

## ***Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura.***

### ***Pollination: ecosystem services and their use in agriculture.***

Caio Cesar de Azevedo Costa <sup>1\*</sup>; Fabiano Luiz de Oliveira <sup>2</sup>

**Resumo:** O presente artigo teve como objetivo fazer uma revisão geral sobre a polinização, seus mecanismos ecológicos, sua importância e a conservação de seus agentes. Conhecer a biologia e suas interações. A polinização vem se tornando nos últimos anos um ramo de conhecimento bastante explorado, por ser um importante serviço ecossistêmico e por suas aplicabilidades na agricultura sustentável. As comunidades de polinizadores podem fornecer dados para responder várias questões relacionadas à manutenção do fluxo gênico intraespecífico, sucesso reprodutivo, partilha e competição por polinizadores e também sobre conservação de habitats naturais afetados por processos de fragmentação. Dessa forma, os polinizadores precisam ser vistos e preservados pelo seu valor nos ecossistemas, visto que este serviço é um elemento não só de estabilidade e equilíbrio ecológico, mas também uma ferramenta importante na gestão dos recursos vegetais cultiváveis.

**Palavras-chave:** Polinizadores. Conservação. Agricultura sustentável

**Abstract:** This paper aims to give a general review of pollination, their ecological mechanisms, its importance and conservation of its agents. Knowing the biology and their interactions. Pollination has become in recent years a branch of knowledge extensively explored, it is an important ecosystem service and its applicability in sustainable agriculture. The communities of pollinators can provide data to answer several questions related to the maintenance of intraspecific gene flow, reproductive success, sharing and competition for pollinators and about conservation of natural habitats affected by fragmentation processes. Thus, pollinators need to be seen and preserved by its value on ecosystems, since this service is not only an element of stability and ecological balance, but also an important tool in the management of arable plant resources.

**Keywords:** Pollinators. Conservation. Sustainable agriculture

## **1. Introdução**

A polinização vem se tornando nos últimos anos um ramo de conhecimento bastante explorado, por ser um importante serviço ecossistêmico e por suas aplicabilidades na agricultura sustentável.

A polinização consiste no transporte dos grãos de pólen, presentes nas anteras de uma flor, para o estigma da flor. Esse transporte pode ocorrer na mesma flor, para uma flor da mesma planta ou para uma flor de outra planta e pode ser realizado por agentes polinizadores bióticos ou abióticos. Os mecanismos de polinização, quando bem conhecidos, podem ser um importante aliado na promoção do uso sustentável de áreas verdes bem como de cultivos, principalmente em tempos de crescimento urbano, queimadas, substituição de áreas verdes por monoculturas e técnicas inadequadas de cultivo pelo uso de pesticidas e inseticidas (WINFREE, 2010).

De acordo com Machado; Lopes (2008), a polinização e as comunidades de polinizadores podem fornecer dados para responder várias questões relacionadas à manutenção do fluxo gênico intraespecífico, sucesso reprodutivo, partilha e competição por polinizadores e também sobre conservação de habitats naturais afetados por processos de fragmentação.

No entanto, não basta apenas conhecer esses mecanismos, é preciso aplicá-los e difundir esses conhecimentos na sociedade despertando assim seu real valor para o meio ambiente e a para a própria sociedade. Estratégias de sustentabilidade devem ser implementadas, principalmente em épocas de desvalorização do capital natural.

O presente artigo teve como objetivo fazer uma revisão geral sobre a polinização, seus mecanismos ecológicos, sua importância e a conservação de seus agentes. Conhecer sua biologia e as interações planta-polinizador.

\*autor para correspondência

Recebido para publicação em 28/04/2012; aprovado em 30/12/2012

<sup>1</sup>Doutorando do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal/UFERSA, RN, E-mail: caiocesar@ufersa.edu.br.

<sup>2</sup>Mestrando do Programa de Pós Graduação em Ciência Animal/UFERSA, RN, E-mail: fabianoluizoliveira@gmail.com.

## 2. Polinização e sua importância

Nos diversos ambientes naturais existem inúmeras interações ecológicas entre os organismos, que promovem a homeostase ou equilíbrio desses locais. Dentre essas, as relações de cooperação ou simbiose na qual as duas espécies tendem a se beneficiar, são uma das mais importantes nos ecossistemas.

Essas interações permitem a co-evolução de ambos os grupos e promovem uma interação positiva, onde essas contribuem e muito para a especificidade e complexidade dos ecossistemas (ODUM; BARRET 2008).

As interações entre animais e plantas são exemplos fortes dessas relações simbióticas onde o papel desses organismos são elementos chave para o equilíbrio, manutenção e conservação nos diversos ambientes naturais e artificiais tais como áreas de cultivo agrícola. A polinização é uma dessas interações.

Os animais responsáveis pelo transporte dos grãos de pólen até o estigma da flor recebem a denominação de polinizadores (IMPERATRIZ-FONSECA et al 2011, GROMBONE-GUARATINI et al, 2004, BIANCONI et al, 2004) ou vetores de polinização (BIESMEIJER et al, 2006, ROUBIK 1989). Alguns animais podem ser visitantes florais (MARTIN; GRIBEL 2007, SILVA & PERACCHI 1999), ou seja, visitam as flores, mas não as polinizam.

Um importante trabalho foi publicado por Ollerton et al (2011) que relata a quantidade de plantas que são polinizadas por animais. Segundo os autores, 87,5% das plantas com flores no mundo são polinizadas por algum tipo de vetor animal. E essa proporção aumenta de com acordo com o aumento latitudinal das faixas do globo. As florestas tropicais possuem uma dependência de 94% por parte dos polinizadores. Essa informação demonstra um número significativamente alto de plantas que precisam dos polinizadores para sua reprodução, principalmente nas florestas tropicais onde há um maior número de espécies de angiospermas e consequentemente uma maior diversidade de polinizadores com mecanismos específicos de polinização.

