O EFEITO DA HETEROGENEIDADE DE HABITATS SOBRE AS INTERAÇÕES PLANTA – POLINIZADOR EM UMA REGIÃO DA BACIA DO RIO CORUMBATAÍ – SP.

GLEICIANI BÜRGER PATRICIO

Orientadora: Profª. Drª. MARIA JOSÉ DE OLIVEIRA CAMPOS

Co-orientador: Prof. Dr. OSMAR MALASPINA

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

Rio Claro

Estado de São Paulo – Brasil

Agosto – 2007

“Dedico aos meus pais, Benedito Ap. Patricio e Iêda S. B. Patricio, as pessoas mais importantes da minha vida”.

“Não é digno de saborear o mel aquele que se afasta da colméia com medo das picadas das abelhas”.

(William Shakespeare)

Agradecimentos

Agradeço à minha família. Aos meus pais, por estarem sempre ao meu lado, pelo apoio e carinho. Pelo esforço e dedicação de vocês para que todos os meus sonhos se tornassem realidade. Graças a vocês eu tive a chance de escolher uma profissão pela qual sou apaixonada! Agradeço, acima de tudo, pelo amor incondicional! Agradeço também meu irmão e minha cunhadinha Fabí, pela amizade e companheirismo. Meu cachorro, Bidu, por ser meu amigo fiel e companheiro de todas as horas.

Agradeço meu namorado Matheus, que entrou em minha vida na hora que eu menos esperava. Por ter feito parte deste trabalho. Por me acompanhar nas saídas de campo... Sei que não foi fácil pra você, acordar às cinco... Por ter me ajudado na edição do texto e nas apresentações! Por ser essa companhia maravilhosa! Por me oferecer seu ombro amigo, onde chorei muitas vezes... Muito obrigada por me ajudar nos momentos que mais precisei e por compartilhar comigo todas as alegrias! Muito obrigada por ser esse namorado maravilhoso e, ainda, meu melhor amigo. Eu amo muito você.

Sou muito grata à minha orientadora e amiga, Zezé. Pela orientação, pela paciência, pelo aprendizado e principalmente, pela amizade e por confiar em mim. Pelas risadas na salinha do café, por compartilhar comigo as preocupações e alegrias também... Enfim, agradeço por essa relação que vai muito além de profissional.

Agradeço ao prof. Dr. Osmar Malaspina, por ser meu co-orientador, por estar sempre disposto a me ajudar.

Agradeço principalmente a todos os proprietários e as pessoas do campo que me receberam em suas casas, sem nunca terem me visto e ainda me tratarem como se fosse da família. Agradeço principalmente por me mostrarem que ainda existem pessoas boas nesse mundo. Por trazerem de volta a esperança. Agradeço principalmente, pela amizade que nasceu entre nós. Vocês estarão sempre em meus pensamentos e orações.

Agradeço ao GEECAS (Grupo de Estudo em Ecologia e Conservação de Abelhas Silvestres) por me ajudarem nos campos, pela amizade e ótimas risadas, pela troca de conhecimento... A Lica, ao Bruno, Liz, por me ajudarem a encher centenas de saquinhos de terra e pela companhia em campo. Agradeço principalmente à Thais, pelas saídas de campo e pelas situações inusitadas pela qual passamos e que agora são histórias engraçadas (pra quem ouve!). Agradeço também aos novos integrantes do grupo, Vinícius, Paquito, Rebeca e Siri, pelo apoio e pela torcida.

Agradeço à minha família, por virem até Rio Claro, pra me ajudarem a encher os inúmeros saquinhos de terra. Meu avô João, meu tio Celso, meu primo Sandro, e mais uma vez, meu pai. Foi muito divertido! Família: não basta ser família, tem que participar! Agradeço também ao técnico do Jardim experimental João, por me ajudar a plantar as milhares de mudas de juás e a limpar o terreno depois...

Agradeço também aos técnicos da ecologia, Sérgio e Carlinhos, pela companhia e por tornarem muitas saídas de campo em passeios divertidos.

Agradeço a todo o pessoal do departamento de Ecologia. Aos técnicos e professores, por estarem sempre dispostos a ajudar e pela troca de conhecimento.

Meus sinceros agradecimentos para os Professores Drs. Silvio Govone, por me ajudar com a estatística, Sílvio Ferraz, pela ajuda com as análises da paisagem e para os Professores Drs. Vítor e Massanori, por me cederem o laboratório da Botânica e me auxiliarem nos experimentos com as sementes.

Agradeço meus padrinhos tia Zeida e tio Mô, por estarem sempre ao meu lado, por me ajudarem quando mais precisei e por compartilhar comigo os momentos mais felizes e importantes. Agradeço também aos meus “priminhos” Kira e Kauê, pela amizade verdadeira.

Agradeço a família do meu namorado, meu sogrinho Chico e sogrinha Arlete, por terem me recebido com muito carinho e por me tratarem como se fosse filha de vocês! Agradeço minha cunhadinha Mariana, meu cunhadinho (e meu dentista) Danilo e sua namorada Jacque, pelos ótimos momentos que passo ao lado de vocês.

Agradeço a Elizandra, por ser minha confidente, por me ajudar nesse trabalho, pela troca de conhecimento, pelos congressos... Enfim, pela grande amiga que você é!

Agradeço aos meninos da República 3 e ½, pelos infinitos momentos de diversão, por me fazer rir muito e as vezes até ouvir meus problemas, com toda a atenção. Fred e Bixão podem ter certeza: por incrível que pareça, vou sentir muita falta de vocês!

Por fim, agradeço a todos que torceram por mim, pois sem a grande ajuda que tive dessas pessoas esse trabalho não estaria no papel. Muito obrigada mesmo!

Resumo

Estudos realizados em ambientes fragmentados revelam que vários processos ecológicos são afetados pelo tamanho, forma e grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa. A abundância local de polinizadores pode ser explicada pela relação de atratividade planta - polinizador e pela disponibilidade de sítios de nidificação e recursos florais.

Este trabalho teve como objetivo geral, avaliar o efeito da heterogeneidade de habitats sobre a interação planta - polinizador em áreas com forte influência antrópica. A hipótese testada foi a de que a heterogeneidade de habitats afeta a disponibilidade de polinizadores e, conseqüentemente, a produção de frutos e sementes. Para isso, a espécie seleciona foi *S. viarum.*

Foram selecionadas 12 áreas dentro da região da Bacia do Rio Corumbataí – SP, sendo 6 áreas mais homogêneas, com H' < 0,9, e 6 mais diversificadas, com H' > 1,4. Os pontos amostrais foram distribuídos nas áreas centrais desses habitats segundo as possibilidades de acesso. Para cada ponto amostral foi estabelecida uma estação de coleta de dados, onde foram instaladas as plantas para os estudos sobre polinização. Foram realizados 4 períodos de coletas de dados. Em um mesmo período, tanto áreas de alta como de baixa heterogeneidade foram observadas quanto à fenologia e à visitação por abelhas.

Em relação à porcentagem de frutos formados de *S. viarum* Dun., evidenciando seu sucesso reprodutivo, houve diferença significativa entre as áreas localizadas na região de Rio Claro e as localizadas na região de Ipeúna, mas não entre as áreas de alta e baixa heterogeneidade. A análise da paisagem na escala de 600m mostrou que essas duas regiões diferem significativamente quanto à porcentagem de cobertura de mata. Isso pode, em parte, explicar a diferença encontrada entre as duas regiões, mas não entre áreas de alta e baixa heterogeneidade.

Um número muito pequeno de abelhas foi coletado nas flores de *S. viarum* Dun. durante o desenvolvimento do estudo, não permitindo estabelecer

qualquer relação com o grau de heterogeneidade de habitats ou com a produção de frutos.

Apesar disso, os dados indicam que os polinizadores, principalmente as abelhas, respondem às estruturas de paisagens mais diversificadas, em escalas pequenas. A qualidade da matriz entre fragmentos de vegetação é muito importante, pois pode promover conectividade entre eles.

Abstract

Studies carried through in fragmented environments disclose that some ecological processes are affected by the size, form and degree of isolation of the remainders of native vegetation. The local abundance of pollinators can be explained by the relation of plant-pollinator attractiveness and the availability of nest site and floral resources.

This study it aimed to evaluate the effect of the heterogeneity of habitats on the interaction plant-pollinator in areas with strong antropogenic influence. The tested hypothesis was of that the heterogeneity of habitats affects the availability of pollinators and, consequently, the production of fruits and seeds. 12 areas inside of the region of the Basin of Rio Corumbataí - SP had been selected, being 6 more homogeneous areas, with H' < 0,9, and 6 more diversified, with H' > 1,4.

The sampling points had been distributed in the central areas of these habitats according to access possibilities. For each sampling point, a period of collection of data was established, where the plants had been installed for pollination studies. Four periods of data collecting had been carried through. In a same period, as many areas of high as of low heterogeneity had been observed according the phenology and the visitation for bees.

The percentage of formed fruits of *S. Viarum* Dun., evidencing the reproductive success, had significant difference between the located areas in the region of Rio Claro and the located ones in the region of Ipeúna, but not between the areas of high and low heterogeneity. The analysis of the landscape in the scale of 600m showed that these two regions differ significantly as for the percentage of bush covering. This can, in part, to explain the difference found between the two regions, but not between areas of high and low heterogeneity. A very small number of bees were collected in the flowers of *S. viarum* Dun. during the development of the study, not allowing to establish any relation with the degree of heterogeneity of habitats or with fruits production. Although this, the data indicate that the pollinators, mainly the bees, answer to the structures of landscapes more diversified, in small scales. For in such a way, the quality of

the matrix between fragments of vegetation is very important, therefore it can promote connectivity between them.

Sumário

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA 1

2. OBJETIVOS 12

2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS 12

3. MATERIAL E MÉTODOS 13

3.1 – ESCOLHA DA ESPÉCIE 13

3.2 – ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS, FLORES E FRUTOS DE *S. VIARUM* DUN. 14

3.2.1. – Desenvolvimento de S. viarum Dun. 15

3.2.2 – Duração da flor e morfologia floral 15

3.2.3 – Verificação de formação de frutos a partir de autopolinização espontânea 16

3.3 – ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO E DEFINIÇÃO DOS PONTOS AMOSTRAIS 16

3.4 – DESCRIÇÃO DAS ÁREAS SELECIONADAS 19

3.5 - AVALIAÇÃO DO SUCESSO REPRODUTIVO E LEVANTAMENTO DAS ESPÉCIES DE ABELHAS VISITANTES EM *S. VIARUM* DUN. SOB DIFERENTES CONTEXTOS DE PAISAGENS 29

3.5.1 – Avaliação do sucesso reprodutivo de S. viarum Dun. sob diferentes contextos de paisagens 30

3.5.2 – Levantamento das espécies de abelhas visitantes de S. viarum Dun. sob diferentes contextos de paisagem. 31

3.6 – ANÁLISES ESTATÍSTICAS 32

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 33

4.1 – ESTUDOS PRELIMINARES SOBRE O DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS, FLORES E FRUTOS DE *S. VIARUM* DUN. 33

4.1.1 – Desenvolvimento da espécie estudada 33

4.1.2 - Morfologia floral e duração da flor 36

4.1.3 – Verificação da formação de frutos a partir de autopolinização espontânea. 37

4.2 – O CONTEXTO DAS PAISAGENS 37

4.3 – AVALIAÇÃO DO SUCESSO REPRODUTIVO DE *S. VIARUM* DUN. SOB DIFERENTES CONTEXTOS DE PAISAGENS 39

4.4 – FAUNA VISITANTE DE FLORES DE *S. VIARUM* DUN. 50

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 55

6. LITERATURA CITADA 58

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

Os processos biológicos, geológicos e químicos que ocorrem nos diferentes ecossistemas, os quais suportam e regulam a vida na Terra (SARUKHÁN e WHYLE, 2005), vêm recebendo atenção especial por parte de diferentes setores da sociedade, envolvendo pesquisadores das mais diversas áreas, no mundo todo. Esta atenção deve-se ao reconhecimento do alcance global das mudanças ambientais, acentuadas e aceleradas em tempos recentes, como mudanças climáticas e perda da biodiversidade, por exemplo.

Embora as conseqüências das alterações ambientais sobre alguns desses processos, como a ciclagem de nutrientes e a regulação climática, sejam amplamente estudadas e discutidas, sobre outros, principalmente aqueles originados de interações entre espécies, como controle populacional exercido por predadores e parasitas, dispersão de sementes e polinização – processos mediados por elos móveis, como foi definido por Kremen et al. (2007) - ainda há muito a ser entendido.

A produção de sementes e frutos por uma planta são eventos críticos do sucesso reprodutivo, e podem determinar a distribuição e o tamanho das populações (ERIKSSON e EHRLÉN, 1992; LOUDA e POTVIN, 1995; TURNBULL et al., 2000). O entendimento das conseqüências das alterações ambientais sobre esses processos é fundamental para a tomada de decisões e proposição de medidas que possam garantir a manutenção da oferta de

produtos como alimentos, fibras, madeira (KREMEN et al., 2007), e mais que isso, a manutenção dos ecossistemas naturais em toda sua complexidade. A falha nos serviços de polinização levaria à perda de alimentos e outros produtos que as plantas podem oferecer, em decorrência das interações com as diferentes espécies de animais (KEARNS et al., 1998; KREMEN et al., 2007).

A constatação do desaparecimento de muitas espécies de polinizadores dos campos de cultivo vem preocupando pesquisadores e agentes governamentais, ligados à área agrícola, no mundo todo (ALLEN-WARDELL et al., 1998; CORBET, 1991; KEARNS et al., 1998; KEVAN e PHILLIPS, 2001; MATHESON et al., 1996; STEFFEN-DEWENTER et al., 2005; WILLIANS, 1994). Em grande parte, essa preocupação se origina do reconhecimento da dependência de um grande número de espécies de plantas cultivadas dos serviços de polinização.

Atualmente, estima-se a existência de 250.000 espécies de angiospermas (HEYWOOD, 1993), das quais aproximadamente 90% são obrigatoriamente polinizadas por animais, tanto invertebrados como vertebrados e, dentre esses, cerca de 25.000 a 30.000 correspondem a espécies de abelhas, que são visitantes florais obrigatórios (TEPEDINO, 1979).

Os números com os quais se procura expressar a dependência de plantas cultivadas em relação à polinização por animais são bastante variáveis, chegando a 35% das espécies, segundo Klein et al. (2007).

Ingram et al. (1996) estimaram que cerca de um quarto de todo o alimento consumido pelo homem depende, direta ou indiretamente, da polinização por animais. Willians (1994) avaliou que, para a Europa, a porcentagem de espécies de plantas cultivadas, dependentes de polinização por animais, chega a 84%, enquanto Roubik (2005) estimou que, para os cultivos tropicais, esse valor pode chegar a 70% das espécies, e ainda, segundo Heard (1999) e Richards (2001), a dependência de abelhas para a polinização se apresenta em 25% dessas espécies.

A situação da dependência de polinizadores se agrava quando se considera a grande diversidade de tamanhos, formatos e formas de

apresentação do pólen encontrada entre as plantas cultivadas. Embora *Apis* seja tradicionalmente considerada polinizadora de um grande número de plantas cultivadas, muitas dessas espécies dependem, em grande parte, e às vezes exclusivamente, de outras espécies de abelhas, capazes de manipular as flores de forma mais adequada (KLEIN et al., 2003a; 2003b; KREMEN et al., 2002; 2003; 2004; RICKETTS, 2004).

Vários estudos apontam para um quadro muito parecido nos ecossistemas naturais. Ashman et al. (2004) estimam que o sucesso reprodutivo de cerca de 50% das espécies já estudadas em áreas naturais seja limitada por polinização, em decorrência da diminuição dos tamanhos populacionais de espécies de polinizadores. Kerr et al. (1996) atribuiu aos Meliponini o papel de polinizadores de 40 a 90% das espécies nativas em ecossistemas brasileiros.

Klein et al. (2007), em uma cuidadosa revisão sobre a importância dos polinizadores para plantas cultivadas, compilaram trabalhos, os quais, no seu conjunto, estimaram que cerca de 60% das 288 espécies estudadas dependiam da polinização por algum animal, na sua maioria abelhas. Esses autores, entretanto, salientam que a maior parte dos trabalhos que buscam estimar o número de espécies, cultivadas ou não, dependentes de abelhas para a polinização, não permite avaliar o grau de dependência das espécies envolvidas. Enfatizam ainda que os trabalhos considerados para as estimativas são antigos, desenvolvidos com variedades já não mais cultivadas e sob contextos ambientais, hoje, completamente alterados.

Uma avaliação mais cuidadosa e adequada do grau de dependência de polinizadores entre as espécies cultivadas exige estudos que considerem os sistemas reprodutivos, a fauna associada, e ainda, que busquem evidências experimentais de aumento na produtividade de frutos e sementes a partir da visitação por animais (KLEIN et al., 2007).

Independentemente dos números, entretanto, a perda de polinizadores pode levar à ruptura das relações mutualísticas entre espécies e, conseqüentemente, à perda de espécies de plantas, como foi demonstrado por Biesmeijer et al. (2006).

