
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)**

**AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DE HABITATS SECUNDÁRIOS PARA A
MANUTENÇÃO DE ABELHAS SILVESTRES EM ÁREAS AGRÍCOLAS**

PAULA CAROLINA MONTAGNANA

Dissertação apresentada ao
Instituto de Biociências do Câmpus
de Rio Claro, Universidade
Estadual Paulista, como parte dos
requisitos para obtenção do título
de Mestre em Ciências Biológicas
(Zoologia)

**Rio Claro
2014**

PAULA CAROLINA MONTAGNANA

Avaliação da importância de habitats secundários para a manutenção de
abelhas silvestres em áreas agrícolas

Orientador: Profa. Dra. Maria José de Oliveira Campos

Co-orientador: Dra. Cláudia Inês da Silva

*Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências
da Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro, como parte
dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Ciências Biológicas (Zoologia)*

Rio Claro

2014

595.799 Montagnana, Paula Carolina
M758a Avaliação da importância de habitats secundários para a
manutenção de abelhas silvestres em áreas agrícolas / Paula
Carolina Montagnana. - Rio Claro, 2014
128 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots., mapas + fots.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Maria José de Oliveira Campos
Coorientador: Cláudia Inês da Silva

1. Abelha. 2. Conservação de abelhas. 3. Abelhas
silvestres. 4. Polinização. 5. Ecologia. I. Título.

Dedico

Ao meu avô Doraci (Vô Careca)

quem sempre foi um entusiasta do meu trabalho

com as abelhas e quem sempre desejou

que os meus sonhos se realizassem...

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, aos meus pais (Paulo e Terezinha) e ao meu irmão (Lucas) por sempre me apoiarem nessa jornada pelo mundo da ciência, me incentivar a persistir nessa carreira que exige muito, principalmente nos momentos em que mudar de área mostrava-se como o caminho mais fácil. Muito Obrigada!!!

Agradeço a minha orientadora, Profa. Maria José (Zezé!!) pela amizade e orientação nesses 7 anos. Pela dedicação, conselhos e por me apresentar esse mundo maravilhoso das abelhas silvestres...

Agradeço a minha co-orientadora Dra. Cláudia Ines pela ajuda com as análises dos grãos de pólen, por me ensinar a trabalhar com uma ciência tão encantadora, pelo carinho com que sempre me tratou...

Agradeço a minha super amiga Milene que desde o primeiro dia que nos conhecemos sempre me incentivou (e até mesmo obrigou!! Kkk) a sair da minha zona de conforto, me ajudou no processo de tornar essa leonina em uma pisciana mais doce...kkkk Obrigada pelos almoços compartilhados, que muito me salvaram!!! Saiba que você é muito responsável pela pessoa que sou hoje!!!

Agradeço à amigona Gleí que sempre foi uma co-orientadora nessa jornada pelo mundo das abelhas. Mais do que uma co-orientadora, sempre é uma amigona, companheira de campos e congressos... Sempre muito disposta a ajudar e a ouvir!!!

Agradeço às amigas Natália e Renata, amigas da pós-graduação... kkkk... Obrigada pela companhia, conversas, preocupações compartilhadas à respeito das dores do mestrado, pelos inúmeros cafés... E não poderia deixar passar a grande felicidade que foi realizar a minha primeira viagem internacional ao lado de vocês (e da Mi, claro). Nunca esquecerei os dias em Londres e Cambridge!!!

Agradeço imensamente ao pessoal que esteve comigo em todos os campos do mestrado: Carlinhos, Bruno (Siri), Felipe (Socó), Dani, Zhu e Gleí. Sem essa equipe este trabalho nunca ficaria pronto! Obrigada por me deixarem compartilhar com vocês os perrengues das coletas de campo, as subidas intermináveis de Guapiara, o calor e o frio em campo, os hotéis de qualidade duvidosa e os brigadeiros da padaria!!!

Agradeço a Regina Colhassi, nossa guia por Guapiara! Obrigada por sempre estar disposta a contribuir com o projeto. A sua dedicação por Guapiara é admirável!!!

Também agradeço aos donos das propriedades, a família Paulo, ao José Carlos e ao Lauro Colhassi, que abriram suas portas e permitiram que nós entrássemos todos

os meses ao longo de um ano, às conversas e alegria com que sempre nos receberam...

Enfim, agradeço a todos que sempre me incentivaram, deram forças, boas energias e conselhos... Obrigada!!!



“A natureza não faz milagres; faz revelações.”

(Carlos Drummond de Andrade)

Resumo

As maiores ameaças às populações de abelhas estão relacionadas às alterações no uso e ocupação do solo, principalmente as ações relacionadas a intensificação agrícola. A existência dentro das propriedades agrícola de locais que supram as necessidades das diferentes espécies de abelhas é essencial para a manutenção e a conservação desses animais em área agrícolas. O presente estudo procurou caracterizar as comunidades de abelhas presente em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP) com relação a especialidade alimentar, substrato utilizado para a nidificação, sociabilidade e tamanho total do corpo. Através de análise dos grãos de pólen aderidos aos corpos das abelhas, foram identificadas as espécies de plantas ruderais e cultivadas visitadas pelas mesmas, e através da abordagem de redes mutualísticas, foram estudadas as interações abelha-planta. As coletas dos espécimes de abelhas foram realizadas uma vez por mês com dois coletores por propriedade, das 8 horas às 13 horas, ao longo de um ano, totalizando 50 horas de coleta/propriedade. Foram identificadas 64 espécies de abelhas, sendo Apidae a família mais rica e abundante (565 espécimes e 31 espécies), seguida por Halictidae, Andrenidae, Megachilidae e Colletidae. Aproximadamente 85% das espécies de abelhas tiveram indivíduos com tamanhos corporais menor que 11,5 mm, cerca de 39% das espécies foram solitárias e praticamente todas as espécies foram poliléticas, com mais de 76% das espécies nidificando no solo. Com relação às amostras de pólen analisadas, foram encontrados 104 tipos polínicos, sendo 38 identificados até espécie, gênero ou família e 66 morfotipos, agrupados na categoria "outros". Os tipos polínicos das plantas ruderais foram os mais frequentes dentro das amostras, tanto durante o período chuvoso e quente quanto no seco e frio. O tipo polínico mais encontrado foi o Tipo *Lycopersicon esculentum* (127 ocorrências), seguido pelo Tipo Asteraceae (111), por *Leonurus sibiricus* (95), pelo Tipo Poaceae (71) e por *Sonchus oleraceus* (70). Apesar das espécies de abelhas amostradas possuírem preferências alimentares mais generalistas e as espécies de plantas serem pioneiras, típicas de locais perturbados, de forma geral, pode-se dizer que as redes de interações encontradas nas áreas de estudo são frágeis e pouco resistentes à retirada das espécies de plantas mais abundantes. As plantas ruderais mostraram-se muito importantes para a comunidade de abelhas, com destaque para *Leonurus sibiricus*, *Sonchus oleraceus*, Asteraceae e Poaceae que desempenharam o papel de hub e de conectores dentro das redes. A maioria das espécies de abelhas desempenhou o papel de conectores na maioria das redes, com destaque para as espécies *Apis mellifera* e *Paratrigona subnuda*, assim como para as espécies *Bombus pauloensis* e *Trigona spinipes* que também desempenharam o papel de hub. O manejo das propriedades rurais de forma a oferecer sítios de forrageamento e de nidificação são de grande importância para a conservação de populações de abelhas em áreas tão intensamente impactadas, como é o caso das áreas agrícolas.

Dentro dessa perspectiva, a tolerância de plantas ruderais pode auxiliar a compor a flora apícola.

Abstract

The greatest threats to bees populations is the changing in the land use, mainly the actions related to agricultural intensification. It is necessary to have within the farms places that provide different kinds of resources to the different bees species for their conservation in those areas. The present study featured the bee community in four farms of conventional farming and family management in Guapiara (SP) about food specialty, substrate for nesting, sociability and total body size. Through the pollen on the bees body ruderal species plants and crops visited by them were identified, and through the network ecology approach bee-plant interactions were studied. Specimens catch were made once a month by two collectors on farms, from 8 am to 1 pm, for one year, a total of 50 hours/farm. It was identified 64 bees species, where Apidae was the richest and abundant family (565 specimens and 31 species), followed by Halictidae, Andrenidae, Megachilidae and Colletidae. About 85% of the bees species had specimens with body size smaller than 11,5 mm, about 39% of the bees species were solitary. Virtually all species were poliletic and more than 76% of the bees species nested in the soil. It was found 104 pollen types, from which 38 were identified until species, genus or family and 66 morphotypes were grouped in the category "others". The pollen types identified belonging to ruderal plants were the most frequent on the samples, both during the wet and hot season and the dry and cold one. *Lycopersicon esculentum* pollen type was the most frequent (127 times) on the samples, followed by Asteraceae pollen type (111 times), *Leonurus sibiricus* (95 times), Poaceae (71 times) and *Sonchus oleraceus* (70 times). Generally, we can say that the bee-plant networks are fragile and somewhat resistant to withdrawal of the most abundant plant species. Ruderal plants were very important to the bee community, especially *Leonurus sibiricus*, Asteraceae and Poaceae which were hubs and connectors inside the ecological networks. Most bees species were connectors on most ecological networks, especially the *Apis mellifera* and *Paratrigona subnuda* species, as well as the *Bombus pauloensis* and *Trigona spinipes* species were hubs. Managing the farms to offer local foraging and substrate for nesting have great importance for the conservation of bees in so intensely impacted areas, as it is the case of agricultural landscapes.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

FIGURA 1 – Complexidade de uma paisagem agrícola.....25

CAPÍTULO 1

FIGURA 1 – Localização das quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar estudadas no município de Guapiara, Estado de São Paulo, durante o período de Junho/2012 a Maio/2013.....40

FIGURA 2 – Curva de acumulação de espécies de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar através dos meses de Junho/2012 a Maio/2013 no município de Guapiara (SP).....51

FIGURA 3 – Número de espécies e indivíduos de abelhas coletados nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar nas diferentes estações do ano (período Junho/2012-Maio/2013) no município de Guapiara (SP).....52

FIGURA 4 – Número de espécimes coletados por tipo de planta (Cultivada ou Ruderal) nas diferentes estações do ano nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar, no período de Junho/2012 a Maio/2013, no município de Guapiara (SP).....53

FIGURA 5 – Número de espécies de abelhas coletadas nas plantas cultivadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar estudadas (período Junho/2012-Maio/2013), no município de Guapiara (SP).....55

FIGURA 6 – Abelhas visitantes florais das plantas cultivadas nas quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP), período de Junho/2012 a Maio/2013.....	56
---	----

CAPÍTULO 2

FIGURA 1 – Ocorrência dos tipos polínicos encontrados em amostras retiradas dos corpos dos espécimes de abelhas coletados, separados por famílias botânicas, nas quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP), período de Junho/2012 a Maio/2013.....	71
---	----

FIGURA 2 – Número de tipos polínicos identificados, separados em ruderais e não ruderais encontrados nas amostras de pólen coletado do corpo das abelhas durante o período de estudo de Junho/2012 a Maio/2013 em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP).....	72
--	----

FIGURA 3 – Riqueza de tipos polínicos coletados pelas abelhas durante o Seco/Frio (A) e durante o período Chuvoso/Quente (B) em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013 no município de Guapiara (SP).....	73
---	----

FIGURA 4 – Áreas em repouso dominadas por espécies e plantas ruderais em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013 no município de Guapiara (SP).....	74
--	----

FIGURA 5 – Ninhos de abelhas encontrados nas quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar estudadas no município de Guapiara (SP).....	77
--	----

CAPÍTULO 3

FIGURA 1 – Redes de interações abelha-planta das comunidades identificadas nas quatro propriedades agrícolas no município de Guapiara (SP) entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013.....	91
---	----

FIGURA 2 – Robustez à remoção acumulativa de espécies de plantas.....96

FIGURA 3 - Análise de Componentes Principais (PCA), aplicado nos resultados das métricas das redes P1 (Propriedade 1), P2 (Propriedade 2), P3 (Propriedade 3), P4 (Propriedade 4) e Comunidade.....97

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

TABELA 1 – Dissimilaridade da fauna de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas amostradas no município de Guapiara, São Paulo, no período de Junho/2012 a Maio/2013, segundo o índice de Jaccard.....43

TABELA 2 – Lista de espécies da comunidade de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara/SP, entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013.....44

TABELA 3 - Características ecológicas das espécies de abelhas coletadas nas propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara, São Paulo, entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013.....47

TABELA 4 - Espécies de abelhas coletadas nas flores das plantas cultivadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP), no período de Junho/2012 a Maio/2013.....54

CAPÍTULO 2

TABELA 1 - Espécies de plantas ruderais identificadas nas quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara(SP), período de Junho/2012 a Maio/2013.....69

CAPÍTULO 3

TABELA 1 - Dissimilaridade da fauna de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas amostradas no município de Guapiara, São Paulo, segundo o índice de Jaccard.....90

TABELA 2 - Dissimilaridade da flora nas quatro propriedades agrícolas amostradas no município de Guapiara, São Paulo, segundo o índice de Jaccard.....	91
TABELA 3 - Métricas para os cinco tipos de redes de interações abelha-planta em propriedade rural de manejo convencional no município de Guapiara (SP) entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013.....	95
TABELA 4 - Papel funcional das espécies de abelhas, plantas ruderais e cultivadas nas cinco redes (Comunidade, Propriedade 1, Propriedade 2, Propriedade 3 e Propriedade 4).....	98
ANEXO I – Fotos das espécies de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP).....	117
ANEXO II - Grãos de pólen das plantas ruderais e cultivadas identificadas nas propriedades estudadas.....	122

SUMÁRIO

	Página
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
CAPÍTULO 1 – COMUNIDADE DE ABELHAS PRESENTE EM PROPRIEDADES RURAIS NO MUNICÍPIO DE GUAPIARA/SP.....	35
Resumo.....	36
1.Introdução.....	37
2.Material e Métodos.....	39
2.1.Área de estudo.....	39
2.2.Amostragem da fauna apícola.....	40
2.3.Classificação das abelhas por características ecológicas.....	41
3.Resultados e Discussão.....	42
4.Conclusão.....	59
5.Bibliografia.....	60
CAPÍTULO 2 – A IMPORTÂNCIA DE HABITATS SECUNDÁRIOS NA MANUTENÇÃO DE POPULAÇÕES DE ABELHAS SILVESTRES EM PROPRIEDADES RURAIS.....	64
Resumo.....	65
1.Introdução.....	66
2.Material e Métodos.....	68
3.Resultados e Discussão.....	69
4.Conclusão.....	77
5.Bibliografia.....	79
CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DAS INTERAÇÕES ABELHA-PLANTA: UMA ABORDAGEM DE REDES ECOLÓGICAS.....	82
Resumo.....	83
1.Introdução.....	84

2.Material e Métodos.....	85
2.1.Coleta dos dados.....	85
2.2.Análise das redes de interação abelha-planta.....	86
3.Resultados e Discussão.....	90
4.Conclusão.....	105
5.Bibliografia.....	106
CONCLUSÃO GERAL.....	110
Bibliografia.....	116

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Por que se preocupar em conservar insetos? Para muitas pessoas são animais desagradáveis, associados a doenças (muitas espécies são vetores, tais como o mosquito *Aedes aegypti* transmissor da Dengue), pragas agrícolas (o besouro *Hypothenemus hampei*, cujas larvas atacam os frutos do café) ou representam perigo (tais como as vespas e abelhas, que podem ferir uma pessoa). Porém, os insetos são os animais mais bem sucedidos na Terra, tanto em número de espécies como em abundância, e suas relações ecológicas são responsáveis pela sobrevivência da grande maioria dos seres vivos.

Considerando apenas dois processos ecológicos, a decomposição e a polinização, podemos destacar a diversidade de insetos que participam desses processos. Escaravelhos que enterram fezes, besouros carniceiros e moscas que se alimentam de carcaças são alguns insetos que contribuem para a decomposição de materiais de origem animal, assim como cupins e formigas cortadeiras auxiliam na decomposição de materiais de origem vegetal (KREMEN; CHAPLIN-KRAMER, 2007). A polinização também é realizada por uma grande variedade de insetos como abelhas, borboletas, moscas, besouros e mariposas, apenas citando alguns.

Os insetos assumem uma grande importância na regulação de processos ecossistêmicos e muitos são os desafios para a sua conservação. Samways (2007) discute a respeito de dois grandes problemas que dificultam a implementação de programas de conservação voltados para insetos: o primeiro seria o impedimento taxonômico, tanto o desconhecimento das espécies de insetos (estima-se que somente 10% das espécies tenham recebido nomes científicos) como da dificuldade de identificação de novas espécies, em grande parte devido a características intrínsecas do grupo. O segundo problema diz respeito à falta de interesse na conservação desses animais; até mesmo pessoas envolvidas em ações de conservação consideram-nos sem muita importância ou até mesmo nocivos.

Para contornar tais impedimentos para a conservação de insetos, diferentes abordagens para planos de manejo vêm sendo sugeridas e adotadas. Uma alternativa seria direcionar os esforços para a conservação de paisagens, por meio da proteção de áreas de alto endemismo, zonas de transição ecológica, da criação de reservas e/ou do

manejo dessas paisagens buscando maior heterogeneidade, minimizando os impactos de uma matriz adversa, criando trampolins e corredores que facilitem a movimentação dos animais pela paisagem (SAMWAYS, 2007). Uma abordagem paralela que visa principalmente despertar o interesse da população com relação à importância da conservação de insetos, desconstruindo a imagem negativa desses, é a adoção de espécies embaixadoras ou bandeira (NEW, 2009). São ações de conservação que focam em espécies carismáticas ou potencialmente carismáticas (espécies de borboletas, por exemplo) e/ou espécies endêmicas (grupo de ortópteros conhecidos como Weta, endêmicos da Nova Zelândia). Porém, New (2009) destaca que esse tipo de abordagem é muito mais comum em países de clima temperado do que em países tropicais.

A partir da década de 1980, com a popularização do conceito de desenvolvimento sustentável, a preocupação com a conservação de processos ecológicos tem ganhado destaque. Mais eficiente do que focar na conservação de uma única espécie, a abordagem da conservação de processos abarca uma quantidade maior de espécies assim como as suas interações.

Principalmente depois do artigo publicado por Costanza et al. (1997) e da Avaliação Ecosistêmica do Milênio (2005) encomendada pela Organização das Nações Unidas à pesquisadores de várias áreas e voltado para tomadores de decisões, que resultou na publicação do livro “Ecosystems and Human Well-Being: synthesis/Millennium Ecosystem Assessment”, o termo “serviços ecossistêmicos” vem sendo amplamente utilizado, tanto dentro quanto fora da academia, quando se faz referência à importância da conservação da biodiversidade. Apesar de uma concepção utilitarista da natureza, como uma fonte que contribui direta ou indiretamente para o bem estar humano (WITTMER, H.; GUNDIMEDA, 2010), o conceito de serviços prestados pelos ecossistemas tornou-se muito popular auxiliando no debate de questões ambientais, principalmente na orientação de políticos e legisladores.

A polinização é um serviço ecossistêmico que pode ser classificado tanto como um serviço regulador como um serviço de suporte. Serviços reguladores são aqueles que regulam algum processo como, por exemplo, purificação do ar, estruturação dos

solos e a polinização das plantas (WITTMER, H.; GUNDIMEDA, 2010). Serviços de suporte são aqueles necessários para a produção dos demais serviços ecossistêmicos e muitas vezes seus impactos são sentidos de forma indireta em longo prazo (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2005). Seguindo a tendência dos últimos anos em valorar monetariamente os serviços ecossistêmicos, a polinização em florestas tropicais foi estimada em média 30 dólares internacionais por hectare por ano (GROOT et al., 2012).

A maior parte dos estudos que avaliam a importância de insetos polinizadores sob uma perspectiva econômica tem sido realizada em agroecossistemas (GALLAI et al., 2009; LOSEY; VAUGHAN, 2006; LEONHARDT et al., 2013; CALDERONE, 2012; RICKETTS; LONSDORF, 2013). Isso se deve principalmente à facilidade em se avaliar as perdas ou ganhos econômicos advindos da polinização. Somente nos Estados Unidos no ano de 2009, o valor atribuído à polinização por insetos em cultivos dependentes desses animais foi estimado em 15,12 bilhões de dólares, enquanto o valor atribuído para a polinização realizada apenas por abelhas da espécie *Apis mellifera* foi de 11,68 bilhões de dólares (CALDERONE, 2012).

Cerca de 87% das angiospermas são dependentes em algum grau da polinização realizada por animais (OLLERTON; WINFREE; TARRANT, 2011). Entre os animais, os insetos são o grupo de maior destaque, sendo as abelhas os agentes polinizadores mais eficientes. Muitas características morfológicas de alguns tipos de flores refletem uma especialização para a polinização realizada por abelhas, tais como simetria bilateral, filamentos dos estames alongados, deiscência poricida, grãos de pólen políades (formas com mais de 4 grãos), néctar e resina como recompensas, entre outros (CREPET, 1996).

As abelhas são um grupo muito grande e diversificado, sendo pouco adequado agrupá-las em uma única unidade funcional, mas existem características comportamentais e morfológicas que fazem algumas espécies polinizadoras mais eficientes que as demais. O comportamento de visitarem flores de indivíduos diferentes, porém da mesma espécie, aumenta as chances de polinização cruzada (xenogamia); espécies que não transportam o pólen em estruturas especializadas (escopa e

corbícula) podem ser polinizadores mais eficientes devido a uma quantidade maior de pólen presente no corpo desses indivíduos, assim como espécies que não hidratam o pólen para o transporte também são mais eficientes na polinização, uma vez que o pólen seco tem maiores chances de se desprender do corpo da abelha e ser depositado sobre o estigma da flor (MICHENER, 2007).

Há mais de 20 mil espécies de abelhas no mundo (EARDLEY, C. et al., 2006), sendo no Brasil 1.700 espécies conhecidas, mas estima-se que a riqueza de espécies esteja perto de 3.000 (FARIA; GONÇALVES, 2013). Porém, muitas dessas espécies estão sob crescente ameaça advinda das atividades antrópicas e a redução, ou até mesmo a perda regional de populações de abelhas e outros insetos, pode ser melhor observada em áreas agrícolas. Cerca de 70% dos 124 principais cultivos utilizados diretamente para o consumo humano são dependentes da ação de polinizadores, principalmente abelhas, para a formação de frutos e/ou sementes (KLEIN et al., 2007). Em um cenário mundial de perda de populações de insetos polinizadores muitos cultivos teriam suas produções severamente reduzidas, acarretando num déficit de oferta, ou seja, a produção não seria suficiente para abastecer a demanda global por esses produtos. Os cultivos mais vulneráveis a perda de polinizadores são os cultivos de estimulantes (por exemplo, o café), as frutas e os vegetais que possuem alto valor econômico e são muito difíceis de estocar de um ano para o outro (GALLAI et al., 2009).

Muitos cultivos que se acreditava serem polinizados em grande parte pelo vento estão sendo estudados com relação à demanda por polinizadores bióticos. Entre esses se destacam os cultivos com fins de extração de óleos, alimentação animal e biocombustíveis, cuja demanda mundial é crescente. Em estudo realizado na Suécia com cultivos de canola (*Brassica napus* L.) a polinização por insetos contribuiu para 18% da produção de sementes e para 20% do valor de mercado da produção quando comparado ao preço das amostras que foram polinizadas exclusivamente pelo vento (BOMMARCO; MARINI; VAISSIÈRE, 2012). Outros estudos também encontraram uma maior produtividade nos cultivos de canola quando há polinização por insetos

(MORANDIN, L. A.; WINSTON, 2005; ROSA; BLOCHTEIN; LIMA, 2011; STANLEY; GUNNING; STOUT, 2013).

A mamona (*Ricinus communis* L.) é outro cultivo cuja demanda é crescente, principalmente para uso como biocombustível e acreditava-se que suas flores sejam polinizadas exclusivamente pelo vento. Porém Rizzardo et al. (2012) em estudo realizado no Piauí, encontraram que a abelha *Apis mellifera* aumenta a produção desse cultivo. Áreas que receberam a suplementação de colônias de *A. mellifera* produziram 389,35 quilos de sementes/ha enquanto que as áreas sem as colônias produziram 298,10 quilos de sementes/ha, ou seja, um aumento de 30,61% na produção de mamona. A introdução de polinizadores também aumentou a produção de soja (*Glycine max* (L.) Merr.) em estudo realizado no Ceará. Áreas com a adição de colônias de *Apis mellifera* produziram 18,09% a mais quando comparadas às áreas que foram privadas da visita de polinizadores, assim como as abelhas nativas da região aumentaram a produção em 6,34% (MILFONT et al., 2013).

Muitos cultivos figuram entre os mais vulneráveis a perda de polinizadores (GALLAI et al., 2009), sendo vários os estudos sobre a eficiência de abelhas como seus polinizadores e práticas agrícolas amigáveis a fauna polinizadora como, por exemplo, no cultivo de pepino (SMITH; BENTLEY; REYNOLDS, 2013), tomate (SANTOS et al., 2009; GREENLEAF; KREMEN, 2006), pimenta malagueta (MACIAS-MACIAS et al., 2009), berinjela (MONTEMOR; SOUZA, 2009; NUNES-SILVA et al., 2013; GEMMILL-HERREN; OCHIENG', 2008; PATRICIO et al., 2012) e abobrinha (PETERSEN; REINERS; NAULT, 2013; JULIER; ROULSTON, 2009). A polinização por abelhas melhora a qualidade dos frutos formados, devido à polinização cruzada promovida por elas, como no caso da berinjela onde a média do peso, diâmetro e comprimento dos frutos foram maiores (PATRICIO et al., 2012) assim como o número médio de sementes (GEMMILL-HERREN; OCHIENG', 2008) quando comparados a frutos cujas flores não receberam a visita desses insetos.

Visto o papel fundamental que as abelhas desempenham na polinização, a identificação de fatores que ameaçam a manutenção de populações saudáveis é objeto de estudo de vários grupos de pesquisa em todo o mundo. Principalmente depois da

identificação dos eventos que ficaram conhecidos como “Desordem do Colapso de Colônias”, que atingem as colônias de *Apis mellifera*, muitos trabalhos foram desenvolvidos onde os autores buscavam explicações para a alta mortalidade das abelhas. O crescente uso de pesticidas em lavouras agrícolas, com destaque para os neonicotinóides, foi uma das hipóteses formuladas pelos pesquisadores. Os neonicotinóides são uma classe de pesticidas cujo efeito sobre o Sistema Nervoso Central é decorrente da competição com a acetilcolina pelos receptores que mediam o impulso nervoso (FREITAS; PINHEIRO, 2010) atuando, a princípio, apenas nos organismos praga alvo. No Brasil apicultores vem registrando a perda de colônias de *Apis mellifera* e, em um desses eventos no Estado de São Paulo, análises residuais indicaram que a causa da morte de mais de cem colônias que estavam próximas a cultivos de laranja foi a aplicação aérea de thiamethoxan nos pomares, uma vez que as abelhas amostradas para o estudo apresentavam resíduos do princípio ativo desse químico três vezes acima do recomendado (MALASPINA et al., 2008).

Há estudos mostrando que os neonicotinóides causam efeitos sub-letais em operárias de *Apis mellifera*, tais como prostração e distúrbios motores (COSTA et al., 2013), alterações no comportamento forrageiro, orientação de voo, dificuldade em retornar para a colmeia, alteração do padrão da “dança do oito”, diminuição da produção de crias, entre outros efeitos que ameaçam a saúde das colmeias e as tornam mais suscetíveis à infecção por patógenos. Freitas e Pinheiro (2010) discutem em uma revisão bibliográfica os efeitos sub-letais de diversas classes de pesticidas agrícolas utilizados no Brasil sobre a fauna de abelhas.

As abelhas são contaminadas pelos neonicotinóides não apenas pelo contato tópico com o produto, mas também pela ingestão via pólen e/ou néctar contaminados. Uma vez que a planta seja pulverizada com o inseticida, esse é absorvido pelas raízes e folhas e transportado via xilema para outras estruturas da planta, já havendo evidências de acúmulo no pólen e no néctar. Dively e Kamel (2012) avaliam a concentração de resíduos de diversos neonicotinóides utilizados em plantações de abóbora (*Cucurbita pepo*) no pólen e no néctar, tendo encontrado que a quantidade no néctar, embora menor que no pólen (73,5% e 88,8% de resíduos nas amostras,

respectivamente), era ainda bastante alta. O período de aplicação dos produtos também influencia nas concentrações de resíduos encontrados, sendo que os níveis mais altos de resíduos de inseticidas e seus metabólitos foram encontrados quando a pulverização foi realizada no período de floração da abóbora.

Com tantos efeitos adversos sendo registrados em *Apis mellifera*, os pesquisadores começaram a se perguntar se o mesmo ocorreria em outras espécies de abelhas. Elston et al. (2013) avaliaram os efeitos da ingestão do inseticida tiametoxam via solução de mel e pólen contaminados em abelhas da espécie *Bombus terrestris*. Segundo os autores apenas 20% das micro-colônias expostas aos níveis mais altos do inseticida (10 µg/kg) iniciaram a construção dos ninhos dentro de 28 dias, assim como o número de ovos e larvas produzidas nesse período foi significativamente menor quando comparadas aos demais tratamentos. Os autores ressaltam que todas as concentrações testadas no estudo, incluindo a concentração mais alta, são doses reais encontradas em situações de campo.

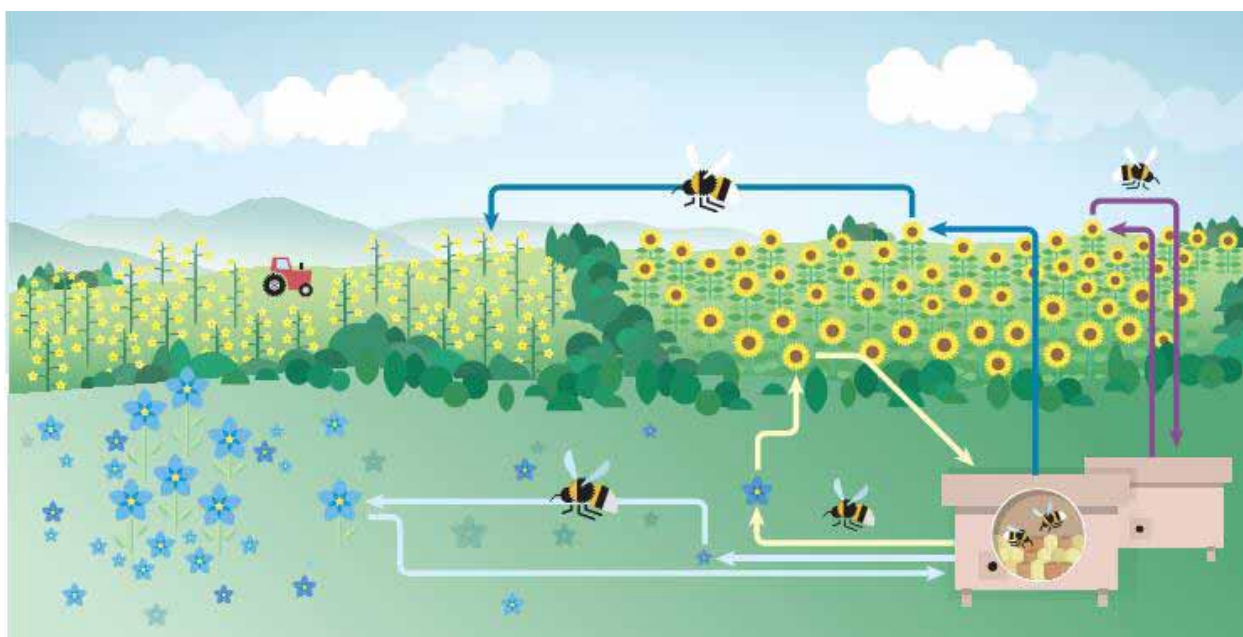
Alterações morfológicas também estão sendo encontrados em estudos sobre os efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas. Em estudo realizado com a espécie *Scaptotrigona postica*, Ferreira et al. (2013) observaram alterações como vacuolização do citoplasma nas células excretoras presentes nos túbulos de Malpighi, causados pelo uso de fipronil. Alterações cerebrais em *Apis mellifera* foram observadas após a exposição dos indivíduos a thiamethoxam; os autores observaram que as células do corpo pedunculado e do lobo óptico apresentaram-se fortemente coradas, indicando condensação do citoplasma e do núcleo (OLIVEIRA et al., 2013).

Na natureza as abelhas estão expostas a um conjunto de condições mais complexo que o ambiente controlado em condições de laboratório. Em paisagens agrícolas há a utilização de diversos tipos de agrotóxicos, de tal forma que os efeitos sobre as abelhas são potencializados quando ocorrem juntos. Gill et al. (2012) estudaram os efeitos de neonicotinóides e piretróides em abelhas da espécie *Bombus terrestris*, mas os autores também estudaram os efeitos sinérgicos dos dois produtos. Cerca de 7,5% das operárias das colônias expostas aos dois tipos de inseticidas morreram ainda na célula de cria, 43% das operárias encontradas mortas nas colônias

viveram menos de quatro dias depois da emergência, assim como também foi menor o número de viagens de forrageamento realizada pelas operárias. As colônias expostas aos dois tipos de inseticidas foram afetadas negativamente em todas as medidas de comportamento das operárias, chegando a ser o dobro que nas colônias expostas aos demais tratamentos.

