

---

Ciências Biológicas

---

**Felipe Gonçalves Brocanelli**

**BIOLOGIA FLORAL E SISTEMA  
REPRODUTIVO EM *SOLANUM VIARUM*  
DUNAL, E CARACTERIZAÇÃO DA  
AMPLITUDE DE DIETA DE SUAS ABELHAS  
VISITANTES EM UMA ÁREA DA UNESP –  
CAMPUS DE RIO CLARO**

Felipe Gonçalves Brocanelli

Biologia floral e sistema reprodutivo em *Solanum viarum*  
Dunal, e caracterização da amplitude de dieta de suas  
abelhas visitantes em uma área da UNESP – campus de  
Rio Claro

Orientador: Profa. Dra. Maria José de Oliveira Campos

Co-orientador: Gleiciani Bürger Patricio

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Biociências da  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de  
Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro,  
para obtenção do grau de Bacharel e  
Licenciado em Ciências Biológicas

Rio Claro  
2011

581.5  
B863b

Brocanelli, Felipe Gonçalves

Biologia floral e sistema reprodutivo em *Solanum viarum* Dunal, e caracterização da amplitude de dieta de suas abelhas visitantes em uma área da UNESP - Campus de Rio Claro / Felipe Gonçalves Brocanelli. - Rio Claro : [s.n.], 2011

50 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura e bacharelado - Ciências Bilógicas) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro

Orientador: Maria José de Oliveira Campos

Co-Orientador: Gleiciani Burger Patricio

1. Ecologia vegetal. 2. Juá-bravo. 3. Polinização. 4. Palinologia. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	11
2.1. Objetivos principais.....	11
2.2. Objetivos específicos.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Local de estudo.....	12
3.2. Dados da biologia floral de <i>Solanum viarum</i> .....	12
3.3. Testes de receptividade de estigma e viabilidade de pólen.....	13
3.4. Testes de polinização.....	13
3.5. Amostragem das abelhas.....	14
3.6. Montagem das lâminas de pólen.....	14
3.7. Identificação do material polínico.....	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1. Biologia floral de <i>Solanum viarum</i> Dunal.....	16
4.2. Receptividade de estigma e viabilidade de pólen.....	19
4.3. Testes de polinização.....	21
4.4. Amostragem das abelhas.....	23
4.5. Identificação do material polínico.....	28
5. CONCLUSÕES.....	36
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

## RESUMO

A fragmentação de habitats decorrente principalmente da expansão da agropecuária no Brasil, bem como o declínio observado em escala mundial dos polinizadores (abelhas em sua maioria), atestam a gravidade do problema ambiental que enfrentamos atualmente. Baixos níveis de polinização de plantas em geral podem ocasionar problemas econômicos na área da alimentação humana, visto que muitas espécies vegetais importantes para nosso consumo dependem das abelhas para sua reprodução e conseqüente formação de frutos. Assim, a execução de planos de manejo em áreas cultivadas, envolvendo medidas de proteção para polinizadores e que visem a manutenção de áreas verdes no entorno de plantações são importantes estratégias para amenizar o impacto que o homem exerce sobre a natureza. Nesse aspecto, esse estudo tratou de investigar a preferência alimentar de abelhas amostradas em flores de *Solanum viarum* Dunal e a biologia floral e sistema de reprodução nessa espécie. Os conhecimentos e informações obtidos a partir de trabalhos como esses compreendem uma parte essencial de planos de conservação para o grupo de polinizadores. *S. viarum* é uma solanácea ruderal, que ocorre em campos abertos e ambientes perturbados. Apresenta deiscência das anteras do tipo poricida, é auto-incompatível e possui grande atratividade para inúmeras espécies de abelhas vibradoras, como as dos gêneros *Bombus*, *Exomalopsis* e da Família Halictidae. De acordo com os presentes resultados, pode-se afirmar que *S. viarum* caracteriza-se como uma espécie potencialmente doadora de pólen para os polinizadores acima citados, e que seu plantio e manejo controlados ao redor de cultivos agrícolas, juntamente com outros tipos vegetais, pode aumentar a densidade de abelhas no entorno dessas áreas e a rentabilidade de tais cultivos.

Palavras-chave: juá-bravo, polinização, palinologia

## 1 – INTRODUÇÃO

Os ecossistemas naturais desempenham diversas atividades de grande importância para a sociedade humana, embora muitas vezes elas passem despercebidas pela grande maioria das pessoas, e talvez por isso não sejam entendidos nem protegidos da maneira como deveriam ser (KREMEN et al., 2004). Purificação da água, regulação climática, estabilização do solo e polinização de culturas são alguns exemplos destes serviços prestados pelo meio ambiente (PALMER et al., 2004). Dentre eles, a polinização de culturas garante, além de outros benefícios, a formação de mais frutos de melhor qualidade, mesmo em plantas auto-incompatíveis (MICHENER, 2000; MCGREGOR, 2009), tornando-os mais competitivos no mercado.

Neste contexto econômico, tem-se um levantamento de dados em escala mundial realizado por Klein et al. (2007) sobre as culturas mais importantes para o homem, no qual se conclui que 87 delas dependem de alguma forma da polinização executada por animais, enquanto 28 não são dependentes. Ademais, sabe-se que mais de um terço de toda a alimentação humana depende de algum modo da polinização por insetos (KLEIN et al., 2007; MCGREGOR, 2009).

Com o uso intensivo de colméias de *Apis mellifera*, calcula-se que o aumento no rendimento das culturas da Comunidade Europeia chegue a valores próximos a 4,2 bilhões de euros por ano (CORBET et al. 1992). Nos Estados Unidos, o valor estimado das culturas visitadas por estas abelhas é de 5-14 bilhões de dólares por

ano (SOUTHWICK; SOUTHWICK, 1992; GOULSON et al. 2008). Em comparação a estes dados, o valor comercial de culturas dependentes de outras abelhas que não sejam as de mel chega a 6,7 bilhões de dólares por ano nos EUA (KEARNS, 1998 apud BUCHMANN; NABHAN, 1997).

Além de sua relevância econômica, os polinizadores ajudam a garantir a continuidade dos ecossistemas naturais, uma vez que aproximadamente 70% de todas as angiospermas dependem da zoofilia para o sucesso de sua reprodução (THE XERCES SOCIETY FOR INVERTEBRATE CONSERVATION). Segundo a mesma fonte, frutos e sementes produzidos através desta síndrome constituem grande parte da dieta de cerca de 25% de todas as espécies de aves.

Dentro do grupo dos animais polinizadores, as abelhas (Hymenoptera, Apoidea) apresentam-se como as mais importantes na polinização, responsáveis pela reprodução da maioria das espécies xerófilas e da vegetação arbórea de florestas tropicais, por exemplo (MICHENER, 2000). Estima-se que existam entre 25.000 e 30.000 espécies de abelhas no mundo (KEARNS et al. 1998), porém poucas são manejadas comercialmente, tanto pela carência de estudos na área quanto pelo uso em larga escala das chamadas abelhas de mel (*Apis mellifera*). Muitos fazendeiros, como relatado por Goulson (2003), não sabem que outros insetos também podem prestar serviços a seus cultivos.

A relevância das abelhas para os ecossistemas deve-se ao fato de sua mediação no processo de transferência de pólen de uma flor para outra. Chama-se polinização cruzada a deposição de grãos de pólen de uma flor em outra de uma planta diferente, um evento importante e que traz grandes benefícios às espécies vegetais, pois combina genes de dois indivíduos distintos, aumentando a variabilidade genética da espécie. A autopolinização pode ocorrer em algumas plantas hermafroditas quando não existem ou quando não ocorre a deposição do pólen de uma antera no estigma de outra flor por vetores animais. Nesse caso, a reprodução se concretiza, porém tem-se o chamado “inbreeding depression” como freqüente consequência (MICHENER, 2000), causando maior mortalidade, menor crescimento e aumentando as chances das próximas gerações apresentarem

problemas genéticos. Daí a importância atrelada aos animais que visitam muitas flores em busca de recursos florais e acabam realizando a xenogamia.

O nível de polinização pode ser medido como o número de grãos de pólen viáveis e compatíveis que entram em contato com o estigma durante seu período de receptividade (VAISSIÈRE et al., 2011). Tal processo, como se evidencia, está diretamente relacionado ao rendimento de todas as culturas cujo resultado (produtos para alimentação humana, principalmente) é obtido através da reprodução sexuada. A polinização afeta de maneira clara diversos fatores ligados à reprodução vegetal e de caráter econômico: produção de frutos e sementes, qualidade de frutos (e.g. tamanho, concentração de açúcar, sabor e conteúdo nutricional), qualidade de sementes (e.g. taxa de germinação e conteúdo de óleo), uniformidade do produto colhido, valor comercial e rentabilidade (VAISSIÈRE et al., 2011).

Dentre os recursos visados pelos polinizadores estão aqueles que de alguma forma apresentam teor energético significativo para sua alimentação e de sua prole ou cuja importância está ligada à construção de seus ninhos. Os principais são: pólen, néctar, óleos vegetais e resinas.

O estudo de comportamento forrageiro de abelhas é importante tanto para a montagem de métodos para análise de suas fontes alimentares quanto para investigar as correlações que existem entre as inúmeras espécies de abelhas (SOMMEIJER et al., 1983). Interações interespecíficas destes insetos geralmente acarretam em competição por recursos florais, e os dados sobre o forrageio das espécies ajudam a explicar a razão da competição, podendo também levantar interpretações de mecanismos que evitem o encontro de interespecíficos. Em outras palavras, podem ocorrer variações comportamentais no modo de forrageamento de diversas abelhas. Por exemplo, estudos observaram que diversas espécies de meliponíneos coletam pólen no período da manhã e néctar à tarde (KERR; SANTOS NETO, 1956; SOMMEIJER et al., 1983), enquanto *Apis* não demonstra esta separação temporal, coletando pólen ao longo de todo dia (SOMMEIJER et al., 1983).

A mensuração do raio de vôo das abelhas também se mostra como importante ferramenta em estudos de amplitude de dieta e conservação de áreas



degradadas. Gathmann e Tscharrntke (2002) analisaram o raio de vôo de diversas abelhas relacionando o efeito da estrutura da paisagem sobre tal variável. Desse modo, espécies pequenas se deslocam menos por uma paisagem, respondendo a esta estrutura numa escala de no máximo 300 metros. Abelhas de maior porte, como *Bombus*, são influenciadas pelo ambiente numa escala maior, de poucos quilômetros. Analisando diversos trabalhos, como o de Greenleaf (2005), que compilou dados de raio de vôo de várias espécies de abelhas, bem como estudos feitos por Cane (2005), pode-se propor um raio de deslocamento médio entre 200 a 600 metros para abelhas pequenas e de dois a três quilômetros para as de porte maior. Para *Apis mellifera*, Eckert (1933) registrou indivíduos coletando recursos a sete milhas (aproximadamente 11 km) distante de suas colméias.

Além do tamanho corporal dos insetos, Ribbands (1951) salienta que as condições climáticas, questões abordando gastos de tempo e energia despendidos pelas abelhas e o contexto ambiental (paisagem) atuam de forma conjunta como determinante na distância máxima a qual podem chegar, tendo colméias e ninhos como pontos de partida.

Evidências indicam que quando há abundância de recursos em uma escala local, *Bombus* spp. são encontradas forrageando perto de suas colméias (HEINRICH, 1976). Hipóteses baseadas no gasto de energia e na falta de um recrutamento organizado destas abelhas também poderiam explicar sua preferência em forragear em curtas distâncias (HEINRICH, 1979). Embora tais postulações sejam aceitas, não há dúvidas da capacidade de vôo de tais abelhas. Mikkola (1984), por exemplo, observou indivíduos de *Bombus* sp. voando a 20 km do trecho mais perto de alguma porção de terra na Finlândia.

A caracterização dos habitats nos quais as abelhas estão inseridas é de fundamental importância nos estudos de conservação, biologia e impactos que mudanças nestes nichos podem trazer à biota local. Neste contexto, estudar a ecologia da paisagem ajuda a entender os padrões espaciais e as interações que ocorrem entre os diversos mosaicos paisagísticos (WIENS, 1992), bem como as modificações que estão se concretizando em muitas áreas naturais, que hoje em dia dão lugar a pastagens ou cultivos humanos.

O tamanho de fragmentos relaciona-se de várias formas com a diversidade de espécies, como mostrado nos trabalhos de Aizen; Feinsinger (1994); Becker et al. (1991); Donaldson et al. (2002); e Tonhasca et al. (2002). Segundo Steffan-Dewenter (2003), a variação nas respostas à fragmentação está ligada na qualidade dos habitats, diferenças na capacidade de dispersão e no grau de especialização dos polinizadores quanto ao uso dos recursos florais. De um modo geral, quanto maior o grau de fragmentação de uma paisagem natural, menor a riqueza das espécies de insetos a abundância destas populações (DIDHAM et al., 1996). Para os autores, a resposta observada para cada grupo de indivíduos irá depender do grau de especialização das espécies presentes na área.