Alguns estudos realizados em ambientes agrícolas e naturais demonstraram que espécies de plantas nativas e espécies de plantas cultivadas sofrem redução significativa na produção de frutos e sementes, em parte, devido à escassez de polinizadores (ALLEN-WARDELL et al., 1998). Além disso, a IUCN/SSC (World Conservation Union / Species Survival Comission - órgão responsável por oficializar os dados de extinção das espécies) prevê uma perda global de mais de 20.000 espécies de plantas nas próximas décadas, atribuindo essa perda ao declínio dos polinizadores co-dependentes (HEYWOOD, 1993).

Allen-Wardell et al., em uma publicação de 1998, já chamavam a atenção para a diminuição abrupta nos tamanhos populacionais de várias espécies de abelhas na América do Norte, salientando que a diversidade e a abundância desses polinizadores se tornaram muito menores quando comparadas com qualquer período nos últimos cinqüenta anos.

Os fatores de risco a que os polinizadores estão expostos não diferem daqueles a que todas as espécies estão expostas. No entanto, para esse grupo em particular, e principalmente quando se consideram as abelhas, a perda e degradação de habitats são especialmente importantes (ASHWORTH et al., 2004; BOND, 1994; KEARNS et al., 1998;).

A intensificação da agricultura em uma escala global gerou, nas últimas décadas, alterações ambientais profundas em decorrência da conversão de áreas nativas em áreas de uso agrícola e, mais recentemente, em decorrência da conversão de áreas agrícolas mais diversificadas, em áreas homogêneas e amalgamadas, constituindo grandes extensões de campos cultivados com poucos remanescentes de áreas não cultivadas (TSCHARNTKE et al., 2005).

Tscharntke et al. (2005) listam práticas agrícolas que têm se intensificado na Europa de um modo geral, com profundos impactos sobre a biodiversidade em diferentes escalas (local e de paisagem). Entre essas práticas, muitas podem ser também observadas em sistemas agrícolas tropicais, como a ampliação dos ciclos de cultivo, a diminuição da diversidade de cultivos, o aumento do emprego de fertilizantes e pesticidas, aumento das

áreas cultivadas e da mecanização, conversão de habitats secundários mais diversificados em áreas homogêneas e fragmentação de habitats naturais.

A partir de 1945 até os dias atuais, mais terras foram convertidas em áreas agrícolas que nos séculos XIII e XIX juntos (SARUKHÁN e WHYLE, 2005). Segundo esse relatório, os sistemas cultivados cobrem hoje um quarto da superfície terrestre do planeta.

A predição das conseqüências das alterações ambientais sobre o sucesso reprodutivo das plantas depende do entendimento de aspectos variados, que envolvem a distribuição das espécies, os padrões de estrutura das paisagens, o comportamento dos polinizadores, as interações de competição, entre outras (GHAZOUL, 2005). Diante da abrangência desses temas, alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos, dos quais emergem as primeiras generalizações sobre as respostas reprodutivas das plantas à fragmentação das populações, às alterações nos tamanhos populacionais e ao isolamento dos indivíduos potencialmente intercruzantes.

Vários processos ecológicos, como o controle populacional de insetos por predação e parasitismo e as relações mutualísticas como dispersão de sementes e polinização são afetados pelo tamanho, forma e grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa. A análise dos efeitos do contexto da paisagem sobre comunidades de invertebrados em geral, com ênfase especial em predadores, parasitas e polinizadores, mostra que a manutenção de um mosaico de habitats é condição fundamental para o estabelecimento de uma fauna diversificada, uma vez que a diversidade de habitats está relacionada com a oferta de sítios de nidificação e fontes de alimentos também diversificados (FIRBANK et al*.,* 2003; MEEK et al., 2002; STEFFAN-DWENTER et al., 2002; STEFFAN-DWENTER e TSCHARNTKE, 2002; TSCHARNTKE et al., 2002; TSCHARNTKE e BRANDL, 2004).

O trabalho de Didham et al*.* (1996) foi pioneiro em demonstrar o efeito da fragmentação de habitats sobre processos ecológicos mediados por insetos, entre eles, polinização, predação de sementes e decomposição. Esses autores demonstraram que, embora a riqueza de espécies e as abundâncias de suas populações, em geral, tenham diminuído com o aumento da fragmentação de

ambientes naturais, o grau de especialização das espécies, parece ser um aspecto importante nas respostas dos diferentes grupos funcionais frente às alterações de seus habitats. Espécies mais especializadas tendem a ser mais suscetíveis à fragmentação de florestas do que espécies mais generalistas. Por definição, as espécies especialistas são intimamente ligadas a hospedeiros, presas ou tipos de habitats particulares, e possuem pouca flexibilidade para se adaptarem a mudanças no ambiente.

As relações mutualísticas envolvendo plantas e polinizadores, entretanto, são em geral assimétricas. Taki e Kevan (2007) avaliaram a distribuição de espécies de plantas e polinizadores generalistas e especialistas, em um gradiente de degradação de paisagens em áreas ocupadas por pastagens naturais no Canadá e observaram que entre as plantas, as espécies especialistas são mais tolerantes à fragmentação dos habitats que entre as espécies de polinizadores.

Klein et al. (2003a), ao estudarem a polinização em vinte e quatro áreas com cultivos de café, encontraram que apenas a diversidade (e não a abundância) de espécies de abelhas explicou a variação na produção de frutos. Experimentos complementares mostraram que as visitas de abelhas solitárias em flores únicas foram responsáveis pelo aumento na produção de frutos quando comparadas com visitas de espécies de abelhas sociais. Geralmente, as abelhas solitárias visitam poucas flores por planta, permanecendo um tempo maior em cada flor, o que contribui para a polinização cruzada entre plantas de café. Já as abelhas sociais visitam mais flores por planta e permanecem tempo menor em cada flor, havendo grande probabilidade da transferência de pólen entre flores de um mesmo indivíduo, que resulta na menor produção de frutos em relação à transferência de pólen entre plantas diferentes.

A redução na produção de sementes e no fluxo gênico em populações de plantas isoladas, em decorrência de alterações das relações com polinizadores, por exemplo, foi demonstrada por Aizen e Feinsinger (1994) e Rathcke e Jules (1993).

A escassez de polinizadores pode levar à intensificação da competição entre as plantas pelas visitas desses polinizadores. Essas relações

antagônicas podem se tornar severas onde o número de espécies de plantas é maior. Vamosi et al. (2006) revisaram trabalhos que relatam a limitação da reprodução por deposição de pólen não compatível sobre os estigmas, conforme o número de espécies de plantas coexistentes aumenta. Nesses estudos, os autores encontraram uma relação significativamente positiva entre a limitação de pólen e a riqueza de espécies. Este padrão é particularmente forte para espécies de plantas com fecundação cruzada e para plantas arbustivas ou herbáceas.

Espécies de plantas mais especializadas, ou seja, que dependem de um número restrito de polinizadores, particularmente, estão sujeitas à limitação de pólen, com o aumento da riqueza regional de espécies, assim como as espécies de plantas mais generalistas. Isso sugere que, mesmo as espécies que possuem traços mais derivados para aumentar o sucesso na polinização, sofrem com a competição pelos serviços dos polinizadores.

Algumas espécies de plantas podem desenvolver fenologia de florescimento, que difere das espécies competidoras, aumentando assim a deposição conspecífica de pólen (ASHTON et al., 1988; MOSQUIN, 1971; RATHCKE e LACEY, 1985). Contudo, existe um grande potencial para a diversidade fenológica em áreas tropicais, atribuídas ao extenso período de crescimento (BOLMGREN et al., 2003). Mesmo que diferentes espécies coexistentes se diversifiquem quanto à fenologia, ainda pode haver grande competição em áreas com vegetação alterada.

A avaliação do sucesso reprodutivo de espécies de plantas que dependem da visita de polinizadores para a formação de frutos, pode oferecer indícios de limitação dos serviços dos polinizadores relacionada com alterações ou homogeneidade de habitats. Sabe-se, por exemplo, que abelhas solitárias respondem às características dos habitats imediatamente próximos a seus sítios de nidificação e forrageamento, o que define que grupos de plantas polinizadas por essas abelhas devem estar conectados em habitats diversificados em uma escala restrita. Plantas isoladas, em paisagens homogêneas e fragmentadas, dependeriam de polinizadores com amplo raio de vôo e mais generalistas para o transporte de pólen (RATHCKE e JULES,

1993; STEFFAN-DWENTER et al., 2002; STEFFAN-DWENTER e TSCHARNTKE, 1999).

Klein et al. (2003a) encontraram a mesma relação para os cultivos de café estudados. Em todas as áreas de estudo, as plantações estavam localizadas próximo a remanescentes de vegetação nativa, porém com diferentes intensidades de luminosidade e distâncias entre os plantios e os ambientes naturais. Os autores observaram que a diversidade de abelhas sociais diminuiu com o aumento da distância entre os cultivos e os remanescentes de vegetação nativa, enquanto que a diversidade de espécies de abelhas solitárias esteve mais relacionada com a luminosidade e com o número de espécies de plantas em florescimento entre ou próximo às linhas de cultivos.

Sabe-se que a distância entre remanescentes afeta as espécies de abelhas sociais nos trópicos, pois o tipo de vegetação encontrado nessas áreas oferece grande quantidade de sítios de nidificação, tanto para colônias de abelhas sem ferrão como para colônias de abelhas melíferas (LIOW et al., 2001). Esses autores encontraram que quando as distâncias entre os cultivos de café e os remanescentes de mata eram muito grandes, a produção de frutos foi significativamente menor em relação aos cultivos cuja distância com os remanescentes era menor, sugerindo que a distância desses fragmentos provavelmente estivesse influenciando a freqüência de visitação por abelhas sociais.

Kremen et al. (2004) encontraram que o isolamento de cultivos de melão, em relação a habitats naturais e a presença de plantas em florescimento próximas ao plantio, afetaram os serviços de polinização dessa espécie. Esse efeito, aparentemente, foi mais importante do que o manejo da área cultivada, segundo as formas de cultivo orgânico ou convencional.

Nesse mesmo contexto, Steffan-Dewenter e Tscharntke (2002) demonstraram que abelhas solitárias com raio de forrageamento restrito, respondem à estrutura da paisagem em escalas espaciais pequenas, enquanto que aquelas dos gêneros *Bombus* e *Apis* respondem a escalas muito maiores. Como exemplo, os autores citam que a densidade de *Apis* aumenta em manchas de flores em uma paisagem estruturalmente simples, com poucas

alternativas de fontes de alimento. Assim, embora a abundância e diversidade total de abelhas diminuam significativamente nas paisagens mais homogêneas, devido à perda das abelhas solitárias, as poucas espécies de abelhas sociais na área parecem compensar parcialmente essa perda de polinizadores.

Kremen et al. (2007) propuseram um modelo conceitual, em que as alterações nas comunidades de polinizadores encontram-se fortemente relacionadas às mudanças nas práticas de uso da paisagem. Esses autores encontraram que em uma escala menor, em nível de habitat, o uso da paisagem e as práticas de manejo afetam a composição de plantas da comunidade local, seus polinizadores e os fatores bióticos e abióticos, que interferem em ambos os grupos.

A qualidade dos habitats entre remanescentes de vegetação nativa pode ter forte influência nos movimentos dos polinizadores. Westphal et al. (2003) demonstraram que uma matriz suficientemente grande, com poucas flores ou que apresente poucas espécies de plantas em florescimento, pode atuar como uma barreira para os polinizadores, enquanto que uma matriz ocupada por um grupo de plantas florescendo em massa, pode promover conectividade e fornecer recursos de néctar e pólen durante períodos de escassez floral, nos habitats remanescentes.

Estudos sobre populações e comunidades de abelhas revelaram que a diversidade de espécies é afetada de diferentes maneiras, em resposta ao tamanho dos fragmentos (AIZEN e FEINSINGER, 1994; BECKER et al., 1991; DONALDSON et al., 2002; TONHASCA et al., 2002). Essa variação nas respostas à fragmentação ocorre devido às diferenças na capacidade de dispersão, às diferenças na qualidade dos habitats e às diferenças no grau de especialização das espécies de polinizadores quanto ao uso dos recursos florais (SAVILLE et al., 1997; STEFFAN-DEWENTER, 2003).

A qualidade da matriz em torno dos habitats é outro fator a ser considerado, uma vez que essa matriz pode abrigar recursos florais e sítios de ninho complementares (CANE et al., 2006; ELTZ et al., 2002).

Quando se analisa uma comunidade, a riqueza de espécies de polinizadores pode inicialmente aumentar em resposta a distúrbios

intermediários em intensidade e/ ou freqüência (VULLIAMY et al., 2006), mas se torna depauperada e relativamente homogênea perante distúrbios intensos (CHACOFF e AIZEN, 2006) ou em habitats no clímax, que consistem de relativamente poucas espécies de plantas (WINFREE et al., 2006). Espécies de polinizadores que se beneficiam de níveis moderados de distúrbios incluem as espécies que ocorrem em matrizes antrópicas, como áreas de agricultura ou urbanas (CANE et al., 2006; WESTPHAL et al., 2003; WESTRICH, 1996; WINFREE et al., 2006) e espécies que nidificam no solo e requerem manchas de vegetação com características de estágios iniciais de sucessão.

A redução na diversidade de espécies de plantas observada em gradientes de perturbação é freqüentemente associada à diminuição da abundância de boa parte das abelhas em nível de comunidade (KLEIN et al., 2002; RICKETTS, 2004; STEFFAN-DEWENTER et al., 2002; STEFFAN-DEWENTER e TCHARNTKE, 1999).

As áreas alteradas pelo uso agrícola não precisam ser, necessariamente, inóspitas para a maioria das espécies, incluindo polinizadores, mesmo particularizando abelhas; muitas espécies podem estabelecer populações estáveis em habitats secundários, desde que estes abriguem condições essenciais de alimentação, sitio de nidificação e materiais para construção dos ninhos e áreas protegidas contra a contaminação por pesticidas.

Apesar da necessidade de estudos mais detalhados que permitam avaliar os efeitos do contexto das paisagens sobre a manutenção de populações viáveis de polinizadores em áreas agrícolas (KLEIN et al., 2007), algumas medidas de conservação e manejo têm sido recomendadas, com o objetivo principal de favorecer o aumento na capacidade de suporte dos habitats e, conseqüentemente, o aumento da densidade populacional das espécies de polinizadores, como a tolerância de algumas espécies de plantas ruderais, que crescem no entorno dos cultivos e que possam se constituir em fontes complementares de alimento, a manutenção de algumas porções de solo exposto, barrancos e madeiras em decomposição, garantindo assim sítios de nidificação, por exemplo (CAMPOS et al., 2006).

A viabilidade de implantação dessas medidas, entretanto, e a avaliação de sua efetividade, são altamente dependentes da quantidade e da qualidade dos dados sobre aspectos da biologia e ecologia das espécies alvo que, de um modo geral, são esparsos e insuficientes (CAMPOS et al., 2006).

A complexidade dos fatores que interferem na dinâmica de populações de plantas e polinizadores, em ambientes fragmentados e muitas vezes degradados pelos diferentes usos do solo, associada à escassez de informações biológicas e ecológicas e à natureza esparsa das informações existentes sobre a grande maioria das espécies, justifica a proposição de estudos experimentais com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre os efeitos da qualidade dos habitats e da estrutura das paisagens em escalas, que vão desde simples campos de cultivo até grandes regiões agrícolas, sobre a fauna de polinizadores e o sucesso reprodutivo de espécies que dependem desses polinizadores para transporte de pólen.

2. OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo geral, avaliar o efeito da heterogeneidade de habitats sobre a interação planta – polinizador em áreas com forte influência antrópica. Particularmente foi selecionado o guilda de polinização de *Solanum viarum* Dunnal (Solanaceae), uma espécie de ocorrência comum em áreas alteradas.

A hipótese testada neste trabalho foi a de que a heterogeneidade de habitats afeta a disponibilidade de polinizadores e, conseqüentemente, a produção de frutos e sementes.

2.1 - Objetivo específico

Avaliação do sucesso reprodutivo de plantas de *S. viarum* Dun. mantidas sob diferentes contextos de paisagens, comparando áreas mais homogêneas e mais heterogêneas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Escolha da espécie

Solanum viarum Dunnal (Figura 1) é uma planta ruderal herbácea, anual, que prefere solos arenosos e úmidos, relativamente freqüente em áreas de pastagens sombreadas e bordas de cerca, ocorrendo também em terrenos baldios e bordas de estradas (LORENZI, 1991). Trata-se de uma espécie com flores hermafroditas e flores morfologicamente hermafroditas, porém com órgãos femininos pouco desenvolvidos. Flores isoladas experimentalmente de *S. viarum* Dun não produzem frutos, sinalizando a possibilidade de que a reprodução se dê apenas por polinização cruzada, e confirmando que não se dá por autopolinização espontânea, o que indica a necessidade de agentes polinizadores. Shimbo (2003) realizou um estudo sobre várias espécies do gênero *Solanum*, no qual descreveu a fenologia das plantas em campos e identificou os polinizadores em potencial.

Esse trabalho forneceu dados sobre as espécies de abelhas visitantes de *S. viarum*, bem como alguns aspectos importantes sobre a mesma.

Figura 1: A. Exemplar de *Solanum viarum* Dun.; **B.** Botão floral. **C.** Flor aberta; **D.** Fruto imaturo.

3.2 – Estudos preliminares sobre o desenvolvimento das plantas, flores e frutos de *S. viarum* Dun.