Em análise do artigo de Gill et al. (2012) realizado por Osborne (2012), a autora demonstra a complexidade dos efeitos sub-letais a que as abelhas sociais estão expostas em campo. Quando uma abelha ingere doses sub-letais de agrotóxico, essa pode levá-lo até a colônia, alimentar a prole e, com isso, comprometer a sobrevivência e o desenvolvimento das futuras operárias e/ou rainhas. Não só isso, os insetos experimentam uma paisagem agrícola muito mais complexa, com diferentes cultivos que são tratados com diversos tipos de agrotóxicos, com diversas dosagens e em períodos diversos (Figura 1).

Figura 1 – Complexidade de uma paisagem agrícola. Em uma paisagem agrícola uma abelha operária pode estar exposta a diferentes tipos de agrotóxicos quando forrageia em um tipo de cultivo (linha roxa) ou em mais de um (linha azul), quando forrageia em flores de cultivos e em flores silvestres (linha amarela) ou somente em flores silvestres (linha branca), retornando para a colônia com material contaminado.



Fonte: Osborne (2012).

A intensificação agrícola coloca em risco as populações de abelhas não apenas pelo uso de agrotóxicos, mas também pelo avanço sobre áreas de vegetação nativa provocando a fragmentação e a perda de habitats. Esses dois processos exercem efeitos diretos sobre a densidade, riqueza e sobre o comportamento das abelhas, principalmente sobre o comportamento forrageiro. Quando há a perda de habitat diminui-se a disponibilidade de recursos alimentares (pela perda de plantas forrageiras e/ou a sua drástica redução), de recursos e de sítios para a nidificação. Os efeitos da fragmentação de habitats são similares aos da perda de habitats, mas de modo geral alteram três aspectos da configuração da paisagem: tamanho do fragmento, borda e conectividade da paisagem. O tamanho do fragmento pode influenciar a demografia, processos genéticos, extinções locais, a seleção de habitats, a predação de polinizadores, a qualidade de recursos e a competição interespecífica; a presença de bordas afeta a distribuição, abundância, crescimento e reprodução de populações de abelhas; e a conectividade da paisagem afeta as taxas de movimento e dispersão de abelhas, assim como a capacidade de colonização de fragmentos (HADLEY; BETTS, 2012).

Mudanças na paisagem alteram e/ou interrompem as interações entre plantas e polinizadores, e muitos trabalhos mostram tais mudanças através de estudos de redes ecológicas. Quando ocorre a fragmentação de habitat, há uma redução total na abundância de espécies em redes de polinização acarretando, mais tarde, na redução de interações, sendo as espécies raras as primeiras a serem extintas (no caso, polinizadores especialistas)(HAGEN et al., 2012). A junção de vários processos de alteração da paisagem e as suas intensidades podem gerar diferentes respostas das redes de polinização, como nos exemplos apresentados por Hagen et al. (2012).

Os autores assumiram que as respostas dos polinizadores às mudanças na paisagem eram guiadas pelo tamanho corporal, e apresentaram cenários onde uma rede seria constituída de polinizadores de tamanho pequeno, médio e grande abrigados em fragmentos grandes e pouco isolados. A partir do momento que os fragmentos começam a perder habitats e o isolamento entre eles aumenta, a disponibilidade de recursos chega a níveis críticos forçando as espécies a se moverem entre os

fragmentos. Espécies muito pequenas, com baixo requerimento de recursos tem maior probabilidade de sobrevivência, uma vez que encontrarem recursos dentro do próprio fragmento e as espécies grandes, podem compensar uma maior demanda por recursos, com uma maior capacidade de voo e consequentemente com maior possibilidade de deslocamento, podendo atingir fragmentos em torno da sua área de nidificação. Mas espécies de tamanho médio são as mais afetadas, já que os requerimentos de habitat excedem o tamanho do fragmento, mas são incapazes de se deslocarem por grandes distâncias até os fragmentos vizinhos. Ferreira, Boscolo e Viana (2013), em um artigo de revisão, discutem esses e outros efeitos das mudanças na paisagem sobre as redes planta-polinizador.

Alguns estudos mostram que a riqueza e a abundância de espécies são positivamente relacionadas ao aumento da heterogeneidade da paisagem, assim como outras medidas de diversidade. Na Suécia a riqueza de espécies de insetos polinizadores e o índice de parentesco taxonômico (valores altos sugerem uma comunidade composta por espécies distantemente relacionadas) foram maiores em paisagens heterogêneas do que em paisagens homogêneas (ANDERSSON et al., 2013). Uma forma, portanto, de aumentar a diversidade de polinizadores em paisagens agrícolas seria aumentar a heterogeneidade funcional da paisagem, ou seja, conservar e/ou aumentar os diferentes tipos de cobertura (vegetação nativa, cultivo, pastagem, etc.) que proveem alimento, sítios de nidificação, rotas de dispersão, entre outros serviços, para a espécie ou grupos de espécies em questão (FAHRIG et al., 2011).

Aumentar a conectividade da paisagem por meio de corredores poderia, igualmente, contribuir para a conservação da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos, como no caso da polinização; o sucesso reprodutivo de uma planta que se encontra em um fragmento conectado a outro via corredor tende a ser maior que o de outra planta localizada em um fragmento isolado. Em flores de *Rudbeckia hirta* a quantidade de pólen depositado no estigma foi em média 30% maior quando em fragmentos conectados via corredores e só de 14,5% quando em fragmentos isolados, ou seja, fragmentos conectados via corredores possuem o dobro de chances de

receberem pólen de flores de fragmentos adjacentes (TOWNSEND, P. A.; LEVEY, 2005).

Além da intensificação agrícola e alterações na paisagem, as populações de abelhas também sofrem os impactos da introdução de espécies exóticas que muitas vezes passam a competir com as espécies nativas por recursos alimentares e, no caso da espécie *Apis mellifera*, também competem pela ocupação de locais de nidificação com as abelhas sociais sem ferrão na América Neotropical (FREITAS et al., 2009). Os impactos de uma espécie exótica vão além do nível de população, elas podem alterar toda uma comunidade e afetar serviços ecossistêmicos, como a polinização. A introdução de *A. mellifera* na Caatinga causou fortes mudanças na estrutura de redes nativas de planta-abelha, onde a espécie exótica foi responsável pela maior proporção das interações desempenhando o papel de “hub”, ou seja, um super generalista. Com uma posição central na rede, a espécie *Apis mellifera* monopolizou muitas interações, o que pode levar as espécies nativas de plantas a interagirem menos com seus polinizadores nativos (SANTOS et al., 2012).

Os esquemas agrícolas de “set aside” foram empregados na Europa no final da década de 1980 como uma forma de diminuir a superprodução de grãos e mitigar efeitos como a erosão, além de promover a biodiversidade em paisagens de agricultura intensiva (TSCHARNTKE; BATÁRY; DORMANN, 2011). Como consequência, a utilização de áreas antes utilizadas para o cultivo de grãos para o plantio de plantas forrageiras para diversas espécies de insetos e/ou a permissão da regeneração da vegetação nativa, contribui para um aumento na riqueza de espécies dentro de propriedades agrícolas, principalmente de espécies de abelhas (TSCHARNTKE et al., 2005).

A busca por uma paisagem agrícola mais heterogênea começa numa escala local, diversificando as propriedades agrícolas desde grandes propriedades até o produtor familiar. As áreas não cultivadas dentro das propriedades (margens de cultivos, matas ciliares, áreas brejosas, áreas declivosas, sebes, etc.) proveem recursos alimentares e de nidificação, contribuindo para a manutenção de populações de abelhas localmente. A redução de recursos florais em áreas intensamente cultivadas é

apontada como um dos fatores que causam o declínio de populações de abelhas, muitas vezes pelo fato de não haver uma disponibilidade de plantas florescendo ao longo do ano, situação enfrentada por populações de *Bombus* na Europa (GOULSON; LYE; DARVILL, 2008).

Quando há em uma propriedade agrícola áreas que abriguem espécies de plantas ruderais, essas são intensamente visitadas por abelhas, mais até que em áreas de cultivo, como constado por Peters et al. (2013) em cultivos de café na Costa Rica. As flores de plantas ruderais de florescimento contínuo foram, naquele estudo, mais visitadas do que as flores do café pelas abelhas nativas. Assim, a adoção de práticas agrícolas que possibilitem a diversidade de plantas ruderais é muito recomendada e estudada. No Reino Unido, Pywell et al. (2005) encontraram que em áreas não cultivadas de regeneração natural a riqueza de espécies de *Bombus* foi maior que nas margens de cultivos manejadas para a retirada das plantas ruderais. Porém, a abundância e a riqueza de espécies foram maiores quando essas áreas foram semeadas com plantas atrativas a abelhas. A identificação das espécies de plantas atrativas e o seu cultivo em propriedades agrícolas para a manutenção das populações locais de abelhas também é uma medida recomendada por Carvell et al. (2006).

O presente trabalho tem por objetivos caracterizar a comunidade de abelhas visitantes de plantas ruderais e cultivadas em propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar, identificar as principais plantas ruderais utilizadas como fontes de pólen/néctar pelas abelhas, identificar locais adequados para a nidificação dessas espécies e compreender a importância que as plantas ruderais e cultivadas possuem para a permanência dessas diferentes espécies de abelhas em propriedades rurais através do estudo das interações abelha-planta.

Bibliografia

ANDERSSON, G. K. S. et al. Landscape heterogeneity and farming practice alter the species composition and taxonomic breadth of pollinator communities. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, n. 7, p. 540–546, 2013.

BOMMARCO, R.; MARINI, L.; VAISSIÈRE, B. E. Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. **Oecologia**, v. 169, n. 4, p. 1025–32, 2012.

CALDERONE, N. W. Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992-2009. **PloS one**, v. 7, n. 5, p. e37235, 2012.

CARVELL, C. et al. Assessing the value of annual and perennial forage mixtures for bumblebees by direct observation and pollen analysis 1. **Apidologie**, v. 37, p. 326–340, 2006.

CONSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital, **Nature**, v. 387, p. 253-260, 1997.

COSTA, E. M. et al. Toxicity of insecticides used in the Brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions. **Apidologie**, v. 2011, 2013.

CREPET, W. L. Timing in the evolution of derived floral characters: upper cretaceous (turonian) taxa with tricolpate and tricolpate-derived pollen. **Review of Palaeobotany and Palynology**, v. 90, n. 3-4, p. 339–359, 1996.

DIVELY, G. P. e KAMEL, A. Insecticide Residues in Pollen and Nectar of a Cucurbit Crop and Their Potential Exposure to Pollinators, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 18, p. 4449-4456, 2012.

EARDLEY, C.; ROTH, D.; CLARKE, J.; BUCHMANN, S.; GEMMIL, B. (ED.). **Pollinators and pollination: a resource book for policy and practice**. 1 Ed. Pretoria, África do Sul: Iniciativa Africana de Polinizadores, 2006. p. 77

ELSTON, C. et al. Sub-lethal effects of thiamethoxam, a neonicotinoid pesticide, and propiconazole, a DMI fungicide, on colony initiation in bumblebee (*Bombus terrestris*) micro-colonies, **Apidologie**, v. 44, n. 5, p. 563-574, 2013.

FAHRIG, L. et al. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. **Ecology letters**, v. 14, n. 2, p. 101–12, 2011.

FARIA, L. R. R.; GONÇALVES, R. B. Abiotic correlates of bee diversity and composition along eastern Neotropics. **Apidologie**, v. 44, n. 5, p. 547–562, 2013.

FERREIRA, P. A. et al. What do we know about the effects of landscape changes on plant–pollinator interaction networks? **Ecological Indicators**, v. 31, p. 35–40, 2013.

FERREIRA, R.A.C.; SILVA-ZACARIN, E.C.M.; MALASPINA, O.; BUENO, O.C.; TOMOTAKE, M.E.M. and PEREIRA, A.M. Cellular responses in the Malpighian tubules of *Scaptotrigona postica* (Latreille, 1807) exposed to low doses of fipronil and boric acid. **Micron**, v. 46, p. 57–65, 2013.

FREITAS, B. M. et al. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 332–346, 2009.

FREITAS, B. M.; PINHEIRO, J. N. Efeitos Sub-Letais Dos Pesticidas Agrícolas E Seus Impactos No Manejo De Polinizadores Dos Agroecossistemas Brasileiros. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 01, p. 282–298, 2010.

GALLAI, N. et al. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810–821, 2009.

GEMMILL-HERREN, B.; OCHIENG', A. O. Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 127, n. 1–2, p. 31–36, 2008.

GILL, R. J. et al. Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees, **Nature**, v. 491, n. 7422, p. 105–108, 2012.

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. S.; KREMEN, C. Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. **Biological Conservation**, v. 133, n. 1, p. 81–87, 2006.

GROOT, R. et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem Services**, v. 1, n. 1, p. 50–61, 2012.

HADLEY, A. S.; BETTS, M. G. The effects of landscape fragmentation on pollination dynamics: absence of evidence not evidence of absence. **Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v. 87, n. 3, p. 526–44, 2012.

HAGEN, M. et al. Biodiversity , Species Interactions and Ecological Networks in a Fragmented World. **Advances in Ecological Research**, v. 46, p. 89–210, 2012.

JULIER, H. E.; ROULSTON, T. H. Wild bee abundance and pollination service in cultivated pumpkins: farm management, nesting behavior and landscape effects. **Journal of economic entomology**, v. 102, n. 2, p. 563–573, 2009.

KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 274, n. 1608, p. 303–13, 2007.

KREMEN, C. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology letters**, v. 10, n. 4, p. 299–314, 2007.

LEONHARDT, S. D. et al. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. **Basic and Applied Ecology**, v. 14, n. 6, p. 461–471, 2013.

LOSEY, J. E.; VAUGHAN, M. The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311, 2006.

MACIAS-MACIAS, O. et al. Contribution of native bees and Africanized honey bees (Hymenoptera:Apoidea) to Solanaceae crop pollination in tropical México. **Journal of Applied Entomology**, v. 133, n. 6, p. 456–465, 2009.

MALASPINA, O.; SOUZA, T.F.; ZACARIN, E.C.; CRUZ, A.S. and JESUS, D. Efeitos provocados por agrotóxicos em abelhas no Brasil. **Anais do VIII Encontro Sobre Abelhas**, Ribeirão Preto, p.41-48, 2008.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. 2 Ed. Baltimore:The Johns Hopkins University Press, 2007. p. 972.

MILFONT, M. et al. Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. **Environmental Chemistry Letters**, v. 11, n. 4, p. 335–341, 2013.

MONTEMOR, K. A.; SOUZA, T. M. Biodiversidade de polinizadores e biologia floral em cultura de berinjela (*Solanum melongena*). **Zootecnia Trop.**, v. 27, n. 1, p. 97–103, 2009.

MORANDIN, L. A.; WINSTON, M. L. Wild bee abundance and seed production in conventional , organic , and genetically modified canola. **Ecological Applications**, v. 15, n. 3, p. 871–881, 2005.

NEW, T. R. **Insect Species Conservation**, 1 Ed. Nova York:Cambridge University Press, 256p., 2009.

NUNES-SILVA, P. et al. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, v. 44, n. 5, p. 537–546, 2013.

OLIVEIRA, R.A.; ROAT, T.C.; CARVALHO, S.M.; and MALASPINA, O. Side effects of thiamethoxam on the brain and midgut of the africanized honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Environmental toxicology**, p. 1-12, 2013.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321–326, 2011.

ONU. **Ecosystems and Human Well-Being**: synthesis/Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC, EUA: Island Press, 2005. 137p.

OSBORNE, J. L. Bumblebees and pesticides, **Nature**, v. 491, p. 43-45, 2012.

PATRICIO, G. B. et al. The importance of bees for eggplant cultivations (Hymenoptera: Apidae, Andrenidae, Halictidae), **Sociobiology**, v. 59, n. 3, p. 1037-1052, 2012.

PETERS, V. E. et al. The contribution of plant species with a steady-state flowering phenology to native bee conservation and bee pollination services, **Insect Conservation and Diversity**, v. 6, n. 1, p. 45-56, 2013.

PETERSEN, J. D.; REINERS, S.; NAULT, B. A. Pollination services provided by bees in pumpkin fields supplemented with either *Apis mellifera* or *Bombus impatiens* or not supplemented. **PloS one**, v. 8, n. 7, p. e69819, 2013.

RICKETTS, T. H.; LONSDORF, E. Mapping the margin: comparing marginal values of tropical forest remnants for pollination services. **Ecological Applications**, v. 23, n. 5, p. 1113–23, 2013.

RIZZARDO, R. A. G. et al. *Apis mellifera* pollination improves agronomic productivity of anemophilous castor bean (*Ricinus communis*), **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 4, p. 1137-1145, 2012.

ROSA, A. D. S.; BLOCHTEIN, B.; LIMA, D. K. Honey bee contribution to canola pollination in Southern Brazil. **Sci. Agric.**, v. 68, n. 2, p. 255–259, 2011.

SANTOS, S. A. B. et al. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and molecular research**, v. 8, n. 2, p. 751–757, 2009.

SANTOS, G. M. et al. Invasive Africanized honeybees change the structure of native pollination networks in Brazil. **Biological Invasions**, v. 14, n. 11, p. 2369–2378, 2012.

SAMWAYS, M. J. Insect conservation: a synthetic management approach. **Annual review of entomology**, v. 52, p. 465–87, 2007.

SMITH, A. A.; BENTLEY, M.; REYNOLDS, H. L. Wild Bees Visiting Cucumber on Midwestern U . S . Organic Farms Benefit from Near-Farm Semi-Natural Areas. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 1, p. 97–106, 2013.

STANLEY, D. A.; GUNNING, D.; STOUT, J. C. Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. **Journal of Insect Conservation**, v. 17, n. 6, p. 1181–1189, 2013.

TOWNSEND, P. A.; LEVEY, D. J. An experimental test of whether habitat corridors affect pollen transfer. **Ecology**, v. 86, n. 2, p. 466–475, 2005.

TSCHARNTKE, T. et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - “ ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857–874, 2005.

TSCHARNTKE, T.; BATÁRY, P.; DORMANN, C. F. Set-aside management: How do succession, sowing patterns and landscape context affect biodiversity? **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 143, n. 1, p. 37–44, 2011.

WITTMER, H.; GUNDIMEDA, H. (ED.). **TEEB - The Economics of Ecosystems & Biodiversity for Local and Regional Policy Makers**. Londres: [s.n.]. p. 207, 2010.

CAPÍTULO 1

Comunidade de abelhas presente em propriedades rurais no município de Guapiara/SP

Resumo

A perda de habitats em paisagens agrícolas que forneçam locais para a nidificação, forrageamento e abrigo para as diferentes espécies de abelhas é a principal causa da perda de populações em tais paisagens. O presente trabalho estudou as comunidades de abelhas presentes em quatro pequenas propriedades de manejo convencional no município de Guapiara, Estado de São Paulo, visando compreender a estrutura das comunidades com relação à especialidade alimentar, substratos utilizados para a nidificação, tamanho corporal e hábitos de vida. As coletas dos espécimes foram feitas uma vez por mês com dois coletores por propriedade, das 8 horas às 13 horas, ao longo de um ano, totalizando 50 horas de coleta/propriedade. Foram identificadas 64 espécies, pertencentes a 34 gêneros, 14 tribos, 6 subfamílias e 5 famílias. Apidae foi a família com maior riqueza de espécies e mais abundante (565 espécimes e 31 espécies), seguida por Halictidae (61 e 18, respectivamente), Andrenidae (28 e 8, respectivamente), Megachilidae (11 e 6, respectivamente) e Colletidae (1 e 1, respectivamente). O período do ano com maior número de espécies e indivíduos foi o período Chuvoso/Quente. O maior número de indivíduos e de espécies foi coletado em plantas ruderais, em ambos os períodos Chuvoso/Quente e Seco/Frio. Aproximadamente 85% das espécies coletadas foram classificadas como tendo um tamanho corporal menor que 11,5mm e 39,68% foram espécies solitárias. 40,54% dos indivíduos coletados foram maiores que 11,5mm, sendo o gênero *Bombus* responsável por 32,88% dos indivíduos.

1. Introdução

Nos últimos anos é crescente o debate sobre a diminuição das populações de abelhas, principalmente em áreas de atividade agrícola intensa. Tais áreas estão sob grande atenção devido a dois fatores: 1- o intenso manejo ao qual estão sujeitas, que altera drasticamente a paisagem, principalmente devido à substituição de áreas de vegetação nativa por áreas cultivadas e, 2 – são os locais responsáveis por alimentar uma população humana em crescimento.

Aproximadamente um terço da alimentação humana provem de plantas dependentes da polinização animal para a formação de frutos e sementes. Tal dependência vai além da formação de frutos ou sementes, uma vez que a qualidade nutricional de tais alimentos é maior quando originados de plantas devidamente polinizadas (AIZEN et al., 2009). Por esses motivos, a presença de elementos nas áreas rurais que permitam a existência de populações saudáveis de abelhas é de fundamental importância para a manutenção dos serviços de polinização, principalmente quando se considera as espécies de às abelhas silvestres.

Um crescente número de estudos vem mostrando o quanto as abelhas silvestres são eficientes na polinização de plantas cultivadas (SLAA, 2006; WINFREE et al., 2008; GAGLIANONE et al., 2010; GARIBALDI et al., 2013), chegando a aumentar em duas vezes a formação de frutos quando em sistemas onde há apenas a presença de *Apis mellifera* (GARIBALDI et al., 2013). Por esses motivos, estratégias para a conservação de populações de abelhas silvestres em áreas agrícolas vêm sendo estudadas como, por exemplo, o manejo da paisagem do entorno de cultivos garantindo a preservação de fragmentos de vegetação nativa (BOREUX et al., 2012), o plantio de espécies de plantas utilizadas como pasto apícola em propriedades rurais (CARVELL et al, 2006) e a preservação de áreas não utilizadas para o cultivo que provem pasto apícola naturalmente (OSGATHORPE; PARK; GOULSON, 2012).

A identificação de grupos funcionais e a adoção desse nível de organização é um procedimento mais adequado para estudos que buscam padrões gerais de respostas de comunidades frente à eventos de perturbações como perda e fragmentação de

vegetação nativa, impactos decorrentes do uso de pesticidas e fogo, por exemplo (WILLIAMS et al., 2010). Tal abordagem mostra-se adequada, principalmente quando não há informações detalhadas sobre a biologia de cada espécie, como é o caso de muitas comunidades de abelhas. Através de informações da história de vida das espécies podemos inferir a complexidade e/ou a fragilidade de uma determinada comunidade, sabendo se há espécies redundantes (espécies diferentes que desempenham funções similares) e/ou espécies complementares (espécies diferentes que desempenham funções diferentes) e, assim avaliar a resiliência da comunidade frente à perturbações (BLUTHGEN, 2012).

Utilizando a abordagem de grupo funcional, podemos classificar as espécies de plantas que compõem uma comunidade de acordo com o tipo de recurso disponível para os polinizadores e inferir uma complementariedade de recursos, assim como classificá-las de acordo com o horário de florescimento ao longo do dia e/ou o período de florescimento ao longo do ano, inferindo uma complementariedade fenológica. A mesma abordagem pode ser utilizada para as espécies de polinizadores, classificando-os de acordo com a especialidade alimentar (se poliléticas ou oligoléticas), de modo a identificar complementariedade na polinização das diferentes espécies de plantas, como também classificá-las de acordo com o período de atividade ao longo do dia e/ou do ano, de modo a investigar possível complementariedade fenológica na polinização de espécies que florescem em períodos diferentes (BLUTHGEN, 2012).

O presente estudo amostrou as espécies de abelhas presentes em quatro propriedades rurais de manejo familiar e convencional no município de Guapiara/SP, visando compreender a estrutura das comunidades, os períodos ao longo do ano de maior atividade, com maior riqueza e abundância de espécies e a presença de polinizadores em potencial de plantas cultivadas. As informações geradas podem auxiliar na elaboração de planos de conservação de tais polinizadores e na identificação de potenciais polinizadores de plantas cultivadas.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

O estudo foi realizado em quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara situado na região Sul do estado de São Paulo. O município pertence à Região Administrativa de Sorocaba e está inserido na Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema, no Bioma da Mata Atlântica (SÃO PAULO: SAA/IEA, 2014). A economia do município é baseada na atividade agrícola e os principais cultivos, em ordem decrescente de área total cultivada são braquiária (para pastagem), eucalipto, milho, pêssego, tomate envarado, *Pinus*, feijão, repolho e vagem (SÃO PAULO: SAA/CATI/IEA, 2008).

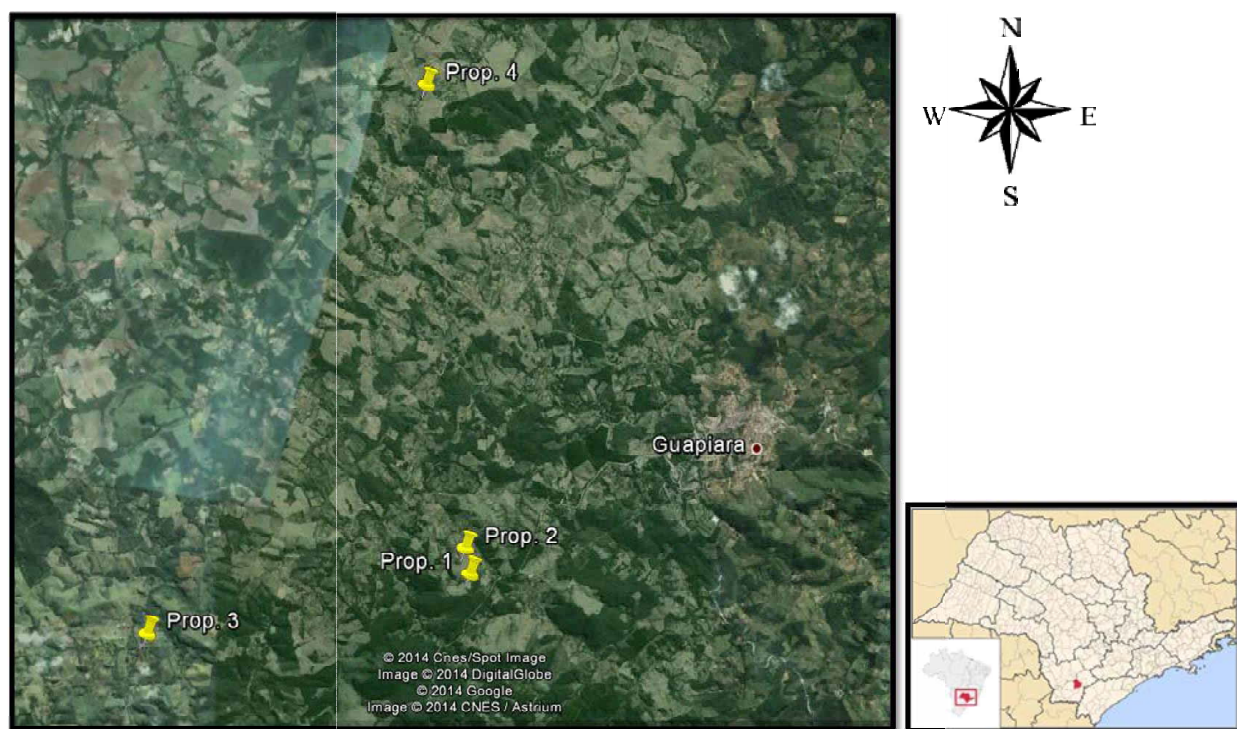
O clima do município, de acordo com o sistema de classificação climática de Koppen, é do tipo “Cwa”, ou seja, Clima Temperado Úmido com Inverno seco e Verão quente. A temperatura média do mês mais frio (Julho) é de 15,8°C e a média do mês mais quente (Fevereiro) é de 23,2°C e a precipitação média no mês mais seco (Agosto) é de 53,3 mm e no mês mais úmido (Janeiro) é de 217,3 mm (CEPAGRI).

A Figura 1 mostra a localização do município de Guapiara dentro do Estado de São Paulo e a localização das propriedades agrícolas dentro do município. As coordenadas geográficas das propriedades são: Propriedade 1, S24°12.431' W48°34.227', altitude de 783 metros, Propriedade 2, S24°12.255' W48°34.265', altitude de 783 metros, Propriedade 3, S24°12.844' W48°36.895', altitude de 853 metros e Propriedade 4, S24°08.716' W48°34.591', altitude de 891 metros. Os locais dentro das propriedades rurais utilizadas para as coletas das espécies de abelhas e das espécies de plantas foram as áreas utilizadas para o plantio de cultivos comerciais, sendo eles o tomate, a vagem, a abobrinha, o pêssego e o pepino.

O tamanho dessas áreas variou de 2,07 hectares (Propriedade 4) à 5,5 hectares (Propriedade 2), assim como a distância entre as propriedades, onde as propriedades 1 e 2 foram as mais próximas (100 metros) e as propriedades 3 e 4 foram as mais distantes (8,4 km).

Figura 1 – Localização das quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar estudadas no município de Guapiara, Estado de São Paulo, durante o período de Junho/2012 a Maio/2013.

Localização das áreas de estudo – Município de Guapiara/São Paulo



Fonte: Elaborado pelo autor com uso das imagens do Google Earth (acesso em 20. mar. 2014).

2.2. Amostragem da fauna apícola

As coletas das abelhas foram realizadas uma vez por mês em cada propriedade ao longo de um ano, de Junho de 2012 à Maio de 2013, com exceção dos meses de Abril e Novembro de 2012, das 8h da manhã às 13h da tarde, horário de maior atividade das abelhas (indicado por observações anteriores ao início do trabalho), sempre por duas pessoas, totalizando 50 horas de coletas por propriedade.

Durante as horas diárias de coleta, cada dupla de coletores realizava uma varredura pelas áreas de plantio comercial utilizando uma rede entomológica para a captura das abelhas em flores de plantas ruderais e em flores de plantas cultivadas. Cada ciclo de

coleta tinha a duração média de uma hora, de forma que cada propriedade poderia ser percorrida de 4 a 5 vezes por dia. Os espécimes coletados foram sacrificados em acetato de etila e armazenadas em tubos do tipo eppendorf individuais com álcool 70%. Cada espécime recebeu um código representando o tipo de planta no qual foi coletado (C se coletado em cultivar e R se coletado em ruderal), a propriedade (1, 2, 3 e 4, referente ao número que cada propriedade foi nomeada), o coletor (letra inicial do nome do coletor) e um número de identificação. Em laboratório, as abelhas foram alfinetadas, devidamente etiquetadas e armazenadas em gavetas entomológicas para posterior identificação. Os espécimes foram identificados pela Dra. Silvia Pedro da FFCLRP/USP, Ribeirão Preto.

Para analisar o efeito da sazonalidade sobre a composição de abelhas ao longo de um ano, os espécimes coletados foram separados por período de coleta, se Seco/Frio (referente às coletas nos meses de Maio, Junho, Julho e Agosto) e Quente/Chuvoso (referente às coletas nos meses de Setembro, Outubro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro e Março), climas predominantes no Estado de São Paulo.

2.3. Classificação das abelhas por características ecológicas

Com o intuito de melhor compreender a comunidade de abelhas amostradas nas propriedades agrícolas, as espécies foram classificadas de acordo com quatro características ecológicas. A definição das categorias ecológicas foi baseada em Munyuli (2012). Os dados de especialização alimentar foram obtidos das análises dos grãos de pólen coletados nos corpos das abelhas, e de dados da literatura quando não era possível conseguir a informação através de tal análise (ver Capítulo 2 desta dissertação). Os dados de substrato de nidificação e grau de socialidade foram obtidos da literatura (MICHENER, 1974, ROUBIK, 1992, MICHENER, 2000, MARCHI; ALVES-DOS-SANTOS, 2013). Os dados de tamanho total do corpo foram obtidos por medições realizadas nos espécimes coletados depois de montados; o estabelecimento das classes de tamanhos corporais foi baseado no trabalho de Tscheulin et al. (2011). Sendo elas:

a) Especialização alimentar: 1) Polilético (abelhas que coletam pólen de diferentes espécies de plantas pertencentes a diferentes famílias botânicas), 2) Oligolético (abelhas que coletam pólen de espécies da mesma família botânica) e 3) Monolético (abelhas que coletam pólen de uma única espécie de planta).

b) Substrato de nidificação: 1) Solo, 2) Cavidades pré-existentes, 3) Madeira morta e 4) Árvore viva.

c) Grau de sociabilidade: 1) Solitário, 2) Parasocial (Semisocial, Quasisocial e Comunal), 3) Subsocial, 4) Social e 5) Eussocial.

d) Tamanho total do corpo (medição do clipeo ao final do abdômen): 1) Pequeno (abelhas $\leq 7,5\text{mm}$), 2) Médio (abelhas $> 7,5\text{mm}$ e $\leq 11,5\text{mm}$) e 3) Grande (abelhas $> 11,5\text{mm}$).