Dada essa dependência entre plantas e polinizadores, a polinização confere-se como um importante mecanismo ecológico frente aos enormes serviços ambientais que prestam. De acordo com Constanza et al (1997), esses serviços ambientais, são chamados de serviços ecossistêmicos, onde esses são a base para a sobrevivência dos organismos no planeta e fundamentais para a o bem estar humano.

Esses serviços são considerados como um capital natural de valor incalculável frente aos seus benefícios e consistem em um estoque de materiais e informações que estão disponíveis aos seres humanos para serem usados e transformados em outros materiais para melhorar a vida humana (CONSTANZA et al 1997). Klein et al (2007) apontam que a polinização por animais silvestres é a chave para os serviços ecossistêmicos uma vez que ela se

relaciona direta e indiretamente com os outros serviços ecossistêmicos.

De acordo com Gottsberger & Silberbauer-Gottsberger (2006). Muitas plantas dependem exclusivamente dos polinizadores para sua polinização, evidenciando assim a importância desses animais para a propagação vegetal e equilíbrio dos ecossistemas.

A polinização é tão importante que Viana et al (2011) relata em sua revisão que a polinização precisa ser estudada em consonância com os ambientes de paisagem, naturais ou artificiais, para que configurem matrizes ecológicas e seja determinada a atuação dos polinizadores em cada ambiente. Um ponto de análise importante é identificar esses ambientes e as comunidades vegetais que compõem esses locais, bem como quantas plantas precisam dos polinizadores para sua reprodução.

## 3. Agentes polinizadores e suas síndromes

Para o estudo da polinização os agentes polinizadores são os elementos ativos desses processos e merecem destaque nesses estudos, uma vez que são fundamentais para o sucesso reprodutivo das plantas (Machado, 1996). No entanto, quando analisados plantas e polinizadores, percebe-se que em muitos casos ocorrem síndromes que são relações bastante especializadas entre esses organismos (Machado, 2004). Dependendo do tipo de recurso oferecido pelas flores, (óleos, néctar, pólen e resinas) podem ocorrer vários tipos de síndromes: melitofilia (abelhas), cantarofilia (besouros), psicofilia (borboletas), esfingofilia (mariposas), miofilia (moscas) ornitofilia (aves), quiropterofilia (morcegos) e menos frequentes anemofilia (vento) e hidrofilia (água), sendo os dois últimos não relacionados com os recursos florais (KINOSHITA, et al 2005, YAMAMOTO, et al 2007, GOTTSBERGER; SILBERBAUER, MACHADO; LOPES 2006).

Gottsberger; Silberbauer-Gottsberger (2006), em um estudo em área de cerrado apresentaram a porcentagem de polinizadores bióticos e abióticos. O estudo indicou que os invertebrados são os principais agentes de polinização nesse ambiente, sendo que os vertebrados, entre eles aves, morcegos e répteis apareceram como polinizadores em menor número.

### 3.1 Visitantes Vertebrados

Entre os visitantes florais e polinizadores os vertebrados são os menos representativos (BUZATO et al 2010, GOTTSBERGER SILBERBAUER - GOTTSBERGER 2006, RAVEN et al 1996). Entre eles destacam-se morcegos e beija-flores como os polinizadores mais comuns.

Buzato et al (2011), em uma revisão sobre polinizadores vertebrados, registrou que no Brasil ocorrem 338 espécies de polinizadores efetivos ou potenciais de

vertebrados, distribuídos em 25 famílias e 135 gêneros sendo que dessas espécies 69.2% são de aves, 14% morcegos, 15% de mamíferos não voadores e menos de 1% de répteis.

### Morcegos

Os morcegos configuram-se como polinizadores por utilizarem os recursos florais, em especial néctar, influenciando na dinâmica dos ecossistemas naturais (Bianconi et al 2004). Esses animais possuem hábitos noturnos e voo silencioso, sua visita às flores é de difícil visualização em função do curto tempo de coleta que pode durar um décimo de segundo (Gottsberger; Silberbauer - Gottsberger 2006).

Os morcegos localizam sua fonte de alimento pelo olfato e pelo ultrassom, por isso suas flores são pouco chamativas, geralmente brancas e esverdeadas, mas apresentam odores fortes e ficam posicionadas de maneira que fiquem expostas aos visitantes (Raven et al 1996). Esses autores citam que as flores polinizadas por morcegos se distribuem em 130 gêneros de plantas, incluindo espécies de importância econômica como banana (*Musa* sp.), manga (*Mangifera indica*), kapok e sisal (*Agave sisalana*).

Martins & Gribel (2007), em seus estudos na Amazônia com *Cariocar villosum* e morcegos nativos, relataram que a oferta de néctar aos visitantes ocorreu em sua maior quantidade à noite, coincidindo com a visita de morcegos da espécie *Phyllostomus discolor*, *Glossophaginae*. Os autores observaram que durante o contato com a flor, *P. discolor* colocava o focinho dentro do anel de anteras, provavelmente coletando o néctar acumulado (camada nectarífera). A aproximação por cima era suficiente para que o morcego tocasse os estigmas e grande parte das anteras de um ou mais flores, durante o pouso.

Diante dessa relação entre morcegos e plantas, muitas flores são conhecidas como quirópteras, em função da influência e dependência dos morcegos para sua polinização, também conhecida como síndrome de quiropterofilia (MARTINS; GRIBEL 2007, SILVA; PERACCHI 1999, 1995).