No jardim experimetal da Unesp, RC, realizei um estudo piloto sobre o desenvolvimento de *S. viarum* Dun. (Fam. Solanaceae), desde a formação da muda até a frutificação, incluindo alguns aspectos da biologia floral, como morfologia, duração da flor e sistema reprodutivo. Tais informações foram fundamentais para o delineamento experimental e o planejamento das atividades de coleta de dados.

3.2.1. – Desenvolvimento de *S. viarum* Dun.

Frutos de *S. viarum* Dun. foram coletados em sítios de diferentes regiões nos municípios de Limeira, Rio Claro e no distrito de Ajapí. As sementes foram retiradas, secas e misturadas, para garantir, dentro do possível, lotes de plantas com baixo grau de parentesco.

Suas sementes foram enviadas para um viveiro em Rio Claro - SP, para a formação das mudas, as quais foram transportadas para o Jardim Experimental da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Campus de Rio Claro. Duzentas e oitenta e oito mudas foram transplantadas para sacos plásticos com capacidade de 5 litros, cultivadas em solo homogêneo e mantidas sob condições homogêneas de luminosidade e rega controlada.

Depois do transplante das mudas, o desenvolvimento das plantas foi acompanhado; foram feitas duas medições de altura, tomadas com régua, desde a base do caule até a folha mais jovem, para avaliar a uniformidade do desenvolvimento de plantas de mesma idade. A primeira medição foi realizada logo após o transplante das mudas e a segunda, quando as plantas apresentaram a primeira carga de botões por abrir. As plantas mais parecidas entre si, quanto ao tamanho e presença de botões em estágio de pré-abertura, foram selecionas e separadas em lotes de 10 plantas cada. Esses lotes foram transportados para uma área próxima ao biotério da universidade, onde se localizam alguns ninhos - armadilha, feitos de gomos de bambu, tubos de cartolina e madeira perfurada, muitos dos quais ocupados.

As fenofases de florescimento e frutificação foram acompanhadas desde o surgimento de botões por abrir até a formação dos primeiros frutos.

3.2.2 – Duração da flor e morfologia floral

Na medida em que os botões atingiam o estágio de pré-abertura (Figura 2), eram marcados no cálice ou no pedúnculo, com caneta de tinta permanente. As datas de abertura dos botões eram anotadas e as flores acompanhadas diariamente até a formação, ou não, de frutos.

Dez flores foram analisadas quanto à morfologia floral, a fim de verificar a presença de flores femininas, masculinas ou hermafroditas. As características das flores analisadas foram presença de anteras e gineceu. Nesse último, também foi observado o comprimento do estilete.

Figura 2: Estágio de desenvolvimento em que os botões foram marcados.

3.2.3 – Verificação de formação de frutos a partir de autopolinização espontânea

Para realizar este teste, dez botões em estágio de pré-abertura (Figura 2), de plantas diferentes, foram isolados com sacos de papel perfurados com alfinete entomológico, de modo a impedir a visita de insetos e permitir ventilação dos botões. Depois de quinze dias, tempo suficiente para a formação de frutos, os sacos foram abertos para a observação de formação ou não dos mesmos.

3.3 – Escolha da área de estudo e definição dos pontos amostrais

Este trabalho foi desenvolvido em uma região da Bacia do rio Corumbataí – SP, na área de captação que integra o trecho desde a nascente desse rio até o ponto em que recebe o Ribeirão Claro, envolvendo os municípios de Analândia, Corumbataí e Rio Claro. Giordano (2004) realizou a classificação de

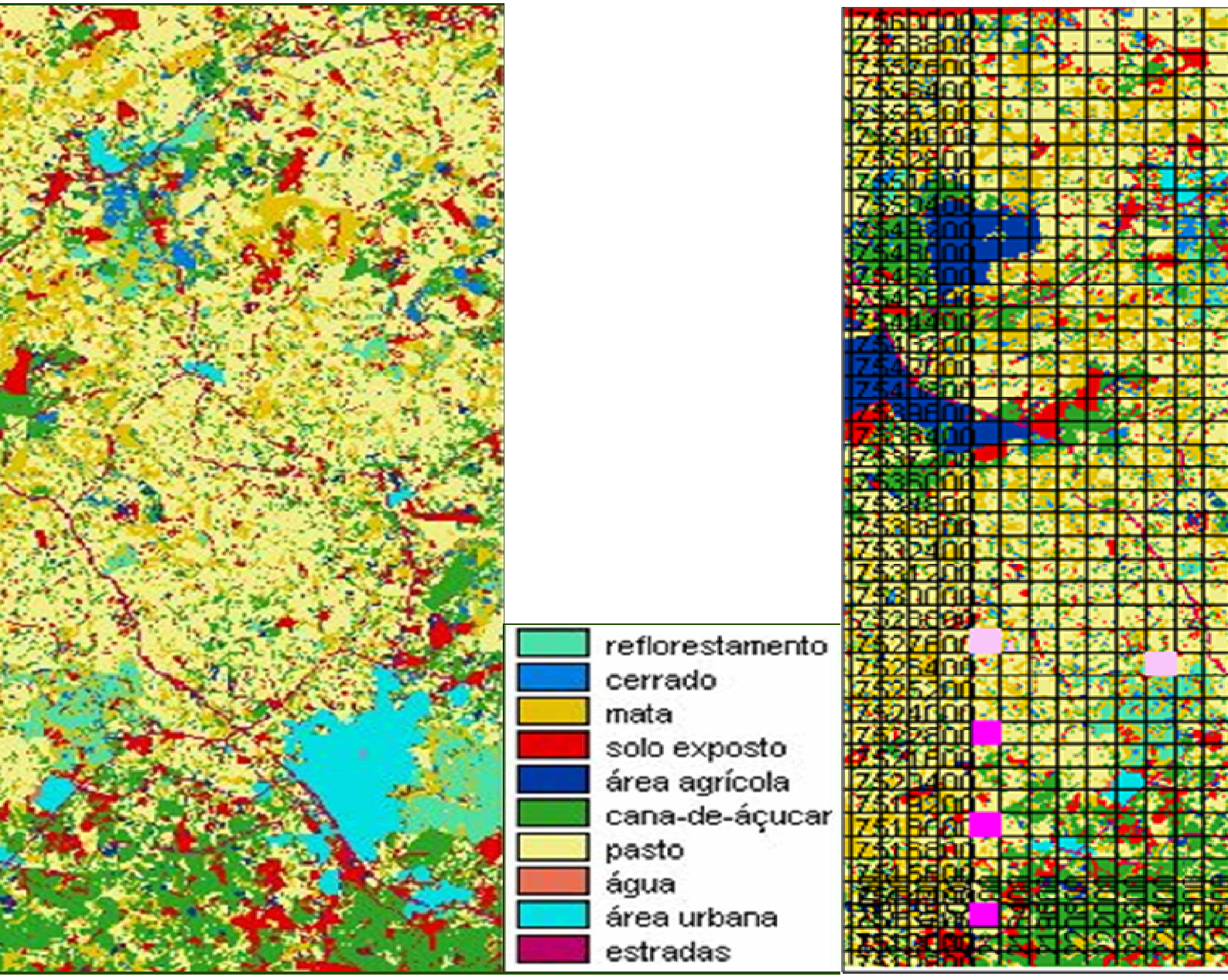
uso e ocupação dos solos desse mesmo trecho, compreendendo uma área de 523,33 km^2 e uma extensão do curso do rio Corumbataí de 76,45 km (Figura 3).

Além do mapeamento gerado pelo trabalho de Giordano (2004), vários outros dados sobre a área estão disponíveis. Campos (1989) e Silveira e Campos (1995) realizaram estudos sobre a estrutura das comunidades de abelhas em áreas de cerrado inseridas na mesma região. Além desses, outros trabalhos relacionados com levantamentos florísticos, pedológicos, geológicos e geomorfológicos na região forneceram informações relevantes para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Para este estudo foram definidos setores, alguns mais diversificados e outros mais homogêneos, previamente escolhidos, a partir do mapeamento realizado por Giordano (2004), definindo, assim, habitats próprios para o teste da hipótese deste trabalho. Foram selecionadas doze áreas quadradas de 1200m de lado, garantindo que, do centro às bordas (exceto para os cantos), a distância fosse, em média, 600m. Essa medida foi baseada no raio de vôo de espécies de abelhas com comprimento de corpo maior, como *Bombus*, por exemplo, que tem sido descrito como de aproximadamente 600m (GATHMANN e TSCHARNTKE, 2002).

Para esta seleção, foi empregada a imagem de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Corumbataí – SP (GIORDANO, 2004) e o índice de diversidade de Shannon, aplicado à cobertura dos solos, que foi calculado para cada uma das áreas utilizando-se o software Fragstat 3.3.

Foram consideradas áreas de baixa heterogeneidade aquelas que apresentaram índice de diversidade de Shannon menor que 0,9 e de alta heterogeneidade aquelas com índice de diversidade de Shannon maior que 1,4. Esses limites foram definidos a partir de uma análise preliminar de regiões de heterogeneidade máximas e mínimas, visualmente identificadas, dentro da área compreendida pela imagem. Para isso, o mapa foi dividido em quadrantes de 1200m de lado. Foram então selecionados os mais heterogêneos e os mais homogêneos. Para cada um deles, foi calculado o índice de diversidade de Shanonn. (FERREIRA, 2006).



de uso e cobertura do solo da Bacia do Rio Corumbataí – SP; **B.** A mesma imagem dividida em quadrantes de 12
esentam as áreas de heterogeneidade alta; os de cor de rosa escuro, as áreas de heterogeneidade baixa.

Foram selecionadas seis áreas de alta heterogeneidade e seis áreas de baixa heterogeneidade. Os pontos amostrais foram distribuídos nas áreas centrais desses habitats segundo as possibilidades de acesso. Em cada ponto amostral foi estabelecida uma estação de coleta de dados, onde foram instaladas as plantas para os estudos sobre polinização.

O ponto central de cada uma dessas áreas foi definido como “ponto amostral”. Nesses pontos, foram instaladas as unidades de amostragem, constituídas de dez plantas de *S. viarum* Dun, cultivadas em sacos de muda. Quando o acesso ao ponto central não era possível, essas unidades eram deslocadas para pontos o mais próximo possível.

Lotes, com dez indivíduos cada um, eram formados a partir de plantas que apresentavam estágios de desenvolvimento semelhantes, com os primeiros botões por abrir. Lotes formados dessa maneira foram utilizados tanto para o acompanhamento da formação de frutos como para a amostragem de abelhas nas flores.

3.4 – Descrição das áreas selecionadas

A Tabela 1 apresenta o índice de diversidade de Shannon aplicado às doze áreas de estudo, nas escalas de 1200 metros de lado, 600 metros de lado e 250 metros de lado. As escalas foram selecionadas com base nos diferentes raios de vôos descritos para abelhas de porte de corpo diferentes.

Tabela 1: Valores dos índices de diversidade de Shannon aplicados às doze áreas de estudo, tendo como referência os dez tipos de uso do solo considerados (GIORDANO, 2004).

ÁREA	H'	H'1200	H'600	H'250
Área I (RC)	Alto	1,78	1,63	1,51
Área II (RC)	Alto	1,42	1,58	1,47
Área VI (RC)	Alto	1,53	1,13	1,09
Área III (RC)	Baixo	0,64	0,42	0,41
Área V (RC)	Baixo	0,79	0,66	0,31
Área IV (RC)	Baixo	0,56	0,32	0,08
Área IX (IP)	Alto	1,57	1,52	1,65
Área VIII (IP)	Alto	1,62	1,58	1,36
Área VII (IP)	Alto	1,68	1,50	1,08
Área X (IP)	Baixo	0,88	1,11	1,2
Área XI (IP)	Baixo	0,72	0,70	0,6
Área XII (IP)	Baixo	0,90	0,32	0,24
Área XII novo (IP)	Alto	1,46	1,54	1,33

Legenda: H' = Índice de diversidade de Shannon-Wiener; **RC** = Rio Claro; **IP** = Ipeúna.

Área I: Esta área foi classificada como sendo de alta heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 1,793. Esta propriedade localiza-se no Distrito de Ajapí, município de Rio Claro - SP. Está localizada dentro do quadrante de estudo, o qual é representado pelas coordenadas 277609/238797X e 7530013/7531201Y.

A área constitui-se em um sítio de pequeno tamanho fundiário (aproximadamente três hectares), voltado basicamente à produção de hortaliças (verduras e legumes em geral), onde é empregado o método de cultivo orgânico.

Os arredores das áreas de cultivo são de uma forma geral caracterizados pela presença de vegetação ruderal, e de espécies arbóreas frutíferas (Figura 4A). Dentro do quadrante de estudo, encontra-se um corpo d'água da bacia do Rio Corumbataí, o córrego Cachoeirinha. Neste trecho do córrego ocorre um

fragmento florestal remanescente, onde o dossel atinge em média 10m de altura com alguns indivíduos emergentes. Nessa área foi estabelecido o Lote I (Figura 4B) a aproximadamente duzentos metros do ponto central.

Figura 4: Área I. **A.** Vista geral; **B.** Localização da área I no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área II: Esta área foi classificada como sendo de alta heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 1,497. Esta propriedade localiza-se na Estrada Rio Claro – Ferraz, no Distrito de Ajapí. Está localizada dentro do quadrante de estudo cujas coordenadas são 234000/235200X e 7536000/7534802Y.

Constitui-se de um sítio de pequeno tamanho, onde se destacam atividades de processamento de materiais para reciclagem. Dentro da propriedade também existe um porto de areia, onde a água do Rio Corumbataí é drenada. Encontra-se na área um fragmento de vegetação em torno do rio, de pequeno porte, rodeada por pastos (Figura 5A). São cultivadas algumas árvores frutíferas para consumo próprio. Nessa área foi estabelecido o lote II (Figura 5B) a aproximadamente 300m do ponto central.

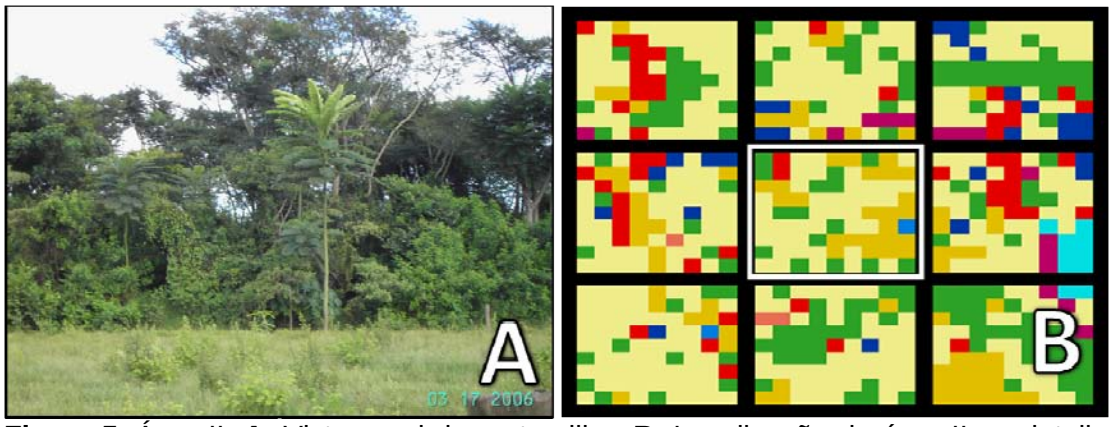


Figura 5: Área II. **A.** Vista geral da mata ciliar; **B.** Localização da área II no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central(1200m de lado).

Área III: Esta área foi classificada como sendo de baixa heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 0,6321. Esta propriedade localiza-se na área rural da cidade de Rio Claro, com acesso pela estrada Rio Claro – Ipeúna. Está localizada dentro do quadrante de estudo, o qual é representado pelas coordenadas 232000/230800X e 7530400/7529200Y.

Constitui-se de um sítio pequeno, com atividades na produção de húmus de minhoca e criação de algumas poucas cabeças de gado. Possui algumas árvores frutíferas dentro da propriedade e, nos arredores, cultivo de cana de açúcar e milho (Figura 6A).

Nessa área foi estabelecido o lote III (Figura 6B) distante aproximadamente 200m do ponto central.

Figura 6: Área III. **A.** Vista geral do entorno; **B.** Localização da área III no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área IV: Esta área foi classificada como sendo de baixa heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 0,564. Esta propriedade localiza-se na área rural da cidade de Rio Claro, com acesso pela estrada Rio Claro – Ipeúna. Está localizada dentro do quadrante de estudo, o qual é representado pelas coordenadas 233400/232200X e 7533500/7532300Y.

O ponto amostral é cercado por pastagem (Figura 7A), cana de açúcar e de uma pequena mata ciliar, com um pequeno curso de água. Nessa área foi estabelecido o lote IV (Figura 7B) a aproximadamente 30m do ponto central.