Entre os ecossistemas do Brasil, o cerrado é um dos que mais sofrem com mudanças na sua caracterização natural, como degradação e modificações no uso do solo. A situação se agrava mais ainda com o declínio mundial dos polinizadores (VAISSIÈRE et al., 2011), uma vez que as abelhas desempenham papel fundamental na polinização de grande parte das espécies de cerrado, sendo que a preservação destes himenópteros consiste num fator limitante para o equilíbrio e manutenção deste ecossistema (SILVA et al., 2010).

Esta crescente degradação e fragmentação de vegetações naturais modificam a paisagem original de duas maneiras, de acordo com Aizen e Feinsinger (1994): (i) fragmentos são descontínuos e apresentam área muito reduzida; (ii) inserem na paisagem o efeito de borda, alterando drasticamente as condições às quais a fauna e flora típicas de vegetação contínua estão adaptadas. Isto pode gerar muitos efeitos ecológicos e genéticos nas plantas, que acabam por afetar seus polinizadores, e com isso todo o ecossistema de uma região.

A conservação de abelhas nativas em áreas cultivadas tem sido proposta por muitos autores como medida fundamental para garantir os serviços de polinização de cultivos diversos (KREMEN et al., 2002b, 2004; KIM et al., 2006; KEITT, 2009). No entanto, são necessários estudos que melhor informem os proprietários de cultivos sobre as necessidades destas espécies em termos de construção de ninho e recursos alimentares, principalmente.

Diversos fatores devem ser levados em conta para um bom esclarecimento acerca do sucesso na polinização de uma cultura por abelhas nativas. A paisagem é um deles. Levando-se em conta a proporção área natural/área cultivada, assim como a que distância uma área está da outra, pode-se inferir algumas hipóteses acerca da dinâmica destes insetos. Realizando experimentos com plantações de melancia em diversos locais, Kremen et al. (2002b) observaram que a taxa de visitação de abelhas nestas flores, bem como a riqueza de espécies polinizadoras estavam relacionadas positivamente com a proximidade do plantio de ambientes naturais. Ao analisarem também o tipo de manejo de cada local (convencional ou orgânico), os autores concluíram que para aqueles que se localizavam perto de remanescentes naturais e não utilizavam pesticidas agrícolas, a população de insetos nativos já era suficiente para polinizar com sucesso todo o cultivo, sem depender do serviço prestado pela *A. mellifera*.

O manejo do solo e os recursos encontrados na área da plantação também devem receber atenção dos pesquisadores. Muitas abelhas que nidificam no chão podem sofrer pelas práticas de lavrar a terra, pois isso altera as suas condições preferenciais de nidificação e podem destruir ninhos já estabelecidos, os quais abrigam os insetos durante seu desenvolvimento larval (KIM et al., 2006).

Os agentes químicos também provocam mudanças na fauna de uma paisagem. Kearns et al. (1998) salientam ainda que os pesticidas são mais usados justamente nos cultivos onde se registram as maiores limitações de polinizadores. Além disso, uma abelha social forrageadora, em contato com substâncias venenosas, pode contaminar toda colméia, causando sua destruição. Herbicidas podem prejudicar os insetos diminuindo a disponibilidade de plantas que oferecem pólen e néctar a seus visitantes (KEVAN, 1975).

Sabe-se que quanto maior a área natural de uma paisagem, maior disponibilidade de alimento, substratos de nidificação e menor o consumo energético da fauna apícola, uma vez que os insetos não precisam se deslocar grandes distâncias em busca de fontes energéticas. Dessa forma, é muito útil e conveniente que um cultivo esteja englobado por vegetação nativa. Caso isso não seja possível,

existem outras possibilidades visando disponibilizar recursos para a fauna entomológica de uma região, que dizem respeito ao manejo de plantas ruderais.

As plantas consideradas daninhas pelo homem podem ser um grande entrave para o desenvolvimento da agropecuária (PITELLI, 1990). Tais espécies não são domesticadas, têm características pioneiras, encontram-se em ambientes altamente perturbados (mas produtivos), apresentam rápido ciclo de desenvolvimento, elevada alocação de recursos em favor do crescimento vegetativo e sempre foram alvos de controle pelo homem (PITELLI; DURIGAN, 2001). Por todas estas peculiaridades, as plantas ruderais, se não manejadas corretamente, podem competir com uma planta comercial e diminuir seu valor no mercado (VAN HEEMST, 1985; PITELLI, 1987).

Por outro lado, estas invasoras agrícolas podem ser de grande valia para propriedades que não apresentam área natural em seu entorno. Com a escolha de certas espécies e seu devido manejo perto das culturas, plantas ruderais podem aumentar a produtividade da lavoura fornecendo recursos alimentares para os polinizadores (McGREGOR, 2009; PATRICIO et al., 2005), visto que muitas espécies cultivadas e economicamente importantes para o homem não florescem ao longo de todo o ano, reduzindo drasticamente a oferta de pólen/néctar para a fauna polinizadora.

Portanto, conhecer a biologia floral e o sistema reprodutivo destas espécies vegetais é muito importante, tanto para que sejam manejadas corretamente quanto para subsidiar programas de melhoramento genético (KIILL; COSTA, 2003). Além disso, Lloyd e Barrett (1996) atestam que estudos envolvendo biologia floral estão sempre ligados e preocupados em analisar como as flores funcionam na promoção da polinização e reprodução, uma vez que existe uma forte conexão entre a evolução de mecanismos de polinização com os sistemas reprodutivos das plantas. Tal afirmativa se mostra extremamente válida em propostas de conservação e/ou implantação de espécies ruderais no entorno de campos de cultivo.

Com base em tais propostas, surge a necessidade de estudos com diversos táxons vegetais a fim de verificar seus potenciais, tanto de impacto como de chamariz de insetos polinizadores, especialmente abelhas. Com a observação dos

resultados obtidos, poderá assim ser aprovada ou não uma condição de espécie vantajosa para se ter perto de uma cultura. No presente trabalho foi feito um levantamento de dados da biologia floral e dos mecanismos de reprodução de *Solanum viarum* Dunal (Solanaceae), visando alocá-lo numa das categorias abordadas acima.

Esta espécie, também conhecida como juá, juá-bravo ou mata cavalo, é nativa do sul do Brasil, Paraguai e norte da Argentina; entretanto já pode ser encontrada em diversos estados dos Estados Unidos (MULLAHEY, 1996). Tal disseminação para a América do Norte, segundo os autores, seria por sementes aderidas aos calçados de viajantes ou que escaparam do cultivo manejado, uma vez que *S. viarum* tem potencial para a produção de compostos esteroidais a partir de uma substância encontrada em seus frutos, a solasodina (MOLA et al., 1997).

Facilmente encontrado em áreas bastante perturbadas, pastagens e bordas de florestas, o juá parece sempre ocorrer em associação com atividades antrópicas (MULLAHEY et al., 1993). Sua altura não passa dos dois metros, e apresenta espinhos pontiagudos em toda a parte vegetativa (caule, ramos e folhas). As sépalas das flores são brancas e o cone de anteras apresenta coloração variando do creme até o amarelo. Assim como a maioria das solanáceas, suas anteras têm deiscência poricida e as plantas produzem apenas pólen. O fruto não maduro tem a aparência similar ao de uma melancia com menores proporções, tornando-se amarelo quando maduro.

Nesta espécie é observada a distília, um polimorfismo floral controlado geneticamente que implica na formação de morfos com diferenças no comprimento dos estiletes e estames, na produção dos grãos de pólen e por possuírem, geralmente, um sistema de incompatibilidade heteromórfico, que consiste na formação de frutos e sementes ocorrendo somente entre flores de diferentes morfos (KOHN; BARRETT, 1992; TEIXEIRA; MACHADO, 2004). Para tanto, convencionase chamar flores que apresentam estiletes pequenos de brevistilas e estiletes maiores de longistila.

*S. viarum* apresenta um alto potencial de dispersão, pois o fruto é alimento para diferentes animais selvagens (as folhas são impalatáveis), e as sementes

continuam viáveis mesmo com a passagem pelo trato digestivo destes. Segundo Mullahey et al. (1993), cada planta produz de 40 mil a 50 mil sementes viáveis, das quais 75% germinam.

Em oposição aos dados apresentados, o juá pode ser utilizado como atrativo para diversas espécies de abelhas, principalmente aquelas capazes de vibrar a musculatura relacionada ao vôo, e que efetuam o chamado “buzz pollination” (BUCHMANN; HURLEY, 1978). Se manejado corretamente, portanto, *S. viarum* pode ajudar no aumento da produtividade de cultivos economicamente importantes, servindo como uma fonte complementar de alimento para a fauna apícola.

Uma das ferramentas mais confiáveis para se avaliar o potencial de espécies vegetais como atrativas para insetos é através da palinologia. Esta ciência, segundo Jones e Jones (2001), refere-se ao estudo de grãos de pólen produzidos por plantas que produzem sementes (angiospermas e gimnospermas) e esporos (pteridófitas, briófitas, algas e fungos).

Estudos com pólen não se resumem a apenas um objetivo, como citado acima. Existem trabalhos relacionados com alergia a grãos de pólen, trabalhos que procuram entender e determinar as rotas de migração de insetos, fontes alimentares de insetos, tipo e qualidade dos mais variados méis e própolis, estudos forenses e até relacionados a mudanças climáticas (JONES; JONES, 2001). Para os autores, existem diversas razões para se estudar o pólen. Entre elas, (i) os grãos são distintos, facilmente reconhecíveis e identificáveis até os níveis de família, gênero e em alguns casos, espécie; (ii) o grão de pólen é formado por esporopolenina, um componente durável e que não se degrada facilmente; (iii) através da identificação do grão, pode ser determinada a origem geográfica da planta que o produziu.

Retornando a seus diferentes usos, o estudo sobre alergia a grãos de pólen é muito importante atualmente, visto que aproximadamente 15% da população dos Estados Unidos apresentam algum tipo de alergia causada por partículas biológicas (O'ROURKE, 1996). Além disso, a palinologia forense já ajudou a concluir casos de assassinatos os quais não poderiam ser desvendados se não fosse pelo estudo de pólen (BRYANT; MILDENHALL, 1999 apud JONES; JONES, 2001). Estudos arqueológicos também utilizam muito a palinologia como ferramenta para explicar

diversos acontecimentos importantes ao longo da história do homem. Como exemplo, pode-se citar o trabalho de Iversen (1941), no qual através do exame de grãos de pólen coletados dentro de um pântano na Europa, foi possível datar o momento histórico da introdução da agricultura no norte do continente, além de conseguir fornecer dados acerca de quais espécies de plantas foram introduzidas e como grupos humanos pré-históricos alteraram o equilíbrio da vegetação natural através do desmatamento de florestas (BRYANT; HOLLOWAY, 1996 apud JONES; JONES, 2001).

A palinologia aplicada ao estudo de amostras de própolis e mel (melissopalínologia) representa atualmente uma importante área de conhecimento. Visto que a qualidade destes produtos é mensurada pela origem vegetal à qual são oriundas (BARTH et al., 1999), muitos pesquisadores e centros de pesquisa desenvolvem trabalhos relacionados a esta identificação do material polínico presente nas amostras de mel e própolis, cuja quantificação e qualificação determinarão o seu valor comercial.

Mais diretamente relacionado ao presente trabalho, e assim justificando-o, muitos estudos analisam aspectos da polinização de culturas (espécies vegetais importantes no consumo alimentar humano ou apenas na decoração de ambientes, como orquídeas) com a finalidade de determinar os polinizadores efetivos de plantas estudadas, quais tipos polínicos eles carregam e se alimentam, e quais os efeitos que eles têm sobre o rendimento e produção das culturas. Juntamente com isso, estudos de análise polínica constituem-se num arcabouço para o levantamento de dados sobre quais as melhores espécies ruderais que podem ser usadas efetivamente como um chamariz para abelhas silvestres (através de análises qualitativas e quantitativas), além de fornecer informações comportamentais destes insetos (busca por recursos) e como eles utilizam as fontes energéticas (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 1993).

## **2 - OBJETIVOS**

### **2.1 - Objetivos principais**

Este trabalho teve como objetivos principais fazer um levantamento dos principais polinizadores efetivos de juá-bravo (*Solanum viarum* Dunal) e analisar os tipos polínicos mais utilizados como fonte alimentar pelas mesmas. Dessa forma será avaliado o potencial de *S. viarum* como fonte de pólen para a fauna de abelhas nativas e seu papel na proposição de planos de manejo que visem a conservação deste grupo.

