvo é visitada e polinizada por um subconjunto de espécies da comunidade de polinizadores. Esta interação é dependente da composição de ambas as comunidades, de plantas e de polinizadores, em torno da planta-alvo e de suas interações. O valor do serviço de polinização depende do contexto geográfico no qual ocorre, incluindo os fatores ecológicos, econômicos, sociais e políticos. Este valor pode ser utilizado como ferramenta para viabilizar ações na economia e na política ambiental, os quais afetam as decisões sobre o uso da terra e as práticas de manejo influenciando as escalas locais e de paisagem em diversos níveis e tipos de distúrbios.

Os polinizadores utilizados em manejos comerciais também se encaixam neste modelo conceitual e são influenciados direta e indiretamente pelos mesmos processos a nível local e de paisagem. Em compensação, os polinizadores manejados influenciam as comunidades de plantas e polinizadores por mecanismos de competição ou mutualismo. Entretanto, em alguns casos, a distribuição e a abundância dos polinizadores comerciais são também dirigidas por forças econômicas, tais como a demanda de mercado para os serviços de polinização, por criadores de abelhas e pelo preço dos produtos das colméias (Kremen *et al.* 2007).

O MODELO MARACUJÁ-AMARELO NO TRIÂNGULO MINEIRO

Com base no exposto anteriormente, é possível pensar que exista uma relação entre os serviços de polinização dos cultivos e os efeitos da alteração na paisagem, sugerindo, além disso, que as necessidades de cada cultura e o bioma no qual estão inseridos sejam variáveis importantes para serem levadas em consideração (Ricketts *et al.* 2008). Mas estes efeitos seriam observáveis apenas em cultivos que atendessem aos critérios propostos por Ghazoul (2005) quanto à sensibilidade ao declínio de polinizadores (cultivos que visam a produção de frutos ou sementes, são auto-incompatíveis e dependentes de polinização biótica, apresentam especificidade ou limitação na população do polinizador). Como o maracujá foi sempre incluído entre os exemplos de cultivos que respondem a esses critérios (Ricketts *et al.* 2008), procurou-se discutir aqui a relação do serviço de polinização

com a produção deste cultivo e o impacto, sobre esta interação, do nível de conservação das áreas naturais do Cerrado na Região do Triângulo Mineiro.

A região de estudo está inserida no bioma Cerrado, uma das 25 áreas do mundo descritas como *hot-spots* de biodiversidade (Myers *et al.* 2000). Sua inclusão neste status constitui uma forma de alerta para estabelecer políticas adequadas para sua conservação, devido à ameaça a sua riqueza de espécies e a diversidade de habitats. A destruição do Cerrado tem sido resultante do intenso aumento das áreas agrícolas (Cavalcante & Joly 2002). As estimativas mais recentes da degradação deste bioma apontam em 80% de conversão das áreas naturais em cultivadas (Myers *et al.* 2000). Sendo que o Triângulo Mineiro é citado como uma das regiões de maior impacto humano sobre o Cerrado, com estimativas entre 50% a 92% de degradação (Cavalcante & Joly 2002). As áreas de vegetação natural no município de Uberlândia, por exemplo, mantém apenas cerca de 18% da vegetação original, e mais de 40% da sua área está ocupada por pastagens abertas, resultantes de processos de antropização típicos da região (Brito & Prudente 2005). Além disso, a utilização da madeira em carvoaria e o uso intensivo do solo pela expansão de plantios de soja e outras culturas de ciclo curto podem ter um impacto ainda maior sobre a disponibilidade de substratos para nidificação dos polinizadores do maracujá e conseqüentemente, para a disponibilidade de serviços de polinização.

O maracujá-amarelo é cultivado na região por pequenos produtores em áreas inferiores a 10ha (H.J. de Oliveira comunicação pessoal) e normalmente constitui uma fonte de renda complementar para o produtor. O estado de Minas Gerais produz em torno de 45.000 toneladas de frutos numa área plantada de 3.065ha e no Brasil são produzidas quase 480.000 toneladas de frutos/ano, em uma área de 35.000ha (Agrianual 2008). Na região do Triângulo Mineiro existem indústrias processadoras de suco de frutas tropicais, especialmente o maracujá-amarelo, que estabelecem acordos com os produtores e acabam incentivando o cultivo.

O maracujá-amarelo, *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger (Passifloraceae) possui flores perfeitas, grandes, coloridas, odoríferas e produzem néctar abundante (Akamine & Girolami 1959). As flores se abrem à tarde, a partir das 12h e se fecham

em torno das 22h e não se abrem mais (Sazima & Sazima 1989). As características florais, a protandria e principalmente o sistema de auto-incompatibilidade (Bruckner *et al.* 1995, Rêgo *et al.* 2000) fazem com que o serviço de polinização biótica seja necessário para a produção de frutos. As abelhas de grande porte, especialmente as pertencentes ao gênero *Xylocopa*, são os polinizadores efetivos do maracujá-amarelo (ex. Sazima & Sazima 1989, Camillo *et al.* 1994, Yamamoto 2009). São abelhas de hábitos solitários, que nidificam em troncos e que utilizam néctar e pólen de diversas plantas como fonte de alimento, inclusive para as suas crias. Esta interação envolve características de um polinizador mais exigente quanto a conservação das áreas pela necessidade dos recursos alimentares e locais de nidificação (Ricketts *et al.* 2008) e caracteriza o cultivo como claramente ameaçado pelo declínio de polinizadores (Ghazoul 2005).