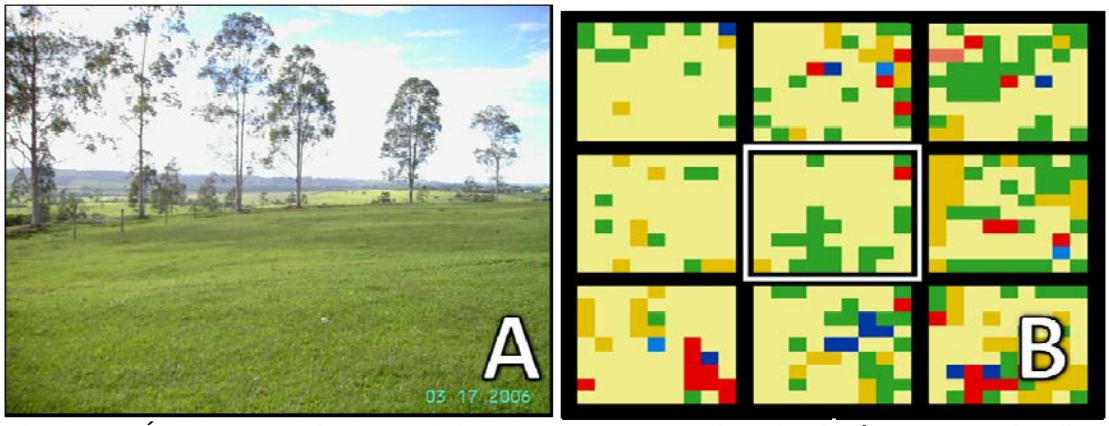


Figura 7: Área IV. **A.** Vista geral do entorno; **B.** Localização da área IV no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área V: Esta área foi classificada como sendo de baixa heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 0,689. Esta propriedade localiza-se no Distrito de Ajapí, dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 238300/237100X e 7539600/7538400Y.

Constitui-se de uma grande fazenda, cuja principal atividade está voltada para venda de garrotes. É rodeada por pastos e cana de açúcar. Possui uma área muito pequena de mata nativa (de não mais de 20 metros de diâmetro), que envolve uma nascente (Figura 8A). Nessa área foi estabelecido o Lote 5 (Figura 8B) a aproximadamente 200m do ponto central.

Figura 8: Área V. **A.** Vista geral; **B.** Localização da área IV no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área VI: Esta área foi classificada como sendo de alta heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 1,496. Esta propriedade localiza-se na área rural da cidade de Rio Claro, com acesso pela estrada do Sobradão. Está localizada dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 240006/241200X e 7522814/7524008Y.

Constitui-se em um sítio de pequeno tamanho, voltado basicamente ao cultivo orgânico de hortaliças, onde há também uma pequena área de pasto (Figura 9A).

Dentro do quadrante de estudo, encontra-se um corpo d'água da bacia do Rio Corumbataí, cercado por vegetação florestal remanescente. Nessa área foi estabelecido o Lote VI (Figura 9B) a aproximadamente 200m do ponto central.

Figura 9: Área VI. **A.** Vista geral do entorno; **B.** Localização da área VI no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área VII: Esta área foi classificada como sendo de alta heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 1,7051. Esta propriedade localiza-se na área rural da cidade de Rio Claro, com acesso pela estrada Araras - Ipeúna. Está localizada dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 226430/227630X e 7522597/7523797Y.

Constitui-se em uma área basicamente composta por plantações de eucaliptos de diferentes idades (Figura10A). Alguns produtos agrícolas, como leguminosas também são cultivados na área. A aproximadamente 700m do ponto de coleta há algumas caixas de abelhas (*Apis mellifera*), utilizadas para a retirada de mel. Nessa área, o Lote VII (Figura 10B) foi colocado no ponto central.

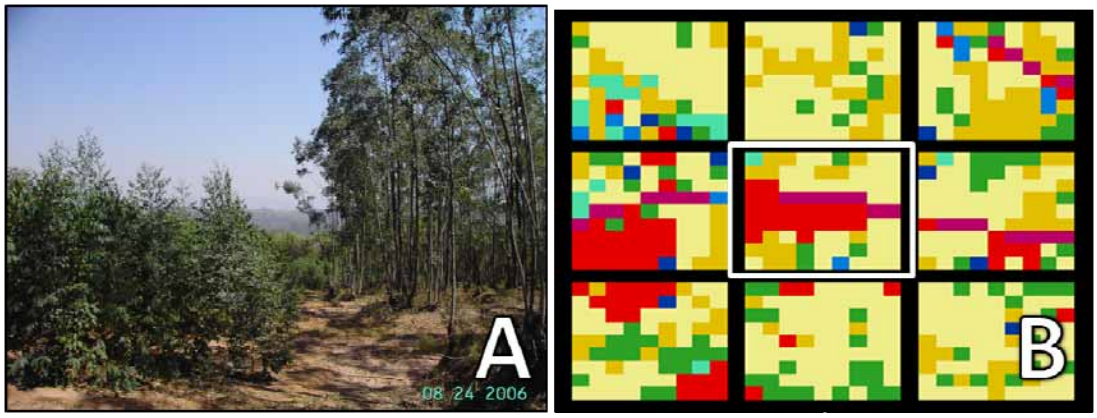


Figura 10: Área VII. **A.** Cultivo de eucaliptos de diferentes idades; **B.** Localização da área VII no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área VIII: Esta área foi classificada como sendo de alta heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 1,6101. Esta propriedade localiza-se na área rural de Itapé (Distrito de Rio Claro) com acesso pela estrada Washington Luis. Está localizada dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 223205/224405X e 7526406/7527606Y.

Constitui-se em uma área basicamente composta por um pequeno trecho de mata ciliar (Figura 11A) em meio a eucaliptos, com áreas de pastagem e plantio de cana-de-açúcar. O lote VIII foi localizado no ponto central do quadrante (Figura 11B).

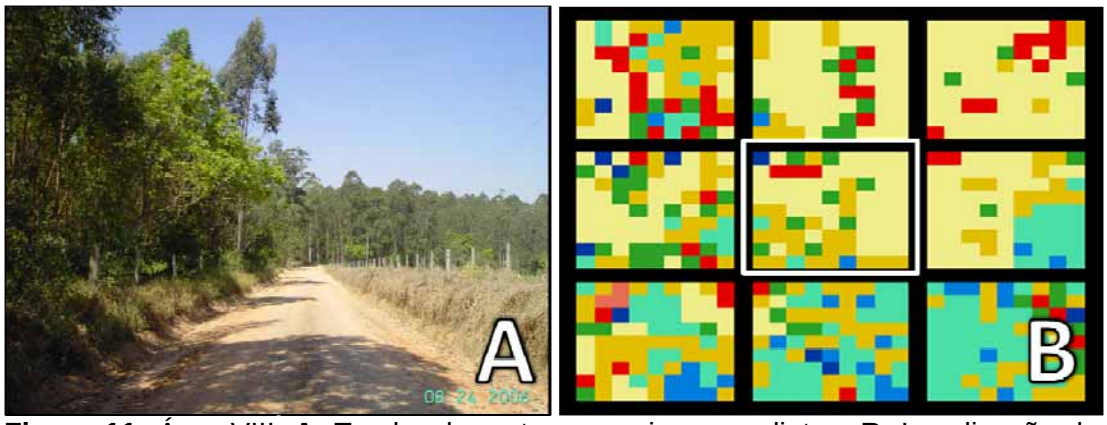


Figura 11: Área VIII. **A.** Trecho de mata em meio a eucaliptos; **B.** Localização da área VIII no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área IX: Esta área foi classificada como sendo de alta heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 1,5711. Esta propriedade localiza-se na área rural de Itapé (Distrito de Rio Claro) com acesso pela estrada Washington Luis. Está localizada dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 217205/218405X e 7527606/7528806Y.

Nesta área de estudo estão incluídos alguns sítios com atividade voltada para a criação de gado. Em alguns deles observa-se a presença de pequenos cultivos de legumes, vegetais e algumas árvores frutíferas voltados para consumo próprio. Também existe uma pequena área de mata ciliar (Figura 12A) que é interrompida por uma estrada de terra. Nessa área foi instalado o Lote IX (Figura 12B).

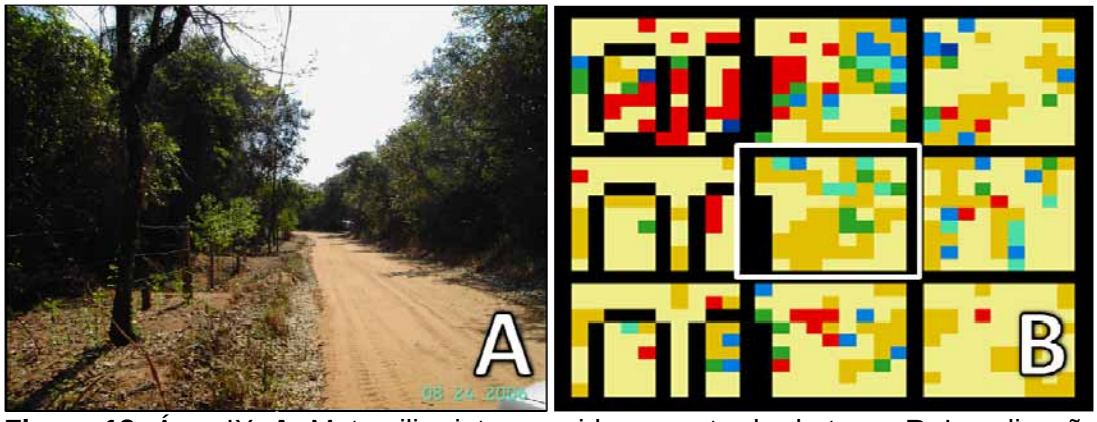


Figura 12: Área IX. **A.** Mata ciliar interrompida por estrada de terra; **B.** Localização da área IX no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área X: Esta área foi classificada como sendo de baixa heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 0,6899. Esta propriedade localiza-se na área rural da cidade de Ipeúna. Está localizada dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 217205/218405X e 7516793/7517993Y.

Nesta área de estudo estão incluídas várias propriedades com atividade voltada basicamente para o gado, com grandes regiões de pastagem. Um pequeno córrego passa pela propriedade. Na região onde está inserido o ponto amostral (Lote X), próximo ao córrego, há uma pequena faixa de mata ciliar (Figura 13A). O Lote X (Figura 13B) está localizado a cerca de 350 m do ponto central.

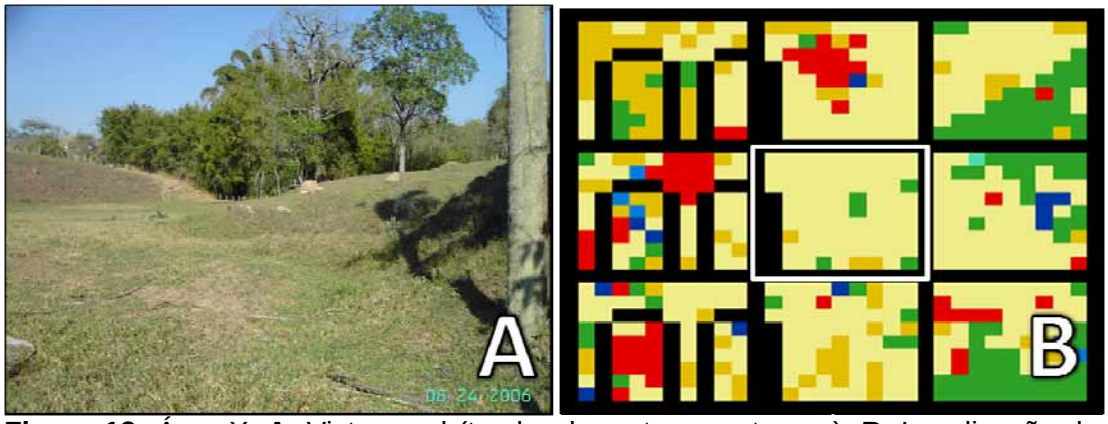


Figura 13: Área X. **A.** Vista geral (trecho de mata e pastagem); **B.** Localização da área X no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área XI: Esta área foi classificada como sendo de baixa heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 0,7201. Esta propriedade localiza-se na área rural da cidade de Ipeúna, em Caieiras. Está localizada dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 217205/218405X e 7521592/7522807Y.

Nesta área de estudo estão incluídas várias propriedades com grandes regiões de pastagem. Um pequeno córrego corta a área de estudo. Na região onde está inserido o ponto amostral existe uma pequena área ocupada por eucaliptos, rodeada por grandes regiões de pasto (Figura 14A). O Lote XI (Figura 14B) foi colocado a cerca de 40 metros do ponto central.

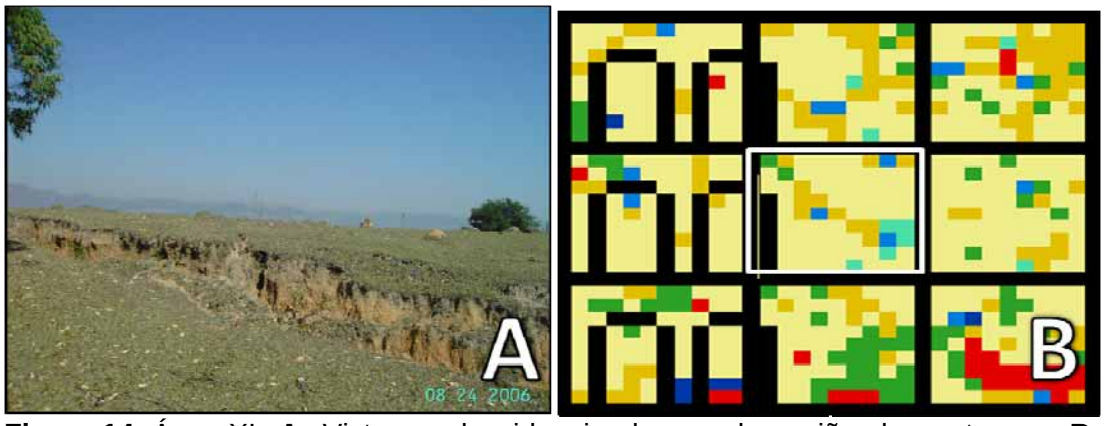


Figura 14: Área XI. **A.** Vista geral evidenciando grande região de pastagem; **B.** Localização da área XI no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

Área XII: Esta área foi classificada como sendo de baixa heterogeneidade, com índice de diversidade de Shannon igual a 0,6701. Esta propriedade localiza-se na área rural da cidade de Ipeúna. Está localizada dentro do quadrante de estudo representado pelas coordenadas 216905/218105X e 7512294/7513494Y.

Está inserida dentro de um grande sítio, com grandes áreas de pastagem (Figura 15A), além do gado, também existe criação de algumas ovelhas. Dentro do quadrante de estudos observa-se a presença de um pequeno lago artificial. Algumas palmeiras isoladas também são observadas na área. Mais distante do ponto central, também se observa a presença de manchas muito pequenas de mata ciliar. O Lote XII foi instalado a 300m do ponto central (Figura 15B).

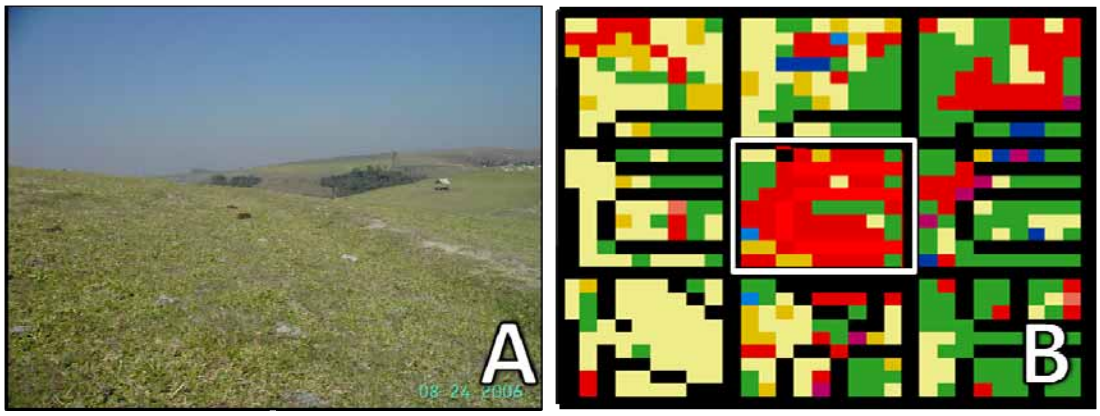


Figura 15: Área XII. **A.** Vista geral mostrando grande área de pastagem; **B.** Localização da área XII no detalhe do mapa gerado por Giordano (2004); o ponto amostral está localizado no quadrante central (1200m de lado).

3.5 - Avaliação do sucesso reprodutivo e levantamento das espécies de abelhas visitantes em *S. viarum* Dun. sob diferentes contextos de paisagens

O planejamento da coleta de dados sobre sucesso reprodutivo e freqüência de visita de abelhas em *S. viarum*, nas doze áreas selecionadas, seguiu o cronograma apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Cronograma de coleta de dados nas diferentes áreas de estudo.

ÁREA	H'	FEV-MAR/ 2006	AGO-SET/2006	OUT-NOV/2006	JAN-FEV/2007
Área I (RC)	Alto	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia	Coleta abelhas
Área II (RC)	Alto	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia	Coleta abelhas
Área VI (RC)	Alto	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia	Coleta abelhas
Área III (RC	Baixo	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia	Coleta abelhas
Área V (RC)	Baixo	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia	Coleta abelhas
Área IV (RC)	Baixo	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia	Coleta abelhas
Área VIII (IP)	Alto	-	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia
Área IX (IP)	Alto	-	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia
Área VII (IP)	Alto	-	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia
Área X (IP)	Baixo	-	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia
Área XI (IP)	Baixo	-	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia
Área XII (IP)	Baixo	-	Fenologia	Coleta abelhas	Fenologia

H' = Índice de diversidade de Shannon-Wiener; **RC** = Rio Claro; **IP** = Ipeúna; **-** = ausência de coleta de abelhas.
Nota: Cada período da tabela é equivalente a 30 dias de coleta de dados

Nota-se que, em um mesmo período de coleta de dados, tanto áreas de alta como de baixa heterogeneidade foram observadas quanto à fenologia e à visitação por abelhas. Cabe ressaltar que, para cada tipo de observação, foi utilizado um lote diferente de plantas, visto que a coleta de abelhas nas mesmas plantas onde era acompanhada a fenologia de florescimento e frutificação poderia interferir na formação de frutos.