### **2.2 - Objetivos específicos**

- Descrever a biologia floral de *S. viarum*, englobando aspectos sobre sua morfologia, fenologia, receptividade estigmática, viabilidade polínica e seus modos de reprodução.



### **3 - MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 - Local de estudo**

Canteiros de *S. viarum* Dunal foram cultivados no Jardim Experimental da UNESP – campus Rio Claro, sem o uso de agrotóxicos ou pesticidas. O plantio consistiu de três canteiros com quatro metros cada, com um espaçamento de um metro entre eles.

O clima da área enquadra-se na categoria Tropical (Cwa na classificação zonal de Köpfer), com estação chuvosa ocorrendo predominantemente no período de outubro a março e a estação seca de abril a setembro, quando as chuvas são mais escassas.

#### **3.2 - Dados da biologia floral de *Solanum viarum***

Alguns dados acerca da biologia floral de *S. viarum* foram coletados no mês que antecedeu seu pico de floração, em setembro de 2008. Nesta parte do trabalho, foram mensurados o horário médio de antese da flor e de fechamento. Foi utilizado um número amostral de 20 flores para a visualização da antese, sendo que aquelas utilizadas para analisar seu horário de fechamento foram escolhidas ao acaso e apenas precisavam estar abertas ao longo do dia em que seria realizada essa medida.

Além disso, alguns dados importantes para o desenvolvimento do trabalho foram importados da pesquisa de Patrício (2007), tais quais, o período médio de vida das flores (em dias) e algumas características morfológicas da planta.

### **3.3 - Testes de receptividade de estigma e viabilidade de pólen**

Para a execução do teste de viabilidade do pólen, as anteras das flores de juá foram coletadas com o auxílio de uma pinça e raspadas sobre uma lâmina com estilete até que os grãos de pólen fossem retirados das tecas. Em seguida, corou-se o material com carmin acético a 45% (DAFNI, 1992) e passou-se esmalte incolor por toda a borda da lamínula, a fim de evitar a volatilização e conseqüente perda da substância química.

Os testes foram realizados ao longo de todo o período médio de duração da flor, sendo que nos estágios de botão floral, flor recém aberta, com 6h após antese, 24h após antese, 30h após antese, 48h após antese e 54h após antese eram recolhidos dez conjuntos de anteras de dez flores diferentes e então submetidos ao experimento. Anteras retiradas de botões também foram avaliadas.

A fim de testar a receptividade estigmática ao longo do tempo de duração da flor, estas foram retiradas das plantas e submetidas em contato com o corante Sudan IV (DAFNI, 1992). Em caso positivo para receptividade, o estigma seria corado.

Os testes, assim como os de viabilidade polínica, ocorreram nos mesmos intervalos de estágios da flor. Foram utilizadas 20 flores por intervalo, procurando sempre que possível avaliar 10 do tipo brevistila e 10 longistila.

### **3.4 – Testes de polinização**

Os testes de polinização foram executados no período de pico de florescimento dos indivíduos de *S. viarum*, em novembro e dezembro de 2008. Foram realizados 15 testes de autogamia (autopolinização), 15 de geitonogamia (teste com flores diferentes de um mesmo indivíduo) e 15 de xenogamia (teste com flores diferentes de indivíduos diferentes), sempre observando qual tipo de flor recebia o pólen (se brevistila ou longistila).

Para execução dos testes, primeiramente muitos botões ainda em desenvolvimento foram ensacados e todo dia analisados para estimar o dia em que

abririam. Com sua antese, as anteras da flor doadora eram retiradas do órgão reprodutivo e raspadas com estilete sobre uma placa de Petri até a soltura total dos grãos de pólen das tecas. Depois de escolhida a flor receptora daqueles grãos, ela era emasculada também, e com auxílio de um estilete de ponta fina, o pólen contido na placa de Petri era então passado sobre seu estigma. Logo depois da conclusão de um teste, o ramo da planta que continha a flor experimental era ensacado até a observação da produção ou não do fruto. Para cada teste realizado estiletos e placas de Petri eram lavados para evitar risco de contaminação por outros grãos de experimentos anteriores.

### **3.5 - Amostragem das abelhas**

As coletas de abelhas e do pólen advindo de suas escopas foram feitas nos meses de novembro e dezembro de 2008, ao longo do pico de floração de *Solanum viarum*. O horário de coleta iniciava-se às 07h00min e terminava às 18h00min, sendo que nos primeiros 20 minutos de cada hora era realizada a coleta direta das abelhas nas flores do juá, enquanto os 40 minutos restantes eram reservados apenas para observação de visitas. As abelhas foram coletadas quando em visita nas flores, com o auxílio de um puçá, e logo depois mortas com acetato de etila. Com a ajuda de um palito de dente, as escopas foram raspadas e a carga polínica retirada e armazenada em tubos de Eppendorf. Abelhas e amostras de pólen foram etiquetadas e depositadas em uma câmara fria, localizada no Laboratório Geral do Departamento de Ecologia – IB – UNESP Rio Claro. Os insetos foram alfinetados e identificados até a menor categoria taxonômica possível, enquanto as amostras de pólen foram submetidas ao tratamento da acetólise e posteriormente foram montadas lâminas de vidro a partir do material.

### **3.6 - Montagem das lâminas de pólen**

Neste trabalho foi utilizada a técnica da acetólise proposta por Erdtman (1960), segundo a qual os grãos de pólen passam por um tratamento químico para que, no fim do processo, percam todo seu material citoplasmático e conservem apenas a parede da exina, que apresenta ornamentações e caracterizações morfológicas que permitem sua identificação através da observação em um microscópio óptico.

Depois de quimicamente tratadas no CEIS – Centro de Estudos de Insetos Sociais do Instituto de Biociências da UNESP, as amostras foram depositadas sobre um pedaço de gelatina glicerinada, em cima de uma lâmina. Esta foi aquecida com a ajuda de uma lamparina até que a gelatina derretesse e se espalhasse homogeneamente sobre a superfície laminar, sendo coberta então com uma lamínula. Por fim, as lâminas foram viradas de cabeça para baixo para que os grãos se fixassem à parede da lamínula, possibilitando uma melhor observação ao microscópio.

### **3.7 - Identificação do material polínico**

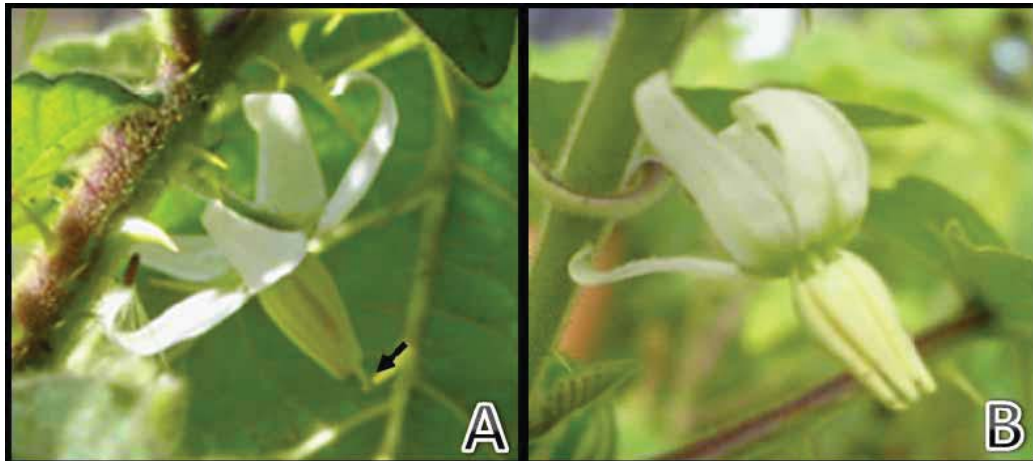
As lâminas com as amostras foram observadas em fotomicroscópio, com uma câmera fotográfica (modelo Kocom CDC) conectada a um computador. Foi utilizado o programa Motic Images Plus 2.0 para captar imagens dos grãos de pólen, as quais foram utilizadas na identificação do material. Foram contados, por lâmina, um total de 200 grãos sempre que possível.

A identificação do material polínico foi consumada na visita ao Laboratório de Palinocologia, vinculado ao Laboratório de Ecologia e Evolução de Abelhas e Vespas da FFCLRP-USP, ocorrida em junho de 2011, onde foi realizado um estágio com a Dra. Cláudia Inês da Silva, que contribuiu muito com essa parte do trabalho. Os grãos de pólen depositados na Palinoteca do Laboratório de Palinocologia também serviram como fonte comparativa nessa identificação.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Biologia floral de *Solanum viarum* Dunal

*S. viarum* é uma planta subarborescente, cujas folhas são alternadas, pecioladas e irregulares; o caule é ramificado, muito piloso e apresenta longos espinhos (ARANHA et al., 1982). As inflorescências são extra-folares; as flores são hermafroditas, pentâmeras, com corola de cor branca (LORENZI, 1991); As anteras encontram-se em número de cinco, amareladas, com deiscência poricida no ápice da estrutura, e distribuem-se de modo a formar um cone ao redor do estigma. Como dito na Introdução do presente trabalho, dois tipos de flores podem ser distintos: brevistilas e longistilas (Figura 1). Os frutos são do tipo baga, lisos e globosos, com coloração predominantemente esverdeada quando verde. Ao atingir a maturação completa, adquirem coloração amarela (LORENZI, 2000).



**Figura 1.** Tipos de flores de *S. viarum* Dun. **A.** Longistila (seta indica o estigma acima do nível do cone de anteras); **B.** Brevistila (abaixo do nível do cone de anteras). Foto de Gleiciani B. Patrício.

A Tabela 1 apresenta o horário de abertura das flores previamente marcadas para esse estudo. O número amostral inicial consistiu no ensacamento de 20 botões, porém até o período de suas respectivas anteses havia-se perdido três botões, portanto foi possível extrair dados de 17 marcações.

**Tabela 1.** Horários de abertura das flores de *S. viarum*.

Flor	Horário de abertura
Flor 1	07h00min
Flor 2	07h00min
Flor 3	07h30min
Flor 4	07h30min
Flor 5	09h30min
Flor 6	09h50min
Flor 7	10h15min
Flor 8	11h00min

Flor 9	11h30min
Flor 10	12h00min
Flor 11	12h00min
Flor 12	12h00min
Flor 13	12h00min
Flor 14	13h30min
Flor 15	13h30min
Flor 16	13h40min
Flor 17	13h50min

Nota-se claramente que não existe um padrão de abertura das flores de *S. viarum*. Esse processo foi observado no início da manhã (07h00min) e prolongou-se até o começo da tarde (13h50min). Bezerra e Machado (2003) também encontraram para *S. stramonifolium* um padrão extenso de antese. Embora muitas flores dessa espécie terem se aberto logo de manhã, às 05h00min, outras executaram esse processo com o decorrer do dia, até mesmo ao entardecer.

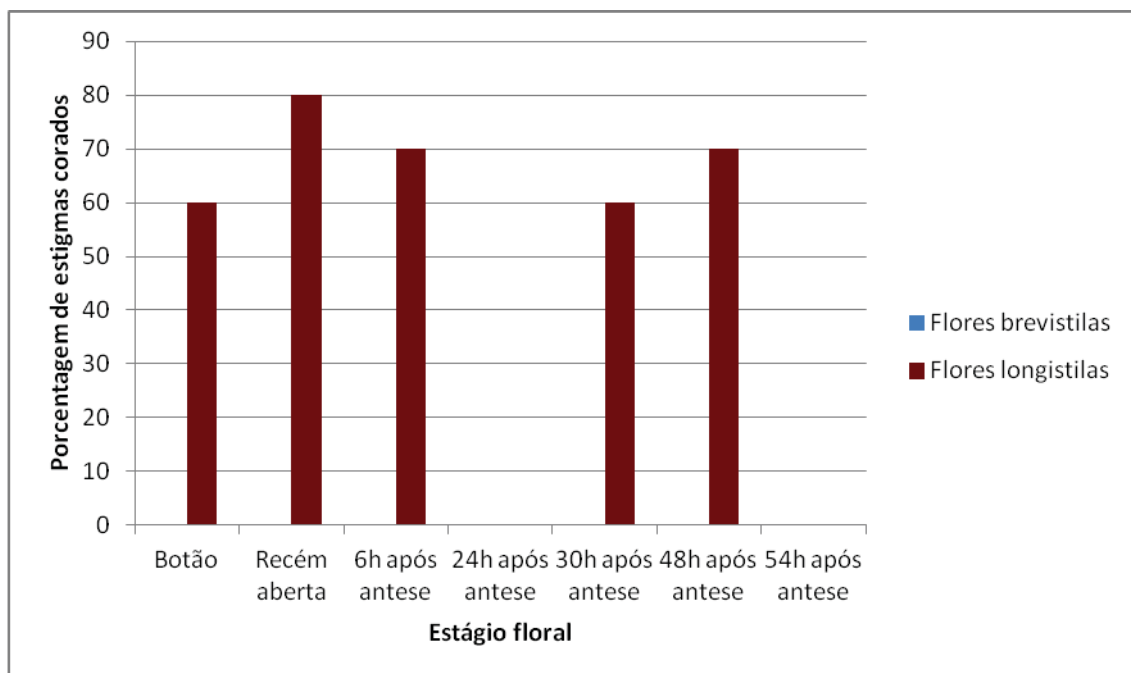
No fim de tarde, aproximadamente entre 17h30min e 18h00min, a corola começou a exibir um movimento de fechamento, de forma a englobar as anteras e bloquear sua comunicação com o ambiente externo. A flor voltou a apresentar uma morfologia parecida com a do botão, porém suas pétalas estavam mais frouxas e separadas uma das outras. Às 19h30min, praticamente todas as flores encontravam-se nessa conformação.