### Aves

A polinização por aves na região Neotropical, também conhecida como síndrome da Ornitofilia, é amplamente conhecida como uma importante interação ecossistêmica, segundo Rocca; Sazima (2009). Outros autores como Bittrich; Amaral (2006), Maués; Venturieri (1997), Vincentini et al (1999) e Maués; Oliveira (2010), constataram que as aves são agentes de extrema importância como polinizadores em flores tropicais (BUZATO et al 2010). A polinização por aves é conhecida como sendo a síndrome de ornitofilia e configura-se como uma importante interação ecológica.

(ROCCA; SAZIMA (2009), BITTRICH AMARAL (2006), MAUÉS; VENTURINE (2007), VINCENTINI et al (1999); MAUÉS; OLIVEIRA, 2010),

Rocca e Sazima (2009), explicam que apesar de nem todas as aves dependerem somente de recursos florais para a sua dieta, existem muitas plantas que dependem exclusivamente delas para a sua polinização.

San Martim-Guajardo; Sazima (2005), relataram a importância de beija-flores na polinização de espécies vegetais da família Gesneriaceae, onde essas produzem néctar atrativo para os visitantes, bem como sua coloração e odor que ao sugar o néctar da base da corola, sua cabeça se adere com as anteras da flor transferindo o pólen e levando os grãos para o estigma.

Gimenes (2007), estudando *Vochysia lucida* C. Presl (Vochysiaceae) em uma área de restinga no estado da Bahia, percebeu que os beija-flores podem ser oportunistas ao competir com as abelhas nos picos de floração, uma vez que as abelhas são os principais polinizadores e coletores de néctar dessa espécie de planta.

Para as aves, a possibilidade de migração para áreas mais distantes, regiões tropicais e subtropicais, associada à busca pelos recursos florais (FLEMING; MUCHALA 2008; FLEMING et al., 2009), requer estudos mais detalhados, uma vez que essas migrações formam um elo de ligação entre habitats, troca de materiais genéticos entre plantas e novos processos interativos onde essas especializações entre aves e plantas podem surgir (BUZATO et al, 2011).

Gottsberger; Silberbauer Gottsberger (2006) observaram a síndrome de ornitofilia por beija-flores em duas famílias botânicas Bromeliaceae; Loranthaceae, no cerrado Brasileiro. As bromélias do gênero *Dyckia*, são mais especializadas, uma vez que as pétalas formam um tubo, juntamente com os filamentos dos estames, e para um animal sugar o néctar é necessário que ele introduza o bico nesses tubos, comportamento observado apenas pelos beija-flores.

### 3.2. Animais invertebrados

Os invertebrados, mais precisamente os insetos, são os polinizadores mais representativos e importantes (ROUBIK, 1995, IMPERATRIZ-FONSECA et al 2011, BIESMEIJER, et al 2006, KREMEN et al 2004).

Gottsberger; Silberbauer - Gottsberger (2006), no seu estudo com polinização em um hectare de cerrado, em Botucatu/São Paulo, relataram que mais de 80% das plantas com flores são polinizadas por insetos: coleópteros, dípteros, lepidópteros, hemípteros e himenópteros.

Machado; Lopes, (2008) observou que em diferentes ambientes de caatinga, com espécies vegetais arbustivas, arbóreas e herbáceas os polinizadores invertebrados polinizaram cerca de 70% das plantas.

Analisando os polinizadores invertebrados destacam-se Coleópteros, Lepidópteros, Himenópteros, Hemípteros e Dípteros.

### **Besouros**

Maia et al (2011), verificou que as associações especializadas entre besouros e plantas são particularmente notadas entre as guildas fitófagas, as mais diversas da ordem. Espécies brocadoras, minadoras e rizófagas, são importantes pragas de plantas cultivadas e áreas de reflorestamento e causam enormes prejuízos em todo o mundo. No entanto, como polinizador estima-se que cerca de 2000 espécies de angiospermas sejam polinizadas pelos besouros, sendo algumas especializadas.

As plantas cantarófilas, ou seja, polinizadas por besouros, são plantas que possuem odorem fortes e desagradáveis aos sentidos humanos, distintos de outros atrativos adocicados e agradáveis, das abelhas, vespas e borboletas. Esses insetos possuem o olfato muito mais desenvolvido do que a visão, suas flores são brancas ou opacas (RAVEN et al 1996). São insetos não muito especializados, uma vez que possuem arcabouço bucal mastigador se alimentando de pétalas e outros verticilos florais (Maia et al, 2011), no entanto plantas polinizadas por besouros, armazenam o néctar no receptáculo floral, e possuem ovário ínfero com os óvulos protegidos nos tecidos florais, fora do alcance das mandíbulas dos besouros, o que garante sua especialização (Raven et al 1996).

### **Mariposas**

Mariposas são insetos noturnos, dessa forma visita flores com antese noturna ou crepuscular e que produzem néctar na base dos tubos florais estreitos, dessa forma restringindo o acesso ao recurso floral aos visitantes com aparelho bucal longo, característica marcante dos esfingídeos (GHAZOUL, 1997; ALEXANDERSSON; JOHNSON, 2002; DARRAULT; SCHILNDWEIN, 2005). Ávila Jr et al (2011) relatam que por possuírem hábitos predominantemente noturnos, as mariposas são os principais polinizadores de plantas com antese noturna em florestas tropicais. Dada a sua diversidade de formas, tamanhos, cores e distribuição geográfica as mariposas (Esfingídeos/Lepidoptera) são insetos bastante conhecidos em todo o mundo, com cerca de 1.400 espécies catalogadas, distribuídas em todos os continentes com exceção da Antártida (KITCHIN; CADIOU, 2000). Na América do Sul, estimativas apontam para a ocorrência de 302 espécies (KITCHIN apud AVILA JR et al 2011).