3.5.1 – Avaliação do sucesso reprodutivo de *S. viarum* Dun. sob diferentes contextos de paisagens

Lotes uniformes de plantas de *S. viarum* Dun. foram transportados para os pontos de amostragem segundo o cronograma da Tabela 2. Os botões eram marcados, com caneta de tinta permanente, à medida que atingiam o estágio de pré-abertura (Figura 2) e acompanhados até a formação dos frutos. As plantas foram deixadas no campo por trinta dias, tempo necessário para garantir sua exposição a polinizadores durante todo o pico de florescimento. As flores de *S. viarum* permanecem viáveis por três dias.

Após cada período de coleta de dados, as plantas eram novamente transportadas para o jardim experimental, abrigadas sob casa de vegetação, ficando assim protegidas de novas visitas de abelhas, e acompanhadas quanto ao desenvolvimento e maturação dos frutos. Para cada planta, foram anotados o número de frutos formados, suas medidas e o número e peso das sementes.

A viabilidade das sementes foi avaliada a partir de uma amostra com 50 sementes provenientes das plantas de cada área. Para tanto, as sementes foram coletadas, misturadas, amostradas aleatoriamente, acondicionadas em placas de Petri e hidratadas por 48 horas, cortadas longitudinalmente e então mergulhadas em solução de tetrazólio 0,1%. Depois de 24 horas, as sementes viáveis apresentaram coloração avermelhada.

Um lote controle, com mais de 600 plantas de *S. viarum* Dun., foi mantido no jardim Experimental da UNESP – Rio Claro. No entanto, para fins comparativos, apenas dez plantas foram acompanhadas quanto ao desenvolvimento e maturação dos frutos. O jardim experimental é um ambiente

que oferece condições ideais para a polinização, com presença de fontes diversificadas de sítios de nidificação, água e alimento. O grande número de plantas de *S. viarum* Dun. se aproxima muito do que é encontrado em condições naturais, embora indivíduos esparsos também possam ser encontrados em campo.

3.5.2 – Levantamento das espécies de abelhas visitantes de *S. viarum* Dun. sob diferentes contextos de paisagem.

Da mesma forma como descrito no item anterior lotes de plantas de *S. viarum* Dun., as mais parecidas entre si quanto ao porte e número de botões por abrir foram levadas para os mesmos pontos de amostragem, formando em cada ponto, um grupo de dez plantas, que foram acompanhadas durante seu período de florescimento.

As coletas de abelhas nas flores foram realizadas sempre em dias claros, durante o período das 8h às 18h. As abelhas que chegaram até as flores, nesse intervalo de tempo, foram observadas, o comportamento na flor foi descrito, e então foram capturadas com auxílio de puçá, mortas com acetato de etila e guardadas separadamente em frascos etiquetados.

Em laboratório, cada abelha foi alfinetada e incluída em uma coleção a ser depositada no Centro de Estudos de Insetos Sociais – IB/ UNESP – Rio Claro.

As coletas de abelhas foram realizadas em três períodos diferentes (agosto e setembro de 2006, outubro e novembro de 2006 e janeiro e fevereiro de 2007), sempre em dias claros, no período entre 8h e 18h. Devido à distância entre os pontos amostrais, foi possível realizar apenas duas coletas por período, em cada área, sendo que nas áreas VII a XII essa etapa foi executada apenas uma vez. A previsão para o segundo período de coleta de abelhas nessas áreas era maio de 2007, porém, com a queda de temperatura que ocorreu no início deste ano, o desenvolvimento das plantas foi prejudicado, e a produção da primeira carga de botões por abrir atrasou muito, impedindo a execução dessa etapa.

Enquanto em seis áreas eram realizadas coletas de abelhas, nas outras seis, os lotes eram acompanhados quanto à fenologia (Tabela 2). Assim sendo, em cada área foi possível realizar apenas um dia de coleta por semana e, devido à baixa produção de botões e à duração das flores, foi possível realizar apenas dois dias de coletas de abelhas em cada área, em duas semanas consecutivas. Em campo, as plantas de *S. viarum* Dun. produziam flores por apenas duas semanas, após esse período as plantas passavam a produzi-las esporadicamente.

Em um mesmo dia de coleta eram observadas uma área de alta e outra de baixa heterogeneidade.

3.6 – Análises estatísticas

Para a classificação dos habitats quanto ao grau de heterogeneidade, foi empregado o índice de diversidade de Shannon-Wiener, tradicionalmente empregado para avaliação de diversidade de espécies, mas também utilizado em Ecologia da Paisagem, principalmente por sua sensibilidade à presença de fragmentos de pequena área.

As áreas de estudo foram comparadas em diferentes escalas quanto às dez categorias de uso de solo utilizadas para o mapeamento e descrição das paisagens, por meio do teste de Mann-Whitney.

Foi selecionada a variável “cobertura por mata” para representar a qualidade dos habitats em diferentes escalas e comparar as áreas de estudo, para o que foi empregada uma variação do teste t.

A característica dos dados obtidos nos estudos sobre sucesso reprodutivo de *S. viarum* Dun. exigiu a aplicação de análises não paramétricas. Para o cálculo dos índices de Shannon-Wiener foi utilizado o software *Fragstats* 3.3. Para os testes estatísticos foi empregado o software *Biostat* 4.0 e a análise de cluster foi executada com auxilio do software *Pcord* 4.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Estudos preliminares sobre o desenvolvimento das plantas, flores e frutos de *S. viarum* Dun.

Estes estudos, como já foi explicitado no item 3.2, foram desenvolvidos para se obter informações sobre os padrões de desenvolvimento das plantas de *S. viarum* Dun., bem como sobre aspectos da biologia floral da espécie, principalmente aqueles relacionados com a duração das flores e a proporção de frutos formados em ambiente de polinização favorável, que pudessem orientar o delineamento experimental e servir de parâmetros de comparação quando da análise dos dados dos experimentos.

4.1.1 – Desenvolvimento da espécie estudada

O estudo sobre o desenvolvimento das plantas mostrou que o crescimento de *S. viarum* não segue qualquer padrão. Plantas de mesma idade e mantidas sob as mesmas condições de solo, irrigação, regime de sombreamento e exposição ao sol, apresentaram alturas diferentes, bem como presença da primeira carga de botões por abrir. A Figura 16 apresenta o desenvolvimento das plantas após a segunda medição realizada nos duzentos

e oitenta e oito indivíduos. As plantas foram separadas em classes de altura e presença ou ausência de botões florais.

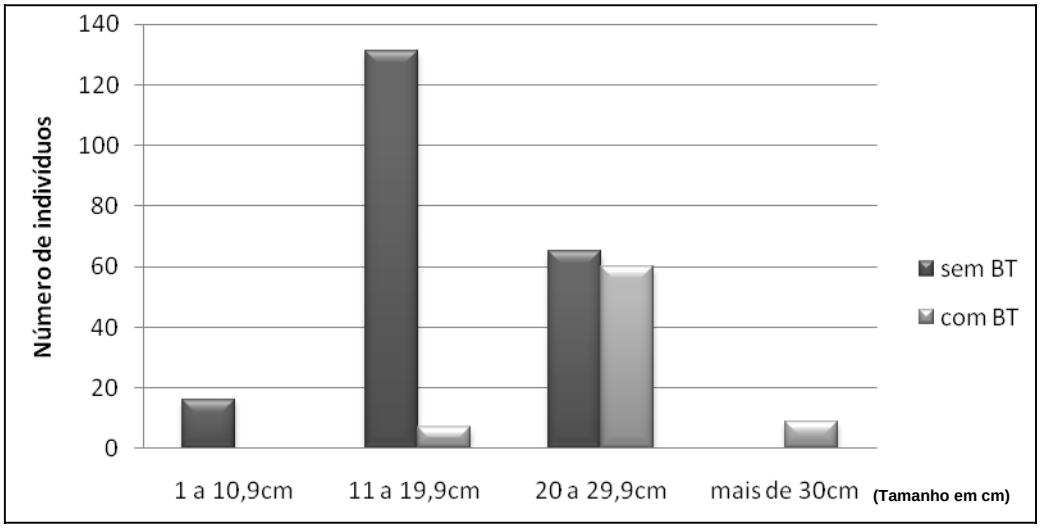


Figura 16: Desenvolvimento das plantas de *S. viarum* Dun., estimado a partir da segunda medição.
Legenda: BT = Botão Floral.

As sementes foram enviadas para o viveiro de mudas no mês de julho de 2005; nesse mesmo mês foram semeadas. Em setembro, atingiram tamanho mínimo para realizar o transplante para os sacos plásticos. Logo após essa etapa, foi realizada a primeira medição com auxílio de uma régua. A segunda medição foi realizada em novembro, quando algumas plantas mostraram-se com botões em estágio de pré-abertura.

Das duzentas e oitenta e oito mudas cultivadas, apenas setenta e seis apresentaram desenvolvimento semelhante, levando em consideração a altura e a presença de botões por abrir, quando da montagem dos lotes para estudo, o que ocorreu após quatro meses a partir do transplante para os sacos de mudas.

A partir desses dados, foi estimado que seriam necessárias 455 mudas transplantadas para a formação do número suficiente de lotes para os estudos propostos, considerando as doze áreas de estudo selecionadas, que deveriam ser formadas com 4 a 5 meses de antecedência. No entanto, foram transplantadas 600 mudas, para o caso da necessidade de substituir as mudas no campo. Por esse motivo, foi inviável a montagem de lotes, com mais de dez

plantas cada, embora se aproximasse mais das condições naturais encontradas em campo.

A partir das setenta e seis plantas em mesmo estágio de desenvolvimento, foi possível montar sete lotes com dez plantas cada e um lote com seis plantas para o acompanhamento das fenofases de floração e frutificação.

Os lotes foram transportados para uma área gramada e dispostos a diferentes distâncias (de três a quinze metros) de um local onde estão instaladas estruturas de suporte de ninhos armadilha, os quais vêm sendo ocupados há mais de sete anos.

O primeiro fruto foi observado 18 dias após o transporte das mudas (09/11/2005) para o local de estudo. Depois de 25 dias, todas as plantas se encontravam com frutos. A fenologia do florescimento e frutificação está representada na Figura 17.

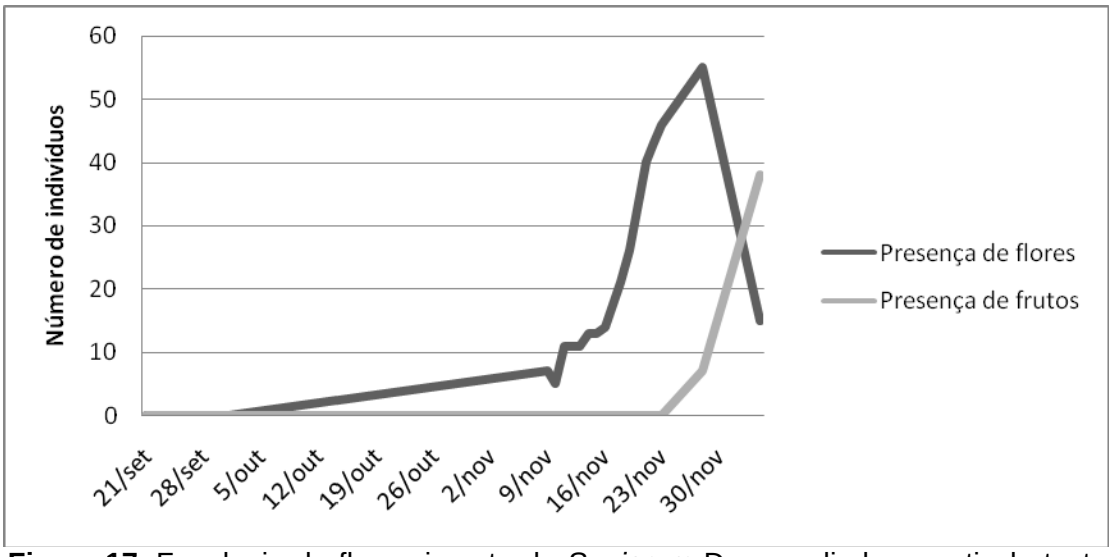


Figura 17: Fenologia do florescimento de *S. viarum* Dun. avaliada a partir de testes piloto.

Foi possível observar que essa espécie possui um pico de florescimento seguido de um pico de frutificação. Embora o pico de floração neste estudo tenha sido identificado de 16 de novembro a 25 de novembro (Figura 17), a espécie floresceu o ano todo, porém em menor intensidade. A planta apresenta inflorescências em cimeira, com quatro a seis botões, os quais possuem

períodos de abertura diferentes. Em cada cimeira, foram observadas, no máximo, duas flores abertas simultaneamente.

Neste estudo, *S. viarum* Dun. apresentou ciclo de vida anual, corroborando os dados obtidos por Lorenzi (1991), para essa mesma espécie; as plantas morreram após a maturação dos frutos. No entanto, de acordo com Kreiser et al. (2004), essa espécie é perene, em áreas com clima tropical. Em regiões sub-tropicais e temperadas, ela se comporta como anual ou bi-anual.

4.1.2 - Morfologia floral e duração da flor

As flores de *S. viarum* Dun. são pentâmeras, com corola de cor esbranqueça (LORENZI, 1991). As anteras são cinco, de cor amarelada, poricidas, vistosas e tubulosas, que se dispõem de tal modo a formar um cone ao redor do estigma (Figuras 18A e 18B).

S. viarum apresentou dois tipos de flores, com estigma longo (Figura 18A), localizado acima do nível das anteras (longistilas) e com estigma curto (Figura 18B), localizado abaixo do nível das anteras (brevistilas). Em dez flores analisadas, oito foram longistilas e duas brevistilas. Essa proporção (20% de brevestilas) se aproxima da encontrada para *S. paniculatum*, que é de 19% (FORNI-MARTINS et al., 1998). Porém, Avanzi e Campos (1997) encontraram que as flores brevestilas em *S. aculeatissimum* são mais freqüentes do que as flores longistilas, com 76,72% do total.

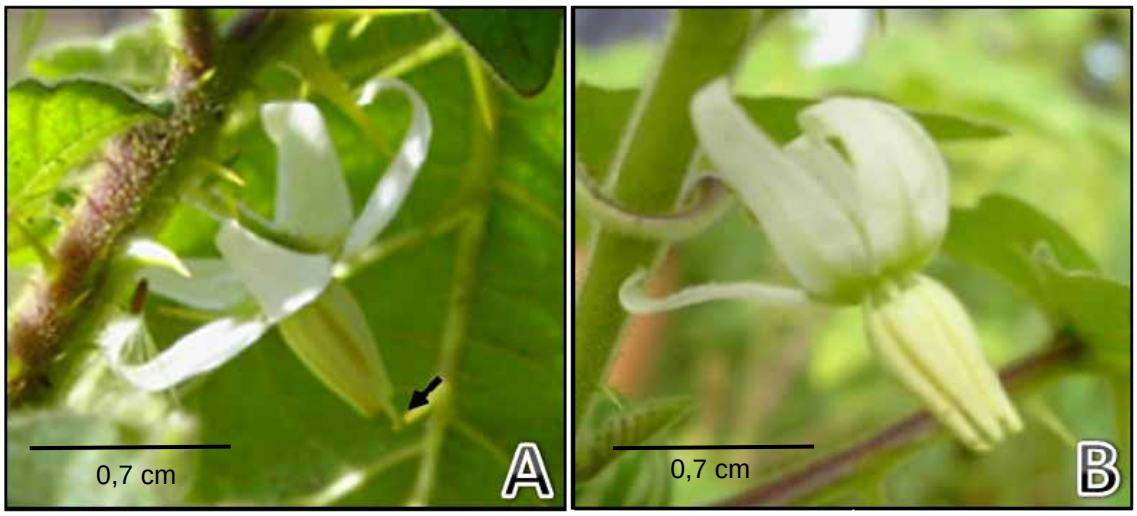


Figura 18: Tipos de flores de *S. viarum* Dun. **A.** Flor com estigma longo (seta indica o estigma acima do nível do cone de anteras); **B.** Flor com estigma curto (abaixo do nível do cone de anteras).

As flores de *S. viarum* Dun. têm duração de três dias (N = 52) da mesma forma como encontrado para *Solanum aculeatissimum* (AVANZI; CAMPOS, 1997), na qual a flor é viável por 2,2 dias, permanecendo no pé até o terceiro dia. Para *S. lycocarpum*, Oliveira-Filho e Oliveira (1998) demonstraram que, geralmente, as flores duram de 24 a 48 horas e, quando ensacadas, as flores para essa espécie chegaram a durar 5 dias abertas.

4.1.3 – Verificação da formação de frutos a partir de autopolinização espontânea.

Não houve a formação de nenhum fruto, o que indica que essa espécie (*S. viarum* Dun.) necessita da visita de polinizadores para a produção de frutos e sementes. Isso demonstra a importância dos polinizadores na produção de frutos e sementes, particularmente das abelhas.