Os dados acerca do tempo de duração médio das flores foram importados do trabalho de Patricio (2007), que trabalhou com a mesma espécie. Tal estudo demonstrou uma longevidade de três dias para o órgão reprodutivo, e está em

conformidade com outras pesquisas envolvendo espécies do gênero *Solanum* (três dias para *S. aculeatissimum* em AVANZI; CAMPOS, 1997; um a dois dias para *S. lycocarpum* em OLIVEIRA-FILHO; OLIVEIRA, 1998; 36 a 48h para *S. stramonifolium* em BEZERRA; MACHADO, 2003).

#### 4.2 - Receptividade de estigma e viabilidade de pólen

As flores de juá aparentemente permaneceram com o estigma receptivo ao longo de todo o período em que foram avaliados, salvo algumas exceções que serão discutidas a seguir. Fora os períodos de 24h e 54h, todos os grupos de flores se constituíram de 10 brevistilas e 10 longistilas. Para flores de 24h, usou-se nos testes 13 brevistilas e sete longistilas; para de 54h, usou-se duas brevistilas e duas longistilas. A Figura 2 contabiliza os dados obtidos durante o experimento.



**Figura 2.** Receptividade de estigma de flores brevistilas e longistilas de *S. viarum*. Dados medidos em sete períodos diferentes do seu ciclo de vida.

Como pode ser observado na Figura 2, nenhum dos estigmas de flores brevistilas apresentaram resposta positiva ao corante. Essas, também chamadas de flores estaminadas, devem estar relacionadas a outras funções que não a formação de frutos. Wise e Cummins (2002), trabalhando com hipóteses sobre a formação de



frutos em *Solanum carolinense*, chegaram à conclusão que flores estaminadas estão ligadas a dois processos indiretamente vinculados à reprodução:

- (i) Atuam como atrativo visual para polinizadores, fato que pode acarretar um aumento da frequência de visitas destes insetos na planta e conseqüentemente levar a um maior sucesso na fertilização dos óvulos;
- (ii) Exercem a função de doadoras de pólen. Mesmo sem a capacidade de desenvolver frutos, uma flor pode aumentar o *fitness* da planta se seu pólen fertilizar óvulos de outros indivíduos.

Além destas duas conclusões, os autores do trabalho ainda sugerem que a produção de flores em excesso, acima da capacidade do indivíduo de realocar recursos e produzir frutos a partir de todas elas, está atrelada à hipótese do “ovário de reserva”. Tal idéia consiste no fato de que muitas flores são predadas por insetos e isso, juntamente com uma possível escassez de recursos para a planta, diminui o número de frutos formados. Porém, o excedente de flores compensaria o problema da herbivoria e ainda possibilitaria a formação de mais frutos em situações que a abundância de recursos para o vegetal seja significativa.

Com relação aos testes do presente trabalho, aqueles realizados com flores de 24h após a antese provavelmente sofreram algum problema durante a aplicação do corante. Vale ressaltar o extremo cuidado que se deve ter ao manipular as flores. Qualquer choque mecânico sofrido no ápice do estigma pode resultar em danos na estrutura e comprometer a análise dos dados. É muito provável que o lote inteiro de flores desse grupo tenha sofrido algum ferimento entre a hora de seu recolhimento das inflorescências até a aplicação do corante, pois tanto em estágios anteriores quanto em posteriores encontrou-se um resultado positivo para receptividade.

Nenhum estigma do período de 54h foi corado provavelmente pelo baixo número amostral. Apenas quatro flores puderam ser amostradas, duas brevistilas e duas longistilas. As demais marcadas sofreram abscisão, fato totalmente normal e esperado, visto que as flores desta espécie apresentam, como já visto anteriormente, uma longevidade de dois a três dias. A questão de duas amostras longistilas se mostrarem não receptivas pode ser aceitável, visto que esse número

está dentro do padrão encontrado nos demais grupos. Outra explicação para o fato é que neste estágio do desenvolvimento as flores perdem a capacidade de reprodução, uma vez que os estigmas tornam-se não receptivos.

Os testes de viabilidade polínica também geraram resultados positivos para todos os estágios do ciclo de vida da flor medidos (botão em fase de pré-antese, flor recém aberta, 6h após antese, 24h após antese, 30h após antese, 48h após antese e 54h após antese). Foram coletadas 20 flores para cada período, sendo 10 longistilas e 10 brevistilas, perfazendo um total de 140 lâminas analisadas. As conclusões obtidas neste experimento mostraram que os grãos não perderam sua viabilidade em estágio algum, sendo que a menor porcentagem de pólenes viáveis encontrada foi de 93%, valor este considerado muito expressivo.

Não houve diferenças quanto à viabilidade da carga polínica comparando flores brevistilas e longistilas. Como dito anteriormente, essas primeiras não produzem frutos, mas são tidas como doadoras de pólen (WISE; CUMMINS, 2002). Dessa forma, suas anteras e o pólen estocado nelas não são diferentes nem morfológicamente, nem funcionalmente das encontradas em flores longistilas.

### **4.3 - Testes de polinização**

Após os testes de viabilidade do pólen e receptividade do estigma, foram delineados os experimentos de polinização, nos quais foram utilizadas flores nos estágios mais receptivos – além de indispensável em estudos enfocando biologia floral de uma espécie, experimentos sobre viabilidade de pólen e receptividade de estigma nos auxiliam a julgar da maneira mais criteriosa e confiável possível o melhor estágio floral a ser usado na avaliação da formação de frutos.

Dessa maneira, para os testes de polinização foram utilizadas flores nos estágios de vida que exibiram um maior índice de viabilidade polínica e de receptividade estigmática. Assim, minimizou-se o erro experimental no momento da avaliação da formação dos frutos. Por exemplo, em caso negativo da formação do fruto, foram descartadas as hipóteses de inviabilidade do pólen e/ ou estigma não receptivo.

Tendo isso em mente e analisando os resultados dos testes de polinização, constatou-se que *Solanum viarum* é uma espécie auto-incompatível, pois não ocorreu o desenvolvimento de nenhum fruto, tanto no tratamento de autogamia quanto no de geitonogamia. A Tabela 2 apresenta todos os resultados advindos dos testes.

**Tabela 2.** Resultados dos testes de polinização envolvendo diferentes tratamentos para *S. viarum*.

Autogamia		Geitonogamia		Xenogamia	
Longistila	Brevistila	Longistila	Brevistila	Longistila	Brevistila
5	6	3	7	8	7
Frutos formados: zero		Frutos formados: zero		Frutos formados: 7	

Os testes iniciais começaram com n=15 para cada tratamento. Entretanto, como se observa na Tabela 2, o de autogamia apresenta dados de apenas 11 experimentos e o de geitonogamia apresenta dados de 10. Apenas para xenogamia esse número ficou idêntico. Tal disparidade nos dois primeiros tratamentos pode ser explicada por práticas de herbivoria. Quando caminhando entre os canteiros de juá e observando atentamente suas flores, era comum visualizar muitos insetos não só polinizando, mas também visitando os pés e flores dessa solanácea. Entre eles, muitas abelhas, lepidópteros que depositavam seus ovos sobre as folhas e coleópteros presentes nas flores e outras partes da planta.

Muita atenção deve ser dada aos pequenos besouros encontrados nos pés de juá. Estes insetos, pelo que se pôde notar, fazem uso da flor como local de abrigo nos períodos noturnos devido ao fato das pétalas se fecharem nessas horas, consistindo assim uma proteção interessante. Muitas vezes foi observado que algumas anteras mostravam sinais de apodrecimento (manchas pretas, diferentes das marcas deixadas por abelhas polinizadoras), sendo que em algumas faltavam partes delas. Olckers et al. (2002) levantaram uma lista de insetos herbívoros de três solanáceas na Argentina e Paraguai, inclusive *S. viarum*. Para esta espécie, foram identificados muitos coleópteros associados, que se alimentam de suas folhas e flores. Mais detalhes não foram apresentados, porém dados sobre herbivoria em juá

estão registrados na literatura (MEDAL et al., 1996; OLCKERS et al., 2002) e por isso é possível cogitar a hipótese de que a perda de informações e do número amostral de frutos desenvolvidos nos testes de polinização podem ser provenientes de práticas de herbivoria, realizada por insetos coleópteros.

A auto-incompatibilidade presente em espécies do gênero *Solanum* já foi observada em outros trabalhos (COLEMAN; COLEMAN, 1982 para *S. palinacanthum* Dunal; FORNI-MARTINS et al., 1998 para *S. paniculatum* L.; WISE; CUMMINS, 2002 para *S. carolinense* L.). Como visto, *S. viarum* parece também englobar esse conjunto de plantas.

O desenvolvimento de frutos nos testes ocorreu apenas para o tratamento da xenogamia. Das 15 polinizações manuais executadas, sete formaram frutos. Como se observa na Tabela 2, foram utilizadas oito flores longistilas e sete flores brevistilas como receptoras de pólen, e apenas as longistilas tiveram seus ovários fecundados e desenvolvidos (sete das oito amostras). Essas informações corroboram com os dados de Wise e Cummins (2002) quando se considera a funcionalidade restrita de flores brevistilas (doação de pólen e atração de polinizadores).

#### **4.4 - Amostragem das abelhas**

Durante o período de coleta de abelhas (novembro e dezembro), um total de 82 indivíduos foram amostrados e identificados até o menor nível taxonômico possível. Observou-se, neste estudo, a predominância de abelhas da família Halictidae, cuja maioria das espécies são solitárias, embora algumas tenham desenvolvido certos comportamentos sociais. Apresentam pequeno porte, coloração predominantemente metálica, e possuem hábito de nidificar em buracos no solo (EICKWORT; SAKAGAMI, 1979; EICKWORT et al., 1996; SOUCY, 2002). Uma segunda classe de abelhas amostradas pertencem ao gênero *Bombus* (família Apidae), conhecidas também como mamangavas. Apresentam um maior porte que os halictídeos, e têm coloração negra. *Bombus* spp. são sociais e formam colônias assim como *Apis mellifera*, porém com um número muito menor de indivíduos. O terceiro grupo de abelhas consistiu apenas de um exemplar, *Exomalopsis* sp. (família Apidae), considerada de pequeno porte, de hábito semisocial e que nidifica

em frestas de construções humanas e também no solo (MICHENER, 1966; SAKAGAMI; LAROCCA, 1988).

A comparação desses visitantes com outros trabalhos envolvendo coleta de insetos em solanáceas diferentes apresentou algumas disparidades. Silva et al. (2004), trabalhando com *S. stramonifolium* Jacq., identificaram seus principais polinizadores como sendo abelhas sem ferrão (*Melipona* spp. e *Trigona* sp.) e uma espécie de *Eulaema*. Não houve registros de *Bombus* e nem de halictídeos retirando recursos dessa planta. Por outro lado, Forni-Martins et al. (1998) atestaram que os polinizadores mais efetivos de *S. paniculatum* L. foram *Oxaea flavescens*, *Bombus morio*, *Xylocopa frontalis* e duas espécies de *Augochloropsis* (Halictidae), observação que se aproxima dos dados obtidos nesse estudo com *S. viarum*. Por fim, Carvalho et al. (2001) encontraram para *S. palinacanthum* Dunal uma alta diversidade de polinizadores, entre eles *Bombus* spp. e três espécies de halictídeos. Em nenhum dos trabalhos de comparação os autores observaram a presença do gênero *Exomalopsis* visitando as solanáceas descritas.

Algumas abelhas foram identificadas até o nível específico (e.g. *Bombus (Fervidobombus) pauloensis* Friese, *Bombus (Fervidobombus) morio* Swederus, *Augochlorella ephyra* Schorottky). Para outras, no entanto, foi possível chegar até o nível de gênero (e.g. *Bombus* sp., *Augochloropsis* sp.) ou mesmo até família (e.g. Halictidae). Para as análises envolvendo a amplitude de dieta desses indivíduos e visando obter uma melhor interpretação dos resultados, convencionou-se criar três diferentes grupos para alocar todos os táxons coletados, agrupando em cada um insetos mais relacionados e próximos: *Bombus* spp., Halictidae e *Exomalopsis* sp. (Tabela 3).