3. Resultados e Discussão

A comunidade de abelhas foi representada por 64 espécies, 34 gêneros, 14 tribos, 6 subfamílias, compreendidas nas cinco famílias de ocorrência no Brasil totalizando 666 indivíduos coletados. A tabela 2 apresenta a lista das espécies de abelhas coletadas nas propriedades agrícolas estudadas no período de junho de 2012 a maio de 2013, agrupadas nos períodos seco e frio e chuvoso e quente. A família Apidae foi a família mais abundante (565 indivíduos) e a mais rica (31 espécies) seguida pela família Halictidae (61 indivíduos e 18 espécies), Andrenidae (28 indivíduos e 8 espécies), Megachilidae (11 indivíduos e 6 espécies) e Colletidae (1 indivíduo e 1 espécie). Essa relação de abundância das diferentes famílias segue o padrão encontrado na grande maioria dos trabalhos que descrevem as comunidades de abelhas em diferentes biomas brasileiros (ANACLETO, D. A.; MARCHINI, 2005, ANTONINI, YASMINE; MARTINS, 2003; ANDENA, S. R.; BEGO, L. R.; MECI, 2005). As espécies mais abundantes foram, em ordem decrescente, *Bombus pauloensis* (163 indivíduos), *Trigona spinipes* (73), *Apis mellifera* (71), *Paratrigona subnuda* (60) e *Bombus morio* (54). Essas espécies são sociais, com colônias perenes e ativas o ano

todo, até mesmo nos meses mais frios. Espécies que nidificam no solo, como os da família Megachilidae e alguns Centridini, Eucerini e Exomalopsini, tendem a serem menos ativos em épocas mais frias e de escassez de alimentos por estarem na forma de imaturos (ROUBIK,1992).

A figura 2 apresenta o gráfico da acumulação de espécies ao longo dos dez meses de coletas. A curva não está estabilizada, mostrando que para uma completa caracterização da fauna de abelhas seria necessário aumento do esforço amostral.

A tabela 1 apresenta o índice de dissimilaridade de Jaccard calculado para a comunidade de abelhas identificadas nas quatro propriedades rurais de cultivos convencional e manejo familiar no município de Guapiara, estado de São Paulo. O índice mostra uma marcada diferença entre as propriedades com relação a fauna de abelhas amostrada.

Tabela 1 – Dissimilaridade da fauna de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas amostradas no município de Guapiara, São Paulo, no período de Junho/2012 a Maio/2013, segundo o índice de Jaccard.

Propriedades	1	2	3
2	0,5714	*	*
3	0,7209	0,7297	*
4	0,5789	0,6470	0,6739

Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

Tabela 2 – Lista de espécies da comunidade de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara/SP, entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013. Os meses onde houveram coletas das espécies estão marcados com um X e as propriedades onde as espécies foram coletadas com um x.

Espécies	Meses														
	Seco/Frio					Chuvoso/Quente					Propriedades				Total
	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Dez	Jan	Fev	Mar	1	2	3	4	
ANDRENIDAE															28
OXAEINI															
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807									X					x	1
<i>Oxaea</i> sp.							X	X	X	X				x	6
PANURGINAE															
PROTANDRENINI															
<i>Anthrenoides meridionalis</i> (Schrotty, 1906)				X		X	X				X	x	x		9
<i>Anthrenoides jordanensis</i> Urban, 2007				X									x		1
<i>Cephalurgus anomalus</i> Moure & Lucas de Oliveira, 1962							X						x		3
<i>Psaenythia bergii</i> Holmberg, 1884					X	X				X		x	x	x	4
<i>Psaenythia</i> sp.					X		X						x		3
<i>Rophitulus</i> sp.							X						x		1
APIDAE															565
APINAE															
APINI															
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	X			X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	71
BOMBINI															
<i>Bombus (Fervidobombus) brasiliensis</i> Lepeletier, 1836						X			X				x		
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	X			X	X	X	X	X	X	X	X	x		x	54
<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x	x	163
EMPHORINI															
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)						X							x		
EUCERINI															

[illegible]

XYLOCOPINI														
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) brasiliannorum</i> (Linnaeus, 1767)														
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)														
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988														
<i>Xylocopa (Stenoxycopa) artifex</i> Smith, 1874														
COLLETIDAE														
COLLETINAE														
<i>Colletes rugicollis</i> Friese, 1900														
HALICTIDAE														
HALICTINAE														
AUGOCHLORINI														
<i>Augochlora (Augochlora) amphitrite</i> (Schrotsky, 1909)														
<i>Augochlora (Augochlora) foxiana</i> Cockerell, 1900														
<i>Augochlora (Oxystoglossella) iphigenia</i> Holmberg, 1886														
<i>Augochlora (Oxystoglossella) morrae</i> Strand, 1910														
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.</i>														
<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)														
<i>Augochloropsis electra</i> (Smith, 1853)														
<i>Augochloropsis nasuta</i> Moure, 1944														
<i>Augochloropsis notophos</i> (Vachal, 1903)														
<i>Augochloropsis sp. 1</i>														
<i>Augochloropsis sp. 2</i>														
<i>Augochloropsis sp. 3</i>														
<i>Neocorynura oiospermi</i> (Schrotsky, 1909)														
<i>Pseudaugochlora indistincta</i> Almeida, 2008														
HALICTINI														
<i>Dialictus creusa</i> (Schrotsky, 1910)														
<i>Dialictus sp. 1</i>														
<i>Dialictus spp.</i>														

<i>Pseudagapostemon</i> (<i>Neagapostemon</i>) cf. <i>cyanomelas</i> Cure, 1989									X									x	1
MEGACHILIDAE																			11
MEGACHILINAE																			
ANTHIDIINI									X										
<i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758)									X	X								x	4
MEGACHILINI																			2
<i>Megachile</i> (<i>Chrysosarus</i>) <i>pseudanthidioides</i> Moure, 1943									X										
<i>Megachile</i> (<i>Melanosarus</i>) sp.										X								x	
<i>Megachile</i> (<i>Moureapis</i>) sp. 1											X							x	1
<i>Megachile</i> (<i>Moureapis</i>) sp. 2																		x	2
<i>Megachile</i> (<i>Moureapis</i>) sp. 2										X								x	1
<i>Megachile</i> sp.										X								x	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Tabela 3 – Características ecológicas das espécies de abelhas coletadas nas propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara, São Paulo, entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013. Para as espécies que possuem células vazias (-) não foi possível encontrar a informação desejada.

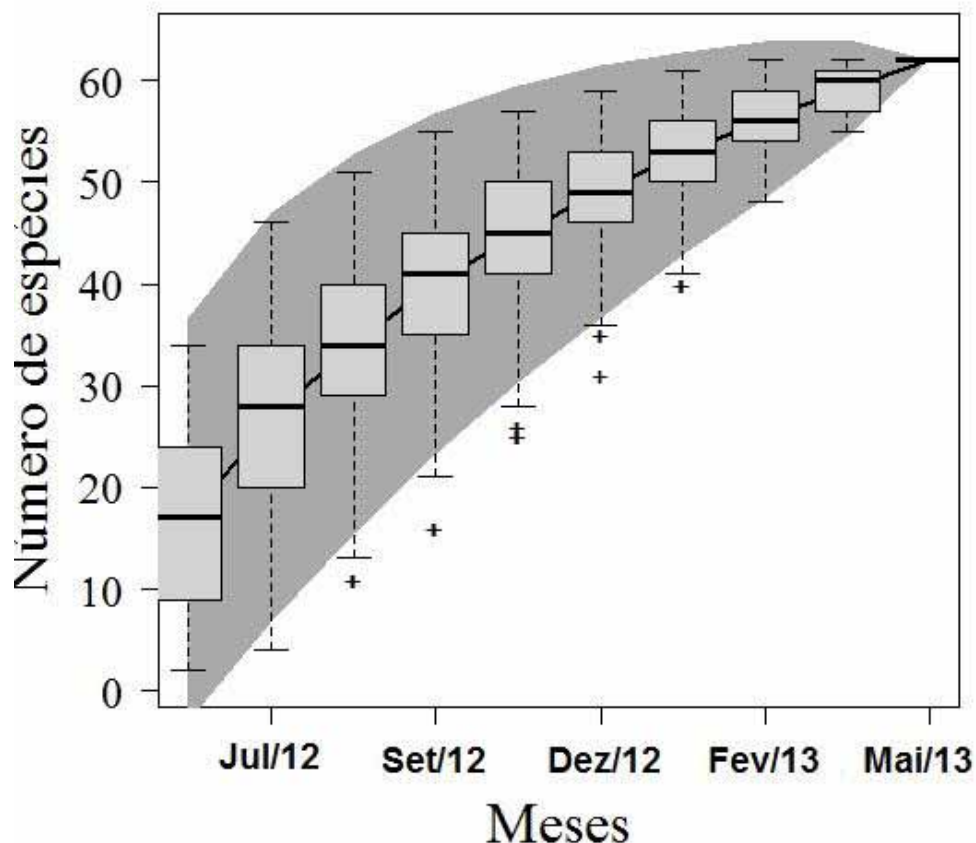
Espécies de Abelhas	Substrato de nidificação	Especialização alimentar	Grau de Sociabilidade	Tamanho
<i>Oxaea flavescens</i> Klug, 1807	Solo	Polilético	Solitário	Grande
<i>Oxaea</i> sp.	Solo	Polilético	Solitário	Grande
<i>Anthrenoides meridionalis</i> (Schrotty, 1906)	Solo	Polilético	Solitário	Pequeno
<i>Anthrenoides jordanensis</i> Urban, 2007	Solo	Polilético	Solitário	Pequeno
<i>Cephalurgus anomalus</i> Moure & Lucas de Oliveira, 1962	Solo	Polilético	Solitário	Pequeno
<i>Psaenythia bergii</i> Holmberg, 1884	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Psaenythia</i> sp.	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Rophitulus</i> sp.	Solo	Polilético	Solitário	Pequeno
<i>Apis mellifera</i> Linnaeus, 1758	Cavidades	Polilético	Eusocial	Médio

	preexistentes			
<i>Bombus (Fervidobombus) brasiliensis</i> Lepeletier, 1836	Solo	Polilético	Eusocial	Médio
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i> (Swederus, 1787)	Solo	Polilético	Eusocial	Médio
<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i> Friese, 1913	Solo	Polilético	Eusocial	Médio
<i>Melitoma segmentaria</i> (Fabricius, 1804)	Solo	Oligolético	Solitário	Médio
<i>Melissodes (Eucleptica) nigroaenea</i> (Smith, 1854)	Solo	Polilético	Parasocial	Médio
<i>Melissoptila richardiae</i> Bertoni & Schrottky, 1910	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Melissoptila thoracica</i> (Smith, 1854)	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Peponapis fervens</i> (Smith, 1875)	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Thygater (Thygater) analis</i> (Lepeletier, 1841)	Solo	Polilético	Solitário	Grande
<i>Trichocerapis mirabilis</i> (Smith, 1865)	Solo	Polilético	Solitário	Grande
<i>Eulaema (Apeulaema) nigrita</i> Lepeletier, 1841	Cavidades preexistentes	Polilético	Parasocial	Grande
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i> Spinola, 1853	Solo	Polilético	Parasocial	Pequeno
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) planiceps</i> Smith, 1879	Solo	Polilético	Parasocial	Pequeno
<i>Exomalopsis (Exomalopsis)</i> sp. 1	Solo	Polilético	Parasocial	Pequeno
<i>Exomalopsis (Exomalopsis)</i> sp. 2	Solo	Polilético	Parasocial	Pequeno
<i>Geotrigona subterranea</i> (Friese, 1901)	Solo	Polilético	Eusocial	Pequeno
<i>M. (Melipona) quadrifasciata quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836	Solo	Polilético	Eusocial	Médio
<i>Paratrígona subnuda</i> Moure, 1947	Solo	Polilético	Eusocial	Pequeno
<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)	Solo	Polilético	Eusocial	Pequeno
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	Cavidades preexistentes	Polilético	Eusocial	Pequeno
<i>Trigona hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)	Árvore viva	Polilético	Eusocial	Pequeno
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	Árvore viva	Polilético	Eusocial	Pequeno
<i>Paratetrapedia fervida</i> (Smith, 1879)	Madeira morta	-	Solitário	Médio
<i>Tetrapedia</i> aff. <i>diversipes</i> Klug, 1810	Cavidades preexistentes	Polilético	Solitário	Médio
<i>Ceratina (Ceratinula)</i> cf. <i>oxalidis</i> Schrottky, 1907	Madeira morta	-	Solitário	Pequeno
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) brasilianorum</i> (Linnaeus, 1767)	Madeira morta	Polilético	Parasocial	Grande

<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)	Madeira morta	Polilético	Parasocial	Grande
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i> Moure & Camargo, 1988	Madeira morta	Polilético	Parasocial	Grande
<i>Xylocopa (Stenoxycopa) artifex</i> Smith, 1874	Madeira morta	Polilético	Parasocial	Grande
<i>Colletes rugicollis</i> Friese, 1900	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Augochlora (Augochlora) amphitrite</i> (Schrottky, 1909)	Madeira morta	Polilético	Solitário	Médio
<i>Augochlora (Augochlora) foxiana</i> Cockerell, 1900	Madeira morta	Polilético	Parasocial/Social*	Médio
<i>Augochlora (Oxystoglossella) iphigenia</i> Holmberg, 1886	Solo	Polilético	Parasocial/Social*	Médio
<i>Augochlora (Oxystoglossella) morrae</i> Strand, 1910	Solo	Polilético	Parasocial/Social*	Pequeno
<i>Augochlora (Oxystoglossella) sp.</i>	Solo	Polilético	Parasocial/Social*	Pequeno
<i>Augochloropsis cupreola</i> (Cockerell, 1900)	Solo	Polilético	Parasocial	Pequeno
<i>Augochloropsis electra</i> (Smith, 1853)	Solo	Polilético	Parasocial	Médio
<i>Augochloropsis nasuta</i> Moure, 1944	Solo	Polilético	Parasocial	Médio
<i>Augochloropsis notophos</i> (Vachal, 1903)	Solo	Polilético	Parasocial	Médio
<i>Augochloropsis sp. 1</i>	Solo	Polilético	Parasocial	Pequeno
<i>Augochloropsis sp. 2</i>	Solo	Polilético	Parasocial	Pequeno
<i>Augochloropsis sp. 3</i>	Solo	Polilético	Parasocial	Médio
<i>Neocorynura oiospermi</i> (Schrottky, 1909)	Solo	Polilético	Parasocial/Social*	Médio
<i>Pseudaugochlora indistincta</i> Almeida, 2008	Solo	-	Parasocial/Social*	Médio
<i>Dialictus creusa</i> (Schrottky, 1910)	Solo	Polilético	Parasocial/Social*	Pequeno
<i>Dialictus sp. 1</i>	Solo	Polilético	Parasocial/Social*	Pequeno
<i>Dialictus spp.</i>	Solo	Polilético	Parasocial/Social*	Pequeno
<i>Pseudagapostemon (Neagapostemon) cf. cyanomelas</i> Cure, 1989	Solo	Oligotético	Parasocial/Social*	Médio
<i>Anthidium manicatum</i> (Linnaeus, 1758)	Cavidades preexistentes	Polilético	Solitário	Médio
<i>Megachile (Chrysosarus) pseudanthidioides</i> Moure, 1943	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Megachile (Melanosarus) sp.</i>	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Megachile (Moureapis) sp. 1</i>	Solo	Polilético	Solitário	Médio
<i>Megachile (Moureapis) sp. 2</i>	Solo	Polilético	Solitário	Médio

Capítulo 1 – Comunidade de Abelhas		Montagnana, 2014			
<i>Megachile</i> sp.		Solo	Polilético	Solitário	Médio
* Michener (1974) considera as tribos Augochlorini e Halictini contendo desde espécies comunais até espécies eusociais. As espécies marcadas pertencem a gêneros com essa variedade de comportamento social. Fonte: Elaborado pelo autor (2014).					

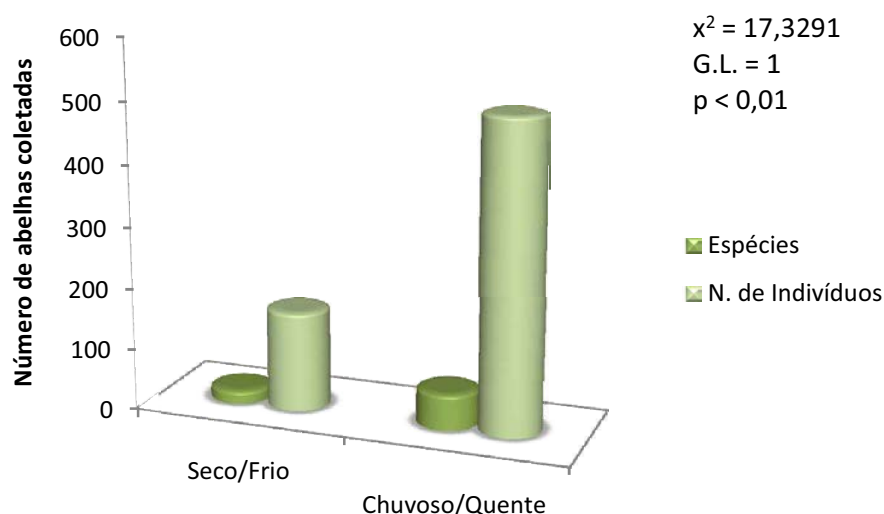
Figura 2 – Curva de acumulação de espécies de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar através dos meses de Junho/2012 a Maio/2013 no município de Guapiara (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

O período do ano de maior riqueza e diversidade de abelhas coletadas foi durante a estação Chuvos/Quente, com 58 espécies e 502 indivíduos, enquanto na estação Seca/Fria foram amostradas 21 espécies e coletados 162 indivíduos (Figura 3). Os resultados mostram uma marcada influência da sazonalidade anual sobre a comunidade de abelhas amostrada.

Figura 3 – Número de espécies e indivíduos de abelhas coletados nas quatro propriedades agrícola de cultivo convencional e manejo familiar nas diferentes estações do ano (período Junho/2012-Maio/2013) no município de Guapiara (SP).

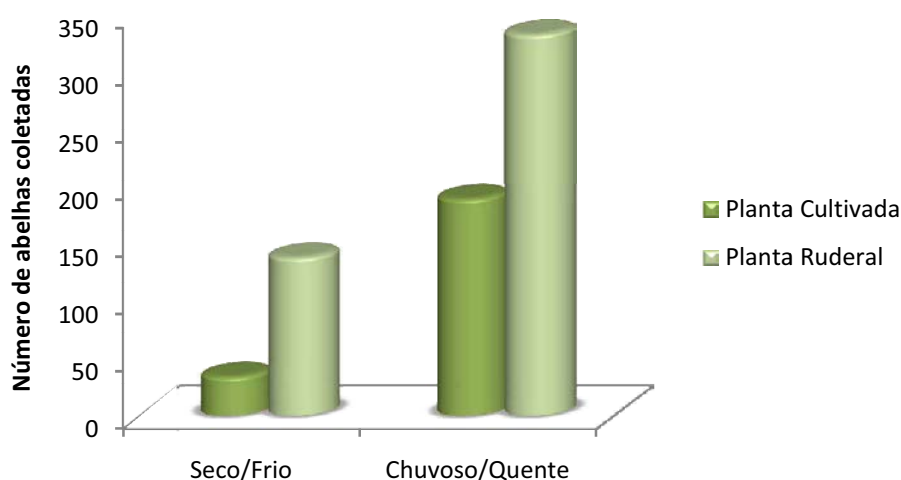


Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

O anexo I apresenta as abelhas coletadas durante os meses de Junho de 2012 a Maio de 2013 em propriedades rurais do município de Guapiara/SP.

A maior parte dos indivíduos (471) foi coletado em plantas ruderais, sendo 333 no período Chuvoso/Quente e 138 no período Seco/Frio (Figura 4). Nas plantas cultivadas foram coletados 223 indivíduos, sendo 189 no período Chuvoso/Quente e 34 no período Seco/Frio. Abrol (2006) encontrou a mesma relação em estudo avaliando o comportamento forrageiro de quatro espécies do gênero *Apis*; as flores de plantas ruderais, naquele estudo, atraíram mais abelhas do que as flores do cultivo de pêssego (*Prunus persica*) estudado. As plantas ruderais são uma fonte de alimento para as populações de abelhas ao longo do ano, principalmente em épocas de escassez, como o período mais seco (KILL; HAJI; LIMA, 2000) e em áreas cultivadas (PATRÍCIO et al. 2005).

Figura 4 – Número de espécimes coletados por tipo de planta (Cultivada ou Ruderal) nas diferentes estações do ano nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar, no período de Junho/2012 a Maio/2013, no município de Guapiara (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

As plantas cultivadas mais frequentemente encontradas nas propriedades estudadas foram abobrinha (*Cucurbita pepo*), pepino (*Cucumis sativus*), tomate (*Lycopersicum esculentum*), pêssego (*Prunus pérsica*) e vagem (*Phaseolus vulgaris*). Houve diferenças na época de plantio dos cultivos listados acima, tendo a abobrinha, o tomate e o pepino sido plantados no período Chuvoso/Quente e o pêssego no período Seco/Frio. A vagem foi a única hortaliça cultivada ao longo de todo o ano. Uma maior riqueza de espécies de abelhas foi coletada em flores de tomateiro. Em sequência, as espécies cultivadas mais atrativas foram vagem, abobrinha, pepino e pêssego (Figura 5).

A tabela 4 apresenta as abelhas coletadas nas flores das plantas cultivadas, podendo ser potenciais polinizadores. Algumas espécies de abelhas amostradas no presente estudo também foram amostradas em outros trabalhos nas mesmas espécies cultivadas. Nas flores do tomate as seguintes espécies e gêneros foram também amostrados em outros estudos: *Melipona quadrifasciata* (SANTOS et al., 2009; SARTO; PERUQUETTI; CAMPOS, 2005; DEPRÁ et al., 2011), *Bombus morio*, *Trigona spinipes*,

Xylocopa suspecta, *Oxaea flavens*, *Augochloropsis electra* (DEPRÁ et al., 2011), *Augochloropsis*, *Augochlora*, *Exomalopsis*, *Oxaea*, *Bombus*, *Xylocopa*, *Trigona*, *Psaenythia* e *Pseudaugochlora* (FREITAS; NETTO; CAMPOS, 2013; MONTAGNANA, 2010; GOMIG et al., 2005; DEPRÁ et al., 2011).

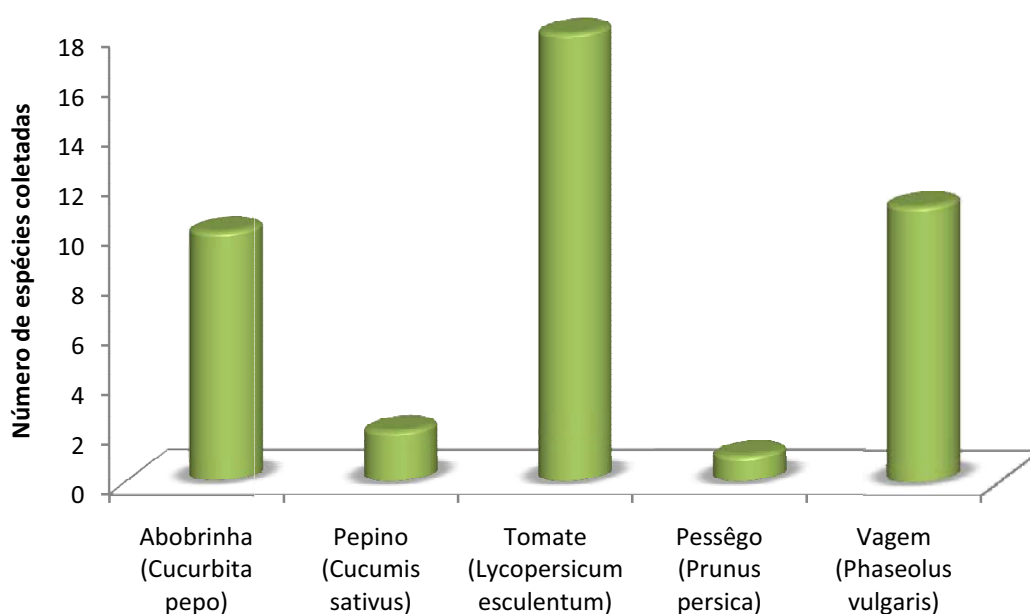
Tabela 4 – Espécies de abelhas coletadas nas flores das plantas cultivadas nas quatro propriedade agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP), no período de Junho/2012 a Maio/2013. As espécies de abelhas coletadas em cada uma das cinco espécies de plantas cultivadas comercialmente estão assinaladas com um X.

Espécies de Abelhas	Abobrinha (<i>Cucurbita pepo</i>)	Vagem (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Pêssego (<i>Prunus persica</i>)	Tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>)	Pepino (<i>Cucumis sativus</i>)
<i>Bombus (Fervidobombus) pauloensis</i>	X	X		X	
<i>Trigona spinipes</i>	X	X		X	
<i>Paratetrapedia fervida</i>	X				
<i>Trigona hyalinata</i>	X		X		
<i>Augochlora (Augochlora) foxiana</i>	X				
<i>Melissoptila thoracica</i>	X				
<i>Apis mellifera</i>	X	X			
<i>Augochlora (Augochlora) amphitrite</i>	X	X			
<i>Peponapis fervens</i>	X	X			
<i>Bombus (Fervidobombus) morio</i>	X	X		X	X
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i>		X			
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) brasiliatorum</i>		X			
<i>Xylocopa (Stenoxycopa) artifex</i>		X		X	
<i>Paratrigona subnuda</i>		X		X	X
<i>Schwarziana quadripunctata</i>		X			
<i>Augochloropsis</i> sp. 2				X	
<i>Augochloropsis</i> sp. 3				X	
<i>Exomalopsis (Exomalopsis) analis</i>				X	
<i>Pseudaugochlora indistincta</i>				X	
<i>Psaenythia bergii</i>				X	
<i>Anthrenoides meridionalis</i>				X	
<i>Augochloropsis electra</i>				X	
<i>Tetragonisca angustula</i>				X	
<i>M. (Melipona) quadrifasciata quadrifasciata</i>				X	
<i>Oxaea</i> sp.				X	
<i>Augochloropsis cupreola</i>				X	

<i>Oxaea flavescens</i>				X	
<i>Xylocopa (Neoxylocopa) suspecta</i>				X	

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

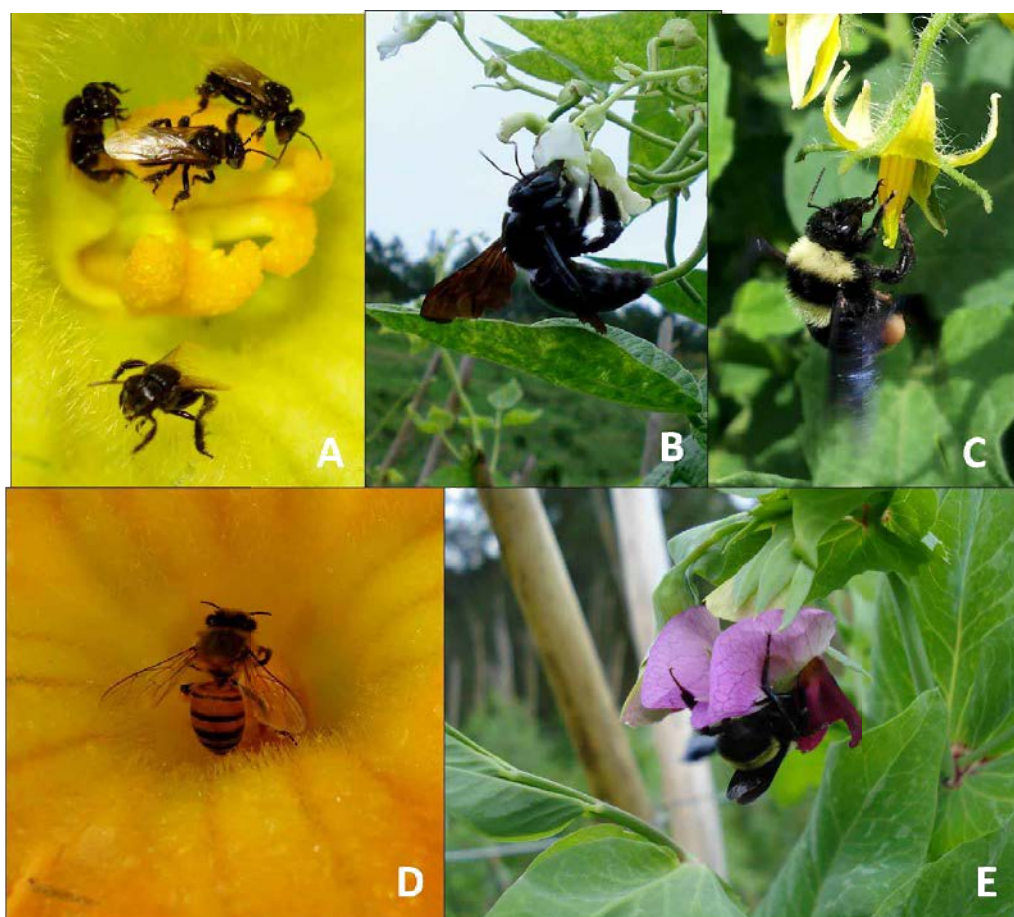
Figura 5 – Número de espécies de abelhas coletadas nas plantas cultivadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar estudadas (período de Junho/2012-Maio/2013), no município de Guapiara (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Nas flores de abobrinha, já foram amostradas em estudos anteriores, as espécies *Trigona spinipes*, *Trigona hyalinata*, *Apis mellifera*, *Bombus morio*, *Augochlora foxiana* e *Bombus pauloensis* (SERRA; CAMPOS, 2010) e *Peponapis fervens* (KRUG; ALVES-DOS-SANTOS; CANE, 2010), e nas flores do pepino a espécie *Trigona spinipes* (CUNHA et al., 2011). Para o cultivo de pêssego, abelhas do gênero *Trigona* foram identificadas como visitantes florais (MOTA; NOGUEIRA-COUTO, 2002) e para o cultivos de vagem foram as abelhas das espécies *Xylocopa frontalis*, *Trigona spinipes*, *Apis mellifera* e do gênero *Bombus* (PEREIRA; PIRES; FERREIRA, 2013). A figura 6 mostra algumas das espécies de abelhas que visitaram as flores das plantas cultivadas.

Figura 6 – Abelhas visitantes florais das plantas cultivadas nas quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP), período de Junho/2012 a Maio/2013. A. *Trigona hyalinata* na flor de abobrinha (*Cucurbita pepo*); B. *Oxaea* sp. na flor da vagem (*Phaseolus vulgaris*); C. *Bombus pauloensis* na flor do tomate (*Lycopersicum esculentum*); D. *Apis mellifera* na flor de abobrinha (*Cucurbita pepo*); E. *Bombus pauloensis* na flor da vagem (*Phaseolus vulgaris*).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A tabela 3 apresenta as espécies de abelhas identificadas nas propriedades agrícolas classificadas de acordo com as quatro características ecológicas de interesse. No presente capítulo serão discutidos os resultados referentes ao tamanho total do corpo e grau de socialidade. Os resultados de especialização alimentar e substrato de nidificação compõem os resultados e discussão do Capítulo 2 desta dissertação.

Com relação ao tamanho total do corpo, 49,20% das espécies possuíam tamanho médio, 36,50% das espécies possuíam tamanho pequeno e 14,28% das espécies possuíam tamanho grande. Há estudos que relacionam a capacidade de deslocamento

das diferentes espécies de abelhas com o tamanho; o tamanho, no caso, sendo avaliado por diferentes medidas: comprimento das asas (ARAÚJO et al., 2004), distância intertegular (GREENLEAF et al., 2007), comprimento total do corpo (GATHMANN; TSCHARNTKE, 2002); em todos esses estudos foi encontrada uma relação onde abelhas maiores possuem capacidades de voarem distâncias igualmente maiores.

Entre as abelhas classificadas como sendo de tamanho médio está a espécie *Melipona (Melipona) quadrifasciata quadrifasciata* Lepeletier, 1836, cuja a distância máxima de voo foi estimada em 2000 metros e entre as abelhas classificadas como sendo de tamanho pequeno está a espécie *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), cuja a distância máxima de voo foi estimada sendo aproximadamente 900 metros (ARAÚJO et al., 2004). Essas duas espécies compõem o tamanho máximo de cada categoria havendo, portanto, abelhas amostradas com tamanhos corporais menores e conseqüentemente com menores capacidades de voo. Juntas, as categorias pequeno e médio de tamanho total do corpo abrigam aproximadamente 85% das espécies coletadas nas propriedades rurais.

O grau de sociabilidade também influencia a capacidade de deslocamento das espécies de abelhas. Na comunidade amostrada no presente trabalho 39,68% das espécies foram abelhas solitárias, 31,74% foram abelhas parasociais, 15,87% foram parasociais/sociais e 12,69% foram abelhas sociais. Abelhas solitárias tendem a forragear em distâncias menores que abelhas sociais (STEFFAN-DEWENTER et al., 2002; GATHMANN; TSCHARNTKE, 2002); muitas vezes as espécies sociais conseguem explorar a paisagem de maneira mais eficiente devido à habilidade de comunicação sobre a presença de fontes de recursos (TSCHARNTKE et al., 2005).