4.2 – O contexto das paisagens

Os valores dos índices de diversidade de Shannon aplicados às doze áreas de estudo, tendo como referência os pontos amostrais e considerando os dez tipos de uso do solo (Figura 3), segundo Giordano (2004), estão

apresentados na Tabela 1. Esses índices foram calculados para áreas delimitadas por quadrados de 1.200, 600 e 250 metros de lado, respectivamente.

A escolha dessas escalas foi feita com base nas distâncias de forrageamento descritas para abelhas de diferentes comprimentos de corpo, de modo a considerar as principais espécies de visitantes florais de *S. viarum* Dun. (SHIMBO, 2003), quais sejam abelhas dos gêneros *Bombus* (*B. atratus e B. morio*), de maior porte, e *Augochloropsis*, *Augochlora*, *Anthidium* e *Paratetrapedia*, de menor porte.

São poucas as espécies para as quais se conhece a capacidade de deslocamento; os estudos já realizados sobre esse tema empregam métodos variados, como treinamento em alimentadores, marcação nos ninhos, liberação e acompanhamento nas flores, acompanhamento de vôo desde os ninhos até as flores e entre flores visitadas, mapeamento de transporte de pólen, etc. Embora todos esses métodos apresentem limitações, quer pela dificuldade de aplicação, quer pela qualidade e abrangência da informação fornecida, os estudos já desenvolvidos, em seu conjunto, permitem o delineamento de um padrão geral. Greenleaf (2005) apresenta uma compilação dos trabalhos sobre raio de vôo de diferentes espécies.

A partir desses trabalhos pode-se observar que, de um modo geral, abelhas de pequeno porte apresentam raio de vôo de cerca de 200 a 600 metros em torno dos ninhos, como já havia sido descrito por Wille (1983) para algumas espécies de Melliponini, enquanto abelhas de médio a grande porte apresentam distâncias de deslocamento de mais de um quilômetro, podendo chegar a dois ou três quilômetros para algumas espécies de *Bombus*, *Xylocopa*, *Melipona* e *Trigona* (CANE, 2005).

Inicialmente, foram analisadas apenas áreas de 1.200 metros de lado, tendo em vista os raios de forrageamento de 600 metros descritos para abelhas de grande porte (GATHMANN e TSCHARNTKE, 2002), embora Cane (2005) afirme que abelhas dos gêneros *Bombus* e *Xylocopa*, por exemplo, podem se deslocar por mais de um quilômetro.

Nessa escala, as áreas de alta e baixa diversidade se separam claramente na região de Rio Claro, mas apenas sutilmente, em alguns casos, na região de Ipeúna.

Em função disso, e considerando que entre os visitantes florais de *S. viarum* Dun. estão abelhas de pequeno porte, que vibram as anteras e, portanto podem promover a polinização, a diversidade de paisagem foi analisada também em quadrados encaixados, de 600 e 250 metros de lado.

Quando se consideram as áreas delimitadas em quadrados de 600m de lado, apenas duas regiões em Rio Claro, que já eram consideradas de alta heterogeneidade, permaneceram com índice de diversidade maior que 1,4. Já na região de Ipeúna, todas as regiões de alta heterogeneidade permaneceram com índice de diversidade maior que 1,4. Na propriedade XII, que era considerada de baixa heterogeneidade, o ponto de estudo teve que ser deslocado para um ponto distante mais de 1 km da posição anterior, pois, devido às fortes chuvas que ocorreram na região no período de estudo, a área tornou-se inacessível. Com essa mudança, o valor de H' passou de 0,90 para 1,46 (Tabela 1), o que a caracteriza como uma área de heterogeneidade alta.

4.3 – Avaliação do sucesso reprodutivo de *S. viarum* Dun. sob diferentes contextos de paisagens

A Tabela 3 apresenta a porcentagem de formação de frutos em cada área amostral, estimada pelo acompanhamento do desenvolvimento dos botões marcados durante os períodos de observação, bem como os números absolutos de botões, frutos e sementes formados.

Em cada ponto de estudo foi possível realizar dois períodos de coleta de dados, sendo um no pico de florescimento (fevereiro e março de 2006 e janeiro e fevereiro de 2007) e outro fora dele (agosto a novembro de 2006), representados separadamente na Tabela 3.

O lote controle, localizado em ambiente ideal de polinização no jardim experimental da UNESP – Rio Claro foi observado no período de pico de florescimento, em fevereiro de 2006. As dez plantas que foram acompanhadas quanto à fenologia, produziram um total de 132 botões, dos quais 53 foram

convertidos em frutos. A porcentagem de formação de frutos foi 40,16%. Essa baixa proporção na produção de frutos em relação ao número de flores produzidas ocorre na maioria das plantas, embora quando comparada com algumas variedades de laranja, em que a porcentagem de frutificação não ultrapassa 2%, a porcentagem de formação de frutos em *S. viarum* pode ser considerada alta.

Wise e Cummins (2002) encontraram que a produção de flores hermafroditas em *S. carolinense* L. é muito maior que a produção de frutos. Os autores testaram duas hipóteses que poderiam explicar esse fato. Uma delas, denominada hipótese não adaptativa, sugere que essa baixa proporção na produção de frutos em relação ao número de flores produzidas ocorre devido a estresses que a planta sofre com herbivoria das flores e/ou falhas na polinização. A outra é chamada de hipótese adaptativa, e sugere que o grande número de flores produzidas é uma estratégia da planta, para aumentar seu desempenho. Por exemplo, as flores masculinas ou funcionalmente masculinas, apesar de não formarem frutos, desempenham o papel de doadoras de pólen ou ainda auxiliam na atração de mais polinizadores. Essa última parece ser o que ocorre com *S. carolinense*, porém os autores não descartam a hipótese não adaptativa. O mesmo parece ocorrer com *S. viarum* Dun, visto que, no lote controle, no período observado, as plantas não sofreram predação. Além disso, como citado anteriormente, o ambiente em que o lote controle estava instalado, é considerado ideal para polinização.

Tabela 3: Produção de botões, frutos e sementes em plantas de *S. viarum* Dun. desenvolvidas em áreas de alta e baixa heterogeneidade de habitats.

23/fev/2006 a 23/mar/2006: pico					24/out/2006 a 24/nov/2006			
Áreas (região Rio Claro)	**Bt**	**Fr**	**%Fr/Bt**	**Sementes**	**Bt**	**Fr**	**%Fr/Bt**	**Sementes**
Área I (alto H')	105	9	8,6	-	56	24	42,8	17930
Área II (alto H')	96	11	11,4	-	57	20	35,8	6727
Área VI (alto H')	83	6	7,2	-	45	12	26,6	6661
Área III (baixo H')	93	7	7,5	-	40	12	30	8200
Área V (baixo H')	70	1	1,4	-	57	1	1,75	6438
Área IV (baixo H')	84	8	9,5	-	51	15	29,41	6465
20/jan/2007 a 20/fev/2007: pico					24/ago/2006 a 24/set/2006			
Áreas (região Ipeúna)	**Bt**	**Fr**	**%Fr/Bt**	**Sementes**	**Bt**	**Fr**	**%Fr/Bt**	**Sementes**
Área VIII (alto H')	119	38	31,9	-	24	2	8,33	1550
Área IX (alto H')	131	40	30,5	-	25	9	36	7853
Área VII (alto H')	146	44	30,1	-	28	10	35,71	7609
Área X (baixo H')	94	36	38,3	-	25	10	40	1793
Área XI (baixo H')	80	35	43,8	-	25	8	32	7741
Área XII (baixo H')	99	35	28,3	-	27	2	7,4	3293

Legenda: H' = Índice de diversidade de Shannon; **Bt =** botões; **FR =** frutos; **%Fr/Bt =** porcentagem de formação de frutos; - = ausência de coleta de frutos e sementes.

A hipótese formulada para este estudo foi a de que a heterogeneidade de habitats afeta a disponibilidade de polinizadores e, conseqüentemente, a produção de frutos e sementes. Segundo essa hipótese, esperava-se que áreas mais heterogêneas abrigassem uma fauna mais diversificada de polinizadores e conseqüentemente esperava-se maior sucesso reprodutivo em plantas visitadas nessas áreas. O parâmetro analisado para a avaliação do sucesso reprodutivo foi porcentagem de botões resultantes em frutos.

A Tabela 4 traz os resultados do teste Mann-Whitney, no qual as áreas estudadas foram comparadas quanto à produção de botões, frutos e sementes, em todos os períodos de observação (sendo dois no pico e dois fora do pico de florescimento).

Tabela 4: Comparação das áreas de estudo quanto à formação de flores frutos e sementes, obtidos em plantas de *S. viarum* Dun. sob diferentes contextos de paisagem, em diferentes períodos do ciclo de florescimento.

Valores Mann-Whitney		
Parâmetro de comparação	**Pico floração**	**Fora do pico floração**
Alta-Baixa BT	0,0374	0,9362
Alta-Baixa FR	0,2623	0,298
Alta-Baixa % FR/BT	0,9362	0,2623
Alta-Baixa peso sementes	-	0,4712
Alta-Baixa sementes	-	0,4233
RC-Ipeúna BT	0,1093	0,0039
RC-Ipeúna FR	0,0039	0,0547
RC-Ipeúna peso sementes	-	0,4712
RC-Ipeúna %FR/BT	0,0039	0,6889
RC-Ipeúna sementes	-	0,3367
RC Alta-Baixa BT	0,2752	0,6625
RC Alta-Baixa FR	0,2752	0,1904
RC Alta-Baixa %FR/BT	0,3827	0,2752
RC Alta-Baixa peso sementes	-	0,8273
RC Alta-Baixa sementes	-	0,2752
Ipeúna Alta-Baixa BT	0,0495	0,8273
Ipeúna Alta-Baixa FR	0,0495	0,8273
Ipeúna Alta-Baixa peso sementes	-	0,6625
Ipeúna Alta-Baixa %FR/BT	0,5127	0,8273
Ipeúna Alta-Baixa sementes	-	0,8273

Nota: Os parâmetros analisados na primeira coluna referem-se aos dados obtidos nas áreas de alta e baixa heterogeneidade e nas áreas localizadas na região de Rio Claro e na região de Ipeúna.

Nenhuma diferença significativa foi observada entre áreas com baixa e alta heterogeneidade, quando se compara a porcentagem de frutos formados. Essa porcentagem, na maioria das áreas, foi muito semelhante àquela encontrada no lote controle, que foi em média 35%. Também não houve diferença significativa entre as áreas, quando comparadas as medidas dos frutos formados, bem como peso, número e viabilidade das sementes. Nesse último parâmetro analisado, a média de sementes viáveis foi de 90%, o que indica que houve polinização efetiva dessas flores, as quais se converteram em frutos.

Entre todos os parâmetros analisados, foi possível observar diferença significativa na produção de botões entre as plantas instaladas nas áreas de alta e baixa heterogeneidade, na produção de frutos e porcentagem de frutos formados em relação ao número de botões produzidos (%FR/BT) entre as áreas de Rio Claro e Ipeúna, e na produção de botões e frutos entre as áreas de alta e baixa heterogeneidade localizadas na região de Ipeúna.

Comparando-se os dados coletados entre os períodos de pico de florescimento e fora dele, houve diferença significativa (p=0,0453) na porcentagem de formação de frutos formados para as áreas localizadas na região de Rio Claro. Já nas áreas localizadas na região de Ipeúna, o teste de Mann-Whitney não acusou diferença significativa entre os períodos estudados (p=0,8728).

Nas áreas localizadas na região de Rio Claro, a porcentagem da formação de frutos foi muito maior no período fora do pico de floração de *S. viarum* Dun. (Tabela 3). Duas hipóteses podem ser levantadas para explicar essa diferença. Uma delas, com base na idéia de que no período de pico de florescimento, fevereiro e março 2006, muitas plantas encontravam-se florescendo no entorno dos pontos de estudo e isso pode ter levado à competição entre as plantas de *S. viarum* Dun. e as demais espécies de plantas, pelos serviços dos polinizadores. Alguns estudos mostram que, quanto maior a diversidade de espécies de plantas florescendo em uma mesma área, maior será a competição entre elas pelos serviços dos polinizadores. Vamosi et al. (2006), por exemplo, realizou um estudo em escala global e encontrou que a reprodução das plantas se torna mais limitada pela deposição de pólen sobre os estigmas, conforme o número de espécies de plantas coexistentes aumenta. Isso ocorre, em parte, devido à escassez dos polinizadores.

Outra possibilidade seria a de que, duas das áreas consideradas, áreas I e II, apresentavam um ambiente altamente favorável à polinização fora do período de pico de florescimento de *S. viarum* Dun. o que pode ter levado a um maior sucesso na formação de frutos, em conseqüência da maior freqüência de visitas, o que poderia ter compensado o menor número de flores nesse período.

Na área I, situada em uma propriedade de cultivo orgânico de hortaliças, a prática é reservar algumas áreas em torno dos campos de cultivo para o crescimento de plantas ruderais, de modo que o ambiente é sempre favorável à presença de polinizadores. No período em que *S. viarum* Dun. se encontrava fora do pico de florescimento, um cultivo de berinjelas estava em pleno florescimento, o que pode ter atraído muitos polinizadores que acabaram por visitar *S. viarum* Dun., acarretando na maior proporção de frutos formados, observada neste estudo.

A área II, onde o pasto ao lado do ponto amostral encontrava-se repleto de *S. aculeatissimum* Jacq. em florescimento, o que favorecia a presença de polinizadores na área, que também visitavam as flores de *S. viarum* Dun., apresentou a segunda maior porcentagem (35,8%) de formação de frutos (N=42,8).

As condições presentes nessas áreas e a porcentagem de frutos formados são muito semelhantes às encontradas no lote controle, mantido, como já relatado sob condições ideais de desenvolvimento e polinização.

Quando se comparou a produção de botões entre as áreas de alta e baixa heterogeneidade, observou-se diferença significativa apenas no período de pico de floração, no qual as plantas instaladas nas áreas de alta heterogeneidade produziram muito mais botões do que as plantas instaladas em áreas de baixa heterogeneidade. Apesar disso, as plantas sofreram muito mais predação nesse período, tanto que não foi possível coletar os frutos para a análise das sementes, tal o dano causado por predadores (Figuras 19A, 19B e 19C). A pressão de predação poderia explicar a diferença marcante na produção de botões entre áreas de alta e baixa heterogeneidade nos diferentes períodos estudados. Plantas que crescem em ambientes com alta taxa de herbivoria poderiam ser selecionadas para responder com aumento na produção de botões para compensar a perda de flores e frutos.

Outro fator que pode explicar a diferença na produção de botões, nos períodos de pico de florescimento e fora dele, é a temperatura. Os meses de janeiro a março são mais quentes que os de agosto a novembro. Em todo o experimento, as plantas se desenvolveram melhor nas épocas mais quentes do

ano. Além disso, Lorenzi (1991) descreve que o período de floração de *S. viarum* Dun., em condições naturais, ocorre nos meses de dezembro a fevereiro.

Figura 19: Evidências de predação dos frutos. **A.** Danos causados no fruto pela predação; **B.** Fruto predado enquanto ainda na planta; **C.** Interior do fruto predado.

As diferenças observadas entre as áreas de alta e baixa heterogeneidade, localizadas na região de Ipeúna, quanto à produção de botões e frutos são significativas. No entanto, quando se analisa a porcentagem de formação de frutos, considerando a totalidade de botões produzidos, a diferença entre as áreas mais diversificadas e as áreas mais homogêneas não é estatisticamente significativa.

Os dados referentes à área XII são bastante ilustrativos (Tabela 3), no que se refere ao efeito das condições de entorno dos pontos amostrais, sobre a produção de frutos. Essa área era considerada de baixa heterogeneidade no primeiro período de coleta, em agosto e setembro de 2006, mas passou a apresentar alta heterogeneidade após a mudança do ponto amostral, que se fez necessária, em função de dificuldades de acesso após um período de fortes chuvas. Nessa nova posição, passou a área de alta heterogeneidade, com várias espécies de plantas em florescimento e condições favoráveis para a formação de ninhos, como cercas de madeiras já deterioradas e presença de barrancos (Figura 20A). Antes da mudança do ponto amostral, o entorno do lote de plantas de *S. viarum* Dun., era constituído de pasto por todos os lados, com ausência de plantas em florescimento, ambiente este, que não favorece a presença de polinizadores no local (Figura 20B).

A porcentagem de frutos formados no período fora do pico de florescimento de *S. viarum* Dun. nessa área foi muito menor que no período de

pico. Nesse último, as coletas foram realizadas após a mudança do ponto amostral e observou-se a formação de 35 frutos, enquanto que no período anterior (agosto-setembro/2006), apenas dois botões se converteram em frutos (Tabela 3).

Figura 20: Entorno do ponto amostral da área XII. **A.** Depois da mudança de local; **B.** Antes da mudança de local.