**Tabela 3.** Categorização e número de indivíduos alocados em cada um dos três grupos de abelhas coletadas nas flores de *Solanum viarum*.

<i>Bombus</i> spp.	Halictidae	<i>Exomalopsis</i> sp.
11 indivíduos	70 indivíduos	1 indivíduo

A área do entorno do cultivo de juá, tanto dentro quanto fora do Jardim Experimental, não é cimentada nem asfaltada, exceto pela rua que leva à entrada do

Jardim. Dessa forma, o solo encontra-se exposto ou com vegetação em crescimento, em algumas partes tomadas de gramíneas rasteiras e algumas plantas ruderais esparsas. A vegetação de dentro do Jardim é composta de muitas árvores altas (pinheiros, eucalipto) no fundo do local e de espécies arbustivas, muito floridas, utilizadas pelo Departamento de Botânica em suas aulas, situadas na entrada do mesmo.

As abelhas da família Halictidae foram as mais amostradas no estudo (n=70), pois não existem problemas relacionados quanto a substratos para sua nidificação, visto que muitas espécies dessa família nidificam em cavidades no solo (EICKWORT; SAKAGAMI, 1979; EICKWORT et al., 1996; SOUCY, 2002) ou em madeira morta (EICKWORT; SAKAGAMI, 1979). Provavelmente a grande extensão de gramíneas crescendo logo atrás do Jardim Experimental e bem próxima aos canteiros de juá contenha a maioria dos ninhos destas abelhas. Seu hábito de construir agregados de ninhos, todos uns perto dos outros, e de exibir alguns comportamentos sociais (SOUCY, 2002) também pode ter favorecido a grande taxa de visita encontrada nas coletas.

Os indivíduos de *Bombus* spp. foram amostrados em menor número (n=11), talvez pelo fato da localização de seus ninhos estar relativamente longe da área dos canteiros, embora a paisagem local seja condizente com os requerimentos de nidificação desse grupo de abelhas, que os constrói em buracos subterrâneos ou próximos da superfície do solo, em densas vegetações ou amontoados de grama (KNIGHT et al., 2005). Entretanto, o maior raio de vôo destas abelhas pode ter contribuído nas observações e amostragens de alguns indivíduos que se deslocaram a uma maior distância, vindo a encontrar os canteiros de juá (WALTHER-HELLWIG; FRANKL, 2000; GATHMANN; TSCHARNTKE, 2002). Apesar de um baixo número relativo destas abelhas, no intervalo entre as coletas, principalmente no período da manhã, muitos exemplares deste gênero foram avistados coletando pólen das flores de *Solanum viarum*.

Um fato interessante e também intrigante observado nos resultados foi o baixo número de abelhas do gênero *Exomalopsis* (n=1). Visto que tais abelhas, assim como as da família Halictidae, nidificam no solo (MICHENER, 1966; SAKAGAMI; LAROCCA, 1988), era de se esperar uma amostragem maior que a

observada realmente. Além disso, este grupo de insetos é semisocial e muitos espécimes apresentam o comportamento de se agregar (MICHENER, 1966; SAKAGAMI; LAROCCA, 1988), fato que aumentaria mais ainda a probabilidade de se encontrar vários indivíduos do gênero visitando o cultivo, e não apenas um. Uma possível hipótese que pode explicar esse resultado encontra-se na grande diversidade de plantas em flor presentes no jardim experimental, as quais seriam mais atraentes para as espécies de abelhas desse gênero.

O horário de pico de visitação das abelhas se estendeu por todo o período da manhã, o qual a incidência solar e a temperatura ambiente são relativamente baixas. Observou-se uma diminuição progressiva das visitas com a passagem das horas. Com o fim do dia, perto do por do sol, algumas abelhas foram visualizadas novamente, mas com número de visitas reduzido em comparação com os vistos pela manhã. (Tabela 4).

**Tabela 4.** Datas e horários das visitas e coletas de abelhas realizadas nas flores de *S. viarum*.

Data de coleta	Horário	Indivíduos coletados
11/12/2008	7:20 – 7:40	1 <i>Bombus</i> sp. 2 Halictidae
	8:40 – 9:20	7 Halictidae
	10:00 – 10:20	5 Halictidae
	11:00 – 11:20	1 <i>Bombus</i> sp. 2 Halictidae
	12:00 – 12:20	2 Halictidae 1 <i>Bombus</i> sp.
	13:00 – 13:20	1 Halictidae 1 <i>Exomalopsis</i> sp. 1 <i>Bombus</i> sp.
	14:00 – 14:20	-----
	15:00 – 15:20	1 Halictidae
	16:00 – 16:20 (garoa/chuva) Fim da coleta	-----
	13/12/2008	7:00 – 7:20
8:00 – 8:20		1 Halictidae 1 <i>Bombus</i> sp.
9:00 – 9:20		1 Halictidae
10:00 – 10:20		2 Halictidae 1 <i>Bombus</i> sp.
11:00 – 11:20		3 Halictidae
13:00 – 13:20		2 Halictidae
14:00 – 14:20		2 Halictidae

	15:00 – 15:20	1 Halictidae
	16:00 – 16:20	1 Halictidae
	17:00 – 17:20	-----
	18:00 – 18:20	-----
14/12/2008	7:00 – 7:20	1 <i>Bombus</i> sp.
	8:00 – 8:20	-----
	9:00 – 9:20	2 Halictidae
	10:00 – 10:20	2 Halictidae
	11:00 – 11:20	1 Halictidae
	14:00 – 14:20	2 Halictidae
	15:00 – 15:20	-----
	16:00 – 16:20	-----
	17:00 – 17:20	-----
15/12/2008	7:00 – 7:20	1 <i>Bombus</i> sp.
	8:00 – 8:20	-----
	9:00 – 9:20	2 Halictidae
	10:00 – 10:20	1 Halictidae
	11:00 – 11:20	1 Halictidae
	12:00 – 12:20	2 Halictidae
	13:00 – 13:20 (chuva) Fim da coleta	-----
17/12/2008	7:00 – 7:20	-----
	8:00 – 8:20	-----
	9:00 – 9:20	1 Halictidae 1 <i>Bombus</i> sp.
	10:00 – 10:20	1 Halictidae
	11:00 – 11:20	2 Halictidae 1 <i>Bombus</i> sp.
	12:00 – 12:20	3 Halictidae
	13:00 – 13:20	2 Halictidae
	14:00 – 14:20	2 Halictidae
	15:00 – 15:20	1 Halictidae
	16:00 – 16:20	-----
	17:00 – 17:20	-----
	18:00 – 18:20	-----
18/12/2008	7:00 – 7:20	-----
	8:00 – 8:20	1 Halictidae
	9:00 – 9:20	1 Halictidae
	10:00 – 10:20	2 Halictidae
	11:00 – 11:20	2 Halictidae
	12:00 – 12:20	2 Halictidae
	13:00 - 13:20	2 Halictidae
	14:00 – 14:20	1 Halictidae
	15:00 – 15:20	1 Halictidae



	16:00 – 16:20	-----
	17:00 – 17:20	-----

Levando-se em consideração os grupos de abelhas propostos neste trabalho, pode-se afirmar que houve uma sobreposição do período de visitação para todas elas, e que nenhuma apresentou um padrão fixo de horário de visitas. Principalmente nas primeiras horas da manhã foi possível observar muitas espécies de abelhas coletando pólen das flores de *S. viarum*, indicando uma preferência geral em forragear enquanto a temperatura e incidência solar estão mais amenas.

#### 4.5 - Identificação do material polínico

As figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8 denotam a relação de cada grupo de abelhas com seus respectivos hábitos e preferências na coleta de material obtida com a análise das lâminas. A Tabela 5 agrupa todos os dados colhidos neste experimento.

**Tabela 5.** Relação de cada grupo de abelhas com os principais tipos polínicos encontrados na análise das lâminas.

Tipos polínicos	Abelhas/ N (% de tipos polínicos)		
	<i>Bombus</i> spp.	<i>Exomalopsis</i> sp.	Halictidae
<i>Solanum viarum</i>	1172 (65%)	199 (99,5%)	6779 (93,7%)
Tipo <i>Pinus</i>			3 (0,04%)
Tipo <i>Senna</i>	2 (0,11%)		
Tipo <i>Tibouchina</i>	31 (1,72%)		
Tipo <i>Vochysia</i>	4 (0,22%)		1 (0,01%)
Asteraceae	134 (7,4%)		35 (0,5%)
Commelinaceae			2 (0,02%)
Fabaceae	1 (0,05%)		17 (0,2%)
Malpigiaceae			11 (0,1%)
Malvaceae			1 (0,01%)
Myrtaceae	460 (25,5%)		212 (2,9%)

Poaceae			168 (2,3%)
Não identificado		1 (0,5%)	
Total grãos de pólen	1804 (100%)	200 (100%)	7229 (100%)

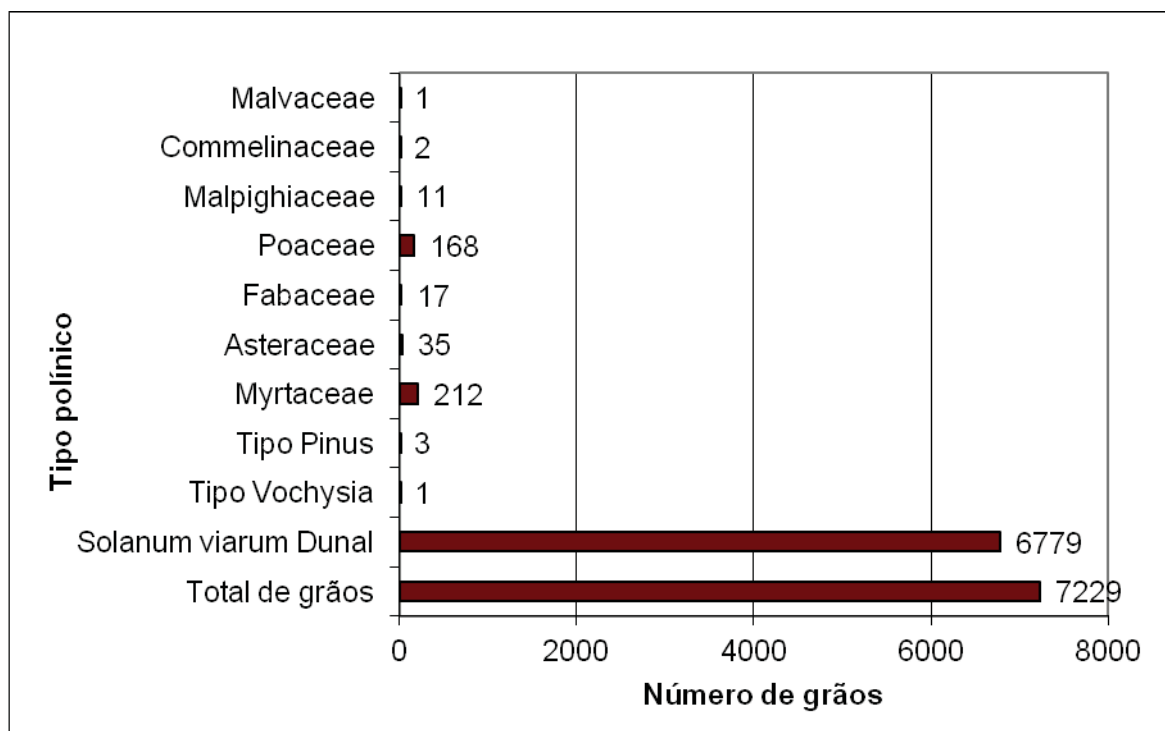
Reconhecer a maioria do grãos e identificá-los até o nível específico tornou-se inviável neste estudo. No momento da preparação da gelatina glicerinada (técnica da acetólise), foi incluída certa quantidade de fucsina, um corante que ajuda na distinção e melhora a visualização do material polínico. Entretanto, grande parte desse composto se fixa nas ornamentações do pólen (depressões, espinhos, cavidades entre outras), e são justamente elas que fornecem as principais características taxonômicas necessárias para diferenciar uma espécie de outra. Com a adesão da fucsina sobre as ornamentações, tornou-se muito difícil a sua observação no microscópio óptico, e com isso a identificação específica do material ficou inviabilizada. Mesmo assim, foi possível reconhecer alguns grãos até o nível de gênero – nomeados aqui com a palavra “Tipo” antecedendo tal categoria taxonômica. Os termos “Tipo”, “Grupo” e “Forma” na frente de um gênero, por exemplo, são utilizados quando o pólen é tido como idêntico ou muito similar à categoria taxonômica referida (LOUVEAUX et al., 1978).