Perturbações ambientais, tais como a perda e fragmentação da vegetação nativa, podem alterar a composição das comunidades presentes nos locais afetados. Por exemplo, em paisagens com baixa proporção de habitats semi-naturais em estudo realizado na Europa, a conectividade entre os fragmentos foi mantida por poucas espécies sociais com capacidade de deslocamento maiores (espécies do gênero *Bombus* e a espécie *Apis mellifera*). Nesse tipo de paisagem a composição de espécies

pode ser alterada a longo prazo devido ao fato que as espécies de plantas polinizadas por espécies de abelhas generalistas e com a capacidade de se deslocarem por maiores distâncias se manterão na paisagem, assim como essas abelhas, enquanto que as espécies de plantas que dependem da polinização de espécies de abelhas solitárias mais especialistas poderão se extinguir localmente devido à ausência de tais polinizadores (STEFFAN-DEWENTER et al., 2002).

Se por um lado a maioria das espécies de abelhas coletadas possui tamanhos corporais pequeno e médio e baixa capacidade de deslocamento (segundo estimativas de estudos citados anteriormente), por outro lado a maioria dos indivíduos amostrados foram classificados dentro da categoria tamanho corporal grande (40,54% dos indivíduos são maior que 11,5mm). Dentro dessa categoria os indivíduos da espécie *Thygater (Thygater) analis* (Lepeletier, 1841) foram os menores, com a maioria deles medindo 11,5mm de comprimento do corpo e os maiores foram os indivíduos da espécie *Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis* (Olivier, 1789) com 29mm. Somente o gênero *Bombus* foi responsável por 32,88% dos indivíduos coletados, havendo duas classes de tamanhos onde os indivíduos menores mediam cerca de 13mm e os indivíduos maiores cerca de 20mm.

A distância máxima de forrageamento para abelhas do gênero *Xylocopa* tem sido estimada em 10.000 metros (PASQUET et al., 2008; ROUBIK, 1992) e para abelhas do gênero *Bombus* em 1750 metros (WALTHER-HELLWIG; FRANKL, 2000). Apesar de alcançarem essas distâncias, tanto as abelhas do gênero *Xylocopa* quanto as do gênero *Bombus* costumam percorrer distâncias diárias menores (720 metros e 500 metros, respectivamente). Em paisagens fragmentadas de clima temperado, Steffan-Dewenter e Tscharntke (1999) encontraram que quanto maior a distância de habitats com vegetação nativa dos locais de nidificação, maior o tamanho corporal médio das abelhas, devido à maior capacidade estimada de voo em relação às abelhas de menor tamanho corporal. Apesar da maioria dos indivíduos coletados no presente trabalho serem classificados com tamanhos corporais grande, podendo se deslocarem através de paisagens fragmentadas, é importante a busca por melhorias na paisagem,

permitindo uma maior conectividade, evitando ao máximo alterar a composição da comunidade de abelhas.

4. Conclusão

A maioria das espécies e dos espécimes de abelhas foram coletados nas flores das plantas ruderais durante o período chuvoso e quente, confirmando o esperado. As plantas ruderais mostraram-se importantes na dieta das diferentes espécies de abelhas (ver Capítulo 2), principalmente durante o período seco e frio onde há menor disponibilidade de plantas florescendo.

Entre os visitantes florais de cultivos amostrados em Guapiara ainda não registrados em estudos anteriores pode-se destacar alguns como potenciais polinizadores. Para o cultivo de tomate a abelha *Anthrenoides meridionalis*, para a abobrinha as abelhas *Paratetrapedia fervida*, *Melissoptila thoracica* e *Augochlora* (*Augochlora*) *amphitrite* e para o cultivo de vagem as espécies *Augochlora* (*Augochlora*) *amphitrite*, *Peponapis fervens*, *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *brasilianorum*, *Xylocopa* (*Stenoxycopa*) *artifex*. As demais abelhas coletadas no presente estudo, mas não citadas em estudos anteriores e nem na presente conclusão, não foram consideradas potenciais polinizadores devido ao tamanho corporal incompatível com a morfologia das flores dos cultivos.

A prática de manejo agrícola amigáveis aos polinizadores, como a diminuição no uso de pesticidas e a sua aplicação em horários diferentes aos do pico de atividade das abelhas, permitir o crescimento de plantas utilizadas como pasto apícola em áreas não cultivadas, oferta de locais para a nidificação, entre outras práticas, são medidas que se adotadas pelo produtor permitirão que as diferentes espécies de abelhas permaneçam localmente uma vez que a maioria das espécies de abelhas amostradas são solitárias e possuem baixa capacidade de deslocamento (menores que 1000 metros).

5. Bibliografia

- ABROL, D. P. Foraging behaviour of bees as influenced by quality and quantity of rewards from flowers, **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 9, n. 2, p. 145-148, 2006.
- AIZEN, M. A. et al. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany**, v. 103, n. 9, p. 1579–1588, 2009.
- ANACLETO, D. A.; MARCHINI, L. C. Análise faunística de abelha (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no Cerrado do Estado de São Paulo. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 27, n. 3, p. 277–284, 2005.
- ANDENA, S. R.; BEGO, L. R.; MECCHI, M. R. A Comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí, SP) e suas visitas às flores. **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 7, n. 1, p. 55–91, 2005.
- ANTONINI, Y.; MARTINS, R. P. The Flowering-Visiting Bees at the Ecological Station of the Universidade Federal de Minas Gerais , Belo Horizonte , MG , Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 4, p. 565–575, 2003.
- ARAÚJO, E. D. et al. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian journal of biology/Revista brasileira de biologia**, v. 64, n. 3B, p. 563–568, 2004.
- BLUTHGEN, N. Interações plantas-animais e a importância funcional da biodiversidade. In: DEL-CLARO, K. e TOREZAN-SILINGARDI, H. M. (Organizadores). **Ecologia das interações plantas-animais: uma abordagem ecológico-evolutiva**. 1 Ed. Rio de Janeiro:Technical Books, 2012, Cap. 13, p. 261-272.
- BOREUX, V. et al. Impact of forest fragments on bee visits and fruit set in rain-fed and irrigated coffee agro-forests. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, 2012.
- CARVELL, C. et al. Assessing the value of annual and perennial forage mixtures for bumblebees by direct observation and pollen analysis 1. **Apidologie**, v. 37, p. 326–340, 2006.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLOGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA – **CEPAGRI**. Disponível em:<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_203.html>. Acesso em: 10/Jan/2014.
- CUNHA, G. L. et al. **Avaliação dos principais polinizadores do pepino *Cucumis sativus* L. var. Aodai em áreas de produção de hortaliças em Bananeiras, PB**, Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...**2011

DEPRÁ, M. S. et al. **Influência da cobertura florestal sobre a riqueza e frequência de abelhas polinizadoras do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) em áreas de plantio no município de São José de Ubá, RJ.** Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...**2011

FREITAS, L.; NETTO, P.; CAMPOS, L. A. O. **Visitantes florais do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* mill., Solanaceae) em plantios de campo aberto na zona da mata de minas gerais,** XI Congresso de Ecologia do Brasil. **Anais...**2013

GAGLIANONE, M. C. et al. Importância De Centridini (Apidae) Na Polinização De Plantas De Interesse Agrícola: O Maracujá-Doce (*Passiflora alata* Curtis) Como Estudo De Caso Na Região Sudeste Do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 01, p. 152–164, 2010.

GARIBALDI, L. A et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science (New York, N.Y.)**, v. 339, n. 6127, p. 1608–11, 2013.

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

GOMIG, E. G.; PATRICIO, G. B.; PRATA, E. M. B.; FERREIRA, B.; HUANG, S. F.; VILLAS-BÔAS, J. K.; SASAKI, D. L.; SOUZA, E. S. S. **Caracterização da fauna de abelhas silvestre polinizadores de tomates cultivados,** VII Congresso de Ecologia do Brasil. **Anais...**2005

GREENLEAF, S. S. et al. Bee foraging ranges and their relationship to body size. **Oecologia**, v. 153, n. 3, p. 589–596, 2007.

KILL, L. H. P.; HAJI, F. N. P.; LIMA, P. C. F. Visitantes florais de plantas invasoras de áreas com fruteiras irrigadas. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 3, p. 575–580, 2000.

KRUG, C.; ALVES-DOS-SANTOS, I.; CANE, J. Visiting bees of Cucurbita flowers (Cucurbitaceae) with emphasis on the presence of *Peponapis fervens* Smith (Eucerini - Apidae) - Santa Catarina, Southern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 14, n. 01, p. 128–139, 2010.

MARCHI, P.; ALVES-DOS-SANTOS, I. As abelhas do gênero *Xylocopa* Latreille (Xylocopini , Apidae) do Estado de São Paulo , Brasil. **Biota Neotropica**, v. 13, n. 2, p. 249–269, 2013.

MICHENER, C. D. **The social behavior of the bees**, 1. ed. Cambridge:Havard University Press, 1974.

MICHENER, C. D. **The bees of the world**, 1. ed. Baltimore:The Johns Hopkins University Press, 2000.

MONTAGNANA, P. C. **Avaliação de déficit de polinização em tomateiros (*Lycopersicum esculentum* Mill.)**, 2010, Trabalho de Conclusão de Curso (Ecologia), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2010.

MOTA, M. O. S.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Polinização entomófila em pessegueiro (*Prunus persica* L.). **Braz. J. vet. Res. anim. Sci.**, v. 39, n. 3, p. 124–128, 2002.

MUNYULI, M. Diversity of Life-History Traits, Functional Groups and Indicator Species of Bee Communities from Farmlands of Central Uganda, **Jordan Journal of Biological Sciences**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2012.

OSGATHORPE, L. M.; PARK, K.; GOULSON, D. The use of off-farm habitats by foraging bumblebees in agricultural landscapes: implications for conservation management. **Apidologie**, v. 43, n. 2, p. 113–127, 2012.

PASQUET, S. et al. Long-distance pollen flow assessment through evaluation of pollinator foraging range suggests transgene escape distances. **PNAS**, v. 105, n. 36, p. 13456–13461, 2008.

PATRÍCIO, G. B.; GOMIG, E. G.; PRATA, E. M. 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. **Anais...**2005

PEREIRA, R. C.; PIRES, J. I. C.; FERREIRA, F. M. C. **O efeito da polinização por abelhas na produtividade de *Phaseolus vulgaris*: Uma avaliação sobre redundância ecológica**, Resumos do VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...**2013.

ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees, 1. ed. Cambridge:Cambridge University Press, 1992 (Cambridge Tropical Biology series).

SANTOS, S. A B. et al. Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Genetics and molecular research**, v. 8, n. 2, p. 751–757, 2009.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 10/Jan/2014.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. **Instituto de Economia Agrícola**. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/distrib.php>>. Acesso em: 10/Jan/2014.

SARTO, M. C. L. DEL; PERUQUETTI, R. C.; CAMPOS, L. A. O. Evaluation of the Neotropical Stingless Bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae) as Pollinator of Greenhouse Tomatoes. **Journal of Economic Entomology**, v. 98, n. 2, p. 260–266, 2005.

SERRA, B. D. V.; CAMPOS, L. A. O. Polinização Entomófila de Abobrinha , *Cucurbita moschata* (Cucurbitaceae). **Neotropical Entomology**, n. April, p. 153–159, 2010.

SLAA, E. J. ET AL. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, v. 37, p. 293–315, 2006.

STEFFAN-DEWENTER, I. e TSCHARNTKE, T. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set, **Oecologia**, v. 121, n. 3, p. 432-440, 1999.

STEFFAN-DEWENTER, I. . et al. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. **Ecology**, v. 83, n. 5, p. 1421–1432, 2002.

TSCHARNTKE, T. et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity â ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857–874, 2005.

TSCHEULIN, T. et al. Influence of landscape context on the abundance and diversity of bees in Mediterranean olive groves, **Bulletin of entomological research**, v. 101, n. 5, p. 557-564, 2011.

WALTHER-HELLWIG, K.; FRANKL, R. Foraging habitats and foraging distances of bumblebees, *Bombus* spp. (Hym., Apidae), in an agricultural landscape. **Journal of Applied Entomology**, v. 124, n. 7-8, p. 299–306, 2000.

WILLIAMS, N. et al. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances, **Ecological Conservation**, v. 143, p. 2280-2291, 2010.

WINFREE, R. et al. Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation across land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 793–802, 2008.

CAPÍTULO 2

A importância de habitats secundários na
manutenção de populações de abelhas silvestres
em propriedades rurais

Resumo

Áreas dentro das propriedades rurais que não são cultivadas (habitats secundários), tais como as terras às margens dos canteiros de cultivo, áreas brejosas, sebes e matas ciliares, proveem locais para nidificação e alimentação para as diferentes espécies de abelhas. O presente trabalho, através da busca por ninhos e da análise dos grãos de pólen coletados nos corpos das abelhas coletadas em campo, avaliou a importância de habitats secundários como locais de forrageamento e nidificação para as espécies de abelhas identificadas. As coletas dos espécimes foram realizadas uma vez por mês, com dois coletores por cada uma das quatro propriedades estudadas, das 8 horas às 13 horas, ao longo de um ano, totalizando 50 horas de coleta/propriedade. Para a formação de um laminário de referência, cada espécie de planta ruderal e cultivada teve o botão coletado e armazenado em tubos do tipo eppendorf que continham álcool 70% para a conservação do material. Foram identificados 28 espécies de plantas ruderais e 5 espécies de plantas cultivadas, sendo Asteraceae, a família mais diversificada, com 11 espécies, seguida por Solanaceae (3 espécies), Verbenaceae (2 espécies) e Convolvulaceae (2 espécies). Com relação às amostras de pólen analisadas, foram encontrados 104 tipos polínicos, sendo 38 identificados até espécie, gênero ou família e 66 morfotipos, agrupados na categoria "outros". Os tipos polínicos das plantas ruderais foram os mais frequentes nas amostras de pólen retirado do corpo das abelhas, tanto durante o período Chuvoso/Quente quanto durante o período Seco/Frio. Praticamente todas as espécies de abelhas coletadas são classificadas como poliléticas e mais de 76% das espécies da comunidade conhecidamente nidificam no solo, porém foram encontrados poucos ninhos durante o período de amostragem. As informações obtidas no presente trabalho apresentam um forte potencial na orientação de Planos de Manejo visando a conservação de abelhas silvestres em áreas agrícolas.

1. Introdução

As principais ameaças às populações de abelhas silvestres são a perda e a fragmentação da vegetação nativa, locais utilizados para a nidificação e forrageamento das diferentes espécies de polinizadores. Tais modificações na estrutura da paisagem acontecem principalmente em áreas de agricultura intensiva, caracterizadas pelo uso de maquinários, e aplicação de grandes quantidades de fertilizantes e pesticidas. Essa forma de manejo é responsável por reduções na disponibilidade de recursos para nidificação e alimentação (STEFFAN-DEWENTER e WESTPHAL, 2008).

O desenvolvimento de estratégias para a mitigação dos efeitos negativos da intensificação agrícola sobre as populações de abelhas silvestres envolve o manejo de propriedades agrícolas, de modo a preservar tais populações e os serviços de polinização que elas realizam. Entre as práticas de manejo, estão aquelas que visam preservar ou restaurar as áreas utilizadas como sítios de forrageamento. Em países da Europa, por exemplo o plantio de espécies de forrageiras fontes de pólen e/ou néctar ou a sua preservação é muito comum (CARVELL, 2006; HYVONEN e HUUSELAVEISTOLA, 2008; WRATTEN et al., 2012; PYWELL et al., 2005), mas no Brasil, esses métodos são pouco utilizados ou estudados (SOUZA, 2006).

Áreas dentro das propriedades rurais que não são utilizadas para o cultivo, tais como as terras às margens dos canteiros cultivados, áreas brejosas, sebes e matas ciliares, proveem locais para nidificação e alimentação para as diferentes espécies de abelhas, como relatado por Goulson et al (2008) para espécies de *Bombus* na Europa. Segundo os autores, as áreas não cultivadas oferecem plantas em florescimento durante o período de maior atividade das abelhas do gênero *Bombus*, além de serem locais menos afetados pelo uso de pesticidas e fertilizantes, apresentando maior número de abelhas em relação às áreas cultivadas.

A presença de plantas ruderais próximo às áreas cultivadas também favorece a visita de polinizadores às flores do cultivo, como mostraram Carvalheiro et al (2011) em plantações de girassol na África do Sul. As parcelas de girassol que continham plantas ruderais apresentaram o dobro de riqueza de espécies de visitantes florais quando

comparadas com as parcelas que não continham plantas ruderais. Além de ser uma medida para a conservação de abelhas polinizadoras em áreas agrícolas, a presença de plantas ruderais também é vista como uma forma de aumentar a produção de cultivares que possuem algum grau de dependência da polinização por insetos, uma vez que tais plantas são fontes de alimento para os polinizadores em áreas cultivadas (CAMPOS et al., 2006; MORANDIN;WINSTON, 2006; GEMMILL-HERREN; OCHIENG, 2008; HYVONEN et al., 2008).

A palinologia tem sido uma ciência importante na identificação das espécies de plantas usadas na dieta de abelhas, em que as análises dos grãos de pólen coletados no corpo da abelha mostram a contribuição de cada espécie na alimentação tanto de larvas quanto de adultos (SILVA et al., 2009, SILVA et al., 2010, SILVA et al., 2012). Em um estudo no Reino Unido, Carvell (2006), empregando a análise dos grãos de pólen coletados das corbículas das abelhas do gênero *Bombus*, avaliou quais as plantas preferencialmente utilizadas. O estudo mostrou marcadas diferenças na preferência floral entre as espécies que possuem aparelho bucal mais longo e as que possuem aparelho bucal mais curto, de forma que o autor salienta que programas de manejo que visem a conservação das diferentes espécies de abelhas deveriam assegurar que os diferentes tipos de plantas estivessem presentes nos locais alvo.

No presente estudo foi avaliada a importância de habitats secundários em quatro propriedades rurais no município de Guapiara/SP na manutenção de populações de espécies de abelhas silvestres em ambientes agrícolas. Por meio da análise dos grãos de pólen amostrados nos corpos das abelhas, investigou-se se as plantas ruderais presentes nas áreas de estudo compunham a dieta das espécies de abelhas coletadas e avaliou-se o grau de importância de cada uma delas na manutenção das populações de tais abelhas. Também foi avaliada a importância de tais habitats secundários na nidificação de abelhas sociais e solitárias, por meio de busca ativa e identificação dos seus ninhos.

2. Material e Métodos

As coletas das abelhas foram realizadas uma vez por mês em uma das quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara/SP (para maiores detalhes ver seção 2.1, Capítulo 1, desta dissertação), entre o período de Junho de 2012 à Maio de 2013, exceto nos meses de Abril e Novembro de 2012, das 8h da manhã às 13h, horário de maior atividade das abelhas, sempre por dois coletores, totalizando 50 horas de coletas por propriedade.

Com o auxílio de uma rede entomológica, as abelhas foram coletadas em flores de plantas ruderais e em flores de plantas cultivadas, sacrificadas em acetato de etila e armazenadas individualmente em tubos do tipo eppendorf contendo álcool 70% para conservar os grãos de pólen aderido ao corpo do espécime. Cada espécime recebeu um código onde consta o tipo de planta no qual foi coletado (C se coletado em cultivar e R se coletado em ruderal), a propriedade (1, 2, 3 e 4, referente ao número com que cada propriedade foi nomeada), o coletor (letra inicial do nome do coletor) e um número que identificava o espécime coletado.

Para a montagem da coleção de referência de pólen (Palinoteca), foram coletados os botões em fase de pré-antese das plantas ruderais e das cultivadas identificadas nas propriedades. Cada espécie de planta teve o botão coletado e armazenado em tubos do tipo eppendorf que continham álcool 70% para a conservação do material. A identificação das plantas ruderais foi realizada com o auxílio de Lorenzi (2008). Também foram coletadas amostras das plantas ruderais para serem herborizadas e auxiliarem na identificação das plantas.

Em laboratório, tanto o material polínico recolhido do corpo das abelhas coletadas quanto o material retirado das anteras dos botões das plantas ruderais e cultivadas foram submetidos ao processo de acetólise, segundo o protocolo proposto por Erdtman (1966). Depois do material acetolisado, foram confeccionadas lâminas para cada amostra, sendo três lâminas para cada espécie de planta e uma lâmina para o material recolhido do corpo de cada espécime de abelha coletada.

A análise qualitativa das lâminas de pólen foi realizada no Laboratório de Palinocologia da FFCLRP/USP e no laboratório do Grupo de Estudos sobre Ecologia e Conservação de Abelhas Silvestres (GEECAS) da UNESP/Rio Claro. Com o auxílio de um microscópio óptico, identificaram-se os tipos de grãos contidos na amostra para uma análise qualitativa do material. Durante os períodos de coleta das abelhas também foram realizadas buscas por ninhos nas propriedades. Quando encontrados, os ninhos foram fotografados e quando possível, coletava-se as abelhas aos quais pertenciam para posterior identificação.

3. Resultados e Discussão

Foram identificadas 28 espécies de plantas ruderais e 5 espécies de plantas cultivadas comercialmente (a Tabela 3 e a Figura 5 do Capítulo 1 apresentam as espécies cultivadas identificadas), que poderiam ser consideradas fontes de pólen e néctar nas propriedades rurais de manejo familiar no município de Guapiara/SP. Na Tabela 1 estão apresentadas as espécies de plantas ruderais identificadas, assim como o período de floração, o recurso disponível aos visitantes florais e as propriedades onde foram registradas. O Anexo II apresenta os grãos de pólen das espécies de plantas identificadas, referente a coleção de referência (Palinoteca).

Tabela 1 – Espécies de plantas ruderais identificadas nas quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara(SP), período de Junho/2012 a Maio/2013. Período de floração, recurso disponível aos visitantes florais, onde N=Néctar, P=Pólen, N/P=Néctar e Pólen e (-)=Informação não encontrada na literatura.

Família	Espécie	Período de Floração	Recursos florais	Propriedades			
				1	2	3	4
Apocynaceae	<i>Asclepias curassavica</i> L.	Janeiro à Dezembro	N/P	X	X	X	X
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Janeiro à Dezembro	P	X	X	X	X
	<i>Bidens alba</i> (L.) DC.	Janeiro à Dezembro	P	X	X	X	
	<i>Bidens pilosa</i> L.	Janeiro à Dezembro	P	X	X	X	X
	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	Fevereiro à Outubro	P	X	X		X
	<i>Galinsoga paviflora</i> Cav.	Janeiro à Dezembro	N/P	X	X	X	
	<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less.	Novembro à	N/P		X	X	

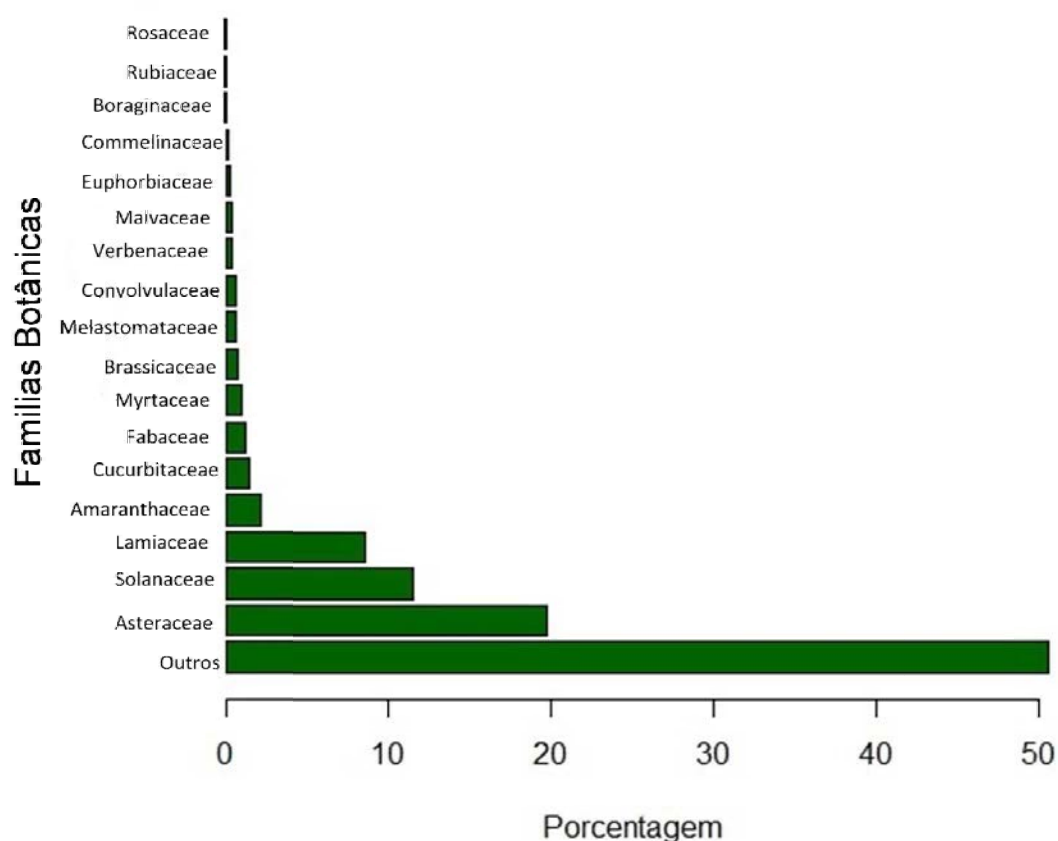
		Dezembro					
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Janeiro à Dezembro	P	X	X	X	
	<i>Synedrella nodiflora</i> (L.) Gaertn.	Janeiro à Julho	P	X			X
	<i>Tilesia baccata</i> (L.) Pruski	Janeiro à Março	N/P	X	X	X	
	<i>Tithonia diversifolia</i> (Hemsl.) Gray.	Maio à Setembro	N/P			X	
	<i>Vernonia westiniana</i> Less.	Fevereiro à Outubro	N/P	X			X
Bignoniaceae	<i>Pyrostegia venusta</i> (Ker Gawl.) Miers.	Junho à Agosto	N/P				X
Boraginaceae	<i>Cordia verbenacea</i> DC.	Agosto à Janeiro	N			X	
Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i> L.	Maio	N/P	X			
Convolvulaceae	<i>Ipomea nill</i> (L.) Roth	Dezembro à Maio	N		X	X	X
	<i>Ipomea triloba</i> L.	Agosto à Abril	N		X		
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i> L.	Agosto à Março	P	X			X
Lamiaceae	<i>Leonurus sibiricus</i> L.	Janeiro à Dezembro	N/P	X	X	X	X
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Dezembro à Março	P	X		X	
Myrsinaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.	Agosto à Outubro	P	X		X	
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca americana</i> L.	Abril à Setembro	P	X			X
Rosaceae	<i>Rubus rosifolius</i> Sm.	Janeiro à Dezembro	N/P	X	X	X	X
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Janeiro à Dezembro	P	X	X	X	
	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	Março à Dezembro	P	X		X	
	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Agosto à Dezembro	N/P	X		X	X
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Janeiro à Dezembro	N	X	X	X	X
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	Novembro à Março	N	X		X	X

Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

A família mais rica foi Asteraceae, com 11 espécies, seguida por Solanaceae (3 espécies), Verbenaceae (2 espécies) e Convolvulaceae (2 espécies). As demais famílias foram representadas por uma espécie cada. A maioria das espécies identificadas nas propriedades agrícolas floresce por longos períodos, grande parte durante o ano todo, sendo uma fonte constante de recursos forrageiros para as espécies das áreas.

Com relação às amostras de pólen analisadas, foram encontrados 104 tipos polínicos, sendo 38 identificados até espécie, gênero ou família e 66 morfotipos, agrupados na categoria "outros". A família com maior frequência de ocorrência foi Asteraceae (19,68%), seguida por Solanaceae (11,46%) e por Lamiaceae (8,57%). A frequência de ocorrência de cada família é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Ocorrência dos tipos polínicos encontrados em amostras retiradas dos corpos dos espécimes de abelhas coletados, separados por famílias botânicas, nas quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP), período de Junho/2012 a Maio/2013.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

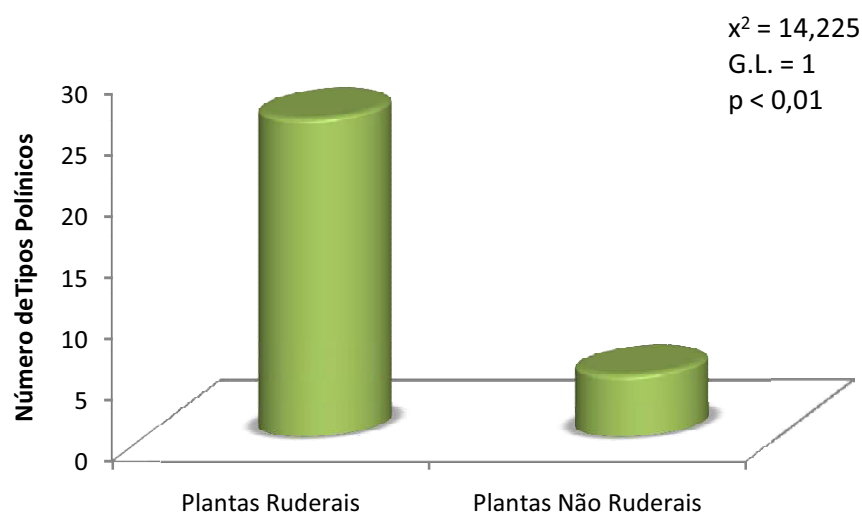
Em amostras analisadas o tipo polínico mais encontrado foi o Tipo *Lycopersicon esculentum*, com 127 ocorrências, seguido pelo Tipo Asteraceae, com 111 ocorrências, por *Leonurus sibiricus*, com 95 ocorrências, pelo Tipo Poaceae com 71 ocorrências e por *Sonchus oleraceus*, com 70 ocorrências. Os demais tipos polínicos obtiveram ocorrências menores que 25.

Para avaliar a importância que as plantas ruderais possuem na dieta das abelhas coletadas, os tipos polínicos identificados foram agrupados em plantas ruderais e

plantas não ruderais. Os tipos polínicos que não puderam ser classificados pelo menos em família não entraram nas análises.

Ao longo de um ano, a riqueza de tipos polínicos de plantas ruderais identificados nos corpos das abelhas foi maior que a riqueza dos tipos polínicos de plantas não ruderais (Figura 2).

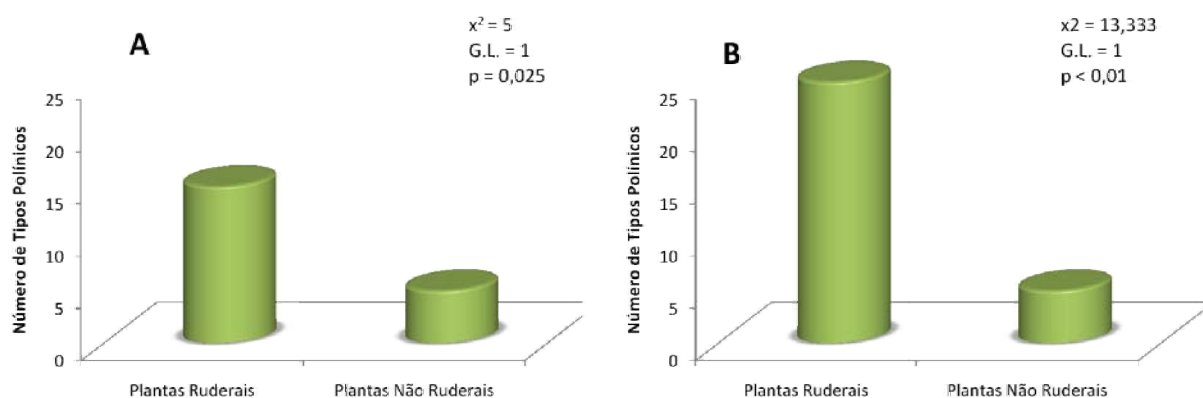
Figura 2 – Número de tipos polínicos identificados, separados em plantas ruderais e plantas não ruderais encontrados nas amostras de pólen coletado do corpo das abelhas durante o período de estudo de Junho/2012 a Maio/2013 em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Em ambos os períodos (seco e frio e chuvoso e quente) a riqueza dos tipos polínicos classificados como pertencentes a plantas ruderais foi maior em relação aos pólenes provenientes de plantas não ruderais (Figura 3, A e B).