Na área VIII, de alta heterogeneidade (H'= 1,62), também foi possível observar grande diferença na porcentagem de produção de frutos entre os períodos de pico e fora de pico de florescimento de *S. viarum* Dun. (Tabela 3). Nessa área, o ponto amostral foi instalado exatamente no mesmo local, nos dois períodos de acompanhamento da formação de frutos, na borda de um cultivo de eucaliptos, com sub-bosque bem desenvolvido. O ponto de amostragem foi instalado ao lado de uma mangueira (*Mangifera indica*), e próximo a outras árvores. Nos meses de janeiro e fevereiro, período de pico de florescimento de *S. viarum* Dun., a mangueira estava repleta de flores que atraíam uma grande quantidade de abelhas que visitavam, seguidamente, as flores de *S. viarum* Dun. do lote experimental. Em agosto e setembro, raras plantas eram observadas em florescimento no entorno do ponto amostral (Figura 21).

Figura 21: Detalhe do entorno do ponto amostral VIII no período fora do pico de florescimento de *S. viarum* Dun. Observe a ausência de plantas em florescimento no local.

Diferença significativa na porcentagem de formação de frutos foi encontrada apenas entre as áreas de Rio Claro e as áreas de Ipeúna, quando analisadas em seu conjunto.

Em uma escala de 1200 metros, as áreas não apresentam diferenças significativas quanto à composição de "classes" de uso do solo. No entanto, na escala de 600 metros, as regiões localizadas em Rio Claro e as regiões localizadas em Ipeúna diferiram não quanto ao índice de diversidade de Shannon, mas quanto à porcentagem de cobertura de mata presente em cada quadrante de estudo (Tabela 5).

Tabela 5: Comparação das áreas de estudo, através do Teste t, quanto à porcentagem de área coberta por matas, considerando a totalidade de áreas com alta e baixa heterogeneidade e essa relação em Ipeuna e Rio Claro.

	Pland em áreas de 1200m de lado	**Pland em áreas de 600m de lado**	**Pland em áreas de 250m de lado**
Alta/Baixa	0,086	1,101	0,0783
Rio Claro/Ipeúna	0,304	**0,006**	0,4129
RC Alta/Baixa	0,431	0,198	0,3156
Ipeúna Alta/Baixa	0,183	0,135	**0,00728**

Legenda: Pland = porcentagem de cobertura por mata.
Nota: Os valores contidos na tabela referem-se aos valores comparativos do teste "t' (que é significativamente diferente quando $p<0,05$).

Isso explica, em parte, a diferença na produção de frutos, não entre áreas de alta e baixa heterogeneidade, mas entre as áreas na região de Rio Claro e áreas localizadas na região de Ipeúna.

Muitos autores têm se preocupado com a perda das funções nos ecossistemas, em face da chamada “crise da polinização” (KEARNS et al., 1998), a qual prevê falha na reprodução de plantas que dependem de polinizadores - e a maior parte dos trabalhos refere-se a abelhas - para o transporte de pólen.

Embora a falha na reprodução possa ser em grande parte atribuída à limitação de pólen, a frutificação e a produção de sementes são fases críticas, altamente dependentes das interações com animais, que resultam não só em polinização, mas também em predação e parasitismo; essas fases são ainda dependentes de condições climáticas e de nutrientes (BIERZYCHUDEK, 1981; RATHCKE e JULES, 1993; SCHEMSKE e HORVITZ, 1988).

Steffan-Dewenter et al. (2001) testaram o efeito da estrutura da paisagem – avaliada pela quantificação dos elementos em quinze sítios e em oito escalas espaciais diferentes, de 250 a 3000 metros - usando *Centaurea jacea* (Asteraceae) para testar as relações entre essa estrutura da paisagem e a abundância e diversidade de espécies de abelhas visitantes e predadores de sementes.

Os resultados desse estudo demonstraram que a abundância de polinizadores e os impactos da predação de sementes aumentaram significativamente com a complexidade da paisagem. Entretanto, não foi observado qualquer aumento na produção de frutos com o aumento da complexidade da paisagem. Os autores interpretam esses dados como resultados de maior predação em paisagens mais diversificadas, ou ainda, em função de respostas diferenciadas de diferentes tipos de polinizadores (*Apis*, *Bombus* e abelhas solitárias) em diferentes escalas ou a mudanças de comportamento nas flores em função da complexidade da paisagem.

Abelhas de porte pequeno conhecidamente têm raio de vôo restrito e, portanto, é de se esperar que respondam à estrutura das paisagens em uma escala de poucos metros, até 300 metros, segundo Gathmann e Tscharntke

(2002), enquanto abelhas de maior porte como *Bombus,* por exemplo, percebem o ambiente em uma escala maior de até alguns poucos quilômetros. A menos que as plantas dependam de interação com abelhas de menor porte, esse comportamento diferenciado de *Bombus* pode ser responsável pela ausência de diferença na produção de frutos entre paisagens mais diversificadas e menos diversificadas.

Um aspecto interessante relatado no trabalho de Steffan-Dewenter et al. (2001) é que o número de plantas de *C. jacea* visitadas por abelhas individuais diminuiu com o aumento da complexidade da paisagem, sugerindo que flores agregadas, em paisagens simplificadas, nas quais polinizadores em potencial encontram poucas fontes alternativas de recursos, tendem a receber mais visitas do que quando esses agregados estão inseridos em paisagens mais diversificadas, com mais opções de recursos.

Essa pode ser também uma razão para a ausência de relação entre a complexidade da paisagem e o sucesso reprodutivo de *S. viarum* Dun. encontrada neste trabalho.

Se por um lado esse mecanismo pode garantir em médio prazo a manutenção das populações de plantas, em longo prazo o aumento dos cruzamentos entre plantas aparentadas pode levar à ruptura do fluxo gênico e à depressão por inbreeding (STEFFAN-DEWENTER et al., 2001).

Insuficiência na taxa de visitação e falha na deposição de pólen podem ocorrer tanto em populações pequenas (SIH e BALTUS, 1987) quanto em grandes populações de plantas em florescimento, por super oferta de recursos, de modo que apenas algumas flores recebem visitação suficiente (FRITZ e NILSSON, 1994). Uma grande quantidade de plantas em florescimento, por outro lado, pode também atrair polinizadores para um ambiente de polinização e aumentar a taxa de visitação de várias espécies de plantas com florescimento sincrônico (WESTPHAL et al., 2003).

A natureza das matrizes em torno de agregados de flores, associada ao comportamento de forrageamento de polinizadores em potencial, também representam papel importante na taxa de visitação e no sucesso reprodutivo das espécies em habitats fragmentados.

Mesmo quando os polinizadores conseguem cruzar uma matriz, a qualidade do pólen depositado sobre os estigmas pode comprometer o sucesso na polinização, uma vez que espécies generalistas, principalmente, podem visitar um número variado de plantas e acabar por depositar pólen não compatível, heteroespecíficos (GROOM, 2001).

Larson e Barret (1999) introduzem a idéia de “ambiente de polinização”, para se referir a aspectos do ambiente que podem alterar a movimentação de polinizadores mesmo que entre pequenas áreas. Segundo esses autores, a limitação de pólen para as plantas com múltiplos óvulos, como é o caso de *S. viarum* Dun., pode ser avaliada tanto pela produção de frutos, como pela produção de sementes. As deficiências nessas duas fases têm causas bem diferentes: a baixa produção de frutos pode ser devida a falha na visitação das flores ou à deficiência na deposição de pólen pelos visitantes; muitas espécies necessitam de um número mínimo de grãos depositados sobre os estigmas ou de um mínimo de óvulos fertilizados para manter os frutos no pé. Já a baixa produção de sementes, quer seja avaliada pelo número formado ou pelo peso, indica pequena quantidade de pólen depositado. No entanto, o número de sementes dos frutos coletados de *S. viarum* Dun. não foi pequeno (Tabela 3), bem como a viabilidade das sementes, que foi em média 90%, o que significa que os frutos que foram coletados são provenientes de polinização efetiva, com a quantidade necessária de pólen depositado sobre os estigmas.

4.4 – Fauna visitante de flores de *S. viarum* Dun.

Um número muito pequeno de abelhas foi coletado nas flores de *S. viarum* Dun. durante todo o desenvolvimento do estudo (Tabela 6), não permitindo estabelecer qualquer relação com o grau de heterogeneidade de habitats ou com a produção de frutos.

Tabela 6: Espécies de abelhas coletadas em flores de *S. viarum* nas doze áreas de estudo.

	Áreas												
Espécie	**I**	**II**	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**IX**	**X**	**XI**	**XII**	**TOTAL**
B. morio	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
B. atratus	1	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	**5**
Tetrapedia	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	**1**
Paratetrapeida	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	**1**
Halictidae sp1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	**1**
Halictidae sp2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	**1**
Halictidae sp3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
Halictidae sp4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
Anthidini sp1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
Anthidini sp2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
Anthidini sp4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**
Exomalopsis sp	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	**1**
Meliponini sp1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	**1**
Meliponini sp2	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	**4**
TOTAL	**4**	**7**	**1**	**2**	**1**	**2**	**2**	**0**	**3**	**0**	**0**	**1**	**23**

Vários fatores podem concorrer para a variação na abundância de abelhas em uma determinada área.

Hegland e Boeke (2006) e Klein et al. (2003b) afirmam que variações espaciais em pequenas escalas na densidade e diversidade de recursos florais podem causar impacto na atividade de polinizadores.

Segundo Kremen et al. (2007), as alterações nas comunidades de polinizadores são fortemente ligadas às mudanças nas práticas de uso da paisagem. Em uma escala de habitat, o uso da paisagem e práticas de manejo afetam a composição de plantas da comunidade local, seus polinizadores os fatores bióticos e abióticos, que interferem em ambos os grupos.

Das espécies de abelhas coletadas no presente estudo, as pertencentes ao gênero *Bombus* foram mais abundantes, 5 indivíduos de *B. attratus* e 1 indivíduo de *B. morio* foram coletados, a maioria nas áreas I e II, de alta heterogeneidade.

Essas espécies são consideradas, por vários autores, polinizadoras em potencial de várias espécies do gênero *Solanum* (AVANZI e CAMPOS, 1997; BEZERRA e MACHADO, 2003; CARVALHO et al., 2001; OLIVEIRA-FILHO e

OLIVEIRA, 1988), tanto pelo tamanho de corpo quanto pelo comportamento quando visitam as flores. O corpo dessas abelhas toca todo o conjunto de anteras e ao vibrarem, conseguem coletar uma grande quantidade de pólen. Já as abelhas menores, pertencentes às famílias Halictidae e Andrenidae, por exemplo, vibram uma antera por vez, o que torna a retirada de pólen menos eficiente do que quando as anteras são manipuladas por abelhas maiores.

As abelhas da família Halictidae, Andrenidae e as do gênero *Bombus* (Apidae), no entanto, apresentaram comportamento semelhante ao visitarem as flores de *S. viarum* Dun. Ao pousarem nas flores, elas vibram as anteras com o abdômen e com isso liberam o pólen, garantindo assim a polinização ao visitar a flor de outra planta. Todas essas espécies foram observadas visitando mais de uma flor por planta e no mínimo duas plantas ou mais no lote. Antes de pousarem nas flores, elas voavam em torno do lote de plantas por alguns segundos.

Apesar da semelhança no comportamento de vibração, as abelhas de tamanho de corpo maior apresentaram algumas diferenças, quando comparadas com abelhas de tamanho de corpo menor. As do gênero *Bombus,* antes de pousarem nas flores sobrevoavam o lote de plantas por alguns segundos e, ao pousar, agarravam-se ao cone de anteras (Figura 22A). Em seguida, recurvavam o abdômen sobre a flor, entrando em contato com o estigma (Figura 22B). Neste momento, realizavam vários movimentos vibratórios com o tórax, girando o corpo em torno do mesmo eixo. A nuvem de pólen liberada por esse movimento era depositada na região ventral do tórax e do abdômen. Ainda na flor, presas à corola, as abelhas transferiam o pólen do abdômen para as pernas posteriores com auxílio do segundo par de pernas.

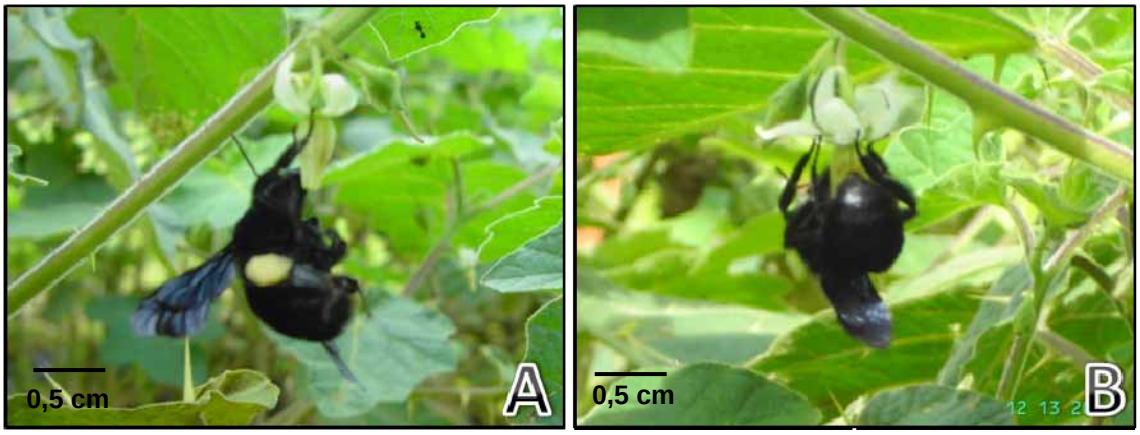


Figura 22: Abelha polinizando as flores de *S. viarum* Dun. **A.** Abelha chegando à flor; **B.** Abelha curvando o abdômen e tocando o estigma.

Já as abelhas das famílias Halictidae e Andrenidae, que possuem tamanho de corpo menor, aproximavam-se da flor e dirigiam-se diretamente ao cone das anteras. Com as pernas anteriores, agarravam-se a apenas uma antera, recurvavam sobre o poro e executavam o movimento vibratório, que se repetia por algumas vezes. Em seguida, dirigiam-se para a antera ao lado e repetiam os mesmos comportamentos e assim sucessivamente, até visitar todas as anteras. Às vezes, visitavam apenas uma ou duas anteras e permaneciam pouco tempo na flor. Em geral, o tempo de permanência das abelhas menores nas flores de *S. viarum* Dun. era maior que o tempo de permanência de *Bombus.*

Esse padrão de comportamento também foi descrito por outros autores para os visitantes florais de diferentes espécies de *Solanum* (AVANZI e CAMPOS, 1997; BEZERRA e MACHADO, 2003; FORNI-MARTINS et al., 1998; OLIVEIRA-FILHO e OLIVEIRA, 1988;).

As abelhas dos gêneros *Scaptotrigona* e *Nannotrigona* não apresentam o comportamento de vibrar as anteras. De acordo com Avanzi e Campos (1997), essas abelhas “catam” o pólen caído sobre a corola e outras partes da flor, derrubado pela atividade de outras abelhas. Esse comportamento também foi observado para um indivíduo do gênero *Dialictus,* que apenas coletou pólen que estava sobre a corola, provavelmente deixado por outra espécie de Halictidae que havia visitado a flor anteriormente e realizado o comportamento de vibrar as anteras.

Uma possível explicação para o pequeno número de abelhas coletadas é que o número de plantas por lote instalado em cada área pode ter sido insuficiente para atrair visitantes. Embora *S. viarum* Dun. possa ocorrer como indivíduos esparsos nas áreas, muitas vezes se observa grandes manchas dessa espécie que, quando em florescimento, podem atrair polinizadores a longas distâncias. Essa atratividade a longa distância é particularmente importante para abelhas dotadas de capacidade de deslocamento por áreas extensas, como é o caso de *Bombus*.

De qualquer forma, a baixa freqüência de visitação a flores de *S. viarum* Dun. observada neste trabalho dificulta o estabelecimento de relações entre a diversidade de polinizadores em potencial e a porcentagem de formação de frutos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese de trabalho previa que áreas mais heterogêneas quanto aos usos do solo poderiam abrigar uma fauna mais diversificada de polinizadores e, conseqüentemente, oferecer um ambiente mais favorável à produção de frutos para espécies que dependem de animais para o transporte de pólen.

Foi utilizado *Solanum viarum*, uma espécie ruderal polinizada por abelhas capazes de vibrar as anteras poricidas, como modelo para testar essa hipótese. Não foi encontrada diferença significativa na produção de frutos entre áreas de alta e baixa heterogeneidade, o que levou à rejeição da hipótese formulada.

Entre todos os parâmetros analisados e comparados, relativos ao sucesso reprodutivo de *S. viarum* Dun., principalmente quanto à porcentagem de frutos formados em relação ao número de flores produzidas e os diferentes contextos de paisagem, foram observadas diferenças significativas apenas em dois deles.

- Entre os períodos de pico de florescimento e fora de pico, somente nas áreas localizadas na região de Rio Claro. Essa diferença não foi significativa nas áreas localizadas na região de Ipeúna;
- Entre as áreas localizadas na região de Rio Claro e as áreas localizadas na região de Ipeúna, em conjunto.

A diferença entre os períodos (fora e durante o pico de floração), estudados nas áreas de Rio Claro, pode ser explicada de duas maneiras. Em fevereiro e março 2006 (período de pico), muitas plantas encontravam-se florescendo no entorno dos pontos amostrais e isso pode ter levado à competição, entre as plantas de *S. viarum* Dun. e as demais espécies de plantas, pelos serviços dos polinizadores. Outra possibilidade seria a de que, as áreas I e II apresentavam um ambiente altamente favorável à polinização fora do período de pico de florescimento de *S. viarum* Dun., o que pode ter levado a um maior sucesso na formação de frutos, em conseqüência da maior freqüência de visitas, o que poderia ter compensado o menor número de flores nesse período.