A contagem das lâminas não totalizou 200 grãos amostrados para cada uma; em muitas obteve-se este número, porém outras apresentaram uma escassez de material, pobres em diversidade e quantidade. Além disso, sete lâminas não exibiram nenhum tipo de grão aparente. Muito provavelmente as abelhas referentes a tais amostras deficitárias foram coletadas logo em suas primeiras visitas (no dia ou logo após estocarem o recurso nos ninhos e voltarem a forragear), e portanto não houve tempo de carregar totalmente suas escopas. Cada tipo polínico foi enquadrado numa das quatro classes de frequência propostos por Louveaux et al. (1978), de acordo com a quantidade amostrada:

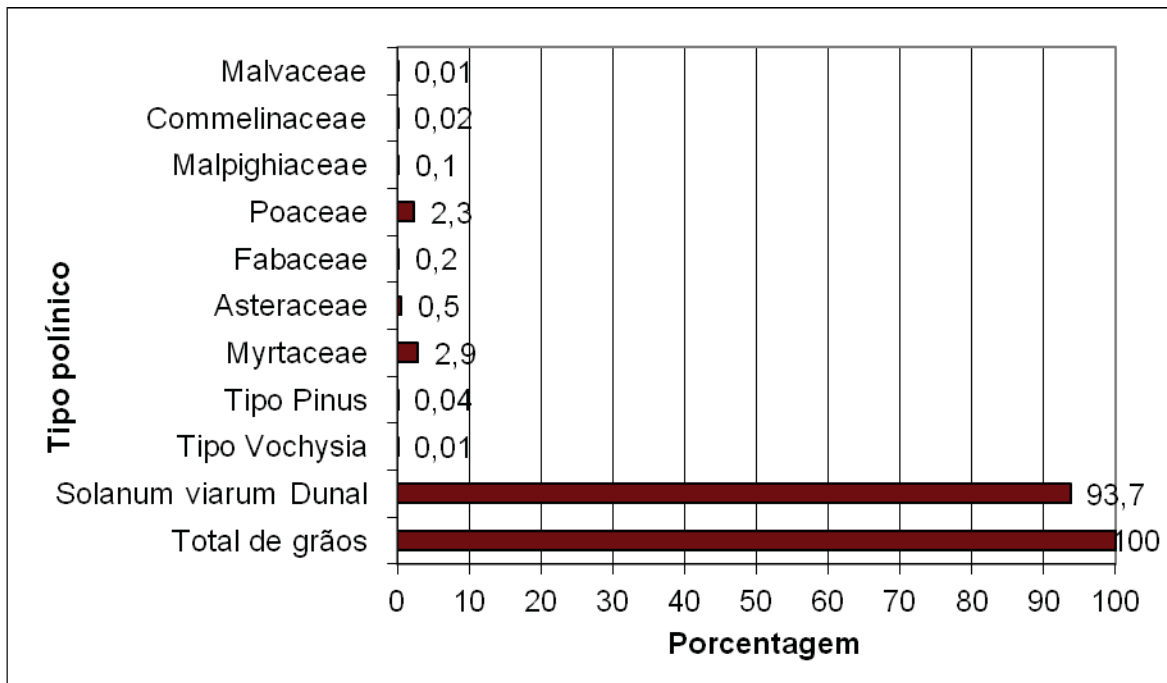
- (i) “Muito frequente”, para grãos representando mais de 45% do total;
- (ii) “Frequente”, para grãos representando de 16-45% do total;

- (iii) “Raro”, para grãos representando de 3-15% do total;
- (iv) “Esporádico”, para grãos representando menos de 3% do total.

As abelhas da família Halictidae foram as mais amostradas, e com isso foi possível analisar um número maior de grãos. Com base nas figuras 3 e 4, observa-se uma predominância significativa de grãos de *S. viarum*, a espécie estudada em questão. Do total de 7229 grãos contados, 6779 (93,7%) pertenciam a esta planta. O fato da coleta de abelhas estar sendo feita nas flores de juá é uma causa da grande presença na análise; contribuem para isso também o desenvolvimento do trabalho no período de pico da floração, estágio do ciclo de vida da planta na qual existe um número máximo de flores, quase todas abertas, envolvidas na atração de polinizadores para coleta de pólen, e a agregação de vários indivíduos, plantados em canteiros muito próximos, um do lado do outro, que facilita a visita das abelhas.



**Figura 3.** Tipos polínicos e os valores referentes a cada um, expressos em números de grãos contados, obtidos para abelhas da família Halictidae.



**Figura 4.** Valores percentuais da importância relativa de cada tipo polínico na dieta de abelhas da família Halictidae.

Além deste morfo polínico, foram encontrados, em ordem decrescente quanto à quantidade de grãos, pólenes de Myrtaceae (2,9%), Poaceae (2,3%), Asteraceae (0,5%), Fabaceae (0,2%), Malpighiaceae (0,1%), Tipo *Pinus* (0,04%), Commelinaceae (0,02%), e Tipo *Vochysia* e Malvaceae (0,01% cada). De acordo com a classificação de Louveaux et al. (1978), obteve-se que:

- *Solanum viarum* consistiu em grãos de pólen “muito frequente”;
- Os demais grupos consistiram de grãos “esporádicos”

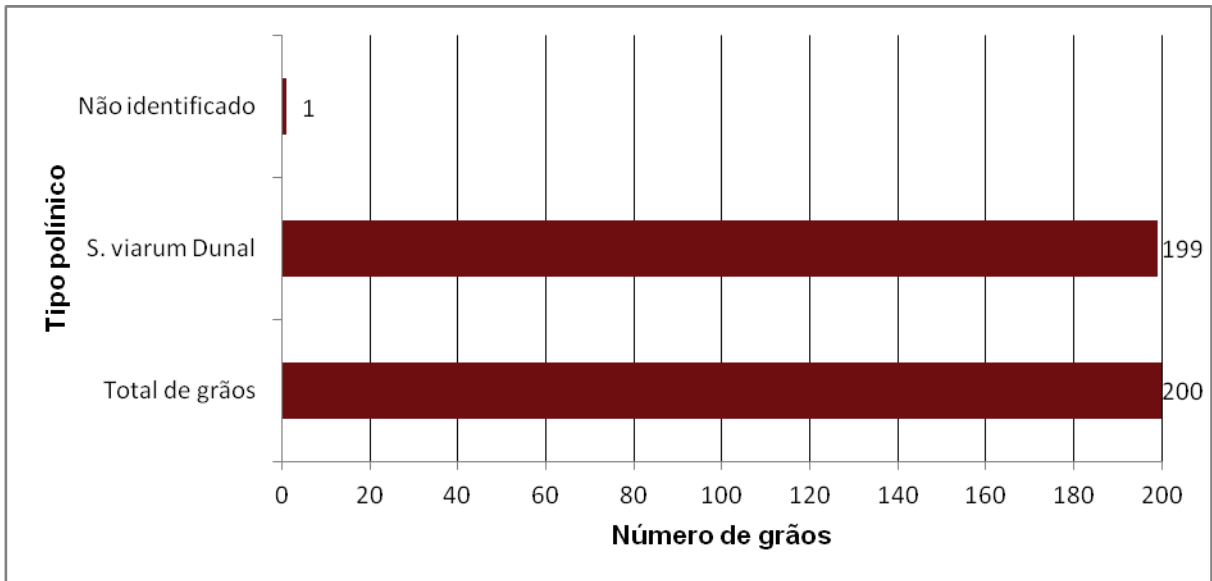
Com estas informações, pode-se dizer que as abelhas da família Halictidae mostraram considerável dependência do pólen da solanácea, e materiais advindos de outras plantas não exibiram importância significativa em sua alimentação. Com base na literatura, espécies amostradas com menos de 1% do total de pólen podem apontar um sinal de contaminação do material (POLIDORI, 2009).

Entretanto, muitos autores atestam que os halictídeos comportam-se como oportunistas e poliléticos (KNERER, 1992; POLIDORI, 2009). Essa diferença pode

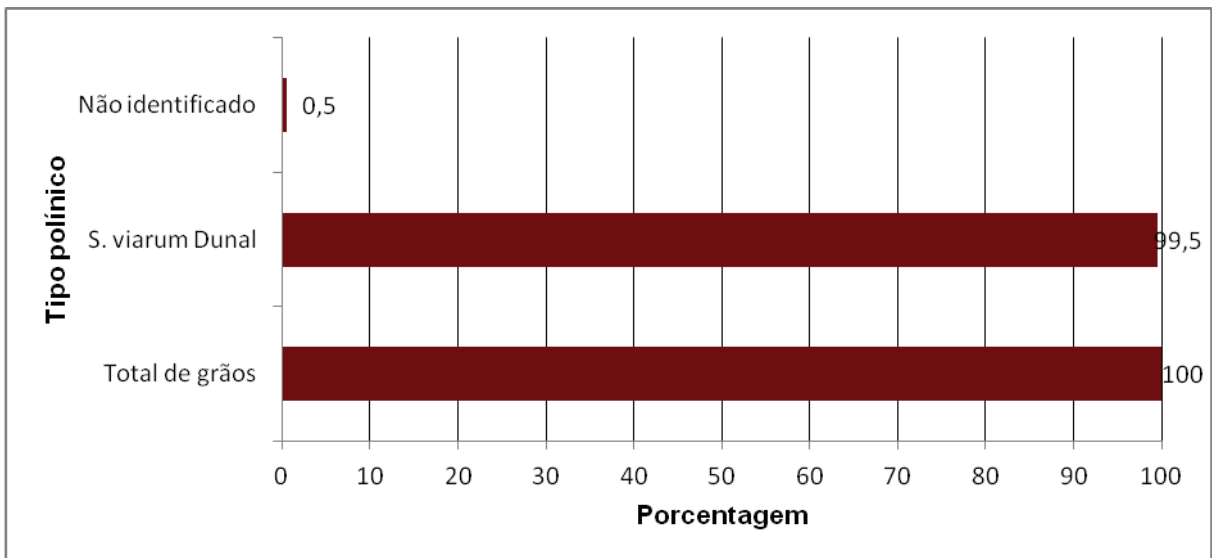
ser causada pelo período de ocorrência do estudo. Segundo Polidori (2009), cujo trabalho englobou análises do pólen de *Lasioglossum malachurum* ao longo de cinco meses do ano, a riqueza e diversidade do material proveniente dessas abelhas foram muito variáveis, dependentes da época de florescimento das plantas situadas na área. Embora muitas espécies vegetais fossem encontradas no exame polínico, foi notado que poucas detinham uma importância efetiva na dieta dos insetos polinizadores. Michener e Wille (1961), Dolphin (1966), Knerer (1992) e Lopatin e Tregub (2004) observaram o mesmo fato para diferentes espécies de halictídeos.

A partir dessas considerações, duas diferentes argumentações com relação aos resultados obtidos nesse estudo são pertinentes. Primeiro, a carga de pólen com participação menor de 1% do total foi um contaminante e a baixa diversidade de espécies significativas na dieta das abelhas refletiu um período no qual poucas plantas estavam florescendo. Sob outro olhar, é possível dizer que não houve contaminação do material e os dados apresentados aqui corroboram com a observação dos demais trabalhos citados, de que a família Halictidae compreende espécies que forrageiam em uma alta gama de plantas, porém apenas algumas dessas constituem a maior parcela de sua alimentação, que seria o caso observado nesse trabalho.

Uma análise mais aprofundada acerca da amplitude de dieta para o grupo *Exomalopsis* não foi possível de ser executada, dada a existência de dados de apenas um indivíduo deste gênero (Figuras 5 e 6). Mesmo assim, observou-se um resultado semelhante ao explicitado pelo grupo dos halictídeos, tendo o pólen de *S. viarum* como o mais abundante na amostra (199 grãos ou 99,5% do total). Para esse grupo, o pólen do juá foi considerado como “muito frequente”, e o não identificado como “esporádico”.



**Figura 5.** Tipos polínicos e os valores referentes a cada um, expressos em números de grãos contados, obtidos para uma abelha do gênero *Exomalopsis*.



**Figura 6.** Valores percentuais da importância relativa de cada tipo polínico na dieta da abelha do gênero *Exomalopsis*.