No Brasil, os levantamentos já realizados indicam a existência de 144 espécies, distribuídas em 30 gêneros e 6 tribos (Ávila Jr et al 2011). Estes autores relatam que os esfingídeos são pouco estudados no neotrópico e sua participação como vetor de polinização menos ainda.

### **Borboletas**

As borboletas, diferentemente das mariposas são diurnas e coletam seu alimento durante o voo, o que não possibilita uma alta taxa de polinização (Gottsberger & Silberbauer - Gottsberger 2006).

Diferentemente das mariposas, as borboletas são de hábitos diurnos, visitam plantas de cores vivas e algumas espécies podem perfurar os tubos ou usar os tubos para coletar o néctar (GOTTSBERGER; SILBEBAUER-GOTTSBERGER, 2006).

Para Grombone;Guaratini et al (2004), as borboletas possuem um forrageamento aleatório, irregular e imprevisível. São visitantes de muitas plantas, como, por exemplo, as espécies de *Bidens* L (Asteraceae), permanecendo na planta por até 60 segundos durante o voo, mas não coletam pólen, dessa forma é provável que sejam polinizadores de menor importância.

### **Abelhas**

Entre os Hímenóptera as abelhas ocupam lugar de destaque. De acordo com Roubik, (1995), as abelhas são os mais importantes fornecedores de serviços de polinização biótica do mundo. Para Grombone;Guaratini (2004), os himenópteros são os principais polinizadores para *Bidens* L. (Asteraceae), como uma porcentagem entre 67% a 93% das visitas, principalmente abelhas.

A biologia floral e os seus mecanismos de polinização são interações ecológicas que determinam a dinâmica de diversas populações de insetos, principalmente abelhas, com grande impacto na floral local, sejam elas sociais e/ou solitárias (BIESMEIJER et al 2006).

Esses fantásticos organismos possuem diversos mecanismos de coleta de alimento nas flores e são de forma incontestável grande polinizadores tanto em áreas florestais como em áreas agrícolas. Segundo Roubik (1995), as abelhas melhoram a qualidade dos frutos e das sementes em pelo menos 70% de cultivos agrícolas no mundo. Esse dado mostra o quanto são valiosos esses organismos para os serviços ecossistêmicos de polinização.

As abelhas coletam néctar, sua principal fonte de carboidrato (WINSTON, 2003), nas câmaras nectaríferas, geralmente localizadas nos receptáculos florais. Nogueira-Neto (1997) relata que existem nectários extraflorais, fora das flores, para atrair outros insetos tais como formigas para a proteção da planta. No entanto algumas abelhas podem se alimentar desses nectários, assim como a secreção açucarada produzida por alguns outros insetos sugadores de seiva.

Em relação ao pólen, para alguns visitantes florais é a sua única fonte protéica (ROUBIK, 1995). Ao coletar esse recurso, os visitantes se sujam com grãos pólenes que pode aderir por todo o seu corpo, cabeça, tórax, abdômen,

antenas e nas patas. Ao visitar outras plantas na busca por mais pólen, os visitantes se tornam polinizadores, fecundando as plantas (BIESMEIJER et al 2006).

Em algumas situações particulares as abelhas polinizam as flores realizando uma vibração nas anteras, para liberação dos grãos de pólen, conhecido como polinização por vibração ou *buzz pollination*, (revisto por Nunes-Silva et al 2010). Nesses processos, as abelhas realizam uma vibração na musculatura torácica para vibrar as anteras e liberar os grãos de pólen. As abelhas posicionam-se próximo ao ápice das anteras poricidas e agarram fortemente os estames, que ao vibrar ao contrair os músculos do tórax, liberam os grãos de pólen (BUCHMAM, 1985).

Avaliar, conhecer e aplicar o real papel da polinização por vibração torna-se uma ferramenta importante no uso desses polinizadores como agentes sustentáveis em áreas verdes ou de cultivos no caso de culturas agrícolas que precisam desse tipo de polinização, como algumas solanáceas (Nunes-Silva, 2011).

### 3.3 Polinização por agentes abióticos

A polinização por agentes físicos ou abióticos é menos ocorrente do que a polinização biótica (GOTTSBERGER; SILBERBAUER – GOTTSBERGER, 2006).

Os principais desses agentes são o vento e a água. Esse tipo de polinização geralmente ocorre em plantas com flores pouco atrativas para os visitantes florais (sem cores e odores), são carentes em recursos florais tais como néctar e óleos.

Gottsberger; Silberbauer - Gottsberger (2006) relataram que a anemofilia é comum nas gramíneas, que são plantas herbáceas que dependendo do ambiente são bastante numerosas e produzem milhares de grãos de pólen por flor. Eles observaram que em uma área de cerrado coberta de 50 a 60 % por plantas lenhosas e arbustivas, as gramíneas completam o restante da área, e são bastante densas, embora pouco diversas (das 30 espécies presentes na área, apenas oito cobrem 90%), o que provavelmente garantem o sucesso reprodutivo pelo vento.

As angiospermas anemófilas são mais bem representadas nas regiões temperadas, principalmente na primavera, quando as árvores estão sem folhas. Nas regiões tropicais são mais raras, onde muitas comunidades vegetais estão sempre verdes, e a dispersão do pólen pelo vento torna-se mais difícil (RAVEN et al, 1996).

Existem poucas angiospermas polinizadas pela água, cerca de 39 famílias e 380 gêneros (RAVEN et al 1996), os estudos com macrófitas mostram que em cerca de 18 gêneros o pólen é transportado pela água ou flutua de uma planta a outra na superfície dela.