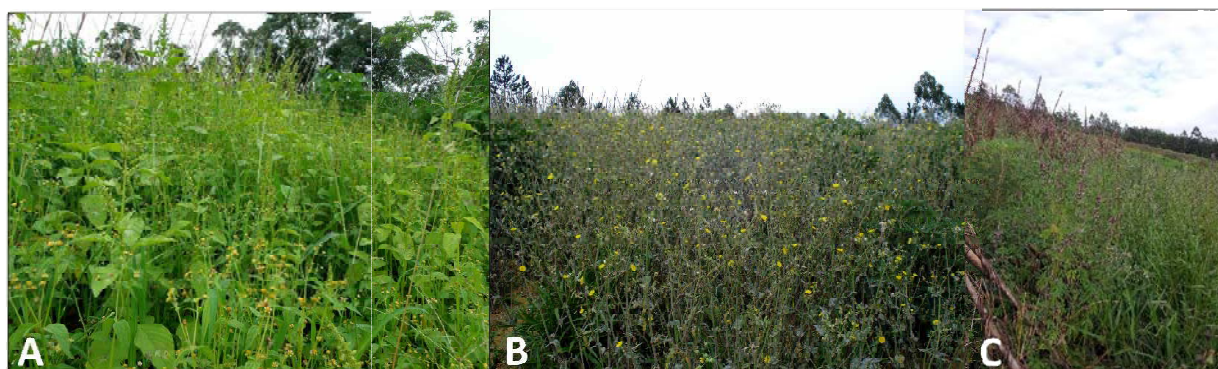
Figura 3 – Riqueza de tipos polínicos coletados pelas abelhas durante o período Seco/Frio (A) e durante o período Chuvoso/Quente (B) em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013 no município de Guapiara (SP).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

As figuras mostram que as abelhas forragearam em uma quantidade maior de plantas ruderais do que em plantas não ruderais. A presença dessas plantas em áreas não cultivadas das propriedades agrícolas auxilia na manutenção de populações de abelhas uma vez que representam maior diversidade e abundância de fontes de alimento. Isso foi demonstrado, por exemplo, para a espécie *Apis mellifera* (DECOURTYE; MADER; DESNEUX, 2010). É comum na região de Guapiara a adoção de rotação de culturas dentro da propriedade agrícola com a finalidade de evitar que doenças relacionadas às culturas se estabeleçam na propriedade; áreas de culturas em final de produção são deixadas em repouso depois da colheita e dominadas por espécies de plantas ruderais (Figura 4- A, B e C) que formam verdadeiros pastos apícolas. Em um estudo realizado em pradarias, as espécies de plantas que possuíam uma área total de indivíduos em florescimento maior que as demais espécies receberam significativamente mais visitas, indicando que a abundância de flores desempenha um importante papel na distribuição de visitantes florais dentro de uma área (WEINER et al., 2011).

Figura 4 – Áreas em repouso dominadas por espécies de plantas ruderais em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013 no município de Guapiara (SP). A) Área de antigo cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) com indivíduos de *Amaranthus* sp. e *Galinsoga parviflora*. B) Área de antigo cultivo de vagem (*Phaseolus vulgaris*) dominado por indivíduos de *Sonchus oleraceus*. C) Área de antigo cultivo de vagem (*Phaseolus vulgaris*) dominado por indivíduos de *Leonurus sibiricus*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Muitos estudos vem mostrando a forte relação existente entre a riqueza de espécies de plantas que florescem e a riqueza e abundância de espécies de abelhas e outros insetos (STEFFAN-DEWENTER; TSCHARNTKE, 2001; PYWELL et al., 2005; GARCÍA; MINARRO, 2014; WOODCOCK et al., 2014), com comunidades de polinizadores mais ricas e diversas em ambientes também ricos e diversos em espécies de plantas. Decourtye et al (2010) citam dois tipos de manejo em propriedades agrícolas utilizadas nos EUA e em países da União Europeia que visam aumentar a diversidade floral. No primeiro é permitido que espécies de plantas nativas se estabeleçam em áreas não cultivadas dentro da propriedade e no segundo trata-se do plantio de espécies de plantas utilizadas durante o forrageamento por diferentes espécies de insetos polinizadores. No segundo a abordagem tem como um dos seus objetivos selecionar espécies de plantas que possam ser toleradas dentro das propriedades, a fim de evitar que espécies consideradas reservatório de doenças e pragas se estabeleçam.

Na tabela 3 no Capítulo 1 dessa dissertação estão apresentadas as espécies de abelhas classificadas de acordo com características ecológicas, tais como especialidade alimentar e substrato de nidificação, que serão discutidas nesta seção.

Praticamente todas as espécies de abelhas coletadas são poliléticas, ou seja, coletam pólen em mais de uma espécie de planta pertencente à várias famílias. As exceções foram as espécies *Melitoma segmentaria* e *Pseudagapostemon* (*Neagapostemon*) cf. *cyanomelas*, que de acordo com dados da literatura (MICHENER, 2007; BUSCHINI; RIGON; CORDEIRO, 2009) são espécies oligoléticas, corroborando os dados encontrados pelo presente estudo.

O fato de praticamente toda a comunidade de abelha amostrada ser composta por espécies poliléticas pode apresentar duas possíveis explicações: (1) a maior parte da fauna de abelhas nos trópicos úmidos serem poliléticas e/ou (2) ambientes alterados sustentarem espécies generalistas, enquanto as especialistas são as primeiras a serem extintas localmente. Michener (1954 apud MICHENER, 2007) em estudo no Panamá observou que a porcentagem de espécies de abelhas oligoléticas é menor em ambientes úmidos nos trópicos.

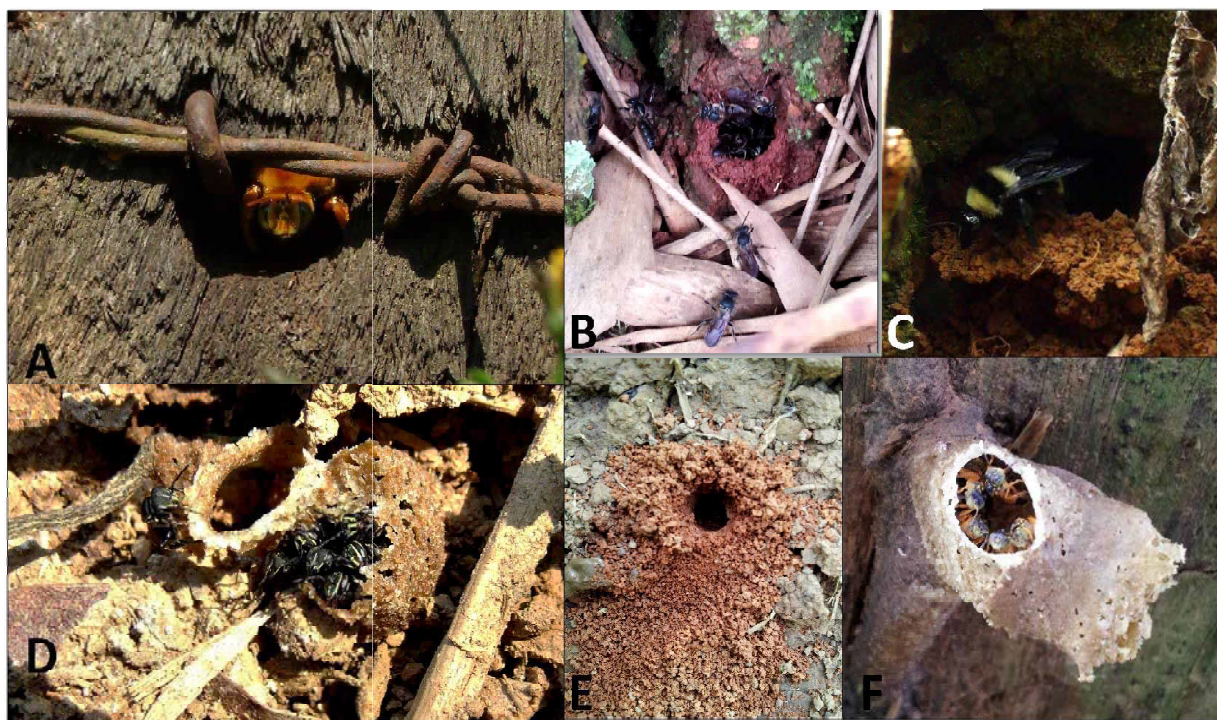
Para que espécies oligoléticas ou monoléticas ocorram em determinado ambiente é necessário que as espécies das quais elas coletam pólen também ocorram; essa característica as tornam espécies mais especialistas do que as espécies poliléticas. Por exemplo, espécies de abelhas oligoléticas são mais abundantes em habitats florestais do que em habitats agrícolas (WINFREE; GRISWOLD; KREMEN, 2007). Grundel et al (2010) encontraram que a porcentagem de espécies de abelhas oligoléticas está positivamente relacionada à abundância de espécies de plantas nativas. Assim como o presente trabalho, Munyuli (2012) também encontrou um maior número de espécies de abelhas poliléticas em áreas agrícolas quando comparado com espécies oligoléticas.

Com relação ao tipo de substrato utilizado para a nidificação, 76,19% das espécies coletadas nidificam no solo, 12,69% das espécies nidificam em madeira morta, 7,93% das espécies nidificam em cavidades pré-existent e 3,17% das espécies nidificam em árvore viva. Durante o período de estudo foram encontrados somente seis ninhos de abelhas (Figura 5), sendo quatro construídos no solo. Os ninhos encontrados foram das espécies *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (em mourão de cerca), *Schwarziana quadripunctata* (em solo), *Paratrigona subnuda* (em solo), *Melissoptila*

thoracica (em solo), *Bombus (Fervidobombus) pauloensis* (em solo) e *Tetragonisca angustula* (em madeira). Todos os ninhos foram encontrados em áreas não cultivadas (como barrancos, cercas abandonadas e áreas que constituem o quintal da residência dos proprietários) ou em áreas que se encontravam em período de repouso.

O baixo número de ninhos encontrados nas propriedades pode estar relacionado à dificuldade do encontro de ninhos de abelhas, principalmente de abelhas solitárias, e/ou ao fato das abelhas preferirem ambientes menos perturbados para a construção de ninhos. Em estudos realizados com abelhas do gênero *Bombus* constatou-se que tais espécies preferem nidificar em áreas não cultivadas (MORANDIN et al., 2007) e foi observada uma quantia maior de rainhas procurando por locais para nidificação também em áreas não cultivadas (SVENSSON; LAGERLÖF; G. SVENSSON, 2000), mostrando a importância que tais ambientes possuem em paisagens agrícolas. Além das perturbações causadas pelo manejo, áreas cultivadas podem apresentar algum grau de compactação do solo, o que diminui o número de ninhos de abelhas em tais condições (SARDIÑAS; KREMEN, 2014).

Figura 5 – Ninhos de abelhas encontrados nas quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar estudadas no município de Guapiara (SP) entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013. A) *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis* (em mourão de cerca), B) *Schwarziana quadripunctata* (em solo), C) *Bombus* (*Fervidobombus*) *pauloensis* (em solo), D) *Paratrigona subnuda* (em solo), E) *Melissoptila thoracica* (em solo) e F) *Tetragonisca angustula* (em madeira).



Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

Algumas práticas de manejo podem ser adotadas para aumentar as oportunidades de nidificação de espécies de polinizadores nativos em áreas agrícolas, sempre tendo em mente as necessidades de cada espécie. Tais práticas incluem a exposição de áreas de solo para as espécies que nidificam nesse tipo de substrato, manter áreas de vegetação nativa próximas aos cultivos para que essas sirvam como locais de nidificação e deixar madeira morta para as espécies que nidificam em cavidades pré-existentes (KLEIN et al., 2007).

4. Conclusão

As áreas dentro das propriedades agrícolas não utilizadas para o cultivo, seja de forma permanente, devido a características do terreno como declividade ou área brejosa ou, seja por tempo determinado, devido à rotação de cultura, são áreas para o

desenvolvimento de vegetação fonte de pólen e/ou néctar para as espécies de abelhas amostradas nas propriedades estudadas. Durante o período de estudo a frequência do tipo polínico de plantas ruderais nas amostras de pólen retirado do corpo das abelhas foi maior em relação ao de plantas cultivadas ou outras em ambos os períodos Chuvoso/Quente e Seco/Frio, mostrando que essas plantas são intensamente visitadas e constituem parte importante da dieta de indivíduos adultos e imaturos. A adoção de práticas de manejo que visem manter as espécies de ruderais nas áreas agrícolas e a manutenção da prática de rotação de cultura já existente na região, contribui para a permanência das espécies de abelhas nas propriedades.

O baixo número de ninhos de abelhas encontrado reflete uma preferência das espécies por nidificarem em áreas menos impactadas pelo manejo agrícola convencional. Os ninhos de abelhas encontrados estavam localizados em áreas não utilizadas para o cultivo, seja por período determinado ou indeterminado, assim o enriquecimento dessas áreas com substratos que possibilitem a nidificação das diferentes espécies é uma medida que auxilia na conservação de abelhas silvestres. Substratos como diferentes tipos de madeiras e ninhos-armadilha deixados para a nidificação já são utilizados em áreas agrícolas na Europa e América do Norte. A utilização de varas de bambu para a condução de tomateiros ao invés de fitilhos, é uma medida para a conservação de abelhas do gênero *Xylocopa*, uma vez que já foram identificados ninhos dessas abelhas em varas de bambu nas propriedades estudadas.

5. Bibliografia

BUSCHINI, M. L. T.; RIGON, J.; CORDEIRO, J. Plants used by *Megachile* (Moureapis) sp. (Hymenoptera: Megachilidae) in the provisioning of their nests. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 69, n. 4, p. 1187–94, 2009.

CAMPOS, M. J. O. et al. Manejo Agrícola e Riqueza de polinizadores. In: VII ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2006, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** [s. L.: s. n.]. 1 CD-Room.

CARVALHEIRO, L. G. et al. Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity, **Ecology Letters**, v. 14, n. 3, p. 251–259, 2011.

CARVELL, C. et al. Assessing the value of annual and perennial forage mixtures for bumblebees by direct observation and pollen analysis 1. **Apidologie**, v. 37, p. 326–340, 2006.

DECOURTYE, A. ; MADER, E. ; DESNEUX, N. Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. **Apidologie**, v. 41, n. 41, p. 264–277, 2010.

ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomic**. Stockholm: Almqvist & Wilsell. 553 p., 1966.

GARCÍA, R. R.; MINARRO, M. Role of floral resources in the conservation of pollinator communities in cider-apple orchards. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 183, p. 118–126, 2014.

GEMMILL-HERREN, B. e OCHIENG, A. O. Role of native bees and natural habitats in eggplant (*Solanum melongena*) pollination in Kenya. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 127, p. 31–36, 2008.

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

GRUNDEL, R. et al. Floral and nesting resources, habitat structure, and fire influence bee distribution across an open-forest gradient, **Ecological Applications**, v. 20, n. 6, p. 1678–1692, 2010.

HYVONEN, T.; HUUSELA-VEISTOLA, E. Arable weeds as indicators of agricultural intensity – A case study from Finland. **Biological Conservation**, v. 141, n. 11, p. 2857–2864, 2008.

KLEIN, A. M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 274, n. 1608, p. 303–13, 2007.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**, 4 Ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 640p. 2008.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. 2 Ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007. p. 972.

MORANDIN, L. A. e WINSTON, M. L. Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems, **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 116, p. 289-292, 2006.

MORANDIN, L. A. et al. Can pastureland increase wild bee abundance in agriculturally intense areas? **Basic and Applied Ecology**, v. 8, n. 2, p. 117–124, 2007.

MUNYULI, M. B. T. Diversity of Life-History Traits, Functional Groups and Indicator Species of Bee Communities from Farmlands of Central Uganda, **Jordan Journal of Biological Sciences**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2012.

PYWELL, R. F. et al. Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. **Biological Conservation**, v. 121, n. 4, p. 479–494, 2005.

SARDIÑAS, H. S.; KREMEN, C. Evaluating nesting microhabitat for ground-nesting bees using emergence traps. **Basic and Applied Ecology**, v. 15, p. 161–168, 2014.

SILVA, C. I. **Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de *Xylocopa* (Hymenoptera, Apidae) e interação com plantas do cerrado sentido restrito no triângulo mineiro**. 2009. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SILVA, C. I. et al. A palinologia como uma ferramenta importante nos estudos das interações entre *Xylocopa* spp. e plantas no Cerrado. In: IX ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: FUNPEC, 2010, p. 72-79.

SILVA, C. I. et al. O uso da palinologia como ferramenta em estudos sobre ecologia e conservação de polinizadores no Brasil. In: IMPERATRIZ-FONSECA et al. (Organizadores). **Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais**. 1 Ed. São Paulo: Edusp, 2012. p. 369-383.

SOUZA, L. **Composição da fauna de Hymenoptera associada a área agrícola de manejo tradicional: abelhas nativas e parasitóides**, 2006, Tese (Doutorado), Programa de Pós Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, campus Rio Claro, 103f. Rio Claro, 2006.

STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Succession of bee communities on fallows. **Ecography**, v. 24, n. 1, p. 83–93, 2001.

STEFFAN-DEWENTER, I.; WESTPHAL, C. The interplay of pollinator diversity, pollination services and landscape change. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 737–741, 2008.

SVENSSON, B.; LAGERLÖF, J.; G. SVENSSON, B. Habitat preferences of nest-seeking bumble bees (Hymenoptera: Apidae) in an agricultural landscape. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 77, n. 3, p. 247–255, 2000.

WEINER, C. N. et al. Land use intensity in grasslands: Changes in biodiversity, species composition and specialisation in flower visitor networks. **Basic and Applied Ecology**, v. 12, n. 4, p. 292–299, 2011.

WINFREE, R.; GRISWOLD, T.; KREMEN, C. Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. **Conservation biology: the journal of the Society for Conservation Biology**, v. 21, n. 1, p. 213–23, 2007.

WOODCOCK, B. A. et al. Enhancing floral resources for pollinators in productive agricultural grasslands. **Biological Conservation**, v. 171, p. 44–51, 2014.

WRATTEN, S. D. et al. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 159, p. 112–122, 2012.

CAPÍTULO 3

Análise das interações abelha-planta: uma
abordagem de redes ecológicas

Resumo

O estudo de redes mutualísticas permite um entendimento mais profundo das interações animal-planta, das características que mantêm as redes estruturadas, além de um entendimento da comunidade como um todo, identificando as interações mais generalistas assim como as interações espécie-específica. O presente trabalho teve como objetivo analisar as redes de interações planta-polinizador em propriedades agrícolas e avaliar qual a importância que as plantas ruderais e cultivadas possuem na estruturação de tais comunidades. Apesar das espécies de abelhas amostradas possuírem preferências alimentares mais generalistas e as espécies de plantas serem pioneiras, típicas de locais perturbados, de forma geral, pode-se dizer que as redes de interações encontradas nas áreas de estudo são frágeis e pouco resistentes à retirada das espécies de plantas mais abundantes. As plantas ruderais mostraram-se muito importantes para a comunidade de abelhas, com destaque para *Leonurus sibiricus*, *Sonchus oleraceus*, Asteraceae e Poaceae que desempenharam o papel de hub e de conectores dentro das redes. A maioria das espécies de abelhas desempenhou o papel de conectores na maioria das redes, com destaque para as espécies *Apis mellifera* e *Paratrigona subnuda*, assim como para as espécies *Bombus pauloensis* e *Trigona spinipes* que também desempenharam o papel de hub.

1. Introdução

O estudo de redes complexas em Ecologia não é algo novo. Ecólogos como Lindenman, Odum e Margalef já utilizaram conceito de redes em estudos envolvendo sistemas complexos em ecologia como, por exemplo, para descrever teias alimentares (BASCOMPTE, 2007). As ferramentas para o estudo de redes complexas tem origem na Matemática, na teoria de grafos, desenvolvida pelos matemáticos Paul Erdos e Alfred Rényi. Desde então, essa metodologia vem se desenvolvendo com aplicações em diversos estudos, da Genética à Sociologia (BASCOMPTE; JORDANO, 2007).

A metodologia de análise de redes complexas vem sendo aplicada cada vez mais nos estudos de interações mutualísticas, com especial atenção sendo dada para as interações entre plantas e seus polinizadores. A utilização dessa ferramenta permite estudos em diferentes escalas, desde a local até a escala global. Trojelsgaard e Olesen (2012), por exemplo, trabalhando em uma escala global de análise, investigaram a existência de um gradiente latitudinal e altitudinal de maior riqueza de espécies nas redes de polinização; apesar de não terem demonstrado a ocorrência de tal gradiente, encontraram evidências de um aumento no grau de especialização das redes de polinização em direção aos trópicos.

A abordagem de redes complexas também possibilita analisar os efeitos na comunidade de possíveis extinções de espécies, ameaça cada vez maior frente ao crescente impacto que as ações humanas causam aos ecossistemas. Em prados localizados nas Montanhas Rochosas nos EUA, manipulações experimentais em campo foram conduzidas com o objetivo de avaliar os impactos causados pela perda de uma única espécie de polinizador sobre a comunidade de plantas. Os autores encontraram que a remoção de uma única espécie de polinizador reduziu a fidelidade floral, a proporção de pólen coespecífico transportado e depositado e consequentemente a produção de sementes, comprometendo a estabilidade da comunidade de plantas (BROSI; BRIGGS, 2013).

Além da avaliação da perda de polinizadores, a análise de redes também permite avaliar o impacto que espécies exóticas exercem sobre a comunidade nativa na qual foram introduzidas. O impacto que a espécie *Apis mellifera* exerce sobre os serviços de polinização foi investigado em uma comunidade de Caatinga e os resultados apontaram que essa espécie ocupa uma posição central nas redes de polinização estudadas, induzindo a mudanças significativas nas redes locais, principalmente devido ao fato da espécie monopolizar muitas das interações (SANTOS et al., 2012). Estudo semelhante foi realizado nas Ilhas Galápagos, onde investigou-se o impacto de espécies exóticas de Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera em redes de polinização nativas (TRAVERSE et al., 2013), onde as espécies invasoras também ocuparam o papel de espécie hub, ou seja, tiveram um número muito maior de interações do que qualquer outra espécie na rede.

O presente estudo tem como objetivo analisar a estrutura da rede de polinização presente em áreas agrícolas de manejo familiar, envolvendo plantas ruderais e cultivadas.

2. Material e Métodos

2.1. Coleta dos dados

Para a identificação das interações que ocorrem nas áreas de estudo, foram coletadas abelhas nas flores de plantas ruderais e cultivadas em quatro propriedades de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP) durante o período de um ano, das 8h às 13h, horário de maior atividade das abelhas. Os espécimes de abelhas coletados em redes entomológicas foram mortos em acetato de etila e armazenados em álcool 70% para a conservação dos grãos de pólen presentes no corpo do inseto. Das espécies de plantas ruderais e cultivadas identificadas foram coletados botões florais em pré antese, que foram armazenados em tubos do tipo "eppendorf" com álcool 70% para conservar os grãos de pólen nas anteras. Esse

material foi utilizado para a construção da coleção de referência de pólen (Palinoteca) das espécies encontradas nas áreas.

Em laboratório, tanto o material polínico recolhido do corpo das abelhas coletadas quanto o retirado das anteras dos botões das plantas ruderais e cultivadas foi submetido ao processo de acetólise, segundo o protocolo proposto por Erdtman (1966). Depois do material acetolisado, foram confeccionadas lâminas para cada amostra, sendo três lâminas para cada espécie de planta e uma lâmina para o material recolhido do corpo de cada espécime de abelha coletada.

A análise qualitativa das lâminas de pólen foi realizada no Laboratório de Palinoecologia da FFCLRP/USP e no laboratório do Grupo de Estudos sobre Ecologia e Conservação de Abelhas Silvestres (GEECAS) da UNESP/Rio Claro. As lâminas contendo os grãos de pólen amostrados no corpo das abelhas foram identificados sob microscópio, onde eram realizadas uma varredura por toda a lâmina para a identificação de cada tipo polínico presente.

2.2. Análise das Redes de interação abelha-planta

A abordagem de redes complexas utilizada no estudo de mutualismos ao nível de comunidade (BASCOMPTE; JORDANO, 2007) foi utilizada nas análises das redes de interação abelha-planta do presente trabalho. As métricas de rede foram utilizadas como um substitutos de conceitos ecológicos para o entendimento das interações entre a comunidade de abelhas e de plantas, como já utilizado em estudos anteriores (BEZERRA; MACHADO; MELLO, 2009; SANTOS et al., 2012; GESLIN et al., 2013; POPIC; WARDLE; DAVILA, 2013; MELLO; BEZERRA; MACHADO, 2013).

A constatação da interação entre uma espécie de abelha e uma espécie de planta deu-se através da identificação do grão de pólen da planta recolhido do corpo da abelha. Depois de todas as lâminas de pólen coletados dos corpos das abelhas terem sido analisadas (n=386), foram criadas matrizes binárias. Nessas matrizes, as espécies de abelhas são listadas nas linhas e as espécies de plantas, nas colunas. Em cada matriz, o número 1 representa a presença do grão de pólen da espécie de planta *i* na

amostra de pólen coletada nos corpos de indivíduos da espécie de abelha j ; o número 0 representa a ausência de tal registro. Foram construídas cinco matrizes de interação abelha-planta, sendo uma matriz para cada uma das quatro propriedades rurais amostradas e uma matriz geral onde constam todas as espécies de abelhas e plantas encontradas nas quatro propriedades.

A fauna de abelhas e a flora ruderal e cultivada encontradas nas diferentes propriedades foram comparadas pelo índice de dissimilaridade de Jaccard, em seguida para verificar o quanto a fauna de abelhas em cada propriedade está associada à flora encontrada foi aplicado o Teste de Mantel nas matrizes de dissimilaridade geradas. Os cálculos foram realizados no pacote Vegan versão 2.0 no programa R versão 2.15.2.

Para cada rede foi registrado o número de espécies de abelhas, o número de espécies de plantas, a riqueza total de espécies (S), o número de interações, além dos resultados das métricas como, Conectância (C), Aninhamento (NODF), Modularidade (M), Robustez (R) e 'Papel Funcional'.

O cálculo da Conectância é utilizado como um substituto da generalização das interações ao nível da comunidade (JORDANO, 1987), onde C é a proporção de interações observadas (I) dividido pelo total de interações possíveis de ocorrer ($A \cdot P$), onde A é o número de espécies de abelhas e P é o número de espécies de plantas, ficando a equação igual a $C = I / (A \cdot P)$. Assim quanto maior a conectância mais generalizadas são as interações no nível da comunidade (SANTOS et al., 2012).

O grau de aninhamento foi calculado através do índice NODF (ALMEIDA-NETO, 2008) que varia de 0 (não aninhado) a 1 (perfeitamente aninhado). A significância dos valores de NODF foi estimada com um procedimento de Monte Carlo, com 1000 aleatorizações, no programa Aninhado versão 3.0.3 (GUIMARÃES e GUIMARÃES, 2006). O valor de NODF utilizado foi o NODF(Ce) referente ao modelo nulo 2 de Bascompte et al. (2003), onde a probabilidade de duas espécies interagirem é proporcional ao número total de interações que ambas possuem (grau da espécie). O aninhamento é uma propriedade topológica da rede que aumenta a sua estabilidade;

uma rede aninhada é aquela onde os especialistas interagem com as espécies que formam um subconjunto das espécies com as quais interagem os generalistas (BASCOMPTE; JORDANO, 2007). Os valores de p utilizados foram os gerados pelo software na coluna $P(Ce)$ nos arquivos de saída.

A modularidade das redes de interações foi calculada através do índice M que varia entre 0 (total ausência de módulos) até 1 (uma rede perfeitamente modular). Cada módulo é um grupo de espécies que estão mais fortemente conectadas entre si do que a outras espécies de outros módulos (OLESEN et al., 2007). Os cálculos foram feitos no programa Netcarto (GUIMERA e AMARAL, 2005a e b).

Segundo Olesen et al. (2007) as análises de aninhamento e modularidade são complementares, não correlacionadas e constituem análises para um entendimento mais profundo de redes complexas e suas causas, uma vez que a versão aninhada de uma matriz de interações ranqueia as espécies de acordo com o seu número de interações, enquanto uma matriz modular agrupa as espécies de acordo com suas afinidades com outras espécies.

Foi testada a Robustez (R) das redes de interações abelha-planta a perda de espécies de plantas, usando um procedimento de retirada acumulativa das espécies de plantas com mais interações até as espécies com menos interações. Esse procedimento procurou simular as condições de manejo das propriedades agrícolas estudadas às quais as plantas ruderais e cultivadas estão sujeitas. É comum na região a adoção de rotação de culturas dentro da propriedade agrícola com a finalidade de evitar que doenças relacionadas às culturas se estabeleçam na propriedade; áreas de culturas em final de produção são deixadas em repouso depois da colheita e dominadas por espécies de plantas ruderais (Figura 2.3 do Capítulo 2 desta dissertação), que formam verdadeiros pastos apícolas. A adoção do método de retirada das plantas com mais interações até as com menos interações das redes foi adotado pela razão das primeiras serem mais abundantes nas propriedades, uma vez que se estabelecem principalmente nas áreas de repouso. Uma vez que o proprietário volta a

utilizar essas áreas, uma grande quantidade de plantas ruderais são “extintas” da propriedade.

O cálculo da robustez leva em consideração a área embaixo da curva gerada, no caso, pelo pacote bipartite versão 2.04 (DORMANN et al., 2009) no programa R versão 2.15.2, de acordo com Burgos et al. (2007). Os valores vão de $R=1$ que corresponde a uma diminuição muito lenta da área sob a curva, representando um sistema no qual muitas espécies de abelhas permanecem depois da remoção de muitas espécies de plantas, até $R=0$ corresponde a uma diminuição rápida da área sob a curva, representando que o sistema já colapsa depois das primeiras remoções de espécies de plantas. Para cada simulação com a retirada acumulativa das espécies de plantas foram realizadas 1000 aleatorizações para cada rede.

Foram definidos os papéis funcionais de cada espécie dentro da rede com uma métrica também conhecida como ‘papel funcional’ usando a análise de arrefecimento simulado (GUIMERÀ; AMARAL, 2005b). Através do programa Netcarto foi feita a análise de modularidade a fim de identificar os módulos existentes dentro da rede de interações abelha-planta, em seguida foi calculado o grau padronizado dentro do módulo (z) e o coeficiente de partição de cada espécie (P), sendo determinados os papéis funcionais baseados nos valores de z e P . Cada espécie, representada por um vértice dentro da rede, foi classificada segundo Guimerà e Amaral (2005b), sendo: (R1) ‘vértices ultra-periféricos’ cujas as interações ocorrem todas dentro do seu módulo; (R2) ‘vértices periféricos’ com a maioria de suas interações dentro de seus módulos; (R3) ‘vértices conectores não-hub’ com muitas interações com outros módulos; (R4) ‘vértices não-hub “kinless”’ com interações uniformemente distribuídas ao longo de todos os módulos. Os vértices identificados como hubs (com um número de interações desproporcionalmente grande) foram classificados como: (R5) ‘hubs provinciais’ com a maioria das interações dentro do seu módulo; (R6) ‘hubs conectores’ com muitas interações com a maioria dos outros módulos; e (R7) ‘hubs “kinless”’ com interações uniformemente distribuídas com todos os módulos. Segundo Santos et al. (2012), os papéis funcionais números 5, 6 e 7, classificados como hubs (generalistas) são espécies cruciais para a manutenção de muitas espécies que possuem poucas

interações (especialistas). Já os papéis funcionais números 3 e 6 também são muito importantes por atuarem como conectores, espécies que unem diferentes módulos da rede.

Uma vez calculadas as métricas de rede para cada uma das cinco redes geradas, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (PCA) para visualizar possíveis diferenças entre as redes. A análise foi realizada no programa PAST versão 3.0 (HAMMER et al., 2001).

3. Resultados e Discussão

As quatro propriedades agrícolas estudadas apresentaram diferenças em relação à fauna de abelhas amostradas em cada propriedade, mas essa diferença foi menor quando a flora de ruderais e cultivadas foi comparada. As tabelas 1 e 2 mostram os resultados do índice de dissimilaridade de Jaccard referente à fauna de abelhas e a flora de ruderais e cultivos, respectivamente. As análises mostram que as quatro propriedades rurais diferem significativamente com relação à composição da fauna de abelhas e a flora ruderal e cultivada amostradas.

Tabela 1 – Dissimilaridade da fauna de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas amostradas no município de Guapiara, São Paulo, segundo o índice de Jaccard.

Propriedades	1	2	3
2	0,5714	*	*
3	0,7209	0,7297	*
4	0,5789	0,6470	0,6739

Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

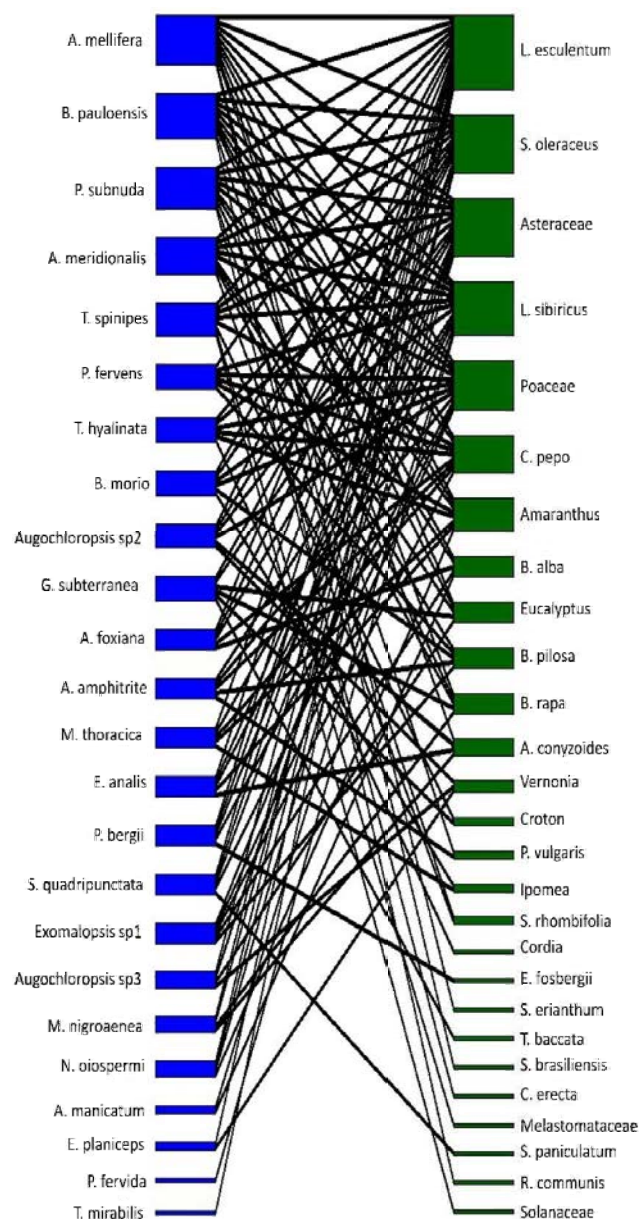
Tabela 2 – Dissimilaridade da flora nas quatro propriedades agrícolas amostradas no município de Guapiara, São Paulo, segundo o índice de Jaccard.