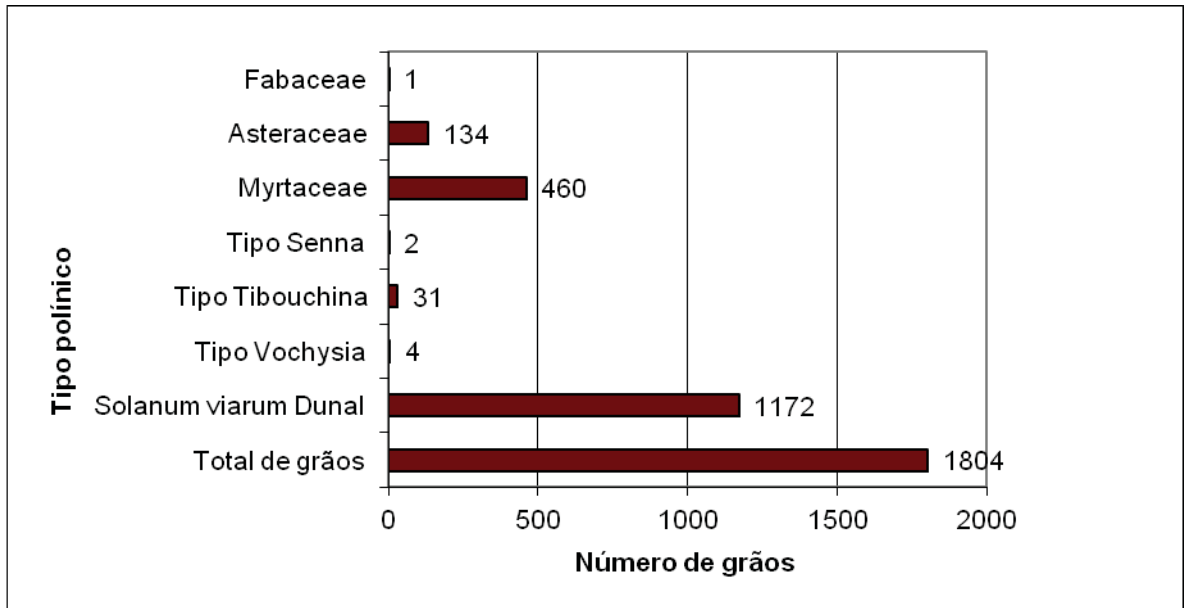
O grupo das abelhas do gênero *Bombus* consistiu naquele que se mostrou com o maior número de grãos/lâmina. Das 11 amostras montadas em laboratório, oito apresentaram 200 grãos. Isso pode ter ocorrido pelo fato de seu porte corporal ser bem maior que as demais abelhas estudadas, e portanto poderem carregar mais

pólen em suas escopas, acarretando na diminuição do número de voltas até o ninho para estocar os recursos obtidos por elas.

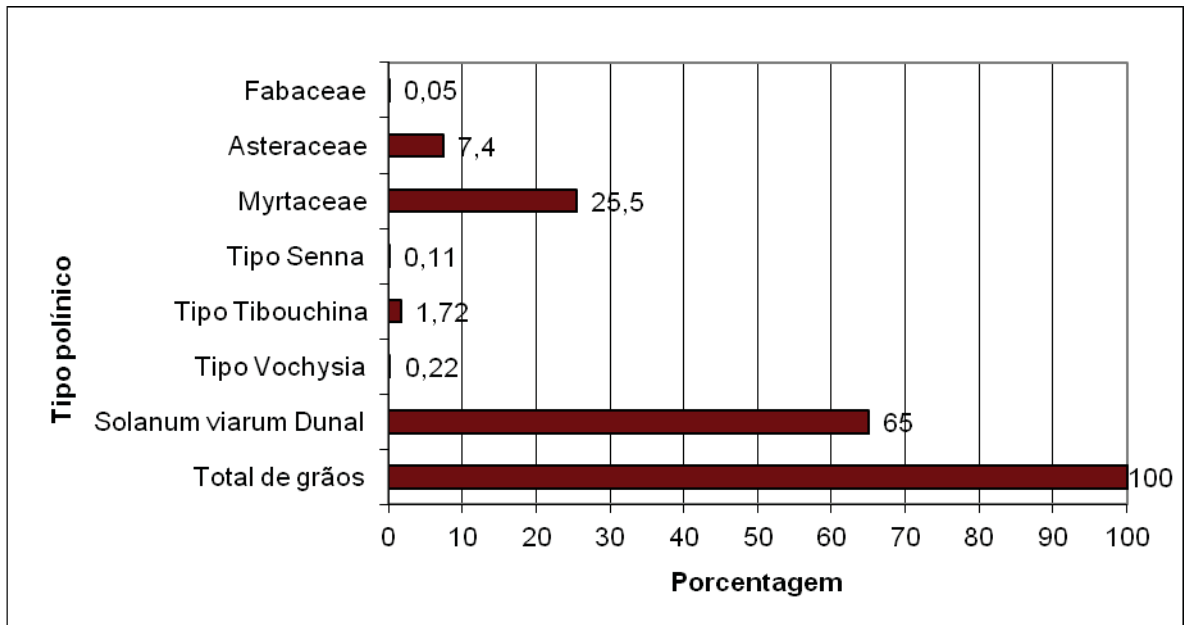
Mais uma vez o pólen de *S. viarum* predominou sobre os outros grupos. Do total de 1804 grãos contados, 1172 (65%) pertenciam a essa espécie (Figura 7). Diferentemente dos indivíduos da família Halictidae, cujos táxons vegetais coletados por eles (exceto o próprio juá) foram amostrados com valores ínfimos, *Bombus* spp. parecem alimentar sua prole de uma forma mais variada. A família Myrtaceae aparece com 25,5% de todos os recursos coletados por tais insetos, e logo após a família Asteraceae, com 7,4%. Em seguida tem-se Tipo *Tibouchina* (1,72%), Tipo *Vochysia* (0,22%), Tipo *Senna* (0,11%) e a família Fabaceae (0,05%) (Figura 8). Com relação às classes de frequência:

- “Muito frequente”: *Solanum viarum*
- “Frequente”: família Myrtaceae
- “Raro”: família Asteraceae
- “Esporádico”: Tipo *Tibouchina*, Tipo *Vochysia*, Tipo *Senna* e família Fabaceae

A própria presença dessas quatro divisões na dieta de tais abelhas já denota uma estratégia de forrageamento diferente dos demais apóideos. O fato do raio de vôo de *Bombus* spp. ser maior que a das outras espécies de menor porte pode explicar essa diferença entre os grupos (OSBORNE et al., 1999; GATHMANN; TSCHARNTKE, 2002). Um deslocamento maior permite um forrageamento em maiores áreas dentro das mais variadas paisagens. Portanto, é totalmente cabível que abelhas de maior porte visitem uma diversidade maior de flores, que se reflete numa variedade maior de grãos encontrados nas lâminas.



**Figura 7.** Tipos polínicos e os valores referentes a cada um, expressos em números de grãos contados, obtidos para abelhas do gênero *Bombus*.



**Figura 8.** Valores percentuais da importância relativa de cada tipo polínico na dieta de abelhas do gênero *Bombus*.



## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos na análise da dieta dos visitantes florais de *Solanum viarum* Dunal, pode-se concluir que os grupos aos quais foram incluídos todas as abelhas coletadas ao longo do experimento não expressaram uma diferença significativa na alimentação. Todas apresentaram uma forte dependência do pólen dessa solanácea, restringindo muito seus hábitos alimentares. Outros tipos polínicos foram amostrados, porém com menor relevância.

*S. viarum* é uma espécie ruderal, auto-incompatível e se adapta bem em ambientes antrópicos e degradados. Expressa sua importância na alimentação das abelhas que realizam a polinização por vibração, sugere-se o plantio controlado dessa planta ao longo das bordas de cultivos como forma de atrair polinizadores ao local e garantir recursos a estes em épocas nas quais as culturas agrícolas não se encontram na fase de florescimento. Porém, mais estudos são necessários, para eliminar a hipótese de competição por polinizadores dessa espécie com plantas cultivadas.

Além disso, o plantio e manejo de *S. viarum* devem ser controlados, pois suas características como espécie ruderal podem representar certo risco ao cultivo, visto que ela tem alto potencial de propagação. Não há informações acerca de danos diretos causados por tal espécie, mas para outras solanáceas existem dados (FERREIRA et al., 2002) que relacionam a presença dessas plantas daninhas

(nesse estudo, com *S. americanum* e *S. sisymbriifolium*) com a perda de produção de cultivos de arroz no estado de Goiás, Centro Oeste do Brasil. Com os devidos cuidados e práticas de manejo adequadas, entretanto, *S. viarum* apresenta-se como excelente atrativo para abelhas vibradoras e uma opção segura como fonte de pólen.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. **Ecology**, v.75, n.2, p.330-351. 1994.
- ARANHA, C.; BACCHI, O.; LEITÃO FILHO, H. F. **Plantas invasoras de culturas**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, v.2, 1982. 597 p.
- AVANZI, M. R.; CAMPOS, M. J. O. Estrutura de guildas de polinização de *Solanum aculeatissimum* Jacq. e *S. variabile* Mart. (Solanaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, RJ, v. 57, n. 2, p. 247-256. 1997.
- BARTH, O. M.; DUTRA, V. M. L.; JUSTO, R. L. Análise polínica de algumas amostras de própolis do Brasil meridional. **Ciência Rural**, v.29, n.4, p. 663-667. 1999.
- BECKER, P.; MOURE, J. S.; PERALTA, F. J. A. More about Euglossinae bees in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, v.23, p. 586-591. 1991.
- BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) em remanescente de Mata Atlântica, Pernambuco. **Acta Bot. Bras.**, v.17, n.2, p. 247-257. 2003.
- BRYANT JR., V. M.; HOLLOWAY, R. G. **Archaeological palynology**, p. 913-917. In JANSONIUS, J.; MCGREGOR, D. C. (eds.) **Palynology: principles and applications**. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, TX. 1996. 1330p.
- BRYANT Jr., V.M.; MILDENHALL, D.C. **Crime and Clues: Forensic Palynology: A new way to catch crooks**. Disponível em: <http://www.crimeandclues.com/pollen.htm>. 1999

- BUCHMANN, S. L.; HURLEY, J. P. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. **Journal of Theoretical Biology**, v.72, n.4, p.639-657. 1978.
- BUCHMANN, S. L.; NABHAN, G. P. **The Forgotten pollinators**. Island Press. 1997. 312 p.
- CANE, J. H. Pollination potential of the bee *Osmia aglaia* for cultivated red raspberries and blackberries (*Rubus*: Rosaceae). **Hortscience**, v.40, p. 1705-1708. 2005.
- CARVALHO, C. A. L.; MARQUES, O. M.; VIDAL, C. A.; NEVES, A. M. S. Comportamento forrageiro de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em flores de *Solanum palinacanthum* Dunal (Solanaceae). **Revista Brasileira de Zociências**, v.3, n.1, p. 35-44. 2001.
- COLEMAN, J. R.; COLEMAN, M. A. Reproductive biology of an andromonoecious *Solanum* (*S. palinacanthum* Dunal). **Biotropica**, v.14, n. 1, p. 69-75. 1982.
- CORBET, S. A.; WILLIMAS, I. H.; OSBORNE, J. L. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community. **Apiacta**, v.4. 1992.
- DAFNI, A. **Pollination ecology. A practical approach**. Oxford University Press, New York. 1992. 250p.
- DIDHAM, R. K.; GHAZOUL, J.; STORK, N. E.; DAVIS, A. J. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology and Evolution**, v.11, p. 255-260. 1996.
- DOLPHIN, R. E. **The ecological life history of *Halictus (Seladonia) confusus* Smith (Hymenoptera, Halictidae)**. Ph.D. dissertation, Purdue University. 1966.
- DONALDSON, J.; NANNI, I.; ZACHARIADES, C.; KEMPER, J.; THOMPSON, J. D. Effects of habitat fragmentation on pollinator diversity and plant reproductive success in renosterveld shrub-lands of South Africa. **Conservation Biology**, v.16, p. 1267-1276. 2002.
- ECKERT, J. E. The flight range of the honeybee. **Journal Agric. Res.** V.47, p. 257-285. 1933.
- EICKWORT, G. C.; SAKAGAMI, S. F. A classification of nest architecture of bees in the tribe Augochlorini (Hymenoptera: Halictidae, Halictinae), with description of a Brazilian nest of *Rhinocorynura inflaticeps*. **Biotropica**, v.11, n.1, p. 28-37. 1979.
- EICKWORT, G. C.; EICKWORT, J. M.; GORDON, J.; EICKWORT, M. A.; WCISLO, W. T. Solitary behavior in a high-altitude population of the social sweat bee *Halictus rubicundus* (Hymenoptera: Halictidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.38, n. 4, p. 227-233. 1996.
- ERDTMAN, G. The acetolysis method. A revised description. **Sv. Bot. Tidskr**, v.54, p. 561-564. 1960.

FERREIRA, E.; STEFANO, J. G.; NETO, F. P. M.; SILVA, D. R.; ALENCAR, F. C. N.; CARVALHO, J. D.; MOREIRA, L. G.; FILHO, M. J. V. Influência de insetos e plantas daninhas na produção de grãos de arroz – cultivar maravilha. **Ciênc. Agrotec.**, edição especial, p. 1451-1458. 2002.