## 4. Polinização na agricultura brasileira e tropical

De acordo com dados da FAO (Food and Agricultural Organization), 33% da alimentação humana depende em algum grau das plantas cultivadas e polinizadas por animais (KLEIN et al 2007). Mesmo com um aumento das pesquisas com polinização nos últimos anos (VIANA et al 2011), nos cultivos agrícolas o uso dos polinizadores ainda é incipiente (IMPERATRIZ-FONSECA 2010).

Freitas & Nunes-Silva (2011), relatam que o uso dos polinizadores nos cultivos pode contribuir para uma agricultura mais sustentável, onde o seu conhecimento pode torna-se uma importante ferramenta, para a sua conservação e gestão ecologicamente correta desses organismos.

Nos cultivos tropicais, Roubik (1995) publicou uma lista de 1330 espécies que poderiam ser manejadas com sistemas de polinização. Desta lista 70% demonstraram um aumento na sua produção com os polinizadores animais (KLEIN et al 2007). Esse aumento é um indicativo de que, os sistemas de polinização precisam ser mais bem explorados para se evitar um possível desequilíbrio entre o que se produz e o que se consome no mundo (GARIBALDI et al 2010).

Embora reconhecidamente importantes e valiosas para a polinização, apenas algumas espécies de abelhas são biologicamente conhecidas o suficiente para serem usadas em programas de polinização em cultivos abertos ou em estufas (GARÓFALO et al 2011). Existem cerca de 20.000 espécies de abelhas conhecidas no mundo (Silveira et al, 2002). No entanto, o seu conhecimento frente ao potencial nos cultivos ainda torna-se um entrave para o uso adequado dos polinizadores (IMPERATRIZ-FONSECA; FREITAS 2010). Klein et al (2003) em cultivos de café na Indonésia mostrou que a presença de diversas populações de polinizadores nos cultivos proporciona uma aumento na floração, frutificação e consequentemente na produção.

No Brasil a *A. mellifera* (Himenoptera – Apidea), polinizador economicamente muito valioso, vem sendo usado em cultivos como maçã, na região sul, especialmente em Santa Catarina, e o melão (*Cucumis melo* L.) (Curcubitaceae) na região nordeste, particularmente nos Estados do Ceará e Rio Grande do Norte (FREITAS; IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

Garófalo et al (2011) explicam que a *Apis mellifera*, abelha generalista, é a mais usada, porém as abelhas solitárias são os polinizadores mais eficientes de alguns cultivos. No entanto, seus mecanismos de polinização e a sua eficiência nos cultivos específicos precisam ser mais investigados. Os mesmos autores citam como exemplos de bons polinizadores *Centris* em cultivos de acerola (*Malpighia emarginata*, Malpighiaceae) (VILHENA; AUGUSTO 2007, SCHINDWEIN, 2008) e murici (*Byrsonima spp*, Malpighiaceae) (RÊGO et al, 2006). Shepherd et al (2003) relatam que as plantas com flores são responsáveis por grande parte da nossa alimentação, saúde e estabilidade econômica e os insetos

polinizadores são essenciais para o ciclo de vida das plantas com flores.

## 5. A crise dos polinizadores, importância econômica e conservação.

As atividades humanas desenvolvidas nos últimos anos foram e ainda continuam sendo extremamente danosas para as populações de polinizadores (WINFREE et al 2010). Diversas são ações que apontam o declínio dos polinizadores (BIESMEIJER et al, 2006, KREMER et al 2002).

De acordo com Aizen et al (2009), entre os anos de 1961 e 2006 houve uma diminuição das florestas nativas e o aumento das áreas de cultivo, e consequentemente uma maior dependência dos polinizadores. Porém, a demanda de polinizadores que foi de 50% nos países desenvolvidos e 62% nos países em desenvolvimento foi maior que a oferta, causando um déficit de polinização na ordem de 3 a 5% nos países desenvolvidos e 8% nos países em desenvolvimento.

A necessidade de estabilizar os polinizadores através programas de monitoramento, foi reconhecido desde 1993, quando os polinizadores foram incluídos dentro da Convenção sobre Diversidade Biológica, que foi assinada por 168 países. A partir daí, muitas pesquisas buscam as causas e as consequências da perda dos polinizadores ((WINFREE et al 2010, BIESMEIJER et al, 2006, KREMER et al 2002).

Winfree (2010) aponta que os dados que melhores representam o declínio dos polinizadores são os da União Européia, onde, por exemplo, na Bélgica 25% das espécies de abelhas declinaram durante a segunda metade do século 20, o que se deu em função do uso intensivo da terra. O uso desordenado de inseticidas e pesticidas tem provocado aumento na susceptibilidade das abelhas a essas substâncias.

Kremer et al (2002), explica que além dos inseticidas e pesticidas, a intensificação da agricultura diminui a diversidade de polinizadores, uma vez que diminui a oferta e as diversidade de recursos florais às abelhas. Dessa forma, é preciso conhecer as interações planta-polinizador, para além de contribuir com a preservação e conservação das espécies, dominar os conhecimentos que podem trazer enormes benefícios para a agricultura sustentável.

Gallai et al (2008), aponta que a queda do número de polinizadores causaria uma diminuição na produção agrícola mundial, provocando déficit entre a produção e o consumo de alimentos, afetando seriamente muitos países em níveis desiguais em função dos diferentes cultivos e diversidade de polinizadores.

De acordo com Shepherd et al (2003), uma em cada quatro tipos de comida ou bebida consumidos pelos seres humanos, depende de um tipo de polinizador. Sem esses não haveria muitas frutas, verduras e sementes. O valor econômico dos insetos polinizadores nos cultivos dos

Estados Unidos em 2000 foi estimado em 20 bilhões de dólares. Nesse cálculo, se fosse expandido para produtos indiretos, como leite, carne de gado alimentado com alfafa, os polinizadores podem ser responsáveis por seu êxito na produção de quase 40 bilhões de dólares no valor de produtos agrícolas a cada ano.