A frutificação natural do maracujá-amarelo observada para a região do Triângulo Mineiro foi de 25,2% (Augusto *et al.* 2005, Yamamoto 2009), superior ao encontrado em outras regiões do país (ex. Ruggiero 1973, Sazima & Sazima 1989, Freitas & Oliveira-Filho 2001, Camillo 2003, Oliveira *et al.* 2005, Benevides 2006, Bos *et al.* 2007) e dentro da faixa considerada economicamente viável para a região, em torno de 20% (J.R. Silva comunicação pessoal). Esse valor de frutificação natural pode ser explicado pela maior riqueza das abelhas polinizadoras encontrada localmente, quando comparado a estudos realizados em outras regiões do Brasil (Yamamoto 2009). Ainda que os resultados encontrados não apresentem relações significativas entre a frequência dos polinizadores e a frutificação natural do cultivo, o tamanho estimado da população de polinizadores parece explicar a frutificação obtida, pelo menos para uma das áreas de estudo (Yamamoto 2009). É importante notar que a ausência de polinizadores implica em custos extras para a produção. Apenas a suplementação da polinização, realizada manualmente nos picos de floração, implica em custos de mão de obra que podem atingir em torno de 15% do total dos custos de produção do maracujá (J.R. Silva comunicação pessoal)

Apesar da alta porcentagem de áreas antropizadas na região do Triângulo Mineiro, mais de 50% (Cavalcante & Joly 2002), as áreas naturais

remanescentes ainda parecem ser suficientes para manter as populações dos polinizadores do maracujá-amarelo. As pequenas áreas naturais mantidas nas propriedades, provavelmente as reservas legais exigidas por lei, devem ajudar a manter os recursos necessários para as abelhas. Além disso, a própria vegetação nativa do Cerrado já se constitui em um mosaico de matas, campos com vegetação arbustiva e campos limpos (Silva *et al.* 2006) o que pode explicar a vagilidade das espécies visitantes. Abelhas do gênero *Xylocopa* são importantes polinizadores não somente para cultivos tropicais, mas também para muitas plantas do Cerrado (Oliveira & Gibbs 2002). Dados de interações entre sete espécies de *Xylocopa* que ocorrem na região e de plantas nativas do Cerrado apontam 38 espécies vegetais visitadas e mais de cinco gêneros de plantas cultivadas (Augusto *et al.* 2004). Tais informações indicam que a manutenção desta rede de interações entre as espécies e a conseqüente conectância do ambiente é importante para a manutenção de um ecossistema em equilíbrio (Memmot *et al.* 2004).

A conectância desta rede de interações sugere que as condições do próprio bioma favorecem a riqueza de espécies e a abundância destas abelhas. A diversidade das plantas utilizadas por quatro espécies de *Xylocopa* (*X. (Megaxylocopa) frontalis* (Olivier, 1789), *X. (Neoxylocopa) grisescens* Lepeletier, 1841, *X. (Neoxylocopa) hirsutissima* Maidl, 1912 e *X. (Neoxylocopa) suspecta* Moure & Camargo, 1988) ao longo do ano indica que a manutenção das plantas nativas nos fragmentos de cerrado consegue atrair e preservar as populações destes polinizadores (Augusto *et al.* 2005). Além disso, o manejo e o enriquecimento das áreas que cercam os cultivos, com o plantio ou manutenção das plantas nativas e até mesmo, a presença das plantas ruderais podem ajudar a manter ativas as populações dos polinizadores e melhorar o serviço de polinização do maracujá-amarelo.

Se os resultados obtidos do maracujá-amarelo forem aplicados no modelo teórico de Kremen *et al.* (2007), é possível ilustrar a situação em aspectos da paisagem local, das comunidades dos polinizadores e das plantas, além de se ter uma idéia sobre esta rede de interações (Figura 2). Cada etapa ainda necessita de mais informações e são necessários estudos mais detalhados sobre a valoração deste serviço de polinização. Além disso, é preciso que



Tabela 1 – Frutificação do maracujá-amarelo em áreas do Brasil.

Frutificação natural	Área de estudo	Fonte
3.27% e 25%*	Holambra, SP	Camillo 2003
3.6%	Cordeirópolis, SP	Carvalho & Teófilo Sobrinho 1973
7.5%	Presidente Prudente, SP	Yamashiro 1981
6% e 25%**	Campinas, SP	Sazima & Sazima 1989
12%	Londrina e Assaí, PR	Oliveira et al. 2005
12%	Votuporanga, SP	Grisi Jr. 1973
13% e 25%*	São Luís do Curu, CE	Freitas & Oliveira-Filho 2001
16%	Juazeiro, BA	Bos et al. 2007
19%	Campos do Goytacazes, RJ	Benevides 2006
20%	Jaboticabal, SP	Ruggiero 1973
25.2%	Uberlândia e Araguari, MG	Yamamoto 2009

* Antes e depois da introdução de ninhos de *Xylocopa* na área de estudo, respectivamente.