Propriedades	1	2	3
2	0,5172	*	*
3	0,4000	0,4230	*
4	0,4444	0,6000	0,6206

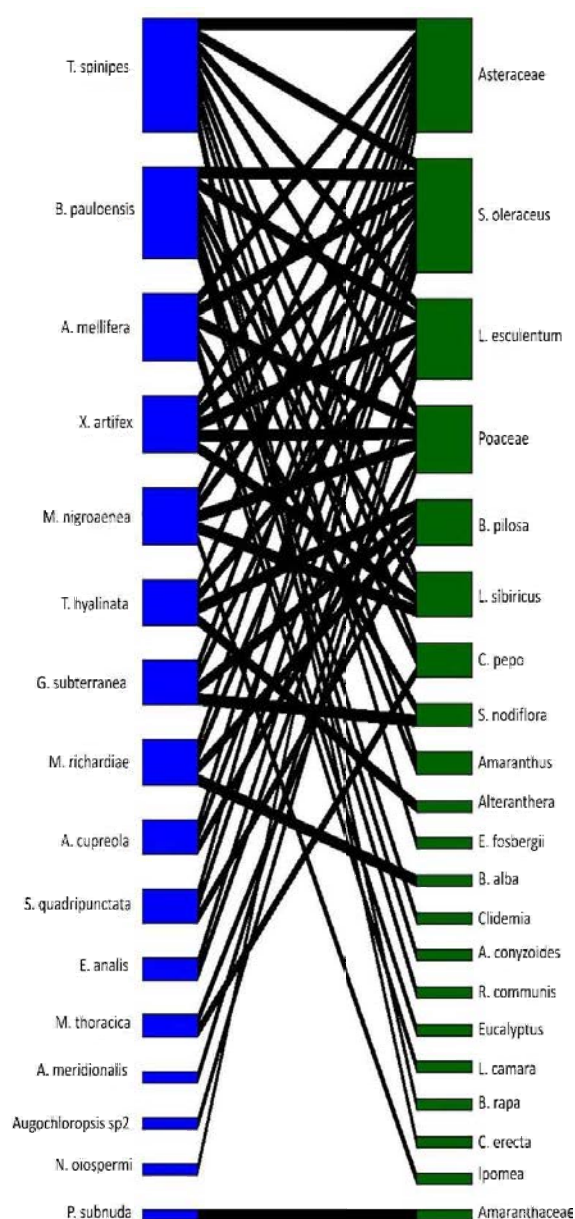
Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

A figura 1 apresenta as redes de interações abelha-planta identificadas nas propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara, São Paulo durante o período de estudo.

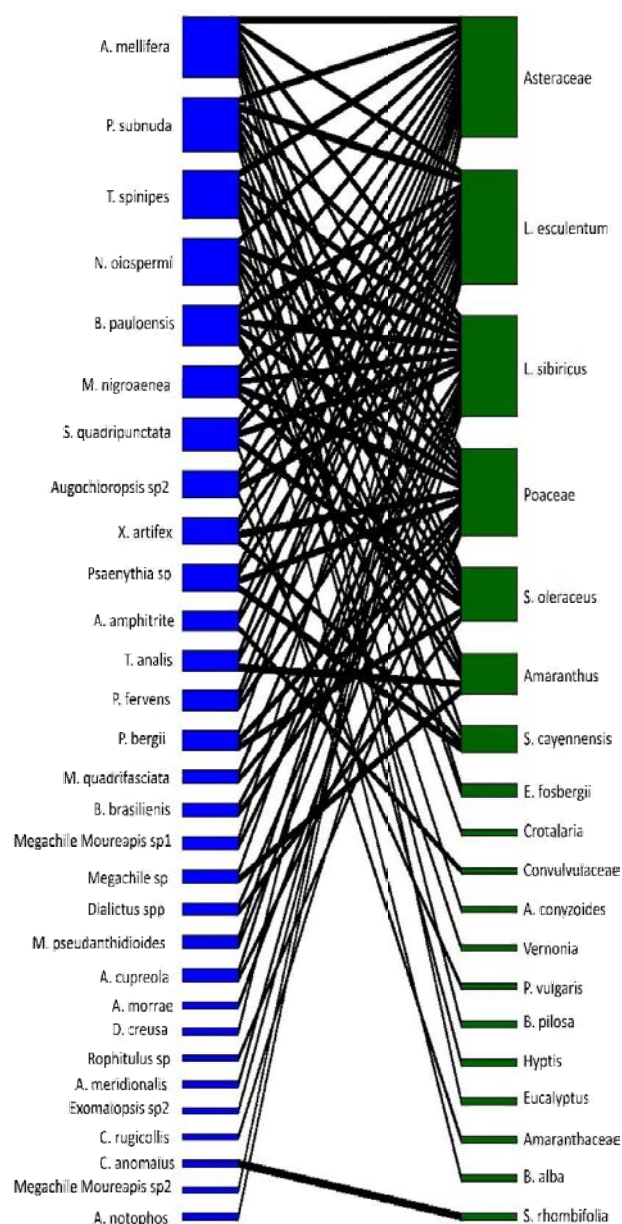
Figura 1 – Redes de interações abelha-planta das comunidades identificadas nas quatro propriedades agrícolas no município de Guapiara (SP) entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013. A) Rede referente à Propriedade 1; B) Rede referente à Propriedade 2; C) Rede referente à Propriedade 3; D) Rede referente à Propriedade 4; E) Rede referente à Comunidade amostrada nas quatro propriedades agrícolas.



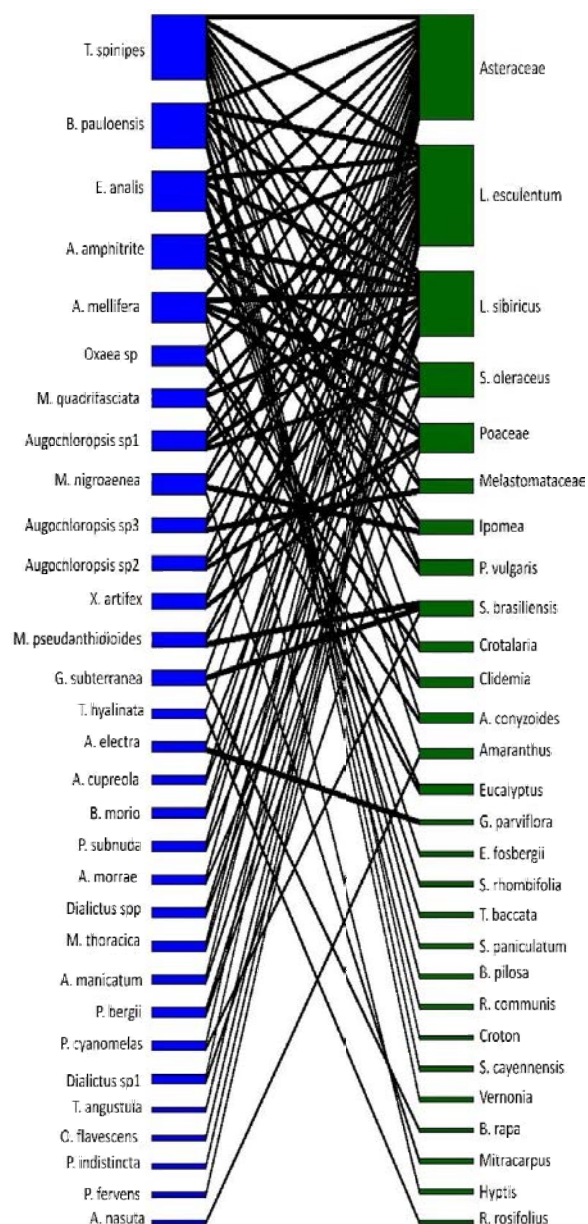
A



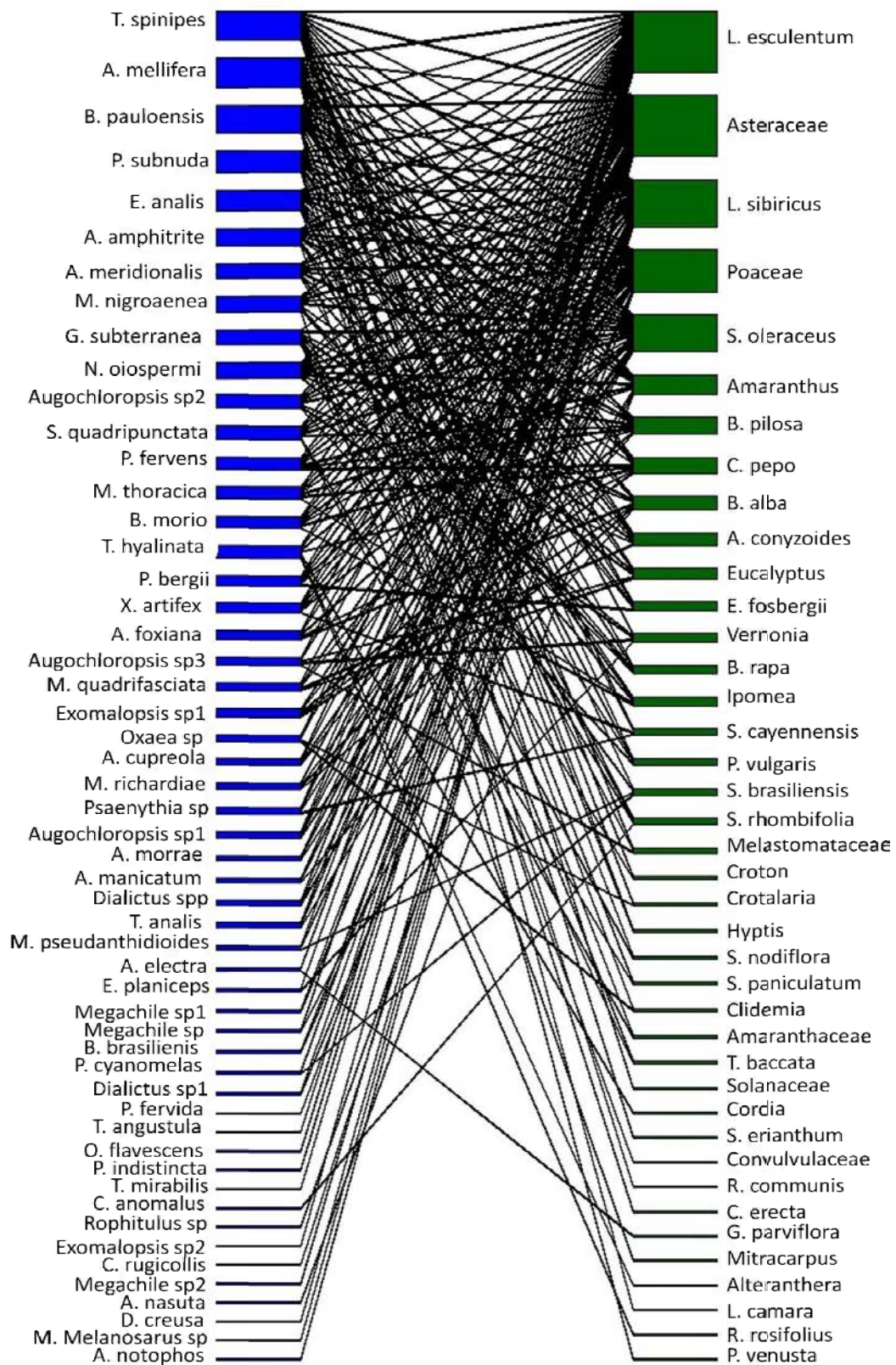
B



C



D



E

Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

A tabela 3 apresenta os resultados das métricas calculadas para as cinco redes analisadas no estudo.

Tabela 3 – Métricas para os cinco tipos de redes de interações abelha-planta em propriedade rural de manejo convencional no município de Guapiara (SP) entre os meses de Junho/2012 a Maio/2013.

Rede	Comunidade	Propriedade 1	Propriedade 2	Propriedade 3	Propriedade 4
Número de espécies de abelhas	52	24	16	30	31
Número de espécies de plantas	39	27	21	19	28
Riqueza Total de espécies (S)	91	51	37	49	59
Número de interações	257	133	60	94	103
Conectância (C)	0,126	0,205	0,178	0,164	0,127
Aninhamento (NODF)	0,225*	0,288*	0,257**	0,263*	0,204*
Modularidade (M)	0,293	0,306	0,399	0,331	0,397
Número de módulos	6	5	6	7	7
Robustez (R)	0,337	0,532	0,441	0,313	0,339

*Valores de p para NODF $p < 0,001$

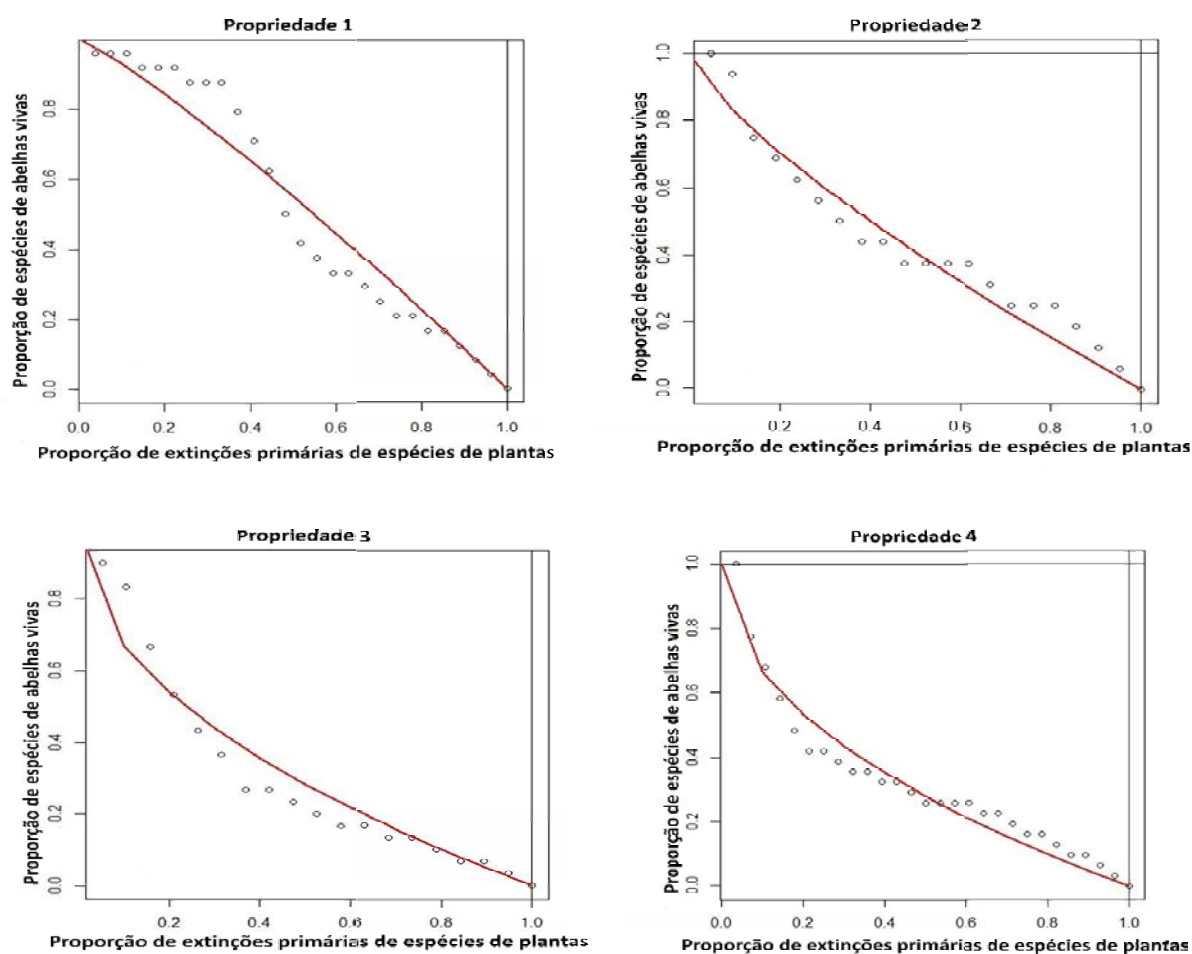
**Valor de p para NODF $p < 0,01$

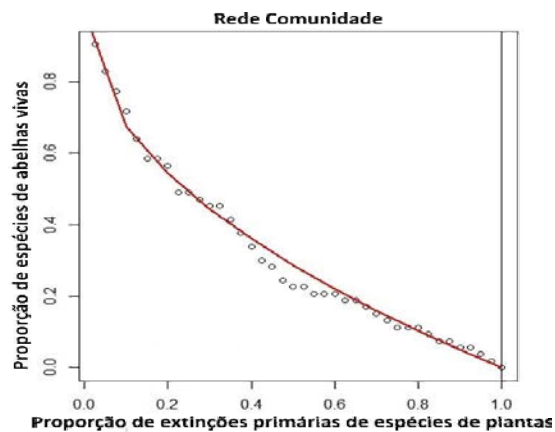
Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

Em geral a conectância foi baixa nas cinco redes analisadas, quando considera-se o total das interações possíveis ($C=0,16 \pm 0,03$), com o maior valor registrado na rede Propriedade 1 ($C=0,205$) e o menor na rede Comunidade ($C=0,126$). O aninhamento também foi baixo ($NODF=0,247 \pm 0,01$), com o maior valor registrado na rede Propriedade 1 ($NODF=0,288$) e o menor na rede Propriedade 4 ($NODF=0,204$). Na média a modularidade foi baixa ($M=0,345 \pm 0,02$), com o maior valor registrado na rede Propriedade 2 ($M=0,399$) e o menor valor na rede Comunidade ($M=0,293$). Duas redes apresentaram sete módulos, duas redes com seis módulos e uma rede com cinco módulos.

A robustez das redes em relação à perda de espécies de plantas apresentou em média valores baixos ($R=0,392\pm0,04$), indicando que já nas primeiras remoções de espécies de plantas muitas espécies de abelhas são perdidas. Porém, a rede Propriedade 1 apresentou o maior valor de robustez ($R=0,532$) e, ao contrário das demais redes, o gráfico referente à simulação de remoções de espécies de plantas apresentou uma área sob a curva diminuindo de forma mais suave. A figura 2 mostra as curvas que representam o efeito da remoção das espécies de plantas sobre a fauna de abelhas nas diferentes redes.

Figura 2 – Robustez a remoção acumulativa de espécies de plantas. As simulações mostraram que as redes Comunidade, Propriedade 3 e Propriedade 4 são muito sensíveis as remoções de espécies de plantas, com as curvas de extinções caindo muito rapidamente. Já a rede Propriedade 1 apresentou a maior robustez a perda secundária de espécies de abelhas quando comparada as demais redes, seguida pela rede Propriedade 2.

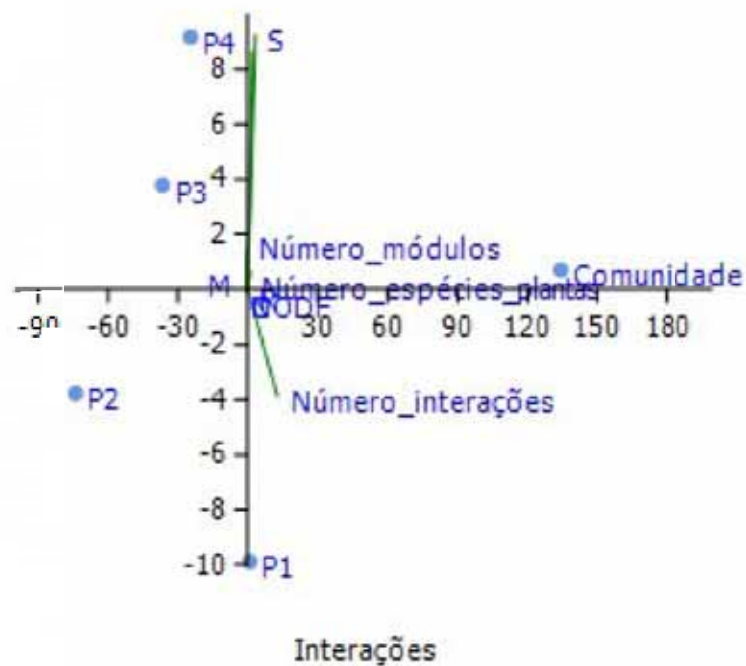




Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

A figura 3 apresenta o resultado da Análise de Componentes Principais (PCA) aplicada aos resultados das métricas de rede das cinco redes analisadas, mostrando que as cinco redes comportam-se de maneira distintas quando comparadas.

Figura 3 – Análise de Componentes Principais (PCA), aplicado nos resultados das métricas das redes P1 (Propriedade 1), P2 (Propriedade 2), P3 (Propriedade 3), P4 (Propriedade 4) e Comunidade.



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

O papel funcional de cada espécie de abelha e de planta dentro das cinco redes de interações construídas está descrito na tabela 4.

Tabela 4 – Papel funcional das espécies de abelhas, plantas ruderais e cultivadas nas cinco redes (Comunidade, Propriedade 1, Propriedade 2, Propriedade 3 e Propriedade 4). Sendo que R1 se refere aos papéis funcionais Vértices ultra-periféricos, R2 aos Vértices periféricos, R3 aos Conectores não-hub, R4 aos Não-hub “kinless”, R5 aos Hub provinciais, R6 aos Hub Conectores e R7 aos Hub “kinless”.

Abelhas/Plantas	Comunidade	Prop 1	Prop 2	Prop 3	Prop 4
<i>Trigona spinipes</i>	R3	R3	R2	R3	R6
<i>Apis mellifera</i>	R3	R3	R2	R3	R2
<i>Bombus pauloensis</i>	R3	R3	R2	R3	R6
<i>Paratrigona subnuda</i>	R3	R3	R1	R3	R2
<i>Melissodes nigroaenea</i>	R3	R2	R2	R3	R2
<i>Augochloropsis sp 2</i>	R3	R3	R1	R2	R2
<i>Lycopersicon esculentum</i>	R7	R6	R3	R3	R6
<i>Asteraceae</i>	R7	R3	R3	R7	R4
<i>Leonurus sibiricus</i>	R6	R2	R2	R7	R3
<i>Poaceae</i>	R7	R3	R2	R3	R2
<i>Sonchus oleraceus</i>	R3	R3	R3	R3	R2
<i>Amaranthus</i>	R3	R3	R1	R3	R1
<i>Ageratum conyzoides</i>	R3	R2	R1	R1	R2
<i>Emilia fosbergii</i>	R3	R1	R1	R1	R1
<i>Eucalyptus</i>	R2	R3	R1	R1	R1
<i>Bidens pilosa</i>	R3	R2	R1	R1	R1
<i>Geotrigona subterranea</i>	R2	R2	R2	-	R2
<i>Melissoptila thoracica</i>	R2	R2	R2	-	R2
<i>Trigona hyalinata</i>	R2	R3	R2	-	R1
<i>Brassica rapa</i>	R2	R2	R1	-	R1
<i>Anthrenoides meridionalis</i>	R3	R3	R1	R1	-
<i>Neocorynura oiospermi</i>	R3	R2	R1	R3	-
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	R3	R2	R2	R3	-
<i>Peponapis fervens</i>	R2	R2	-	R3	R1
<i>Bombus morio</i>	R2	R2	-	-	R2
<i>Psaenythia bergii</i>	R3	R2	-	R3	R1
<i>Xylocopa artifex</i>	R3	-	R3	R2	R2
<i>Augochlora foxiana</i>	R2	R3	-	-	-
<i>Augochloropsis sp 3</i>	R3	R2	-	-	R3
<i>Melipona quadrifasciata</i>	R3	-	-	R1	R2

<i>Exomalopsis sp 1</i>	R2	R1	-	-	-
<i>Oxaea sp</i>	R2	-	-	-	R2
<i>Augochloropsis cupreola</i>	R2	-	R2	R1	R2
<i>Melissoptila richardiae</i>	R2	-	R2	-	-
<i>Psaenythia sp</i>	R2	-	-	R2	-
<i>Augochloropsis sp 1</i>	R2	-	-	-	R2
<i>Augochlora morrae</i>	R2	-	-	R1	R2
<i>Anthidium manicatum</i>	R2	R1	-	-	R2
<i>Dialictus spp</i>	R3	-	-	R2	R2
<i>Exomalopsis analis</i>	R3	R1	R2	-	R3
<i>Thygater analis</i>	R3	-	-	R3	-
<i>Megachile pseudanthidioides</i>	R3	-	-	R2	R3
<i>Augochloropsis electra</i>	R2	-	-	-	R1
<i>Exomalopsis planiceps</i>	R2	R1	-	-	-
<i>Megachile (Moureapis) sp 1</i>	R2	-	-	R2	-
<i>Megachile sp</i>	R2	-	-	R2	-
<i>Augochlora amphitrite</i>	R2	R1	-	R2	R3
<i>Bombus brasiliensis</i>	R2	-	-	R2	-
<i>Pseudagapostemon cyanomelas</i>	R2	-	-	-	R2
<i>Dialictus sp 1</i>	R2	-	-	-	R1
<i>Paratetrapedia fervida</i>	R1	R1	-	-	-
<i>Tetragonisca angustula</i>	R1	-	-	-	R1
<i>Oxaea flavescens</i>	R1	-	-	-	R1
<i>Pseudaugochlora indistincta</i>	R1	-	-	-	R1
<i>Trichocerapis mirabilis</i>	R1	R1	-	-	-
<i>Cephalurgus anomalus</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Rophitulus sp</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Exomalopsis sp 2</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Colletes rugicollis</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Megachile (Moureapis) sp 2</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Augochloropsis nasuta</i>	R1	-	-	-	R1
<i>Dialictus creusa</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Augochloropsis notophos</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Cucurbita pepo</i>	R2	R2	R2	-	-
<i>Vernonia</i>	R2	R1	-	R1	R1
<i>Stachytarpheta cayennensis</i>	R3	-	-	R2	R1
<i>Phaseolus vulgaris</i>	R2	R1	-	R1	R3
Melastomataceae	R2	R1	-	-	R2
<i>Croton</i>	R2	R2	-	-	R1
<i>Crotalaria</i>	R2	-	-	R1	R2
<i>Hyptis</i>	R2	-	-	R1	R1
Solanaceae	R1	R1	-	-	-

<i>Senecio brasiliensis</i>	R1	R1	-	-	R1
<i>Synedrella nodiflora</i>	R1	-	R2	-	-
<i>Solanum erianthum</i>	R1	R1	-	-	-
<i>Lantana camara</i>	R1	-	R1	-	-
<i>Bidens alba</i>	R3	R2	R1	R1	-
<i>Solanum paniculatum</i>	R2	R1	-	-	R1
<i>Clidemia</i>	R1	-	R1	-	R1
<i>Ricinus communis</i>	R1	R1	R1	-	R1
<i>Pyrosthegia venusta</i>	R1	-	-	-	-
<i>Sida rhombifolia</i>	R2	R1	-	R1	R1
<i>Amaranthaceae</i>	R2	-	R1	R1	-
<i>Commelina erecta</i>	R1	R1	R1	-	-
<i>Ipomea</i>	R2	R1	R1	-	R2
<i>Tilesia baccata</i>	R2	R1	-	-	R1
<i>Convolvulaceae</i>	R1	-	-	R1	-
<i>Mitracarpus</i>	R1	-	-	-	R1
<i>Cordia</i>	R1	R1	-	-	-
<i>Alternanthera</i>	R1	-	R1	-	-
<i>Rubus rosifolius</i>	R1	-	-	-	R1
<i>Galinsoga parviflora</i>	R1	-	-	-	R1

Fonte: Elaborado pelo autor (2014)

Apesar dos baixos valores de NODF, as redes de interações apresentaram uma estrutura significativamente aninhada, havendo claramente um conjunto de espécies que interagem com a maioria das espécies da rede (generalistas) constituindo os principais parceiros das espécies com poucas interações (especialistas). Porém, os baixos valores de aninhamento indicam redes pouco resilientes, já que o aninhamento é uma característica topológica que aumenta a resiliência da rede a perturbações (BASCOMPTE; JORDANO, 2007).

Os baixos valores de M indicam redes pouco modulares, de forma que se espera que possíveis perturbações se espalhem pelas redes de forma muito rápida desestruturando-as (OLESEN et al., 2007). Os baixos valores de M também podem ter sido causados pela riqueza total de espécies (S), uma vez que Olesen et al. (2007) encontraram que redes de polinização com menos de 50 espécies nunca eram modulares ao contrário de redes com mais de 150 espécies, que foram todas modulares. Os mesmos autores também associam a baixa modularidade à natureza

das interações de uma rede, onde, por exemplo, uma rede de interações insetos herbívoros e plantas tende a ter interações mais especializadas (devido à característica espécie-específica entre o inseto herbívoro e a planta hospedeira) do que redes de polinização e/ou redes de dispersores de sementes, onde há um baixo grau de especificidade.

Os valores de R mostram redes muito sensíveis à perda de espécies de plantas quando as remoções simuladas começam pela retirada das espécies de plantas com mais interações até as com menos interações. Apesar da rede Propriedade 1 apresentar o maior valor de R , esse constitui apenas um valor intermediário de robustez. Quando a simulação da extinção de espécies de plantas é de forma aleatória, as cinco redes apresentam valores de R maiores, indicando redes robustas a extinção de espécies ($R_{P1alea}=0,821$, $R_{P2alea}=0,735$, $R_{P3alea}=0,699$, $R_{P4alea}=0,718$ e $R_{ComuAlea}=0,742$), porém esse método não corresponde a realidade do manejo empregado nas propriedades estudadas, onde as plantas com mais interações são o tomate e as ruderais que se estabelecem nas áreas de repouso e as suas retiradas das propriedades não acontecem de forma aleatória.

Memmott et al. (2004) simularam o efeito de extinções secundárias em redes de interação polinizador-planta, analisando o efeito das extinções de espécies de polinizadores e as consequentes perdas de espécies de plantas. Esse tipo de abordagem, segundo os autores, mostra-se mais realista devido ao fato desses animais estarem expostos a um maior risco de extinção (posição trófica mais alta, tamanho corporal pequeno, período de vida curto e ausência de hábito sedentário). Vale ressaltar que esse estudo foi realizado com dados coletados em ambientes mais “estáveis” (florestas temperadas de pinos e pradarias), que não estão expostos aos impactos causados pelas práticas agrícolas às quais as plantas ruderais do presente estudo estão. Os autores afirmam que nas redes de polinização onde o risco de extinção das espécies de plantas são maiores a tolerância à extinção das redes diminui.

A análise dos papéis funcionais dentro das redes mostram a importância das plantas ruderais dentro das comunidades, principalmente como conectores ($R3$), mas

também atuaram como hubs (R6 e R7) cruciais para a manutenção de espécies de abelhas que possuem poucas interações. *Leonurus sibiricus*, Asteraceae e Poaceae foram ruderais que desempenharam o papel de hub e de conectores dentro das redes, e *Sonchus oleraceus* e *Amaranthus* mostraram-se conectores na maioria das redes (n=4 e n=3, respectivamente). O tomate (*Lycopersicon esculentum*) foi a única planta cultivada a assumir um papel de hub, função presente na maioria das redes (n=3). Na rede Comunidade, que envolve as interações observadas nas quatro propriedades, as quatro espécies já citadas como hubs também aparecem desempenhando esse papel, com especial destaque para o tomate e Asteraceae classificadas como R7. Juntas, as quatro plantas ruderais são fontes complementares de recursos, uma vez que o tomate e *Sonchus oleraceus* são fontes de pólen e *Leonurus sibiricus* e as demais Asteraceae são fontes de néctar e/ou pólen. Outras espécies de plantas ruderais foram classificadas como conectores pelo menos em uma das redes, sinalizando uma importância em potencial em ambientes onde tenham uma abundância maior (*Bidens alba*, *Stachytarpheta cayennensis*, *Bidens pilosa*, *Emilia fosbergii* e *Ageratum conyzoides*).

Com relação ao papel funcional desempenhado pelas abelhas dentro das redes a maioria das espécies (n=17) foram conectores (R3), principalmente as espécies *Apis mellifera* e *Paratrigona subnuda* que desempenharam esse papel em três das cinco redes. As espécies *Trigona spinipes* e *Bombus pauloensis* além de também terem sido conectores em três redes, foram espécies hub na rede Propriedade 4, a única rede onde espécies de abelhas desempenharam tal papel.