Gallai et al. (2009) apontam que 75% dos cultivos mundiais mostram um aumento na produção e na qualidade de frutas e sementes, com um valor econômico em torno de 153 bilhões de euros por ano, ou 9,5% do valor da produção agrícola mundial. Ollerton et al. 2011, relata que, diante das recentes evidências do declínio dos polinizadores (BIESMEIJER et al 2006, SHEPHERD et al 2003, GALLAI et al, 2009), e em função dos enormes serviços ambientais e econômicos polinizadores, o governo do Reino Unido financiará nos próximos 5 anos \$16.5 milhões de dólares em pesquisas com o objetivo de deter o declínio dos polinizadores.

Outro problema discutido atualmente são as lacunas de conhecimento entre os estudos levantados e as necessidades da sociedade em relação à polinização e aos polinizadores. Biesmeijer et al (2011), fazendo uma análise de um artigo da Mayer et al. (2011), relatou que as pesquisas desenvolvidas e as próximas pesquisas podem aumentar o espaço entre a conhecimento científico e outras partes interessadas fora do universo acadêmico. Dessa forma, os estudos levantados devem ser disseminados, alcançando outros setores da sociedade tais como agricultores criadores, professores e gestores contribuindo para a valorização da polinização.

De acordo com Gianini et al (2011), é necessário criar cenários que possibilitem potencializar os serviços dos polinizadores e desenvolver técnicas de conservação e manejo adequado. Para isso, o desenvolvimento de modelagens ecológicas, representação de espaços geográficos e estimativas de mudanças climáticas são requisitos ecológicos fundamentais para avaliar o quando essas mudanças poderão afetar os polinizadores.

Com isso, os polinizadores precisam ser vistos e preservados pelo seu valor ecossistêmico, visto que a polinização é um elemento não só de estabilidade e equilíbrio ecológico, mas também uma ferramenta importante na gestão dos recursos vegetais cultiváveis.

## 6. Considerações Finais

Nessa revisão foi possível identificar o grande benefício que os polinizadores fornecem para a estabilidade dos ambientes e a suas relações com os cultivos agrícolas. Muitas informações, ainda precisam ser esclarecidas e a real dependência humana para os cultivos e suas interações planta-polinizador. No entanto, a busca dessas informações deve ser seguida juntamente com as estratégias de manejo, conservação e uso sustentável das comunidades de polinizadores para que possamos valorar a esse importante serviço ecossistêmico para a humanidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M.A. & HARDER, L.D. 2009. **The global stock of domesticated honeybees is growing slower than agricultural demand for pollination.** *Curr. Biol.* 19:915-918.
- AIZEN, M.A., 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.** *Curr. Biol.* 18:1572-1575.
- AIZEN, M.A., GARIBALDI, L.A., CUNNINGHAM, S.A. & KLEIN, A.M. 2009. **How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production.** *Ann. Bot.* 103:1579-1588.
- ALEXANDERSSON, R.; JOHNSON, S.D. 2002. **Pollinator-Mediated selection on flower-tube length in a hawk moth-pollinator *Gladiolus* (Iridaceae).** *Proceedings of royal Society London B*, (269): 631-636.
- AVILA JR, R.S., OLIVEIRA, R, PINTO, C.E., AMORIM, F.W. SCHLINDWEINS, C. 2011. **Relação entre esfingídeos (Lepidoptera, sphingidae) e flores na brasil. Panorama e perspectivas de uso de polinizadores.** *In: Polinizadores no brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.* Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- BIESMEIJER J. C., SORENSEN P. B. CARVALHEIRO, L.G. 2011. **How Pollination Ecology Research Can Help Answer Important Questions.** *Journal of Pollination Ecology*, 4(9): 68-73.
- BIESMEIJER, J.C; ROBERT, S.P.M; REEMER, M; OHLEMULLER, R; EDWARDS, M; PETERS, T; SCHAFFERS, A.P; POTTS, S.G; KLEUKERS, R; THOMAS, C.D; SETTLE, J; KUNIN, W.E. 2006. **Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands** *Science*, (313): 351-354.
- BITTRICH, V., AMARAL, M.C.E. 1996. **Pollinations biology of *Symphonia Globulifera* (clusiaceae).** *Plant Systematics and Evolution*, 200(1-2): 101-110.
- BIANCONI, G.V., MIKICH, S.B., E PEDRO, W.A. 2004. **Diversidade de Morcegos (Mammalia, chiroptera) em remanescentes florestais no município de fênix, noroeste do Paraná, Brasil.** *Rev. Brasileira de Zoologia.* 21 (4): 943-954.
- BUCHMANN, S.L. 1985. **Bees use vibration to aid pollen collection from non-poricidal flowers.** *Journal of the Entomological Society*, 58(3): 517-525.
- BUCHMANN, S.L. & HURLEY, J.P. 1978. **A biophysical model for buzz pollination in angiosperms.** *Journal of Theoretical Biology*, 72: 639-657.
- BUZATO, S., GIANINI, T.C., MACHADO, I.C., SAZIMA, M., SAZIMA, I. 2011. **Polinizadores vertebrados: Uma visão geral para as espécies brasileiras.** *In: Polinizadores no brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.* Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, R.; WEBBER, A. C. 2000. **Biologia floral de *Unonopsis guatterioides* (ADC) RE Fr., uma Annonaceae polinizada por Euglossini.** *Revista Brasileira de Botanica.* 23 (4): 421-425.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., GROST, R., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUELO, J., RASQUIN, R.G., SUTTON, P., BELT, M.D.V. 2007. **The value of the world's ecosystems services and natural capital.** *Nature.* 387: 253-260.
- DARRAULT, R.O.; SCHLINDWEIN, C. **Esfingídeos (Lepidoptera, Sphingidae) no tabuleiro Paraibano, Nordeste. 2002. Brasil: Abundância riqueza e relação com plantas esfingofilia.** *Rev. Bras. de Zoologia.* 19(2): 429-443.
- FLEMING, T.; GEISELMAN, C.; KRESS, W. 2009. **The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective.** *Annals of Botany.* 104(6): 1017-1043.
- FLEMING, T.; MUCHHALA, N. 2008. **Nectar-Feeding bird and bat niches in two words: pan tropical comparisons of vertebrate pollination systems.** *Journal of biogeography.* 35 (5): 764-780.
- FREITAS, B.M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2005. **A importância econômica da polinização.** *Mensagem Doce.* 80:44-46.
- FREITAS, B.M., NUNES-SILVA, P. 2011. **A polinização agrícola e sua importância para o brasil.** *In: Polinizadores do Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.* Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M.