**Na presença e ausência de *Trigona* sp., respectivamente.

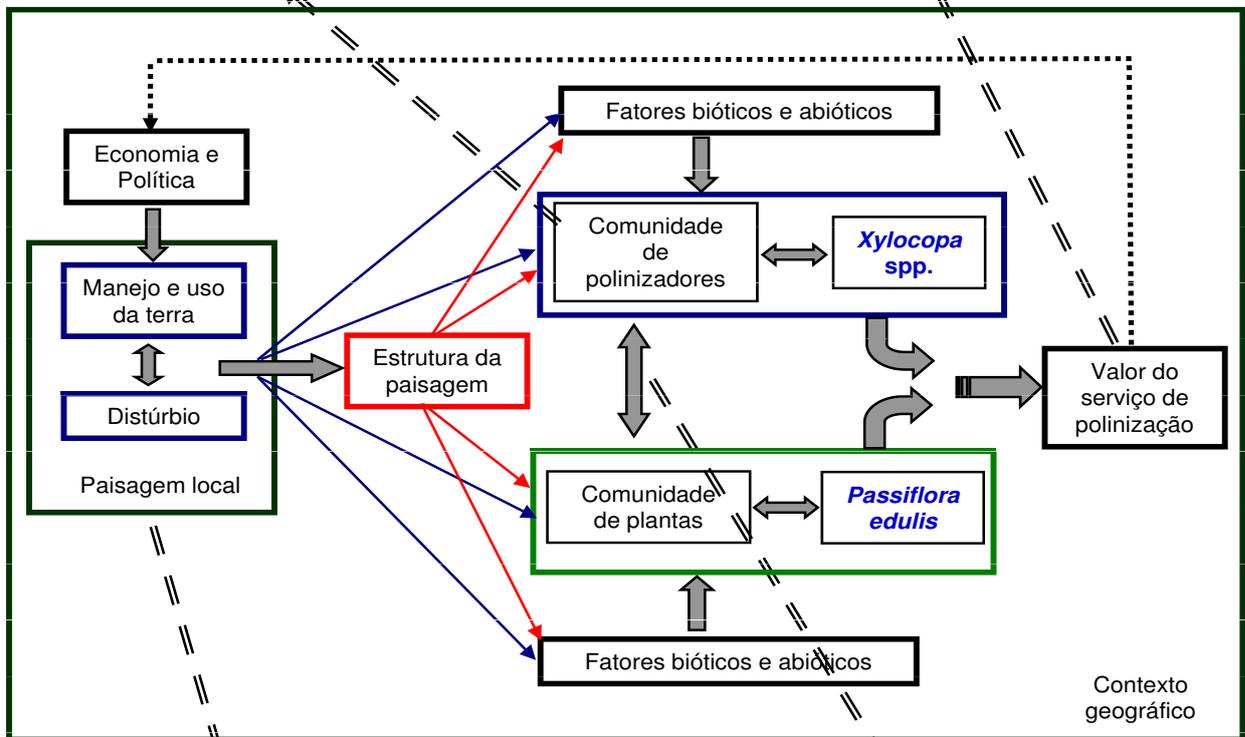


Figura 2. Modelo conceitual dos impactos da mudança de usos da terra no Triângulo Mineiro nos serviços de polinização do maracujá-amarelo. Modificado de Kremen et al. (2007).

Figure 2. Conceptual framework for impacts of land use change in Triângulo Mineiro region on yellow passion fruit pollination services. Modified from Kremen et al. (2007).

sejam desenvolvidas atividades educativas para conscientização das partes interessadas e envolvidas no processo, para traçar medidas econômicas e políticas locais para determinação do uso e manejo da terra.

Embora a região do Triângulo Mineiro esteja inserida em uma área de alta pressão antrópica, a vegetação natural remanescente ainda consegue manter as populações dos polinizadores do maracujá em um tamanho suficiente para manter a produção do cultivo em níveis economicamente viáveis. Além disso, os principais polinizadores também participam de outras interações planta-polinizador (ex. Augusto *et al.* 2004) formando uma rede de interações importante para a manutenção do equilíbrio deste ecossistema. As informações deste sistema de cultivo podem ser utilizadas para auxiliar no direcionamento das práticas econômicas e políticas de conservação do Cerrado na região.

Os resultados encontrados para a região apontam que apenas a proporção das áreas de vegetação natural no entorno dos cultivos não explica a variação na riqueza dos polinizadores e na produtividade natural do maracujá-amarelo (Yamamoto 2009). A qualidade dos recursos alimentares disponíveis nos fragmentos, substratos para nidificação e talvez a própria vegetação ruderal resultante do processo de antropização são fatores que podem influenciar a riqueza e a diversidade de polinizadores. Além disso, outros estudos feitos na região mostram que os fragmentos de vegetação nativa no entorno de plantios de maracujá são capazes de sustentar abelhas de grande porte para o serviço de polinização deste agroecossistema (Augusto *et al.* 2005). Estes estudos reforçam que a composição florística destes fragmentos é importante para se conhecer a fonte de recursos disponível para os polinizadores.