FORNI-MARTINS, E. R.; MARQUES, M. C. M.; LEMES, M. R. Biologia floral e reprodução de *Solanum paniculatum* L. (Solanaceae) no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.21, n. 2, p. 117-124. 1998.

GATHMANN, A.; TSCHARNTKE, T. Foraging ranges of solitary bees. **Journal of Animal Ecology**, v.71, n.5, p. 757-764. 2002

GOULSON, D. Effects of introduced bees on native ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematic**, v.34, p.1-26. 2003.

GOULSON, D.; LYE, G. C.; DARVILL, B. Decline and conservation of bumble bees. **Annual Review of Entomology**, v.53, p.191-208. 2008.

GREENLEAF, S. A. S. **Local-scale and foraging-scale habitats affect bee community abundance, species richness, and pollination services in northern California**. Tese de Doutorado. Princeton University, Princeton. 2005

HEINRICH, B. The foraging specializations of individual bumblebees. **Ecological Monographs**, v.46, n.2, p. 105-128. 1976.

HEINRICH, B. Resource heterogeneity and patterns of movement in foraging bumblebees. **Oecologia**, v.40, n.3, p. 235-245. 1979.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A. **Abelhas sociais e flores: análise polínica como método de estudo**. In: PIRANI, J. R.; CORTOPASSI-LAURINO, M. **Flores e abelhas em São Paulo**. São Paulo: EdUSP, 1993. 192 p.

IVERSEN, J. Landnam I Danmarks stenalder. **Danmarks Geologiske Undersøgelse, II Raekke**. V.66, p. 1-68. 1941.

JONES, G. D.; JONES, S. D. The Uses of Pollen and its Implication for Entomology. **Neotropical Entomology**, v.30, n.3, p. 341-350. 2001.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W.; WASER, N. M. Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematic**, v.29, p.83-112. 1998.

KEITT, T. H. Habitat conversion, extinction thresholds, and pollination services in agroecosystems. **Ecological Applications**, v.19, n.6, p.1561-1573. 2009.

KERR, W. E.; SANTOS NETO, G. R. Contribuição para o Conhecimento da Bionomia dos Meliponini 5. Divisão de Trabalho entre as operarias de *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* Lep. **Insectes Sociaux**, v.3, n.3, p. 423-430. 1956.

- KEVAN, P. G. Pollination and environmental conservation. **Environmental Conservation**, v.2, n.4, p.293-298. 1975.
- KILL, L. H. P.; COSTA, J. G. Floral biology and reproductive system of *Annona squamosa* L. (Annonaceae) in Petrolina, PE, Brazil. **Ciência Rural**, v.33, n.5, p. 851-856. 2003.
- KIM, J.; WILLIAMS, N.; KREMEN, C. Effects of cultivation and proximity to natural habitat on ground-nesting native bees in California sunflower fields. **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.79, n.4, p.309-320. 2006.
- KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. **Proceedings of the Royal Society B**, v.274, n.1608, p.303-313. 2007.
- KNERER, G. The biology and social behaviour of *Evylaeus malachurus* (K.) (Hymenoptera; Halictidae) in different climatic regions of Europe. **Zoologische Jahrbucher: Abteilung fur Systematik, Okologie und Geographie der Tiere**, vol.119, no.2, p. 261–290. 1992.
- KNIGHT, M. E.; MARTIN, A. P.; BISHOP, S.; OSBORNE, J. L.; HALE, R. J.; SANDERSON, R. A.; GOULSON, D. An interspecific comparison of foraging range and nest density of four bumblebee (*Bombus*) species. **Molecular Ecology**, v. 14, p. 1811-1820. 2005.
- KOHN, J. R.; BARRETT, S. C. H. Experimental studies on the functional significance of heterostyly. **Evolution**, v.46, n.1, p. 43-55. 1992.
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; THORP, R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v.99, n.26, p.16812-16816. 2002
- KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P.; THORP, R. W. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology Letters**, v.7, n.11, p.1109-1119. 2004.
- LLOYD, D. G.; BARRETT, S. C. H. **Floral biology: studies on floral evolution in animal-pollinated plants**. Chapman & Hall, New York, 1996. 424 p.
- LOPATIN, A. V.; TREGUB, T. F. Studying trophic relationships of the bee *Seladonia subaurata* (Rossi) (Hymenoptera, Halictidae) by analyzing pollen from nest cells. **Russian Journal of Ecology**, vol.35, no.4, p. 259–262. 2004.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum. 1991. 425p.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas no Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos de Flora. 2000. 640 p.

- LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of melissopalynology. **Bee World**, v.59, p. 139-157. 1978.
- MEDAL, J. C.; CHARUDATTAN, R.; MULLAHEY, J. J.; PITELLI, R. A. An exploratory insect survey of tropical soda apple in Brazil and Paraguay. **Florida Entomologist**, v.79, n.1, p. 70-73. 1996.
- McGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Disponível em: <http://afrsweb.usda.gov/sp2userfiles/place/53420300/onlinepollinationhandbook.pdf> 849 p. 2009.
- MICHENER, C. D.; WILLE, A. The bionomics of a primitively social bee, *Lasioglossum inconspicuum*. **University of Kansas Science Bulletin**, vol.42, p. 1123-1202. 1961.
- MICHENER, C. D. Evidence of cooperative provisioning of cells in *Exomalopsis* (Hymenoptera: Anthophoridae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.39, n.2, p. 315-317. 1966.
- MICHENER, C. D. **The bees of the world**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2000. 952p.
- MIKKOLA, K. Migration of wasp and bumble bee queens across the Gulf of Finland (Hymenoptera: Vespidae and Apidae). **Natulae Entomologicae**, v.64, n.3, p. 125-128. 1984.
- MOLA, J. L.; ARAUJO, E. R.; MAGALHÃES, G. C. Solasodina em espécies de *Solanum* do cerrado do Distrito Federal. **Química Nova**, v.20, n.5, p. 460-462. 1997.
- MULLAHEY, J. J.; NEE, M.; WUNDERLIN, R. P.; DELANEY, K. R. Tropical Soda Apple (*Solanum viarum*): a new weed threat in subtropical regions. **Weed Technology**, v.7, n.3, p. 783-786. 1993b.
- MULLAHEY, J. J. Tropical Soda Apple (*Solanum viarum* Dunal), a biological pollutant threatening Florida. **Castanea**, v.61, n.3, p. 255-260. 1996.
- OLCKERS, T.; MEDAL, J. C.; GANDOLFO, D. E. Insect herbivores associated with species of *Solanum* (Solanaceae) in northeastern Argentina and southeastern Paraguay, with reference to biological control of weeds in South Africa and the United States of America. **Florida Entomologist**, v.85, n.1, p. 254-260. 2002.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A. Biologia floral de uma população de *S. lycocarpum* St. Hill. (Solanaceae) em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 11, p. 23-32. 1998.
- O'ROURKE, M.K. **Medical palynology**, p. 945-955. In JANSONIUS, J.; MCGREGOR, D. C. (eds.). **Palynology: principles and applications**. American Association of Stratigraphic Palynologists, Dallas, TX. 1996. 1330 p.

OSBORNE, J. L.; CLARK, S. J.; MORRIS, R. J.; WILLIAMS, I. H.; RILEY, J. R.; SMITH, A. D.; REYNOLDS, D. R.; EDWARDS, A. S. A landscape-scale study of bumble bee foraging range and constancy, using harmonic radar. **Journal of Applied Ecology**, v.36, p. 519-533. 1999.

PALMER, M.; BERNHARDT, E.; CHORNESKY, E.; COLLINS, S.; DOBSON, A.; DUKE, C.; GOLD, B.; JACOBSON, R.; KINGSLAND, S.; KRANZ, R.; MAPPIN, M.; MARTINEZ, M. L.; MICHELI, F.; MORSE, J.; PACE, M.; PASCUAL, M.; PALUMBI, S.; REICHMAN, O. J.; SIMONS, A.; TOWNSEND, A.; TURNER, M. Ecology for a crowded planet. **Science**, v.304, n.5675, p.1251-1252. 2004.

PATRICIO, G. B.; GOMIG, E. G.; PRATA, E. M. B.; FERREIRA, B.; VILLAS-BÔAS, J. K.; SASAKI, D. L.; HUANG, C. F.; SOUZA, E. S. S. Identificação de fontes alternativas e avaliação da disponibilidade de recursos alimentares para polinizadores de tomates. **VII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu/MG. 2005.

PATRICIO, G. B. **O efeito da heterogeneidade de habitats sobre as interações planta–polinizador em uma região da bacia do rio Corumbataí – SP**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus Rio Claro/SP. 2007.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v.4, n.12, p.1-24. 1987.

PITELLI, R. A. Ecologia de plantas invasoras em pastagens. **1º Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens**, Jaboticabal/SP. Anais, p.69-86. 1990.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. **Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto**. In: ROSSELLO, R. D. **Siembra Directa em el Cono Sur**. Montevideo: PROCISUR, 2001. 450p.

POLIDORI, C.; RUBICHI, A.; BARBIERI, V.; TROMBINO, L.; DONEGANA, M. Floral Resources and Nesting Requirements of the Ground-Nesting Social Bee, *Lasioglossum malachurum* (Hymenoptera: Halictidae), in a Mediterranean Semiagricultural Landscape. **Psyche**, v.2010, p. 1-11. 2009.

RIBBANDS, C. R. The flight range of the honey-bee. **Journal of animal ecology**, v.20, n.2, p. 220-226. 1951.

SAKAGAMI, S. F.; LAROCA, S. Nests of an exomalopsinae bee *Lanthanomelissa goeldiana* (Hymenoptera: Anthophoridae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v.61, n.3, p. 347-349. 1988.

SILVA, A. C.; KINUPP, V. F.; ABSY, M. L.; KERR, W. E. Pollen morphology and study of the visitors (Hymenoptera, Apidae) of *Solanum stramonifolium* Jacq. (Solanaceae) in Central Amazon. **Acta Bot. Bras.**, v.18, n.3, p. 653-657. 2004.

SILVA, C. I.; BALLESTEROS, P. L. O.; PALMERO, M. A.; BAUERMANN, S. G.; EVALDT, A. C. P.; OLIVEIRA, P. E. **Catálogo polínico: Palinologia aplicada em**



**estudos de conservação de abelhas do gênero *Xylocopa* no Triângulo Mineiro.** EDUFU, Uberlândia, 2010. 154p.

SOMMEIJER, M.J.; de ROOY, G. A.; PUNT, W.; de BRUIJN, L. L. M. A comparative study of foraging behavior and pollen resources of various stingless bees (Hym., Meliponinae) and honeybees (Hym., Apinae) in Trinidad, West-Indies. **Apidologie**, v. 14, n. 3, p. 205-224. 1983

SOUKY, S. L. Nesting Biology and Socially Polymorphic Behavior of the Sweat Bee *Halictus rubicundus* (Hymenoptera: Halictidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.95, n.1, p. 57-65. 2002.

SOUTHWICK, E. E.; SOUTHWICK, L. Jr. Estimating the economic value of honey bees (Hymenoptera: Apidae) as agricultural pollinators in the United States. **Journal of Economic Entomology**, v.85, n.3, p.621-633. 1992.

STEFFAN-DEWENTER, I. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. **Conservation Biology**, v.17, p. 1036-1044. 2003.

TEIXEIRA, L. A. G.; MACHADO, I. C. *Sabicea cinerea* Aubl. (Rubiaceae): distília e polinização em um fragmento de floresta Atlântica em Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, n.1, p. 193-204. 2004.

**The Xerces Society for Invertebrate Conservation.** Disponível em: [www.xerces.org](http://www.xerces.org) Acessado em 11/03/2011.

TONHASCA, A.; BLACKMAER, J. A.; ALBUQUERQUE, G.S. Abundance and diversity of Euglossinae bees in the fragmented landscape of the Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, v.34, p. 416-422. 2002.

VAN HEEMST, H. D. J. The influence of weed competition on crop yield. **Agricultural Systems**, v.18, n.2, p.81-93. 1985.

VAISSIÈRE, B. E.; FREITAS, B. M.; GEMMILL-HERREN, B. **Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use.** Projeto FAO/IFAD. 2011. 72 p.

WALTHER-HELLWIG, K.; FRANKL, R. Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae), in an agricultural landscape. **J. Appl. Ent.**, v.124, p. 299-306. 2000.

WIENS, J. A. What is landscape ecology, really? **Landscape Ecology**, v.7, n.3, p.149-150. 1992.

WISE, J. M.; CUMMINS, J. J. Strategies of *Solanum carolinense* for regulating maternal investment in response to foliar and floral herbivory. **The Journal of Ecology**, v. 94, p. 629-636. 2002.