- (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- GARIBALDI, L.A., AIZEN, M.A., KLEIN, A.M., CUNNINGHAM, S.A., HARDER, L.D. 2011. **Global Growth and stability of agriculture yield decrease with pollinator dependence**. PNAS. 108(14): 5909-5914.
- GARÓFALO, C.A., M, C.F., AGUIAR, C.M.L., DEL LAMA, M.A., ALVES-DOS-SANTOS, I. 2011. **As abelhas solitárias e perspectivas para seu uso na polinização no Brasil. In: Polinizadores no Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- GALLAI, N., SALLES, J.M., SETELLE, J., VAISSIÈRE, B.E. 2009. **Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline**. Ecol. Econ. 68: 810-821.
- GHAZOUL, J. 1997. **The pollination and breeding system of dipterocarpus obtusifolius (Dipterocarpaceae) in dry deciduous forests of Thailand**. Journal of Nature History, 31(6): 901-916.
- GIANNINI,T.C., ACOSTA, A.L., SARAIVA, A.M., ALVES-DOS-SANTOS, I, MARCO JR, P. 2011. **A construção de cenários futuros para o uso e conservação dos polinizadores. In: Polinizadores no brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- GIMENES, M. 2007. **Polinização de *Vochysia lucida* C. Presl. (Vochysiaceae) em uma área de restinga na Bahia**. Revista Brasileira de Entomologia. 51(4): 465-470, dezembro.
- GROMBONE-GUARATINI, M. T. SOLFERINI, V. N. 2004. **Reproductive biology in species of *bidens* L. (asteraceae)**. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 61(2): 185-189.
- GOTTSBERGER, G. & SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I. 2006. **Life in the Cerrado**. Reta Verlag.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., & NUNES-SILVA, P. 2010. **As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o código florestal Brasileiro**. Biota Neotropical. 10(04): 59-62.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., CANHOS, D.A.L., SARAIVA, A.M. 2011. **Polinizadores do Brasil: Contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. Denise de Araújo Alves (Ed. Associada). Instituto de estudos Avançados da Universidade de São Paulo.
- IMPERATRIZ-FONSECA, V.L., CANHOS, D.A.L., SARAIVA, A.,M. (ED.). 2011. **Polinizadores e polinização, um tema global. In: Polinizadores no brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- KLEIN, A.M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, I. S.D., CUNNINGHAM, KREMEN C., TSCHARNTKE T. 2007. **Importance of pollinators in changing landscapes for world crops**. Royal Soc. B. 274: 303-313.
- KLEIN, A.M., STEFFAN-DEWENTER, I., TSCHARNTKE, T. 2003. **Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees**. Royal Soc. B. 270: 955-961.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; BUGG, R.L.; F, J.P.; THORP, R.W. 2004. **The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California**. Ecology letters, 7(11): 1109-1119.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; BUGG, R.L.; F, J.P.; THORP, R.W. 2002. **Crops pollination from native bees at risk agricultural intensification**. PNAS. 99(26): 16812-16816.
- KINOSHITA, L.S., TORRES, R.B., FORNI-MARTINS, E.R., SPINELLI, T. 2006. **Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil**. Acta, bot. Bras. 20(2): 313-327.
- KITCHING, I; CADIOU, J. 2000. **HAWKMOTHS OF THE WORLD: an annotated and illustrated revisionary checklist (Lipoptera: sphingidae)**. London: Cornell University Press.
- MACHADO, I.C. & LOPES, A.V. **Recursos Florais e sistemas de polinização e sexuais em caatinga. 2008**. In: Leal, I. R., Tabarelli, J., Silva, J.M.C. Ecologia e Conservação da Caatinga. 2008. 3º ed. Recife. Ed. Universitária da UFPE. 822p.
- MACHADO, I. C. 2004. **Oil-collecting bees and related plants: a review of the studies in the last twenty years and case histories of plants occurring in NE Brazil**. In: Freitas, B. M. & Pereira, J. O. P. (eds.). Solitary bees. Conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza, Imprensa Universitária. p. 255-280.