Na comparação entre as redes estudadas, a rede Propriedade 3 se destacou com o valor de R mais baixo (R=0,313) mostrando-se muito sensível a perda secundária de espécies. Esse valor pode ter relação com a fauna de abelhas encontrada nessa propriedade que se mostrou diferente das demais. A propriedade 3 foi o local com o maior número de espécies de abelhas solitárias (14 espécies compondo 45% do total de espécies coletadas na propriedade), sendo 10 espécies somente registradas nesse local. Sabe-se que tais espécies possuem tamanhos populacionais menores quando comparadas as espécies sociais (KREMEN et al.,

2007), que as fêmeas das espécies solitárias, além da função de postura, também são as únicas responsáveis pelo forrageamento e aprovisionamento das células com crias e forrageiam à apenas algumas centenas de metros ao redor do ninho. Pode-se associar a fragilidade da rede de interações a essas características das espécies de abelhas que compõem quase a metade das espécies interagentes.

Ainda com relação à fauna coletada na propriedade 3, a maior riqueza de espécies de abelhas solitárias encontrada nesse local pode ter relação com o tipo de manejo empregado. Durante os meses de Dezembro de 2012 e Janeiro de 2013 o produtor não realizou o plantio de tomates na área de estudo, tendo esse sido realizado em uma área arrendada próxima à sua residência, de forma que durante dois meses não houve qualquer tipo de impacto decorrente da prática agrícola como, aração da terra, retirada das espécies de plantas ruderais e a aplicação de agrotóxicos, permitindo que as espécies de abelhas solitárias permanecessem na propriedade ou se estabelecessem. Féon et al (2013) sugerem que uma diminuição na intensidade de aplicação das três práticas agrícolas citadas acima pode ser potencialmente benéfico para as espécies de abelhas solitárias, uma vez que reduz a intensidade da atividade agrícola.

As dissimilaridades encontradas entre as quatro propriedades estudadas com relação fauna de abelhas amostradas (Tabela 1) e aos resultados da PCA (Figura 3) podem estar relacionados à questões que não foram contempladas durante a elaboração do desenho amostral, tais como (1) o histórico de uso e ocupação das propriedades: há quanto tempo a área é utilizada para cultivo?, que cultivos já foram plantados nas propriedades?, há quanto tempo o tomate é o principal cultivo? E (2) os efeitos da paisagem sobre o tipo de fauna encontrada: proximidade de fragmentos de vegetação nativa e as diferentes classes de uso e ocupação do solo.

Apesar das espécies de abelhas amostradas apresentarem preferências alimentares mais generalistas e das espécies de plantas serem pioneiras, típicas de locais perturbados, de forma geral, pode-se dizer que as redes de interações encontradas nas áreas de estudo são frágeis e pouco resistentes à retirada das

espécies de plantas mais abundantes. Porém, a sensibilidade das redes de interações pode estar associada à outras características da história natural das espécies de abelhas como: mais de 39% das espécies amostradas foram espécies solitárias (pequeno tamanho populacional, única fêmea poedeira), mais de 76% das espécies nidificam no solo (práticas agrícolas como a aração do solo destroem possíveis ninhos) e mais de 85% das espécies foram de tamanho pequeno à médio (baixa capacidade de voo, raio de forrageamento restrito).

Muitos estudos tem mostrado como as diferentes comunidades de abelhas se comportam em paisagens agrícolas, com destaque para duas situações onde a abundância e a riqueza de espécies de abelhas são maiores: (1) próximos à e/ou onde há uma maior cobertura por vegetação nativa ou semi-natural (STEFFAN-DEWENTER et al., 2002; TSCHARNTKE et al., 2005; CARRÉ et al., 2009; WATSON; WOLF; ASCHER, 2011) e em ambientes onde há maior abundância e riqueza de espécies de plantas que florescem (PYWELL et al., 2005; CARVELL, 2006; KREMEN et al., 2007; GOULSON; LYE; DARVILL, 2008; WEINER et al., 2011; GARCÍA; MINARRO, 2014; WOODCOCK et al., 2014). Porém, poucos são os estudos que avaliam os efeitos da intensificação agrícola sobre as redes de interações abelha-planta (LARSEN; WILLIAMS; KREMEN, 2005; POWER; STOUT, 2011; WEINER et al., 2014) e dos estudos sobre redes de interação abelha-planta realizados no Brasil (BEZERRA; MACHADO; MELLO, 2009; M. SANTOS et al., 2012; VILHENA et al., 2012; MELLO; BEZERRA; MACHADO, 2013; VIANNA; LUZ; MATOS PEIXOTO KLEINERT, 2013) nenhum trata de tais efeitos.

A fragilidade das redes de interações do presente estudo frente à perda simulada de espécies de plantas pode refletir os efeitos do modo de uso da terra em áreas agrícolas. Alguns dos efeitos encontrados por Weiner et al. (2014) podem estar acontecendo nas propriedades estudadas tais como, a intensificação do uso da terra ser o responsável primário pela perda de diversidade de flores o qual leva a um declínio não aleatório e a um declínio mediado pela disponibilidade de recursos de algumas espécies de abelhas, resultando numa alteração na composição de espécies. A

intensificação no uso do solo exerce um impacto desproporcional sobre a abundância de espécies de abelhas mais especializadas.

4. Conclusão

As redes de interações abelha-planta encontradas nas propriedades agrícolas familiares de manejo convencional apresentaram baixos valores de aninhamento, modularidade, conectância e robustez a extinções secundárias de espécies de abelhas. Apesar dos baixos valores de aninhamento, as redes mostraram-se significativamente aninhadas com um conjunto de espécies que interagem com a maioria das espécies da rede (generalistas) constituindo os principais parceiros das espécies com poucas interações (especialistas).

As espécies de plantas ruderais mostraram grande importância para a manutenção das redes de interações, com muitas espécies desempenhando o papel de conectores e até mesmo de espécies hub, com especial destaque para *Sonchus oleraceus*, *Leonurus sibiricus*, Poaceae e Asteraceae. O tomate (*Lycopersicon esculentum*) também mostrou-se muito importante para a manutenção das redes, ocupando a posição de espécie hub na maioria das redes estudadas, sendo a única planta cultivada classificada como hub. A maioria das espécies de abelhas ocupou a posição de conectores, com as espécies sociais *Apis mellifera*, *Paratrigona subnuda*, *Trigona spinipes* e *Bombus pauloensis* desempenhando essa função na maioria das redes, com as últimas duas espécies chegando a desempenhar o papel de hub.

Apesar da agricultura no município de Guapiara estar baseada na agricultura familiar, há uma tendência de intensificação agrícola principalmente nas áreas de relevo mais plano do município. É urgente que práticas agrícolas menos agressivas sejam adotadas de forma a beneficiar a fauna de abelhas e potencializar as características favoráveis ao estabelecimento de abelhas nos habitats agrícolas, tal como a heterogeneidade de ambientes ainda presentes.

5. Bibliografia

- ALMEIDA-NETO, M. et al. A consistent metric for nestedness analysis in ecological systems: reconciling concept and measurement. **Oikos**, v. 117, n. March, p. 1227–1239, 2008.
- BASCOMPTE, J. et al. The nested assembly of plant-animal mutualistic networks, **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, p. 9383-9387, 2003.
- BASCOMPTE, J. Networks in ecology. **Basic and Applied Ecology**, v. 8, n. 6, p. 485–490, 2007.
- BASCOMPTE, J.; JORDANO, P. Plant-Animal Mutualistic Networks: The Architecture of Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 38, n. 1, p. 567–593, 2007.
- BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C.; MELLO, M. A. R. Pollination networks of oil-flowers: a tiny world within the smallest of all worlds. **The Journal of animal ecology**, v. 78, n. 5, p. 1096–101, 2009.
- BROSI, B. J.; BRIGGS, H. M. Single pollinator species losses reduce floral fidelity and plant reproductive function. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 32, p. 13044–13048, 2013.
- BURGOS, E. et al. Why nestedness in mutualistic networks? **Journal of Theoretical Biology**, v. 249, p. 307-313, 2007.
- CARRÉ, G. et al. Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 133, n. 1-2, p. 40–47, 2009.
- CARVELL, C. et al. Assessing the value of annual and perennial forage mixtures for bumblebees by direct observation and pollen analysis 1. **Apidologie**, v. 37, p. 326–340, 2006.
- DORMANN, C.F. et al. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks, **The Open Ecology Journal**, v. 2, p. 7-24, 2009.
- ERDTMAN, G. **Pollen morphology and plant taxonomic**. Stockholm: Almqvist & Wilsell. 553 p., 1966.
- FÉON, V. et al. Solitary bee abundance and species richness in dynamic agricultural landscapes, **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 166, p. 94-101, 2013.

GARCÍA, R. R.; MINARRO, M. Role of floral resources in the conservation of pollinator communities in cider-apple orchards. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 183, p. 118–126, 2014.

GESLIN, B. et al. Plant Pollinator Networks along a Gradient of Urbanisation. **PloS one**, v. 8, n. 5, p. 1–13, 2013.

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

GUIMARÃES, P. R. e GUIMARÃES, P. Improving the analyses of nestedness for large sets of matrices, **Environmental Modelling and Software**, v. 21, p. 1512–1513, 2006.

GUIMERÀ, R.; AMARAL, L. A. N. Cartography of complex networks: modules and universal roles. **Journal of statistical mechanics (Online)**, doi: 10.1088/1742-5468/2005/02/P02001, 2005a.

GUIMERÀ, R.; AMARAL, L. A. N. Functional cartography of complex metabolic networks, **Nature**, v. 433, p. 895–900, 2005b.

HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T., RYAN, P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, Disponível em <http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm>, 2001.

JORDANO, P. Patterns of Mutualistic Interactions in Pollination and Seed Dispersal: Connectance, Dependence Asymmetries, and Coevolution. **The American naturalist**, v. 129, n. 5, p. 657–677, 1987.

KREMEN, C. et al. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology letters**, v. 10, n. 4, p. 299–314, 2007.

LARSEN, T. H.; WILLIAMS, N. M.; KREMEN, C. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. **Ecology letters**, v. 8, n. 5, p. 538–547, 2005.

SANTOS, G. M. et al. Invasive Africanized honeybees change the structure of native pollination networks in Brazil. **Biological Invasions**, v. 14, n. 11, p. 2369–2378, 2012.

MELLO, M. A. R.; BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C. Functional Roles of Centridini Oil Bees and Malpighiaceae Oil Flowers in Biome-wide Pollination Networks. **Biotropica**, v. 45, n. 1, p. 45–53, 2013.

MEMMOTT, J. et al. Tolerance of pollination networks to species extinctions, **Proceedings. Biological sciences / The Royal Society**, v. 271, n. 1557, p. 2605–2611, 2004.

OLESEN, J. M. et al. The modularity of pollination networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 50, p. 19891–19896, 2007.

POPIC, T. J.; WARDLE, G. M.; DAVILA, Y. C. Flower-visitor networks only partially predict the function of pollen transport by bees. **Austral Ecology**, v. 38, n. 1, p. 76–86, 2013.

POWER, E. F.; STOUT, J. C. Organic dairy farming: impacts on insect-flower interaction networks and pollination. **Journal of Applied Ecology**, v. 48, n. 3, p. 561–569, 2011.

PYWELL, R. F. et al. Providing foraging resources for bumblebees in intensively farmed landscapes. **Biological Conservation**, v. 121, n. 4, p. 479–494, 2005.

R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Viena, Áustria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em <<http://www.R-project.org>>

STEFFAN-DEWENTER, I. et al. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. **Ecology**, v. 83, n. 5, p. 1421–1432, 2002.

TRAVERSE, A. et al. Invaders of pollination networks in the Galápagos Islands: emergence of novel communities. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 280, 2013.

TRØJELSGAARD, K.; OLESEN, J. M. Macroecology of pollination networks. **Global Ecology and Biogeography**, p. 1–14, 3 ago. 2012.

TSCHARNTKE, T. et al. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. **Ecology Letters**, v. 8, n. 8, p. 857–874, 2005.

VIANNA, M. R.; LUZ, C. F. P.; MATOS PEIXOTO KLEINERT, A. Interaction networks in a Brazilian cerrado: what changes when you add palynological information to floral visitor data? **Apidologie**, 2013.

VILHENA, A. M. G. F. et al. Acerola pollinators in the savanna of Central Brazil: temporal variations in oil-collecting bee richness and a mutualistic network. **Apidologie**, v. 43, n. 1, p. 51–62, 2012.

WATSON, J. C.; WOLF, A. T.; ASCHER, J. S. Forested landscapes promote richness and abundance of native bees (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) in Wisconsin apple orchards. **Environmental entomology**, v. 40, n. 3, p. 621–32, 2011.

WEINER, C. N. et al. Land use intensity in grasslands: Changes in biodiversity, species composition and specialisation in flower visitor networks. **Basic and Applied Ecology**, v. 12, n. 4, p. 292–299, 2011.

WEINER, C. N. et al. Land-use impacts on plant-pollinator networks: interaction strength and specialization predict pollinator declines. **Ecology**, v. 95, n. 2, p. 466–74, 2014.

WOODCOCK, B. A. et al. Enhancing floral resources for pollinators in productive agricultural grasslands. **Biological Conservation**, v. 171, p. 44–51, 2014.

CONCLUSÃO GERAL

O presente trabalho amostrou 64 espécies de abelhas, 36 das quais comuns a outros levantamentos realizados em áreas de domínio de Mata Atlântica no estado de São Paulo. Esse número corresponde a cerca de 12,16% das 296 espécies já descritas para esses levantamentos (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2011; RAMALHO, 1995, GONÇALVES, R. B.; BRANDÃO, 2008), contudo, 12 espécies identificadas no presente trabalho não apareceram nos estudos anteriores, sendo elas: *Anthidium manicatum* (Linnaeus, 1758), *Anthrenoides jordanensis* Urban, 2007, *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *suspecta* Moure & Camargo, *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) *planiceps* Smith, 1879, *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) *analís* Spinola, 1853, *Melissoptila richardiae* Bertoni & Schrottky, 1910, *Peponapis fervens* (Smith, 1875), *Melitoma segmentaria* (Fabricius, 1804), *Paratetrapedia fervida* (Smith, 1879), *Pseudagapostemon* (*Neagapostemon*) cf. *cyanomelas* Cure, 1989, *Pseudaugochlora indistincta* Almeida, 2008, *Augochlora* (*Oxystoglossella*) *iphigenia* Holmberg, 1886; as 16 espécies restantes foram identificadas apenas até gênero.

Se considerarmos a figura 2 do Capítulo 1 que apresenta a curva de acumulação de espécies ao longo do período de estudo podemos observar que a mesma não está estabilizada. Da mesma forma, a aplicação do índice de dissimilaridade de Jaccard às amostras das quatro áreas de estudo mostra pouca semelhança na composição da fauna de abelhas (Tabela 1 do Capítulo 3). Esses dois resultados, considerados em conjunto com a informação de que 12 espécies coletadas ainda não haviam sido registradas em levantamentos em áreas de domínio de Mata Atlântica paulista e que outras 16 espécies ainda não foram identificadas além de gênero, mostram o quanto as áreas amostradas são ricas em espécies. Há que se considerar ainda, que este estudo foi realizado em áreas agrícolas, muito impactadas pelo manejo convencional empregado e pela perda de áreas cobertas por vegetação nativa. Tal riqueza pode estar associada à proximidade de grandes áreas de vegetação nativa preservadas e protegidas que constituem os Parques Estaduais de Carlos Botelho, Intervales e Parque Estadual Turístico do Alto do Ribeira (PETAR); o relevo montanhoso da região (o município localiza-se na Serra de Paranapiacaba) dificulta a mecanização das propriedades permanecendo nas áreas de difícil acesso, fragmentos remanescentes da

vegetação nativa, o que pode também em parte, explicar a riqueza de espécies encontradas.

O presente trabalho é o primeiro estudo que amostrou as espécies de abelhas presentes em áreas agrícolas na região de estudo (Sul do Estado de São Paulo, domínio da Mata Atlântica) e o segundo na região de Itapeva (GONÇALVES, R. B.; BRANDÃO, 2008). Futuros estudos na região podem contribuir para uma melhor caracterização da fauna de abelhas que ocorrem na Mata Atlântica paulista.

A abordagem de grupos funcionais para espécies de animais facilita o entendimento das dinâmicas das comunidades, principalmente quando não há informações detalhadas sobre a biologia das espécies, sendo esse o caso de muitas espécies de abelhas (WILLIAMS et al., 2010). As informações geradas por trabalhos com esse tipo de abordagem podem informar de forma mais clara quais as consequências para as comunidades ou para as espécies das alterações causadas na paisagem ou no uso da terra.

Apesar do grande número de espécies de abelhas encontradas no presente estudo, as comunidades mostram-se frágeis quando são analisadas através da abordagem de grupos funcionais. Mais de 70% das espécies identificadas neste estudo foram solitárias ou parassociais, com baixo tamanho populacional e uma única fêmea (no caso de espécies solitárias) responsável pela construção de ninhos, forrageamento e pela postura. Aproximadamente 85% das espécies identificadas foram representadas por indivíduos que mediam até 11,5 mm (tamanhos corporais cuja classificação foi de pequeno à médio), apresentando raio de forrageamento restrito, necessitando que as demandas por recursos sejam supridas dentro desse curto raio de voo; mais de 76% das espécies nidificam no solo. Grande parte das espécies com essas características são sensíveis aos impactos causados pelo manejo agrícola convencional, que suprime a vegetação nativa existente para aumento da área cultivada, diminui a riqueza de espécies de plantas utilizadas no forrageamento, e dificulta a nidificação devido à aração e compactação do solo.

Porém, uma característica das comunidades de abelhas amostradas se contrapõem à idéia de fragilidade a elas atribuídas: a maioria das espécies são espécies poliléticas, o que confere às comunidades uma maior plasticidade com relação aos impactos causados pelo manejo convencional. Tais espécies utilizam os recursos alimentares disponíveis em diferentes momentos, podendo forragear em ambientes perturbados. Essa observação pôde ser confirmada pela análise das amostras dos grãos de pólen coletados dos corpos das abelhas, tendo havido predomínio de grãos de pólen de plantas ruderais, típicas de áreas perturbadas. A forma como as plantas ruderais estão distribuídas dentro das propriedades agrícolas estudadas (de forma agregada) e sua fenologia (florescimento sequencial e por longos períodos) facilitam as visitas das espécies de abelhas. O fato de muitas espécies de plantas ruderais serem fontes de néctar, recurso ausente no principal cultivo da região (o tomateiro), fortalece tal observação. Contudo, grande parte dos levantamentos florísticos se restringem aos estratos arbóreos e arbustivos, de forma que muitas espécies de plantas herbáceas potenciais fontes de pólen e/ou néctar não são conhecidas. Silva (2009), em estudo realizado no Cerrado, amostrou o estrato herbáceo dos fragmentos estudados e encontrou que a melitofilia pode chegar a 100% nesse estrato.

Ao serem analisadas as redes de interações abelha-planta foram revelados aspectos bastante interessantes sobre as comunidades amostradas. A primeira delas foi a fragilidade das redes frente à retirada de algumas poucas espécies de plantas. Uma vez que as espécies com maior número de interações (espécies hub) são retiradas das redes, essas tendem a colapsar. O papel de espécie hub foi na maior parte das redes desempenhado pelas espécies de plantas, principalmente as ruderais, e apenas em uma rede duas espécies de abelhas o foram (*Trigona spinipes* e *Bombus pauloensis*). As espécies de abelhas foram na sua maioria espécies “conectoras”, responsáveis pela união da rede, desempenhando o papel de manter os diversos módulos conectados. Pode ser que esse papel desempenhado pelas abelhas em áreas agrícolas também possa ocorrer em áreas de vegetação nativa, sendo assim de fundamental importância a sua conservação nas áreas de maior risco.

O total entendimento das redes de interações abelha-planta não foi possível devido ao fato de aproximadamente 50% dos tipos polínicos não terem sido identificados pelo menos até o nível de família, constando apenas como morfotipos. Pode ocorrer de um número muito maior de espécies de plantas ruderais serem utilizadas pelas espécies de abelhas coletadas, fortalecendo os resultados das métricas de rede empregadas, indicando uma maior dependência das abelhas com relação às plantas ruderais. Porém, se os morfotipos inseridos na categoria "outros" forem de espécies de plantas de outra natureza, então as análises realizadas são frágeis ao afirmar a grande dependência das abelhas com relação às plantas ruderais. Mas trabalhando com a hipótese dos morfotipos pertencerem às espécies de plantas encontradas nos fragmentos remanescentes da Mata Atlântica próximos as propriedades estudadas, as comunidades de abelhas são mais frágeis do que o pensado, uma vez que tais fragmentos estão sob constante pressão de desmatamento para a expansão da área de plantio, de forma que 50% das plantas que compõem a dieta das abelhas podem ser perdidas localmente.

Uma análise quantitativa dos grãos de pólen poderia auxiliar nas análises de rede e de palinologia empregados, reforçando os resultados que mostram a importância das plantas ruderais para as comunidades de abelhas amostradas. Os grãos de pólen provenientes das plantas ruderais (principalmente das espécies *Leonurus sibiricus* e *Sonchus oleraceus*) estavam presentes em grandes quantidades nas lâminas preparadas e analisadas no presente estudo. Assim como os grãos de pólen provenientes do tomateiro, essas duas espécies foram dominantes com relação à quantidade de grãos, mas essa é uma observação pessoal do autor realizada durante as análises qualitativas dos grãos.

Mudanças no manejo empregado nas propriedades agrícolas podem auxiliar na restauração e/ou na conservação das populações de abelhas, Winfree (2010) sugere que um conjunto de recursos são necessários para que as espécies de abelhas completem o seu ciclo de vida dentro das propriedades. Esses recursos estão divididos basicamente em recursos para a nidificação, tais como solo exposto, galhos, troncos de árvores, diversos tipos de cavidades pré-existent, materiais utilizados no interior de

ninhos como, folhas, resinas e pétalas, e recursos relacionados ao forrageamento em flores, sendo néctar e pólen. Paralelo à oferta dos recursos acima citados o autor ainda salienta a importância que o manejo orgânico possui na conservação de abelhas, não somente pela ausência de pesticidas sintéticos, mas também por outras características que tais propriedades agrícolas possuem como, área de cultivo menor, maior diversidade de cultivos, áreas maiores de vegetação seminatural e maior abundância e diversidade de plantas ruderais.

Os desafios são muitos para que as áreas agrícolas se tornem locais mais seguros para a fauna de insetos como um todo, porém as propriedades agrícolas familiares apresentam muitas das características positivas acima citadas relacionadas a um manejo amigável aos polinizadores. Programas educacionais voltados para a comunidade rural, principalmente aos trabalhadores rurais, assim como a implantação de programas de pagamento por serviços ambientais encontrarão nessas propriedades um campo promissor e fértil.

Bibliografia

GONÇALVES, R. B.; BRANDÃO, C. R. F. Diversidade de Abelhas (Hymenoptera, Apidae) ao longo de um gradiente latitudinal na Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 4, p. 51–61, 2008.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. . et al. Checklist das abelhas e plantas melitófilas no Estado de São Paulo , Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1a, p. 631–655, 2011.

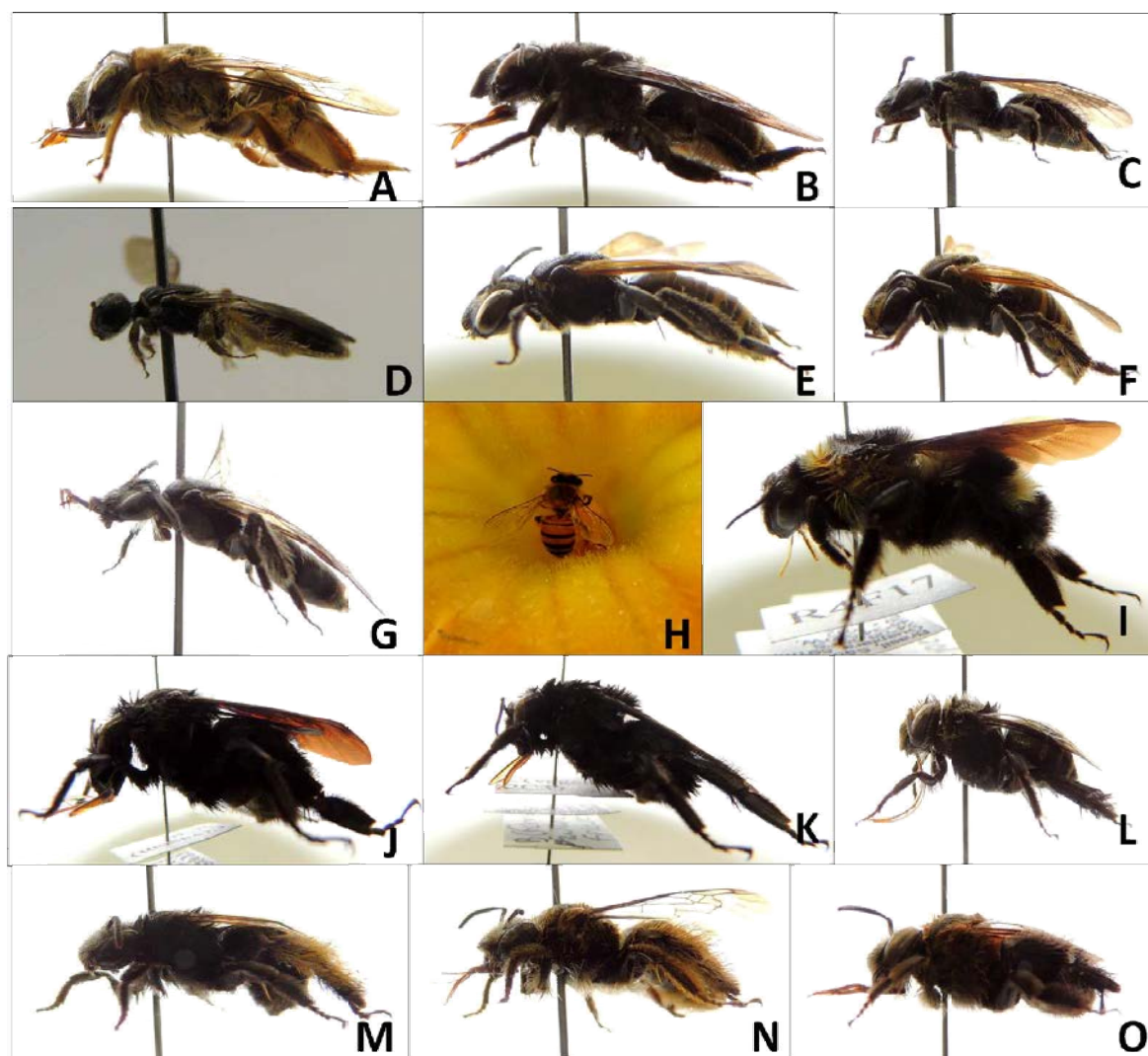
SILVA, C. I. **Distribuição espaço-temporal de recursos florais utilizados por espécies de xylocopa (hymenoptera, apidae) e interação com plantas do cerrado sentido restrito no triângulo mineiro.** 2009. 283f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Uberlândia, 2009.

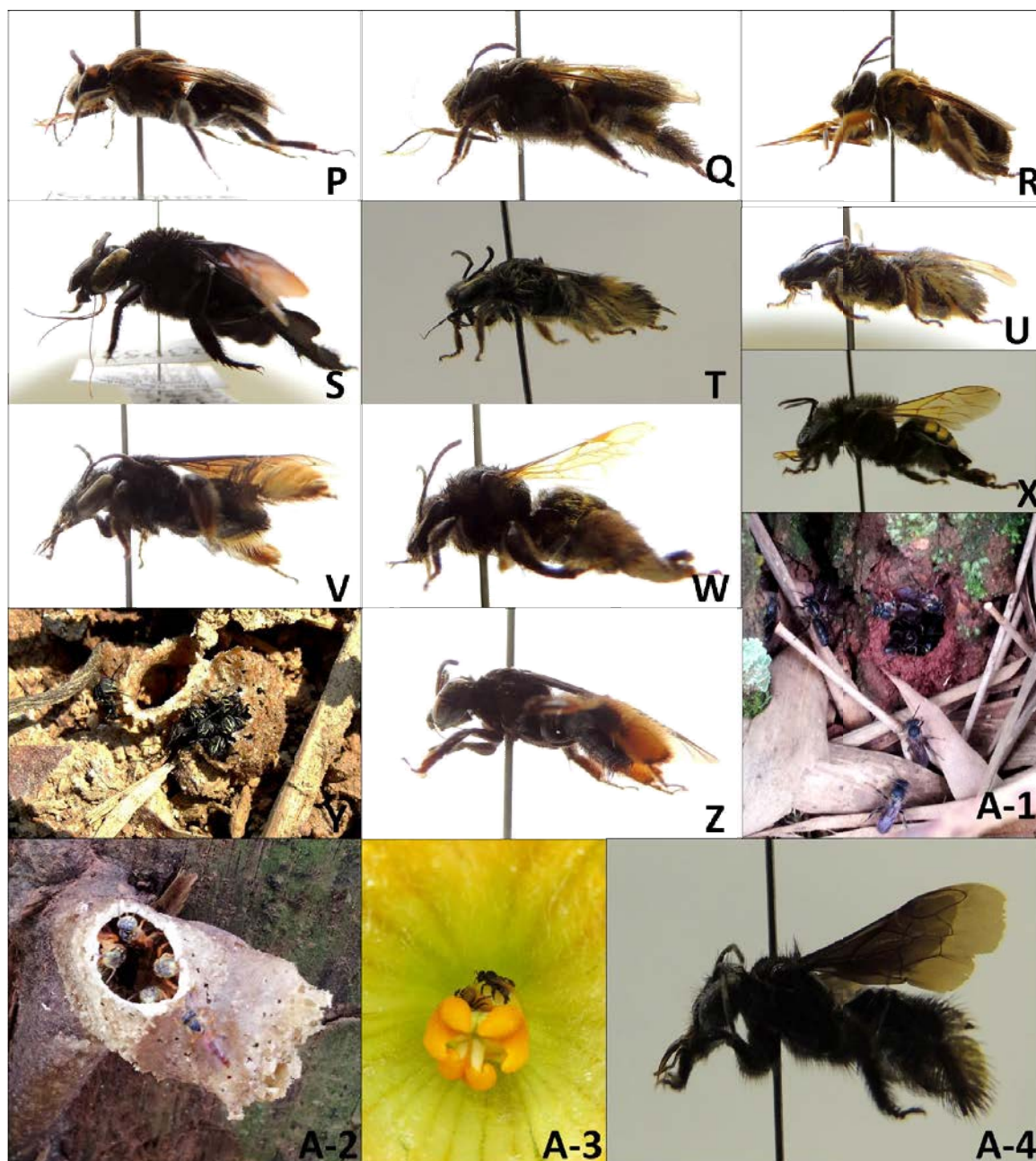
WILLIAMS, N. M. et al. Ecological and life-history traits predict bee species responses to environmental disturbances. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2280–2291, 2010.

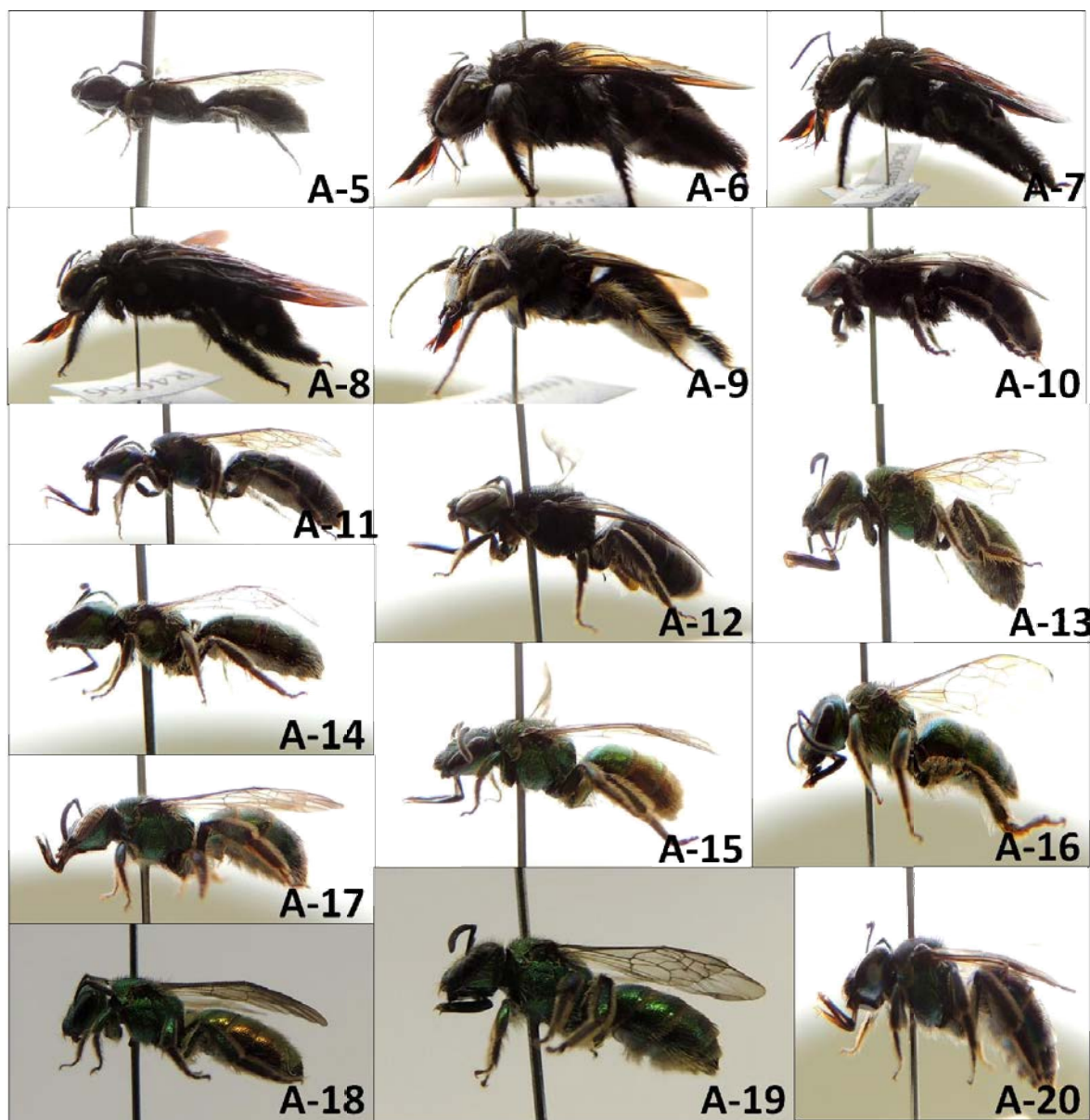
WINFREE, R. The conservation and restoration of wild bees, **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1195, p. 169-197, 2010.