Com base nas informações do cultivo do maracujá-amarelo e nos resultados obtidos, é possível inferir que: (1) o cultivo do maracujá, com suas particularidades florais, necessita do serviço de polinização por abelhas grandes; (2) os polinizadores mais efetivos do maracujá-amarelo são abelhas *Xylocopa* spp que nidificam em troncos e têm a fundação do ninho solitária; (3) para manter os polinizadores neste agroecossistema são necessários substratos específicos para nidificação e disponibilidade dos recursos alimentares, exigindo a conservação das

áreas naturais ou semi-naturais para as abelhas, uma vez que o cultivo dispõe apenas de néctar para os polinizadores.

Os níveis de polinização natural encontrados na região são semelhantes àqueles em outras regiões do Brasil apenas quando houve suplementação de polinizadores via introdução de ninhos ou controle da competição por abelhas sociais. Estes dados indicam, então, que as condições mencionadas acima no item (3) ainda estão presentes na região do Triângulo Mineiro. A ausência da relação entre a conservação das áreas de vegetação natural com o serviço de polinização no maracujá-amarelo sugere que os níveis de conservação do entorno são minimamente suficientes para manter os níveis de polinização e produção ainda viáveis. Mas não se sabe se estes valores não poderiam ser maiores e nem se eles poderão ser conservados diante do intenso processo de degradação na região.

Embora a limitação dos polinizadores nos cultivos ainda não possa ser sentida globalmente, há indicações desta limitação mais evidentes naquelas culturas dependentes de polinizadores (Aizen *et al.* 2008). Tais indícios reforçam o alerta principalmente para o que pode ocorrer futuramente. Existem muitas questões envolvidas acerca dos serviços ambientais, mas a maioria dos estudos envolvendo os serviços de polinização aponta que práticas de manejo e conservação dos polinizadores, a conservação das áreas naturais e o manejo adequado têm favorecido os ambientes em que ocorrem. Tais práticas envolvem o controle do uso dos pesticidas, análise do fluxo gênico das culturas transgênicas e da proposição de protocolos de segurança, práticas agrícolas amigáveis com os polinizadores, visando a conservação dos ninhos das abelhas nativas, manejo da paisagem agrícola de modo a manter suas bordas com vegetação nativa, inclusive plantas ruderais, a fim de manter recursos alimentares aos polinizadores ao longo do ano e a diminuição do uso de herbicidas nas culturas agrícolas (Imperatriz-Fonseca 2004).

Os serviços ecossistêmicos envolvem atividades antagônicas, pois, existe a preocupação com a produção de alimentos e todos os processos envolvidos, como o aumento das áreas agrícolas, o uso de implementos para aumentar a produtividade, entre outros. Por outro lado, existe também a preocupação com a conservação das áreas naturais, manutenção da fauna e flora nativa. Talvez o maior desafio seja equilibrar as necessidades

humanas aos serviços ecossistêmicos, uma vez que ambos visam o bem estar humano.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem a Prof^a. Dr^a. Isabel Alves dos Santos pelo convite a escrever o artigo. P.E.A.M. de Oliveira recebe apoio financeiro do CNPq e M. Yamamoto foi bolsista de doutorado da CAPES e atualmente bolsista da FAPEMIG PDJ 0187/2009. Estudos realizados no âmbito dos projetos PROBIO/Polinizadores/MMA 0112-00/2005 e FAPEMIG CRA-2037/05.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL (Anuário Da Agricultura Brasileira). 2008. FNP Consultoria e Comércio, São Paulo, SP. 502p.
- AGUIAR, J.R.; BUENO, D.M.; FREITAS, B.M. & SOARES, A.A. 2000. Tecido nutritivo em flores da gravioleira *Annona muricata* L. *Revista Ciência Agronômica*, 31: 51-55.
- AGUILAR, R.; ASHWORTH, L.; GALETTO, L. & AIZEN, M.A. 2006. Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9: 968-980.
- AIZEN, M.; GARIBALDI, L.A.; CUNNINGHAM, S.A. & KLEIN, A.M. 2008. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current Biology*, 18(20): 1572-1575, doi:10.1016/j.cub.2008.08.066.
- AIZEN, M.A. & FEINSINGER, P. 2003. Bees not to be? Responses of insect pollinator faunas and flower pollination to habitat fragmentation. Pp. 111-129. *In*: G.A. Bradshaw, P.A. Marquet & H.A. Mooney (eds.). *Disruptions and Variability: the Dynamics of Climate, Human Disturbance and Ecosystems in the Americas*. Springer-Verlag, Berlin. 362p.
- AKAMINE, E.K. & GIROLAMI, G. 1959. Pollination and fruit set in the yellow passion fruit. *Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin*, 39: 1-44.
- ALLEN-WARDELL, G.; BERNHARDT, P.; BITNER, R.; BURQUEZ, A.; BUCHMANN, S.; CANE, J.; COX, P.A.; DALTON, V.; FEINSINGER, P.; INGRAM, M.; INOUE, D.; JONES, C.E.; KENNEDY, K.; KEVAN, P.; KOPOWITZ, H.; MEDELLIN, R.; MEDELLIN-MORALES, S.; NABHAN, G.P.; PAVLIK, B.; TEPEDINO, V.; TORCHIO, P. & WALKER, S. 1998. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 12: 8-17.
- ASHWORTH, L.; QUESADA, M.; CASAS A.; AGUILAR, R. & OYAMA K. 2009. Pollinator dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142: 1050-1057.
- AUGUSTO, S.C.; SILVA, C.I.; BARBOSA, A.A.A. & OLIVEIRA, P.E. 2004. Carpenter bee (*Xylocopa*) pollination in the cerrados of the Triângulo Mineiro. Pp. 223. *In*: Proceedings of the 8th Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, SP. 489p.
- AUGUSTO, S.C.; BARBOSA, A.A.A.; SILVA, C.I.; YAMAMOTO, M.; CARVALHO, A.P.G.O.; ALVARENGA, P.E. & OLIVEIRA, P.E. 2005. Plano de manejo sustentável de *Xylocopa* spp (Apidae, Xylocopini), polinização e produção do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) no Triângulo Mineiro. *Relatório final PROBIO/Polinizadores/MMA 0112-00/2005*. 66p.
- BENEVIDES, C.R. 2006. *Biologia Floral e Polinização de Passifloraceae Nativas e Cultivadas na Região Norte Fluminense-RJ. Dissertação de mestrado*. Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. 81p.
- BIANCHI, F.J.J.A.; BOOIJ, C.J.H. & TSCHARNTKE, T. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B. Biological Science*, 273: 1715-1727.
- BIESMEIJER, J.C.; ROBERTS, S.P.M.; REEMER, M.; OHLEMÜLLER, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A.P.; POOTS, S.G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C.D.; SETTELE, J. & KUNIN, W.E. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.
- BOS, M.M.; VEDDELER, D.; BOGDANSKI, A.K.; KLEIN, A.M.; TSCHARNTKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I. & TYLIANAKIS, J.M. 2007. Caveats to quantifying ecosystem services: fruit abortion blurs benefits to crop pollination. *Ecological Applications*, 17: 1841-1849.
- BOSCH, J. & KEMP, W.P. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research*, 92: 3-16.
- BRITO, J.S. & PRUDENTE, T.D. 2005. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de Uberlândia - MG, utilizando imagens CCD/CBERS 2 *Caminhos de Geografia*, 13: 144-153.