- MACHADO, M. I. 1996. **Pesquisa Botânica Nordestina: progresso e perspectivas**. Ed. Everardo V.S.B, Simon J. Mayo e Maria Regina V. Barbosa. Recife: Sociedade Botânica do Brasil/ Seção Regional de Pernambuco.
- MARTINS, R. L., GRIBEL, R. 2007. Polinização de *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers. (Caryocaraceae) uma árvore emergente da Amazônia Central. *Revista Brasil. Bot.* 30(1): 37-45.
- MAIA, A.C.D., CARVALHO, A.T., PAULINO-NETO, H.F. 2011. **Besouros (Insecta coleoptera), como polinizadores do Brasil. Perspectivas no uso sustentável e conservação na polinização. In: Polinizadores no Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.** Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- MAUÉS, M.M.; COUTURIER, G. 2002. **Biologia floral fenologia reprodutiva do camu-camu-(*Myrciaria dubia* (HBK) Mcaugh, Myrtaceae) no estado Pará, Brasil.** *Rev. Brasil. Bot.* 25(4):441-448.
- MAUÉS, M.M., VARASSIN, I.G., FREITAS, L., MACHADO, I.C.S., OLIVEIRA, P.E.A.M. 2011. **A importância dos polinizadores nos biomas brasileiros. Conhecimento atual e perspectivas futuras para a conservação. In: Polinizadores no Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.** Imperatriz-Fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.
- MAUÉS, M. M.; VENTURIERI, G. C. 1997. **Pollination ecology of *Platonia insignis* Mart. Clusiaceae, a fruit tree from eastern Amazon region.** *Acta horticulturae*, v. 437, p. 255—259.
- NOGUEIRA-NETO, P. 1997. **A vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão.** Editora Nogueirapis. São Paulo. 1: 447.
- NUNES-SILVA, P., HRNCIR, M., IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. 2010. **A Polinização por vibração.** *Oecologia Australis.* 14 (1): 140-151.
- ODUM, E.P. & BARRET, G.W. 2008. **Fundamentos de ecologia.** São Paulo, Cengage Learning.
- OLLERTON J., WINFREE R., TARRANT S. 2011. **How many Flowering plants are pollinated By animals.** *Oikos.* 120: 321-326
- RAVEN, P.H., EVERT, R., EICHHORN, S.E. **Biologia floral.** 1996. Ed. 5. Editora. Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro/RJ.
- REGO, M.; ALBUQUERQUE, P., RAMOS, M., CARREIRA, L. 2006. **Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (friese) (Hymenoptera: Apidae, Centrini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no maranhão.** *Neotropical entomology.* 35(5): 579-587.
- ROUBIK, D.W. 1989. **Ecology and Natural History of tropical bees.** *Cambridge tropical biology.* University Canbridge.
- ROUBIK, D.W. 1995. **Pollination of cultivated plants in the tropics.** Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Italy.
- ROCCA, M, A. & SAZIMA, M. 2009. **Ornitofilia: Além dos beija-Flores, Polinização por outras aves neotropicais.** *Anais. RESUMO. III CLAE e IXCEB, 10 a 17 de Setembro. São Lourenço – MG.*
- SANMARTIN-GAJARDO, I & SAZIMA, M., 2005. **Interações dos beija-flores com espécies de *Vanhouttea* e *Sinningia*.** *Revista Brasil. Bot.* 28(3): 441-450.
- SILVA, S.S.P. & PERACHI, A.L. 1999. **Visits of bats to flowers of *Lafoensia glyptocarpa* Koehne.** *Rev. Brasileira de Biologia.* 59 (1): 19-22.
- SILVA, S.S.P. & PERACHI, A.L. 1995. **Observação da visita de morcegos (quiróptera) às flores de *pseudobombax grandiflorum* (cav).** *A. Robins. Rev. Brasileira de zoologia.* 2(04): 859-865.
- Schindwein, C. 2008. **Assessment and management of the pollinators of mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes Apocynaceae) and west Indian Cherry (*Malpighia emarginata* DC., malpighiaceae).** In Alvarez, C.A.B.; Landeiro, M. (ed). *Pollinators management in Brasil.* Brasilia: Ministry of the Environment. 443-454.
- SHEPHERD, M., BUCHMANN, S. L., VAUGHAN, M., BLACK, S.H. 2003. **Pollinator Conservation Handbook.** *Xerves Society.* Portland, Oregon.
- VICENTINI, A.; FISCHER, E. 1999. **Pollination of *Moronobea coccinea* (Clusiaceae) by the golden winged parakeet in the Central Amazon.** *Biotropica.* 31(4): 692-696.

VILHENA, A.; AUGUSTO, S. 2007. Polinizadores da aceroleira *Malpighia emarginata* DC (Malpighiaceae) em área de cerrado no Triângulo Mineiro. Bioscience journal, 23: 14-23.

VIANA, B.F., BOSCOLO, D., MARIANO-NETO, LOPES.L.E., LOPES A.V., FERREIRA P.A., PIGOSSO, C.M., PRIMO, L. 2011. **A polinização no contexto da paisagem: o que de fato sabemos e o que devemos saber? In: Polinizadores no Brasil; contribuição e perspectivas iniciativas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais.** Imperatriz-fonseca, V.L., Canhos, D.A.L., Saraiva, A.,M. (ed.). Alves, D.A (associada). Instituto de estudos avançados da Universidade de São Paulo.

VIDAL, W.N., VIDAL, M.R.R. **Botânica organografia quadros Sinóticos Ilustrados de fanerógamas.** 2003. 4 ed. Rev. ampl. Viçosa-MG.

WINSTON, M.L. 2003. **A biologia da abelha.** Porto Alegre-RS. Ed. Magister Ltda.

WEBBER, A. 1981. **Alguns aspectos da biologia floral de *Annona sericea* Dun. (Annonaceae).** Acta Amazonica. 11(1): 61-65.

WEBBER, A.; GOTTSBERGER, G. 1993. **Floral biology and pollination of *Cymbopetalum euneurum* in Manaus, Amazonia.** *Annonaceae Newsl*, 9: 25-28.

WINFREE R. **The conservation and restoration of wind bees.** 2010. Annals of the New York Academy of Sciences. 1195: 169-197.

YAMAMOTO, L. F., KINOSHITA, L. S., MARTINS, F. R. 2007. **Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil.**