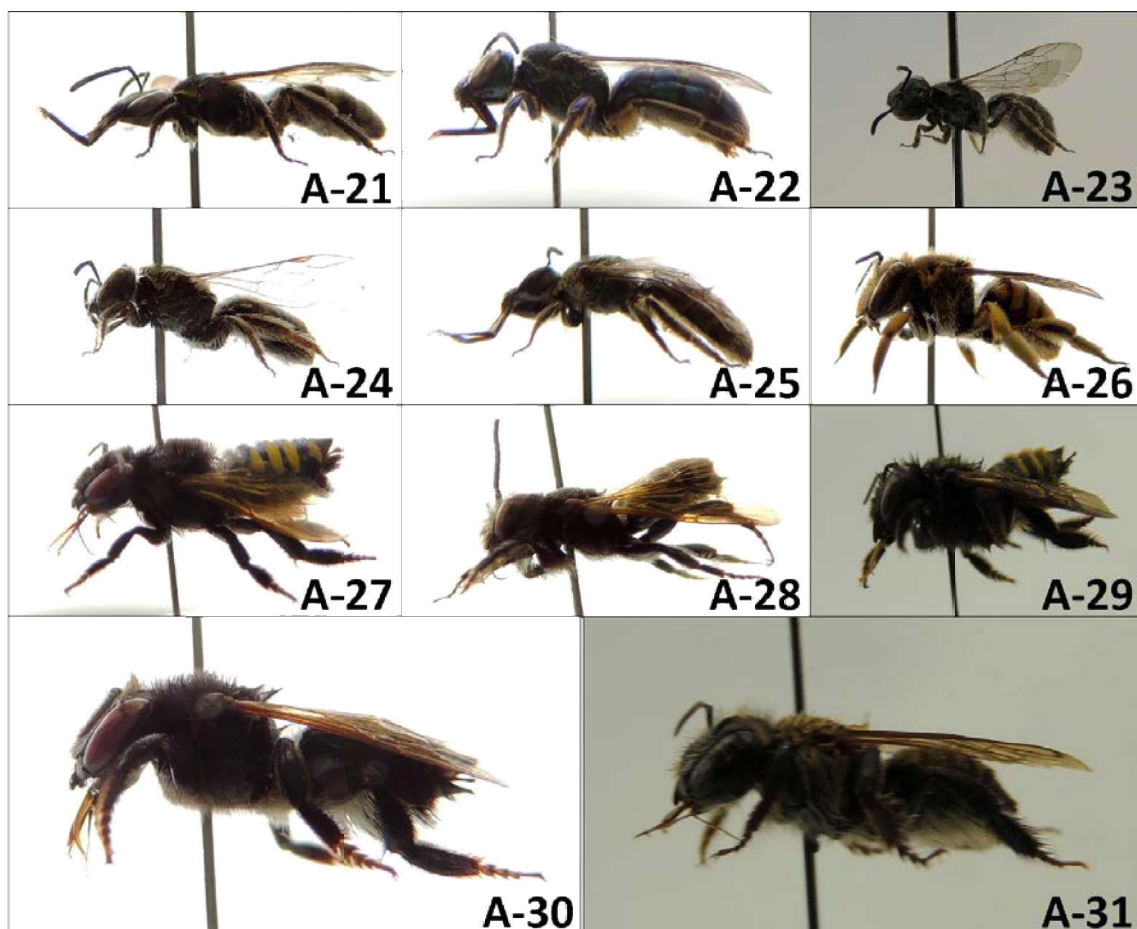
ANEXO I

Fotos das espécies de abelhas coletadas nas quatro propriedades agrícolas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara (SP)







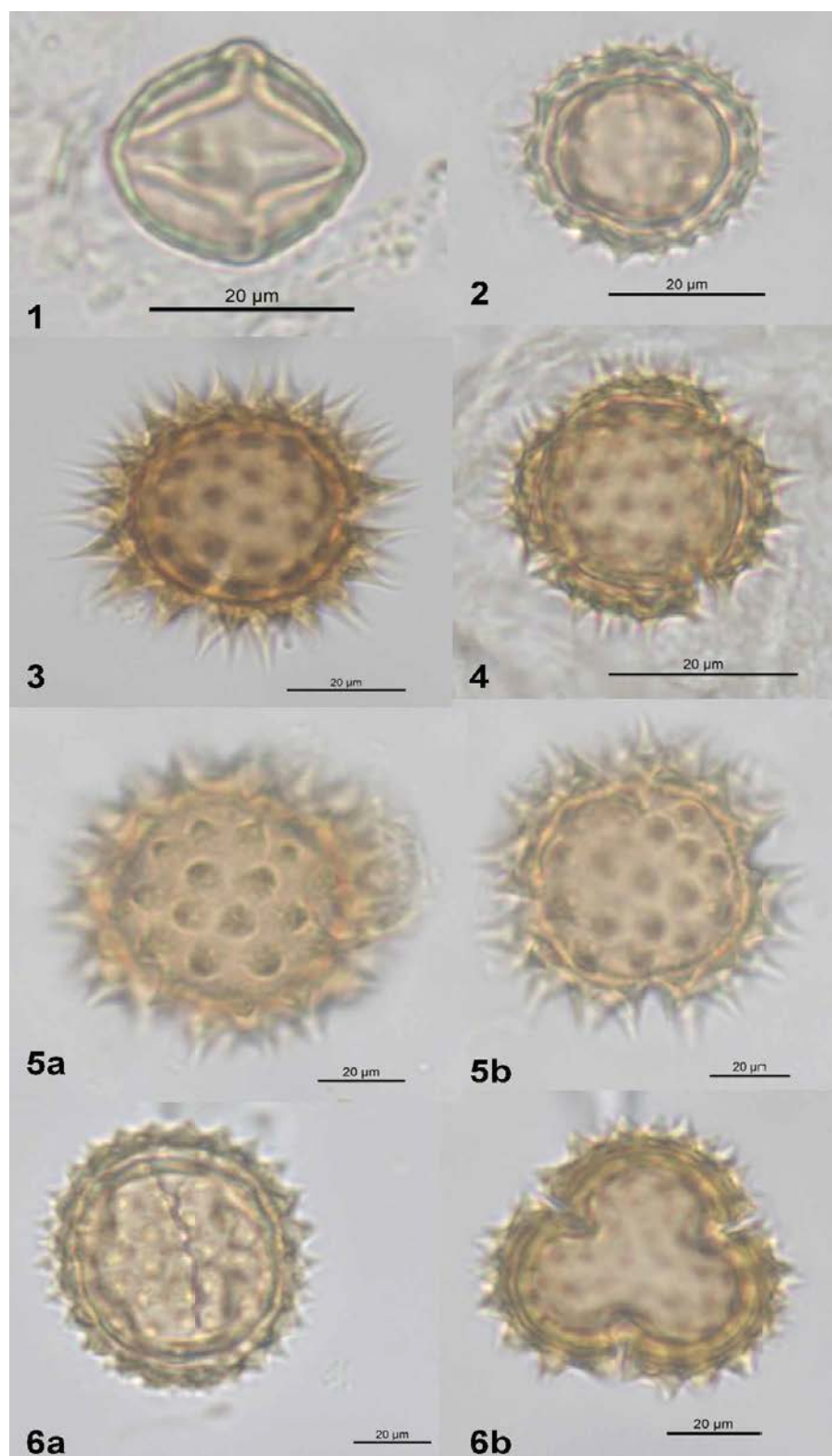


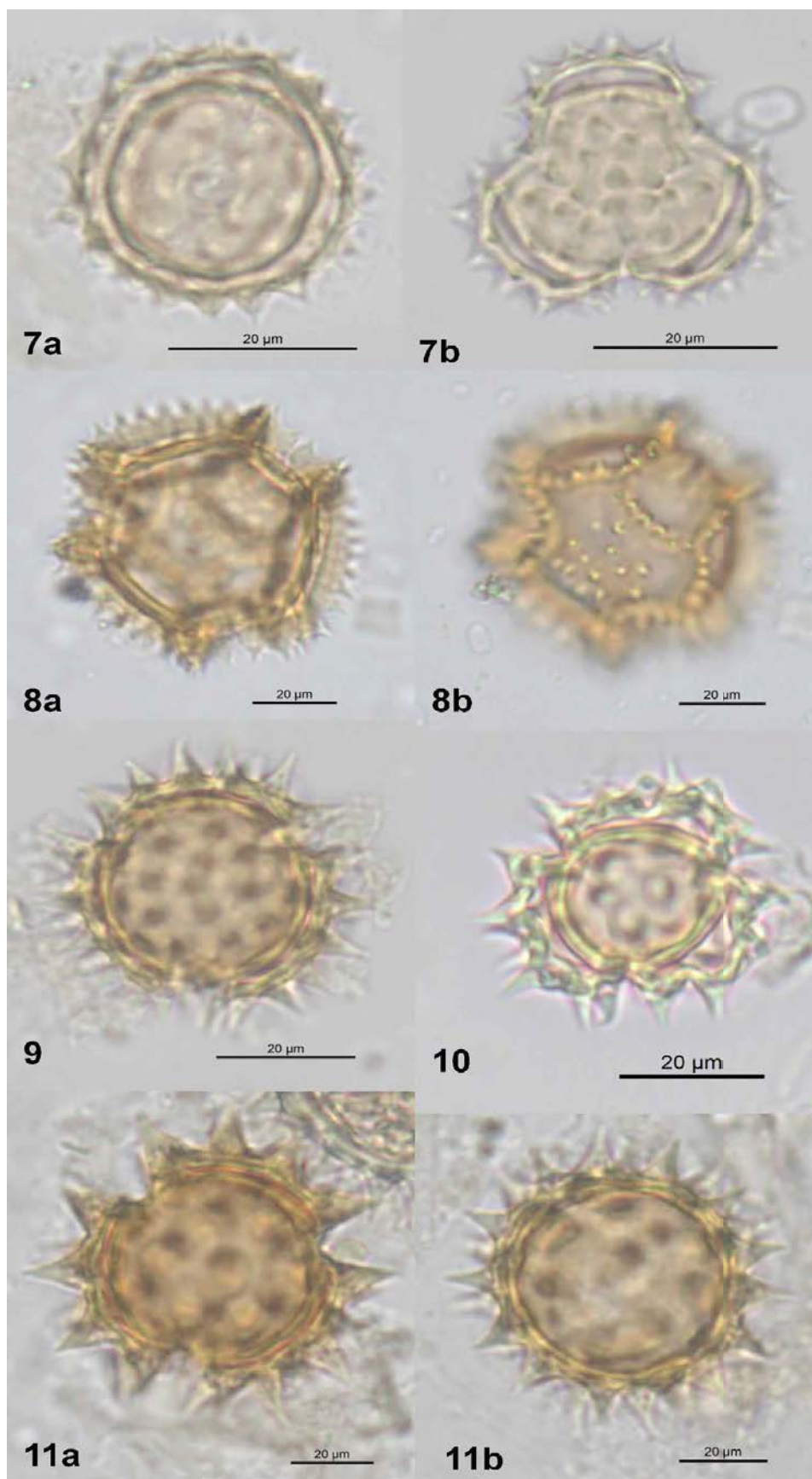
Abelhas coletadas em quatro propriedades rurais de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara/SP. **A.** *Oxaea flavescens*, **B.** *Oxaea* sp., **C.** *Anthrenoides meridionalis*, **D.** *Cephalurgus anomalus*, **E.** *Psaenythia bergii*, **F.** *Psaenythia* sp., **G.** *Rophitulus* sp., **H.** *Apis mellifera*, **I.** *Bombus* (*Fervidobombus*) *brasiliensis*, **J.** *Bombus* (*Fervidobombus*) *morio*, **K.** *Bombus* (*Fervidobombus*) *pauloensis*, **L.** *Melitoma segmentaria*, **M.** *Melissodes* (*Eclectica*) *nigroaenea*, **N.** *Melissoptila richardiae*, **O.** *Melissoptila thoracica*, **P.** *Peponapis fervens*, **Q.** *Thygater* (*Thygater*) *analis*, **R.** *Trichocerapis mirabilis*, **S.** *Eulaema* (*Apeulaema*) *nigrita*, **T.** *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) *analis*, **U.** *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) *planiceps*, **V.** *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) sp. 1, **W.** *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) sp. 2, **X.** *M.* (*Melipona*) *quadrifasciata quadrifasciata*, **Y.** *Paratrigona subnuda*, **Z.** *Paratetrapedia fervida*, **A-1.** *Schwarziana quadripunctata*, **A-2.** *Tetragonisca angustula*, **A-3.** *Trigona hyalinata*, **A-4.** *Tetrapedia* aff. *diversipes*, **A-5.** *Ceratina* (*Ceratinula*) cf. *oxalidis*, **A-6.** *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *brasilianorum*, **A-7.** *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *frontalis*, **A-8.** *Xylocopa* (*Neoxylocopa*) *suspecta*, **A-9.** *Xylocopa* (*Stenoxycopa*) *artifex*, **A-10.** *Colletes rugicollis*, **A-11.** *Augochlora* (*Augochlora*)

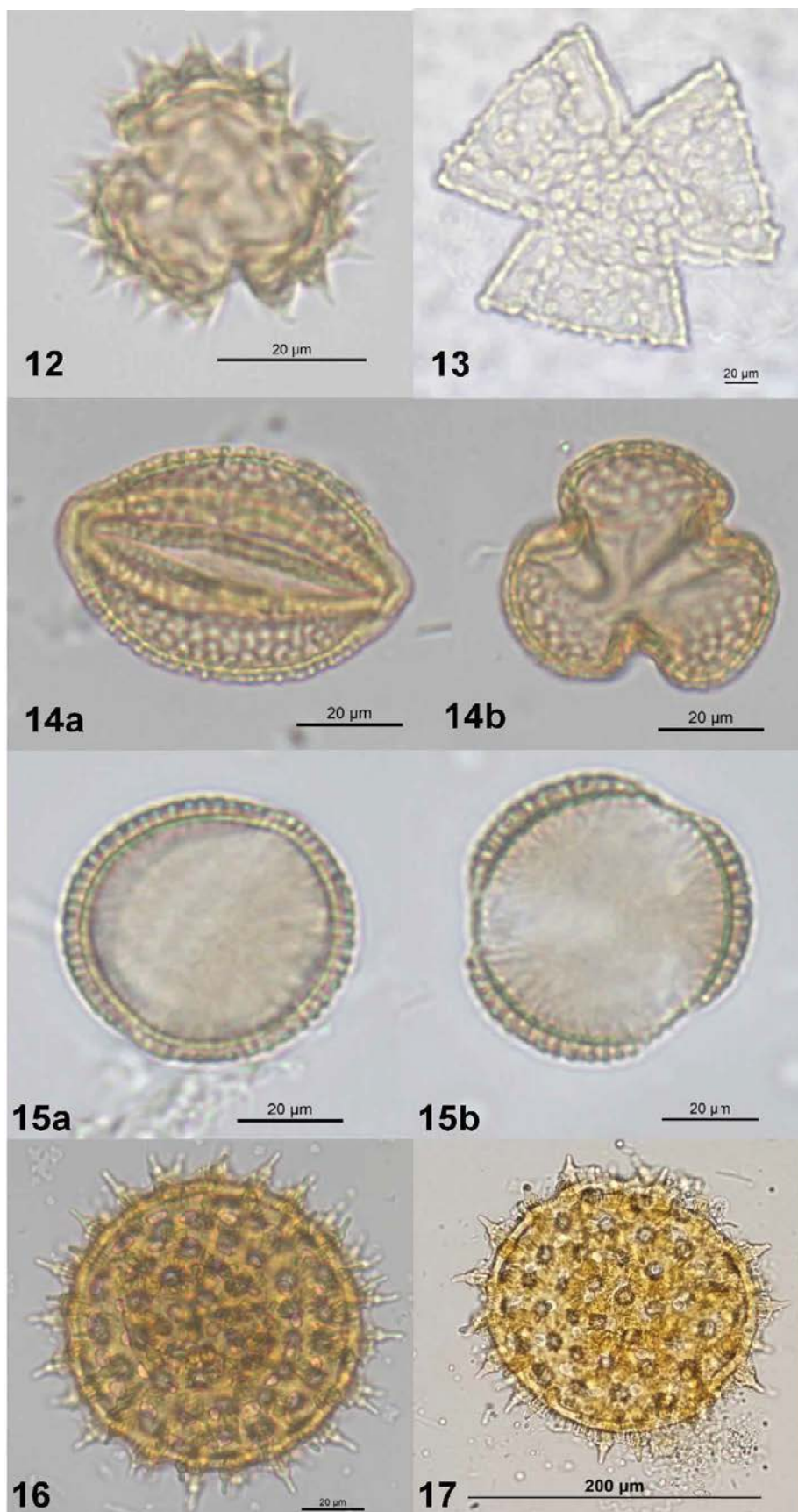
amphitrite, **A-12.** *Augochlora* (*Augochlora*) *foxiana*, **A-13.** *Augochlora* (*Oxystoglossella*) *morrae*, **A-14.** *Augochlora* (*Oxystoglossella*) sp., **A-15.** *Augochloropsis* *cupreola*, **A-16.** *Augochloropsis* *electra*, **A-17.** *Augochloropsis* *nasuta*, **A-18.** *Augochloropsis* sp. 1, **A-19.** *Augochloropsis* sp. 2, **A-20.** *Augochloropsis* sp. 3, **A-21.** *Neocorynura* *oiospermi*, **A-22.** *Pseudaugochlora* *indistinct*, **A-23.** *Dialictus* *creusa*, **A-24.** *Dialictus* spp., **A-25.** *Pseudagapostemon* (*Neagapostemon*) cf. *cyanomelas*, **A-26.** *Anthidium* *manicatum*, **A-27.** *Megachile* (*Chrysosarus*) *pseudanthidioides*, **A-28.** *Megachile* (*Melanosarus*) sp., **A-29.** *Megachile* (*Moureapis*) sp. 1, **A-30.** *Megachile* (*Moureapis*) sp. 2, **A-31.** *Megachile* sp.

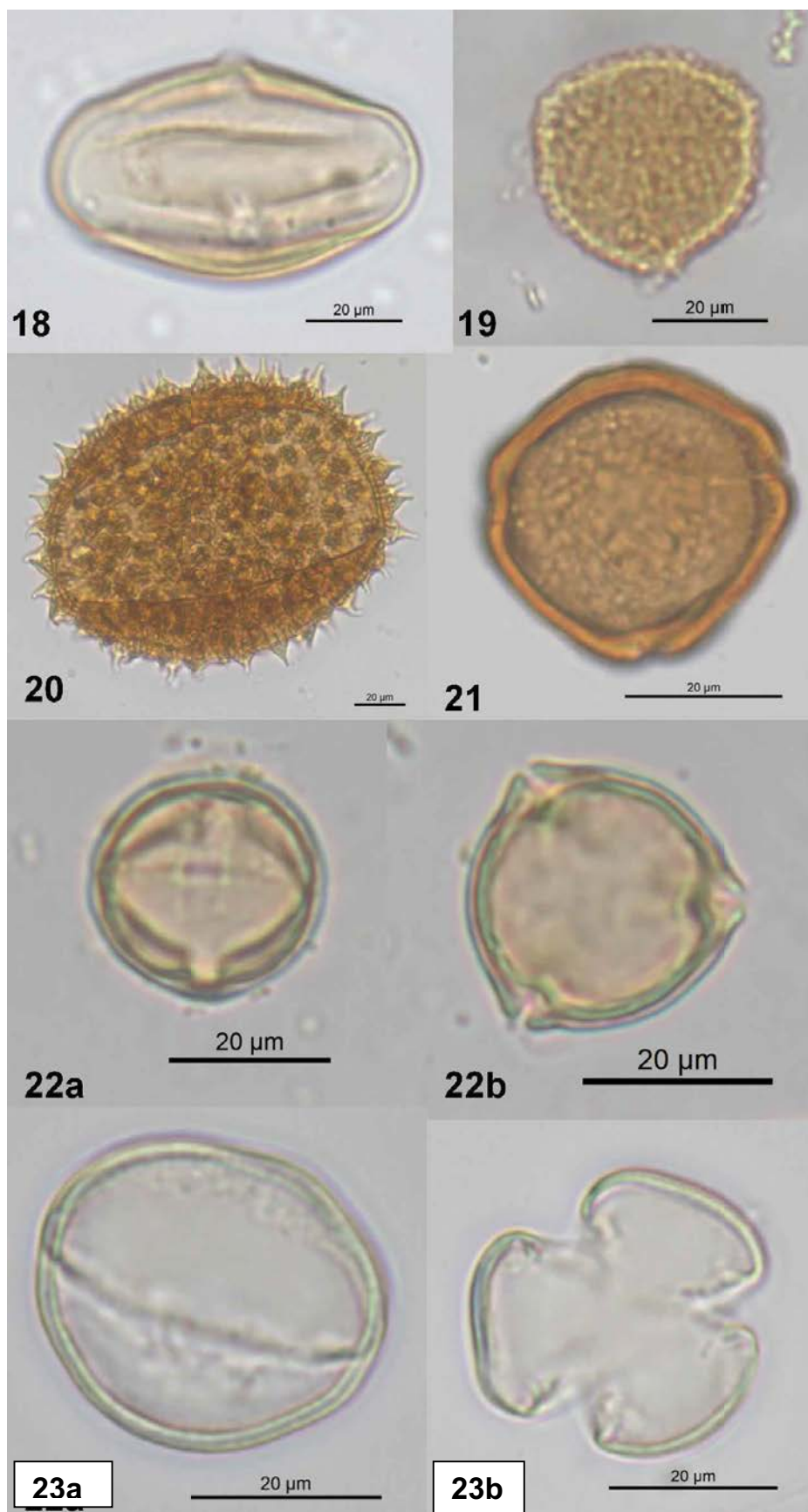
ANEXO II

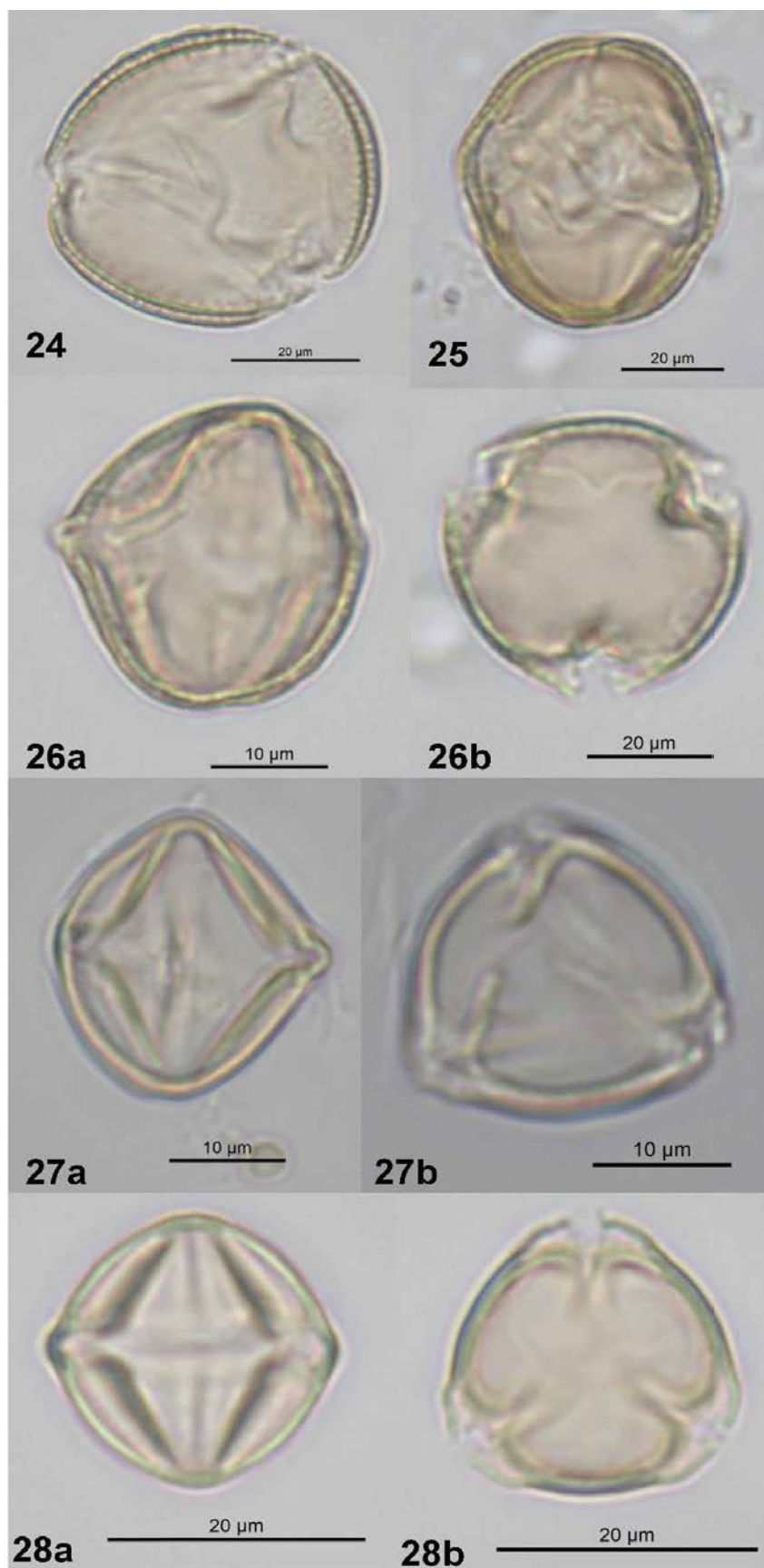
Grãos de pólen das plantas ruderais e cultivadas identificadas nas propriedades estudadas.

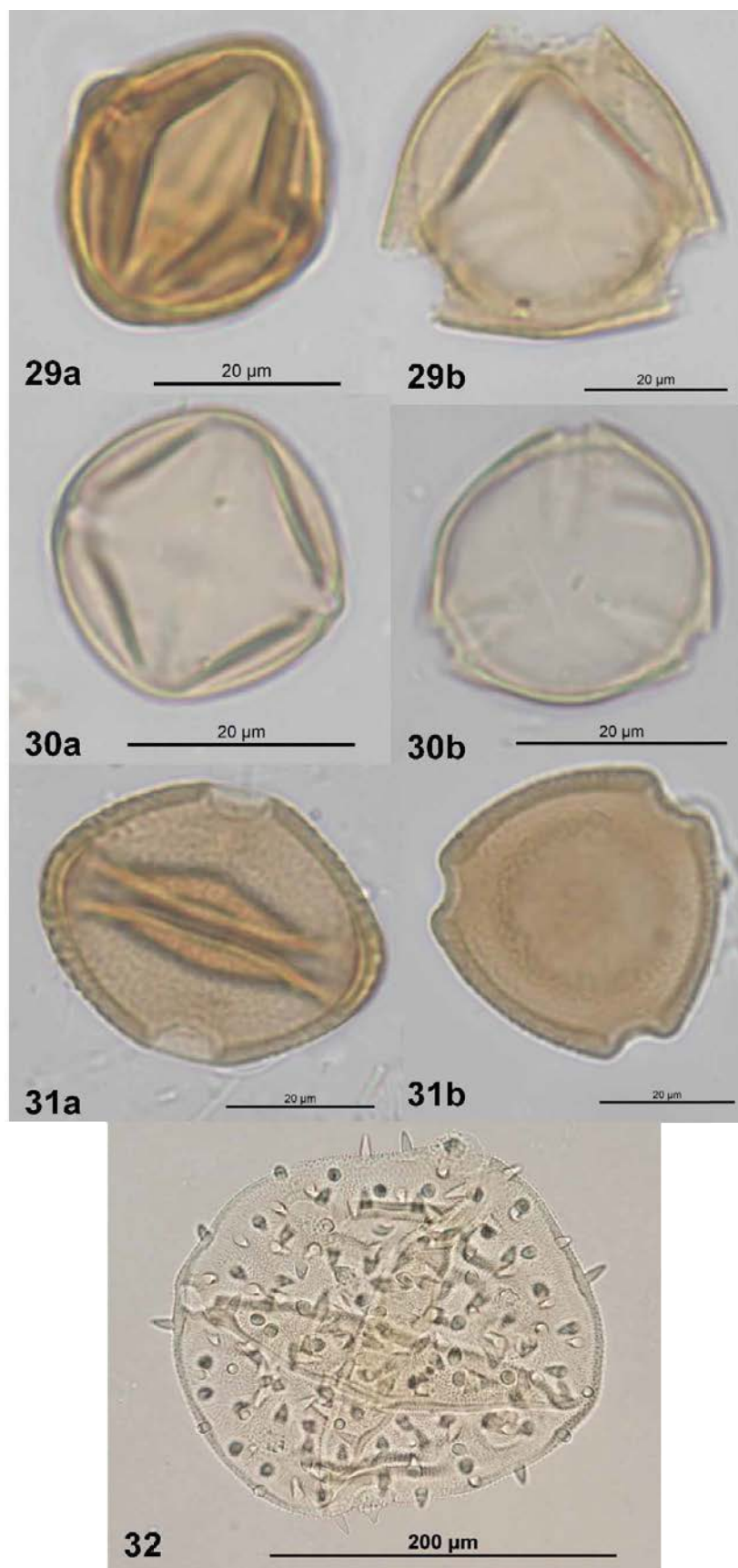












Grãos de pólen das espécies de plantas ruderais e cultivadas encontradas nas quatro propriedades estudadas de cultivo convencional e manejo familiar no município de Guapiara/SP. **1.** *Asclepias curassavica*, **2.** *Ageratum conyzoides*, **3.** *Bidens pilosa*, **4.** *Galinsoga parviflora*, **5a.** *Bidens alba* (destaque para as ornamentações), **5b.** *Bidens alba*, **6a.** *Emilia fosbergii* (vista equatorial), **6b.** *Emilia fosbergii* (vista polar), **7a.** *Senecio brasiliensis* (vista equatorial), **7b.** *Senecio brasiliensis* (vista polar), **8a.** *Sonchus oleraceus*, **8b.** *Sonchus oleraceus* (destaque para as ornamentações), **9.** *Synedrella nodiflora*, **10.** *Tithonia diversifolia*, **11a.** *Tilesia baccata* (vista polar), **11b.** *Tilesia baccata* (vista equatorial), **12.** *Vernonia westiniana*, **13.** *Stachytarpheta cayennensis*, **14a.** *Pyrostegia venusta* (vista equatorial), **14b.** *Pyrostegia venusta* (vista polar), **15a.** *Brassica rapa* (vista equatorial), **15b.** *Brassica rapa* (vista polar), **16.** *Ipomea triloba*, **17.** *Ipomea nill*, **18.** *Cordia curassavica*, **19.** *Prunus persica*, **20.** *Sida rhombifolia*, **21.** *Lantana camara*, **22a.** *Ricinus communis* (vista equatorial), **22b.** *Ricinus communis* (vista polar), **23a.** *Leonurus sibiricus* (vista equatorial), **23b.** *Leonurus sibiricus* (vista polar), **24.** *Phytolacca americana*, **25.** *Anagallis arvensis*, **26a.** *Rubus rosifolius* (vista equatorial), **26b.** *Rubus rosifolius* (vista polar), **27a.** *Solanum americanum* (vista equatorial), **27b.** *Solanum americanum* (vista polar), **28a.** *Solanum erianthum* (vista equatorial), **28b.** *Solanum erianthum* (vista polar), **29a.** *Solanum paniculatum* (vista equatorial), **29b.** *Solanum paniculatum* (vista polar), **30a.** *Lycopersicon esculentum* (vista equatorial), **30b.** *Lycopersicon esculentum* (vista polar), **31a.** *Phaseolus vulgaris* (vista equatorial), **31b.** *Phaseolus vulgaris* (vista polar), **32.** *Cucurbita pepo*.