- BRUCKNER, C.H.; CASALI, V.W.D.; MORAES, C.F.; REGAZZI, A.J. & DA SILVA, E.A.M. 1995. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Acta Horticulturae*, 370: 47-57.
- BUCHMANN, S.L. & NABHAN, G.P. 1996. *The forgotten pollinators*. Island Press, Washington, DC. 262p.
- CAMILLO, E. 2003. *Polinização do Maracujá*. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 44p.
- CAMILLO, E. & GARÓFALO, C.A. 1982. On the bionomics of *Xylocopa frontalis* (Oliver) and *Xylocopa grisescens* (Lepeletier) in Southern Brazil. I - Nest construction and biological cycle. *Revista Brasileira de Biologia*, 42: 571-582.
- CAMILLO, E.; GARÓFALO, C.A. & SERRANO, J.C. 1994. Aspectos bionômicos de *Centris vittata* (Hymenoptera, Anthophoridae) em ninhos armadilhas. Pp. 298. In: Anais do 1º Encontro sobre Abelhas de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, SP. 308p.
- CANE, J.H. 1997. Ground-nesting bees: the neglected pollinator resource for agriculture. *Acta Horticulturae*, 437: 309-323.
- CANE, J.H.; MINCKLEY, R.; ROULSTON, T.; KERVIN, L. & WILLIAMS, N.M. 2006. Multiple response of desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Application*, 16: 632-644.
- CANE, J.H. & PAYNE, J.A. 1988. Foraging ecology of the bee, *Habropoda laboriosa* (Hymenoptera: Anthophoridae), an oligolege of blueberries (Ericaceae: *Vaccinium*) in the Southeastern United States. *Annals of the Entomological Society of America*, 81: 419-427.
- CARVALHO, A.M. & TEÓFILO SOBRINHO, J. 1973. Efeito nocivo de *Apis mellifera* L. Na produção do maracujazeiro. Pp. 421-424. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Viçosa, MG. 1208p.
- CAVALCANTE, R. & JOLY, C. 2002. The conservation of cerrados. Pp. 351-367. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a Neotropical savanna* Columbia University Press, New York. 398p.
- CHACOFF, N.P.; AIZEN, M.A. & ASCHERO, V. 2008. Proximity to forest edge does not affect crop production despite pollen limitation. *Proceedings of the Royal Society B. Biological Science*, 275: 907-913.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DEGROOT, R.; FARBER, S. & GRASSO, M. 1997. The value of the world's service and natural capital. *Nature*, 387: 253-260.
- CORBET, S.A.; WILLIAMS, I.H. & OSBORNE, J.L. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community. *Bee World*, 72: 47-59.
- COX-FOSTER, D.L.; COLNAN, S.; HOLMES, E.C.; PALACIOS, G.; EVANS, J.D.; MORAN, N.A.; QUAN, P.L.; BRIESE, T.; HORNIG, M.; GEISER, D.M.; MARTINSON, V.; VANENGELSDORP, D.; KALKSTEIN, A.L.; DRYSDALE, A.; HUI, J.; ZHAI, J.; CUI, J.; HUTCHISON, S.K.; SIMONS, J.F.; EGHOLM, M.; PETTIS, J.S. & LIPKIN, W.I. 2007. A metagenomic survey of microbes in honeybee colony collapse disorder. *Science*, 318: 284-286.
- CRONIN, J.T. & REEVE, J.D. 2005. Host-parasitoid spatial ecology: a plea for a landscape-level synthesis. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 272: 2225-2235.
- CRUZ, D.D.; FREITAS B.M.; SILVA, L.A.; SILVA, E.M.S. & BOMFIN, I.G.A. 2005. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 40: 1197-1201.
- DAILY, G.C.; SÖDERQVIST, T.; ANIYAR, S.; ARROW, K.; DASGUPTA, P.; EHRLICH, P.; FOLKE, C.; JANSSON, A.-M.; JANSSON, B.O.; KAUTSKY, N.; LEVIN, S.; LUBCHENCO, J.; MÄLER, K.-G.; SIMPSON, D.; STARRETT, D.; TILMAN, D. & WALKER, B. 2000. The value of nature and the nature of value. *Science*, 289: 395-396.
- DARRAULT, R.O. & SCHLINDWEIN, C. 2005. Limited fruit production in *Hancornia speciosa* (Apocynaceae) and pollination by nocturnal and diurnal insects with long mouth parts. *Biotropica*, 37: 381-388.
- D'ÁVILA, M. & MARCHINI, L.C. 2005. *Polinização realizada por abelhas em culturas de importância econômica no Brasil*. Boletim da Indústria Animal, Nova Odessa, SP. 90p.
- DELAPLANE, K.S. & MAYER, D.F. 2000. *Crop pollination by bees*. CABI Publishing, New York, NY. 364pp.
- DEMARCO, P. & COELHO, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodiversity and Conservation*, 13: 1245-1255.

- DIAS, B.F.S.; RAW, A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 1999. International Pollinators Initiative: The São Paulo Declaration on Pollinators. *Report on the recommendations of the Workshop on the Conservation and Sustainable Use of Pollinators in Agriculture with Emphasis on Bees*. Ministry of Environment (MMA), University of Sao Paulo (USP) and Brazilian Corporation for Agricultural Research (Embrapa), Brasília, DF. 79p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2004. Conservation and management of pollinators for sustainable agriculture - the international response. Pp. 19-25. In: B.M. Freitas & J.O.P. Pereira (eds.). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Imprensa Universitária Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 282p.
- FREITAS, B.M. & PAXTON, B.M. 1996. The role of wind and insects in cashew (*Anacardium occidentale*) pollination in NE Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 126: 319-326.
- FREITAS, B.M. & PAXTON, B.M. 1998. A comparison of two pollinators: the introduced honeybee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. *Journal of Applied Ecology*, 35: 109-121.
- FREITAS, B.M. & OLIVEIRA-FILHO, J.H. 2001. *Criação racional de mamangavas para polinização em áreas agrícolas*. BNB, Fortaleza, CE. 96p.
- FREITAS, B.M. & PEREIRA, J.O.P. 2004. Crop consortium to improve pollination: can West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate cashew (*Anacardium occidentale*)? Pp. 193-201. In: B.M. Freitas & J.O.P. Pereira (eds.). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. 282p.
- FREITAS, B.M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2005. A importância econômica da polinização. *Mensagem Doce*, 80: 44-46.
- FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; MEDINA, L.M.; KLEINERT, A.M.P.; GALETTO, L.; NATES-PARRA, G. & QUESADA-EUÁN, J.J.G. 2009. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, 40(3): 332-346, doi:10.1051/apido/2009012
- GALLAI, N.; SALLES, J.M.; SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B.E. 2009. Economic evaluation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3): 810-821, doi:10.1016/j.ecolecon.2008.06.014
- GATHMANN, A. & TSCHARNTKE, T. 2002. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*, 71: 757-764.
- GHAZOUL, J. 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 367-373.
- GREENLEAF, S.S. & KREMEN, C. 2006. Wild bees enhance honeybees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103: 13890-13895.
- GRISI JR, C. 1973. Falta de polinização, a principal causa da queda excessiva de flores nos maracujazeiros (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) na região de Votuporanga. Pp. 433-436. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura. Viçosa, MG. 975p.
- HINES, H.M. & HENDRIX, S.D. 2005. Bumble bee (Hymenoptera: Apidae) diversity and abundance in tallgrass prairie patches: effects of local and landscape floral resources. *Environmental Entomological*, 34: 1477-1484.
- HURD, P.J. 1978. *An annotated catalog of the carpenter bees (Genus Xylocopa) of the Western Hemisphere (Hymenoptera: Anthophoridae)*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC. 106p.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2004. *Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização*. 10p. <<http://www.ib.usp.br/vinces/logo/vera.pdf>>. (Acesso em 20/06/2008).
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; SARAIVA, A.M. & JONG, D. 2006. *Bees as Pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices*. Holos Editora, Ribeirão Preto, SP. 114p.
- INGRAM, M.; NABHAN, G.C. & BUCHMANN, S.L. 1996. Impending pollination crisis threatens biodiversity and agriculture. *Tropinet*, 7: 1.
- INSTITUTE FOR EUROPEAN ENVIRONMENTAL POLICY. 2002. <<http://www.ieep.eu/projectminisites>>. (Acesso em 20/06/2008).
- KEARNS, C.A.; INOUE, D.W. & WASER, N.M. 1998. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 29: 83-112.
- KEVAN, P.G.; CLARK, E.A. & THOMAS, V.G. 1990. Insect pollinators and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, 5: 12-22.

- KEVAN, P.G. & IMPERATRIZ-FONSECA V.L. 2006. *Pollinating bees: The conservation link between agriculture and nature*. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF. 336p.
- KEVAN, P.G. & PHILLIPS, T.P. 2001. The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology*, 5: 8. <<http://www.consecol.org/vol5/iss1/art8>>. (Acesso em 20/06/2008).
- KLEIN, A.M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; BUCHORI, D. & TSCHARNTKE, T. 2002. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology*, 16: 1003-1014.
- KLEIN, A.M.; VAISSIERE, B.E.; CANE, J.H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C. & TSCHARNTKE, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 274: 303-313.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M. & THORP, R.W. 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99: 16812-19816.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; BUGG, R.L.; FAY, J.P. & THORP, R.W. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7: 1109-1119.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; AIZEN, M.A.; GEMMILHERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S.G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E.E.; GREENLEAF, S.S.; KEIT, T.H.; KLEIN, A.M.; REGETZ, J. & RICKETTS, T.H. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology letters*, 10: 299-314.
- KREMEN, C. 2008. Crop pollination services from wild bees. Pp. 10-26. In: R.R. James & T. Pitts-Singer (eds.). *Bee pollination in agricultural ecosystems*. Oxford University Press, Oxford, UK. 232p.
- LARSEN, T.H.; WILLIAMS, N.M. & KREMEN, C. 2005. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecology Letters*, 8: 538-547.
- MALAGODI-BRAGA, K.S. & KLEINERT A.D.P. 2004. Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be effective as strawberry pollinator in greenhouses? *Australian Journal of Agricultural Research*, 55: 771-773.
- MATHESON, A.; BUCHMANN, S.L.; O'TOOLE, C.; WESTRICH, P. & WILLIAMS, J.H. 1996. *The conservation of bees*. Academic Press, London, UK. 254p.
- MEMMOT, J.; WASER, N.M. & PRICE, M.V. 2004. Tolerance of pollination networks to species extinctions. *Proceeding Royal Society of London B Biological Sciences*, 271: 2605-2611
- MICHENER, C.D. 2000. *The bees of the world*. John Hopkins, Baltimore. 913p.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystem and Human well-being: synthesis*. Island Press, Washington, DC. 100p.
- MORANDIN, L.A. & WINSTON, M.L. 2005. Wild bee abundance and seed production in conventional, organic, and genetically modified canola. *Ecological Application*, 15: 871-881.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- OLIVEIRA, P.E. & GIBBS, P.E. 2002. Pollination and reproductive biology in cerrado plant communities. Pp. 329-347. In: P.S. Oliveira & R.J. Marquis (eds.). *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, Washington. 398p.
- OLIVEIRA, P.C.; VIEIRA, A.O.S.; CERVIGNE, N.S.; BRESSAN, D.F. & MENEZES J.R.A.O. 2005. Biologia reprodutiva de populações de *Passiflora edulis*. In: Anais 56º Congresso Nacional de Botânica. Curitiba, PR. CD-ROM.
- OSBORNE, J.L.; MARIN, A.P.; SHORTALL, C.R.; TODD, A.D.; GOULSON, D.; KNIGHT, M.; HALE, R.J. & SANDERSON, R.A. 2008. Quantifying and comparing bumblebee nest densities in gardens and countryside habitats. *Journal of Applied Ecology*, 45: 784-793
- O'TOOLE, C. 1993. Diversity of native bees and agroecosystems. Pp. 169-196. In: J. LaSalle & I. D. Gauld (eds.). *Hymenoptera and Biodiversity*. CAB International, Wallingford. 368p.
- PEREIRA, J.O.P. 2001. O papel de abelhas do gênero *Centris* na polinização e sucesso reprodutivo do muricizeiro (*Byrsonima*

- crassifolia* L.). *Dissertação de mestrado*. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, Brasil. 58p.
- PITTS-SINGER, T.L. & JAMES, R.R. 2008. Bees in Nature and on the farm. Pp. 3-9. In: R.R. James & T.L. Pitts-Singer (eds.). *Bee pollination in agricultural systems*. Oxford University Press, Oxford. 232p.
- POTTS, S.G.; VULLIAMY, B.; ROBERT, S.; O'TOOLE, C.; DAFNI, A.; NEEMAN, G. & WILLMER, P. 2005. Role of nesting resources in organizing diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology*, 30: 78-85.
- POTTS, S.G.; PETANIDOU, T.; ROBERTS, S.; O'TOOLE, C.; HULBERT, A. & WILLMER, P. 2006. Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. *Biological Conservation*, 129: 519-529.
- RÊGO, M.M.; RÊGO, E.R.; BRUCKNER, C.H.; SILVA, E.A.M.; FINGER, F.L. & PEREIRA, K.J.C. 2000. Pollen tube behavior in yellow passion fruit following compatible and incompatible crosses. *Theoretical and Applied Genetics*, 101: 685-689.
- RIBEIRO, A.M.F. & COUTO, R.H.N. 2002. Polinização entomófila de soja (*Glycine max*), cultivar Conquista. In: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Apicultura, Campo Grande, MS. CD-ROM.
- RICHARDS, A. J. 2001. Does low biodiversity resulting from modern agricultural practice affect crop pollination and yield? *Annals of Botany*, 88: 165-172.
- RICKETTS, T.H. 2004. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crops. *Conservation Biology*, 18: 1262-1271.
- RICKETTS, T.H.; DAILY, G.C.; EHRlich, P.R. & MICHENER, C.D. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 12579-12582.
- RICKETTS, T.H.; REGETZ, J.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S.A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMIL-HERREN, B.; GREENLEAF, S.S.; KLEIN, A.M.; MAYFIELD, M.M.; MORANDIN, L.A.; OCHIENG, A. & VIANA, B.F. 2008. Landscape effects on crop pollinations services: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11: 499-515.
- ROUBIK, D.W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, Cambridge. 528p.
- ROUBIK, D.W. 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. Food and agriculture organization of the United Nations, Rome, Italy. Bulletin 118.
- ROUBIK, D.W. 2002. The value of bees to the coffee harvest. *Nature*, 417: 708.
- RUGGIERO, C. 1973. Estudos sobre floração e polinização do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.). *Tese de doutorado*. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, SP, Brasil. 92p.
- SAZIMA, I. & SAZIMA, M. 1989. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e conseqüências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 33: 109-118.
- SILVA, E.M.S.; FREITAS, B.M.; SILVA, L.A.; CRUZ, D.O. & BOMFIM, I.G.A. 2005. Biologia floral do pimentão (*Capsicum annum*) e a utilização da abelha jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) como polinizador em cultivo protegido. *Revista Ciência Agronômica*, 36: 386-390.
- SILVA, J.F.; FARIÑAS, M.R.; FELFILI, J.M. & KLINK, C.A. 2006. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the cerrado region of Brazil. *Journal of Biogeography*, 33: 536-548.
- SOUTHWICK, E.E. & SOUTHWICK JR, L. 1992. Estimating the economic value of honeybees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. *Journal of Economic Entomology*, 85: 621-633.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; MUNZENBERG, U.; BURGER, C.; THIES, C. & TSCHARNTKE, T. 2002. Scale-dependent effects of landscape structure on three pollinator guilds. *Ecology*, 83: 1421-1432.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; POTTS, S.G. & PACKER, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 651-652.
- STEFFAN-DEWENTER, I.; KLEIN, A.M.; ALFERT, T.; GAEBELE, V. & TSCHARNTKE, T. 2006. Bee diversity and plant-pollinator interactions in fragmented landscapes. Pp. 387-408. In: N.M. Waser & J. Ollerton (eds.). *Specialization and generalization in plant-pollinator interactions* Chicago Press, Chicago. 445p.
- STEFFAN-DEWENTER, I. & WESTPHAL, C. 2008. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. *Journal of Applied Ecology*, 45: 737-741.

SUNDRIYAL, M. & SUNDRIYAL, R.C. 2004. Wild edible plants of the Sikkim Himalaya: nutritive values of selected species. *Economic Botany*, 58: 286-299.

TSCHARNTKE, T.; KLEIN, A.M.; KRUESS, A.; STEFFAN-DEWENTER, I. & THIES, C. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters*, 8: 857-874.

VILHENA, A.M.G.F. & AUGUSTO, S.C. 2007. Polinizadores de aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. *Bioscience Journal*, 223: 14-23.

WASER, N.M.; CHITTKA, L.; PRICE, M.V.; WILLIAMS, N.M. & OLLERTON, J. 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters? *Ecology*, 77: 1043-1060.

WESTERKAMP, C. & GOTTSBERGER, G. 2000. Diversity pays in crop pollination. *Crop Science*, 40: 1209-1222.

WILLIAMS, I.H. 1991. Crop Pollination and Sustainable Agriculture in the Nineties and Beyond. *Bee World*, 72: 45-46.

WILLIAMS, I.H. 1994. The dependences of crop production within the European Union on pollination by honeybees. *Agricultural Zoology Review*, 6: 229-257.

WINFREE, R.; WILLIAMS, N.M.; DUSHOFF, J. & KREMEN, C. 2007. Native bees provide insurance against ongoing honeybee losses. *Ecology Letters*, 10: 1105-1113.

YAMAMOTO, M. 2009. Polinizadores do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deneger, Passifloraceae): riqueza de espécies, frequência de visitas e a conservação de áreas naturais. *Tese de doutorado*. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, Brasil. 142p.

YAMASHIRO, T. 1981. Comparação de dois métodos de polinização artificial do maracujazeiro amarelo- *Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg. Pp. 990-994. In: Congresso Brasileiro de fruticultura. Recife, PE. 1836p.

Submetido em 15/04/2009

Aceito em 16/10/2009