Já a diferença entre as áreas localizadas na região de Rio Claro e as áreas localizadas na região de Ipeúna pode ser explicada pelas análises da paisagem, as quais mostraram que, em escala de 600m, as áreas localizadas nessas duas regiões, diferiram quanto à porcentagem de cobertura de mata. A importância de contextos de paisagem mais diversificados, bem como a presença de vegetação nativa e ambiente favorável para a polinização tem sido relatada por vários autores (KEARNS et al., 1998; KLEIN et al., 2007; KREMEN, 2004; KREMEN et al., 2007; STEFFAN-DEWENTER et al., 2002; WESTPHAL, 2003).

O número de abelhas coletadas nas áreas de estudo foi muito pequeno, o que dificultou o estabelecimento de relações entre a diversidade de polinizadores em potencial e a porcentagem de formação de frutos.

A abordagem presente neste trabalho (o contexto da paisagem e os serviços prestados pelos ecossistemas) ainda é muito recente e teórica. No Brasil esta abordagem é ainda muito incipiente. Muitas dificuldades foram encontradas para a realização do projeto, principalmente quanto à execução da metodologia. Por isso, mais estudos experimentais se fazem necessários.

Além de preencherem as lacunas em relação a essa abordagem, esses estudos podem fornecer dados concretos e que reforcem a necessidade da conservação de diferentes espécies de plantas e animais, além de oferecerem subsídios para a proposição de planos de manejo, assim, como informações

indispensáveis para execução de políticas públicas e privadas, voltadas para a conservação da biodiversidade, tema amplamente discutido e de extrema importância.

6. LITERATURA CITADA

AIZEN, M. A.; FEINSINGER, P. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. **Ecology**, Tempe, Ariz., US, v. 75, p. 330-351, 1994.

ALLEN-WARDELL, A. G.; BERNHARDT, P.; BITNER, R.; BURQEZ, A.; BUSHMANN, S.; CANE, J.; COX, P. A.; DALTON, V.; FEINSINGER, P.; INGRAM, M.; INOUYE, D.; JONES, C. E.; KENNEDY, K.; KEVAN, P., ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat. **Oikos**, Copenhagen, DK, v. 71, p. 355-366, 1998.

ASHMAN, T. L.; KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A.; AMARASEKARE, P.; BURD, M.; CAMPBELL, D. R.; DUDASH, M. R.; JOHNSTON, M. O.; MAZER, S. J.; MITCHELL, R. J.; MORGAN, M. T.; WILSON, W. G. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. **Ecology**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 85, p. 2408-2421, 2004.

ASHTON, P. S.; GIVNISH, T. J.; APPANAH, S. Staggered Flowering in the Dipterocarpaceae: New Insights Into Floral Induction and the Evolution of Mast Fruiting in the Aseasonal Tropics. **The American Naturalist**, Chicago, III., US, v. 132, p. 44-66, 1988.

ASHWORTH, L.; AGUILAR, R.; GALETTO, L.; AIZEN, M.A. Why do pollination generalist and specialist plant species show similar reproductive susceptibility to habitat fragmentation. **The Journal of Ecology**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 92, p. 717-719. 2004.

AVANZI, M. R.; CAMPOS, M. J. O. Estrutura de guildas de polinização de *Solanum aculeatissimum* Jacq. e S. *variabile* Mart. (Solanacea). **Revista Brasileira de Biologia,** Rio de Janeiro, RJ, v. 57, n. 2, p. 247-256. 1997.

BECKER, P.; MOURE, J. S.; PERALTA, F. J. A. More about Euglossinae bees in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, Washington, US, v. 23, p. 586-591, 1991.

BEZERRA, E. L. S.; MACHADO, I. C. Biologia floral e sistema de polinização de *Solanum stramonifolium* jacq. (Solanaceae) em remanescente de mata Atlântica, Pernambuco. **Acta Botanica Brasilica,** Porto Alegre**,** RS**,** v. 17, n. 2, p. 247-257, 2003.

BIESMEIJER, J. C.; SLAA, E. J.; CASTRO, M. S.; VIANA, B. F.; KLEINERT, A. M. P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Connectance of brazilian social bee – food plant net – works is influenced by habitat, but not by latitude, altitude or network size. **Biota Neotropica,** Campinas, SP, v. 5., n. 1, p. 1-9. 2006.

BIERZYCHUDEK, P. Pollinator limitation of plant reproductive effort. **The American Naturalist,** Chicago, III., US, v. 117, p. 838-840, 1981.

BOLMGREN, K.; ERIKSSON, O.; LINDER, H. P. Contrasting flowering phenology and species richness in abioticaly and bioticaly pollinated angiosperms. **Evolution**, Lancaster, PA., US, v. 57, p. 2001-2011, 2003.

BOND, W. J. Do mutualisms matter? Assessing the impact of pollinator and disperser disruption on plant extinction. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, GB, v. 344, p. 83-90. 1994.

CAMPOS, M. J. O. **Estudo das interações entre a comunidade de Apoidea, na procura de recursos alimentares, e a vegetação de cerrado da reserva de Corumbataí, SP.** 144f. 1989. Tese (Doutorado em Ecologia). CCBS – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1989.

CAMPOS, M. J. O.; PIZANO, M. A.; MALASPINA, O.; GIORDANO, L.; LEUNG, R.; CHAUD-NETO, J.; GOMIG, E. G.; PRATA, E. PATRICIO, G. B.; FERREIRA, B.; FANG, H.; SILVA, E. Manejo Agrícola e Riqueza de polinizadores. In: Encontro sobre abelhas, 7º, 2006, Ribeirão Preto. Anais… [s. L.: s. n.]. 1 CD-Rom.

CANE, J. H. Pollination potential of the bee *Osmia aglaia* for cultivated red raspberries and blackberries (Rubus: Rosaceae). **Hortscience**, Alexandria, Va., US, v. 40, p. 1705-1708. 2005.

CANE, J. H.; MINCKLEY, R. L.; KERVIN, L. J.; ROULSTON, T. H.; WILLIAMS, N. M. Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: *Apiformes*) to urban habitat fragmentation. **Ecological Applications**, Tempe, Ariz., US**,** v. 16, p. 632-644, 2006.

CARVALHO, C. A. L.; MARQUES, O. M.; VIDAL, C. A.; NEVES, A. M. S. Comportamento forrageiro de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em flores de *Solanum Paniculatum* Dunal (Solanaceae). **Revista Brasileira de Zoociências,** Juiz de Fora, MG, v. 3, p. 35-44. 2001.

CHACOFF, N.; AIZEN, M. Edge effects on flower-visiting insects in grapefruit plantation bordering premontane subtropical forest. **The Journal of Applied Ecology**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 43, p. 18-27, 2006.

CORBET, S. A. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European community. **Bee World,** Bucks, Inglaterra, GB, v. 72, p. 47-59. 1991.

DIDHAM, R. K.; GHAZOUL, J.; STORK, N. E.; DAVIS, A. J. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, NL, v. 11, p. 255-260, 1996.

DONALDSON , J.; NANNI, I.; ZACHARIADES, C.; KEMPER, J.; THOMPSON, J. D. Effects of habitat fragmentation on pollinator diversity and plant reproductive success in renosterveld shrub-lands of South Africa. **Conservation Biology**, Boston, Mass., US, v. 16, p. 1267-1276, 2002.

ELTZ, T.; BRUHL, C. A.; VAN DER KAARS, S. A.; LINSENMAIR, K. E. Determinants of stingless bee nest density in lowland dipterocarp forests of Sabah, Malaysia. **Oecologia**, Berlim, DE, v. 131, p. 27-34, 2002.

ERIKSSON, O.; EHLÉN, J. Seed and microsite limitation of recruitment in plant populations. **Oecologia**, Berlim, DE, v. 91, p. 360-364, 1992.

FERREIRA, B. **O efeito da comunidade de habitats sobre a estrutura das comunidades de abelhas e vespas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata) na bacia do Rio Corumbataí, SP.** 39f., 2006. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ecologia). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Rio Claro.

FIRBANK, L. G.; SMART, S. M.; CRABB, J.; CRITCHELY, C. N. R.; HOWBERT, J. W.; FULLER, R. J.; GLADDERS, P.; GREEN, D. B.; HENDERSON, I.; HILL, M. O. Agronomical and ecological costs and benefits of set-aside in England. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, NL, v. 95, p. 73-85, 2003.

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

FRITZ, A. L.; NILSSON, L. A. How pollinator – mediated mating varies with population size in plants. **Oecologia,** Berlim, DE, v. 100, p. 451-462, 1994.

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

GHAZOUL, J. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. **Trends in Ecology and Evolution,** Amsterdan, NL, v. 20, n. 7, p. 367-373. 2005.

GIORDANO, L.C. **Analise de um conjunto de procedimentos metodológicos para a delimitação de corredores verdes (green ways) ao longo de cursos fluviais.** 162f., 2004. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Rio Claro. 2004.

GREENLEAF, S. A. S. **Local-scale and foraging-scale affect bee community abundances, species richness, and pollination services in Northern California.** 88f. 2005. Tese (Doutorado em Filosofia). Departamento de Ecologia e Biologia da Evolução. Princeton University, Princeton. 2005.

GROOM, M. J. Consequences of subpopulation isolation for pollination, herbivory, and population growth in *Clarkia concinna concinna* (Onagraceae) – **Biological Conservation**, Essex, Inglaterra, GB, v. 100, p. 55-63, 2001.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Ecology and Systematics,** Paulo alto, Calif., US, v. 44, p. 183-206. 1999.

HEGLAND, S. J.; BOEKE, L. Relationships between the density and diversity of floral resources and flower visitor activity in a temperate grassland community. **Ecological Entomology,** London, GB**,** v. 31, p. 532-538, 2006.

HEYWOOD, V. H. **Flowering plants of the world.** New York: Oxford Univ. Press, 396pp., 1993.

INGRAM, M.; NABHAN, G. C.; BUCHMANN, S. L. Impending pollination crisis threatens biodiversity and agriculture. **Tropinet,** Wooster, OH., USA, v. 7, p. 1. 1996.

KEARNS, C.; INOUYE, D.; WASER, N. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Paulo Auto, Calif., US, v. 29, p. 83-112, 1998.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. **Abelha Uruçu Biologia, Manejo e Conservação**. Belo Horizonte: Acangaú, 143p. 1996.

KEVAN, P. G.; PHILIPS, T. P. The economic impact of pollinator declines: an approach to assessing consequences. **Conservation in Ecology,** Dubuque, Iowa, v. 5, n. 1, [s. p.] **.**2001. Disponível em www.consecol.org/vol5/iss1/art8. Acesso em 27 jul. 2007.

KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; , S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of crop pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences**, London, GB, v. 274, p. 303-313, 2007.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; BUCHORI, D.; TSCHARNTKE, T. Effects of land-use intensity in tropical agroforestry systems in coffe flower-visiting and trap-nesting bees and wasps. **Conservation Biology**, Boston, Mass., US, v. 16, p. 1003-1014, 2002.

KLEIN, A. M.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences**, London, GB, v. 270, p. 955–961, 2003a.

KLEIN, A. M., I. STEFFAN-DEWENTER and T.TSCHARNTKE. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology,** Oxford, Inglaterra, GB, v. 40, p. 837-845. 2003b.

KREISER, B. R.; BRYSON, C. T.; USNICK, S. J. Genetic variation in native and introduced populations of tropical soda apple (*Solanum viarum*). **Weed Technology,** Champaign, III., US, v.18, p. 1120-1124. 2004.

KREMEN, C., N. M. WILLIANS and R. W. THORP. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,** Washington, US, v. 99, p. 16812-16816, 2002.

KREMEN, C., R. L. BUGG, N. NICOLA, S. A. SMITH, R. W. THORP and N. M, WILLIANS. Native bees, native plants and crop pollination in California. **Fremontia,** Berkeley, Calif., v. 30, p. 41-49. 2003.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; AIZEN, M. A.; GEMMILL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S. G.; ROUSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E. E.; GREENLEAF, S. S.; KEIT, T. H.; KLEIN, A.; REGETZ, J.; RICKETTS, T. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology letters**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 10, p. 299-214, 2007.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; BUGG, R. L.; FAY, J. P.; THORP, R. W. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. **Ecology Letters**, Oxford, Inglaterra, GB v. *7*, p. 1109-1119. 2004.

LARSON, B. M. H.; BARRETT, S. C. H. The ecology of pollen limitation in buzz – pollinated *Rhexia virginica* (Melastomataceae). **The Journal of Ecology**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 87, p. 371-381, 1999.

LIOW, L. H.; SODHI, N. S.; ELMQVIST, T. Bee diversity along a disturbance gradient in tropical lowland forests of south-east Asia. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 38, p. 180-192, 2001.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 425pp., 1991.

LOUDA, S. M.; POTVIN, M. A. Effects of inflorescence-feeding insects on the demography and lifetime fitness of a native plant. **Ecology**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 76, p. 229-245, 1995.

MATHESON, A.; BUCHMANN, S. L.; O'TOOLE C.; WESTRICH P.; WILLIANS, I. H. (Ed.). **The conservation of bees**. London: Academic Press, 254pp. 1996.

MEEK, W. R.; LOXTON, R.; SPARKS, T. H.; PYWELL, R. F.; PICKETT, H.; NOWAKOWSKI, M. The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity. **Biological Conservation**, Essex, Inglaterra, GB, v. 106, p. 259-271, 2002.

MOSQUIN, T. Competition for pollinators as a stimulus for the evolution of flowering time **Oikos**, Copenhagen, DK, v. 22, p. 398-402, 1971.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; OLIVEIRA, L. C. A. Biologia floral de uma população de *S. lycocarpum* St. Hill. (Solanaceae) em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica,** São Paulo, SP**,** v. 11, p. 23-32. 1998.

RATHCKE, B. J.; JULES, E. S. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. **Current Science,** Bangalore, Índia, v. 65, p. 273-77, 1993.

RATHCKE, B. J.; LACEY, E. P. Phenological Patterns of Terrestrial Plants. **Annual Review of Ecology and Systems**, Paulo Auto, Calif., US, v. 16, p. 179-214, 1985.

RICHARDS, A. J. Does Low Biodiversity Resulting from Modern Agricultural Practice Affect Crop Pollination and Yield? **Annals of Botany**, London, GB, v. 88, p. 165-172. 2001.

RICKETTS, T. H. Tropical forest fragments enhance pollinator activity in nearby coffee crop. **Conservation Biology**, Boston, Mass., US, v. 18, p. 1262-1271, 2004.

ROUBIK, D. W. In: ROUBIK, D. W.; SAKAI, S.; HAMID, A. (Ed.). **Honey bees in Borneo, pollination ecology and the rainforest, Springer-Verlag**, New York, Academic Press, 2005. p. 212-224.

SARUKHÁN, J.; WHYTE, A. **Relatório – síntese da avaliação ecossistêmica do milênio.** [s. L.: s. n.]. 57pp. 2005. Disponível em www.milleniumassessment.org/documents/documente.446.aspx.pdf. Acesso em 27 jun. 2007.

SAVILLE, N. M.; DRAMSTAD, W. E.; FRY, G. L. A.; CORBET, S. A. Bumblebee movement in a fragmented agricultural landscape. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdan, NL, v. 61, p. 145-154, 1997.

SCHEMSKE, D. W.; HORVITZ, C. C. Plant – animal interactions and fruit production in a Neotropical herb: a patch analysis. **Ecology**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 69, p. 1128-1137, 1988.

SHIMBO, J. Z. **Análise da comunidade de abelhas e plantas ruderais em uma paisagem agrícola na região de Ferraz, município de Corumbataí, SP. As espécies de *Solanum* e as abelhas associadas.** Rio Claro: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 36f., 2003. Relatório Técnico enviado para Fapesp.

SIH, A.; BALTUS, M. S. Patch size, pollinator behavior, and pollinator limitation in catnip. **Ecology**, Tempe, Ariz., US, v. 68, p. 1679-1690, 1987.

SILVEIRA, F. A.; CAMPOS, M. J. O. C. A melissofauna de Corumbataí (SP) e Paraopeba (MG) - uma análise da biogeografia das abelhas do cerrado brasileiro (Hymenoptera – Apoidea). **Revista Brasileira de Entomologia,** São Paulo, SP, v. 2, p. 371-401. 1995.

STEFFAN-DEWENTER, I.; MÜNZENBERG, U.; TSCHARNTKE, T. Pollination, seed set and seed predation on a landscape scale. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences,** London, GB, v. 268, p. 1685-1690, 2001.

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

STEFFAN-DEWENTER, I.; MÜNZENBERG, U.; BÜRGER, C.; THIES, C.; TSCHARNTKE, T. Scale dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. **Ecology**, Tempe, Ariz., US, v. 15, p. 1421-1432, 2002.

STEFFAN-DEWENTER, I., POTTS, S. G.; PACKER, L. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. **Trends in Ecology and Evolution,** Amsterdan, NL, v. 20, p. 651-652. 2005.

STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Effects of habitats isolation on pollinator communities and seed set. **Oecologia**, Berlin, DE, v. 121, p. 432-440, 1999.

STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Insect communities and biotic interactions on fragmented calcareous grasslands - a mini review. **Biological Conservation**, Essex, Inglaterra, GB, v. 104, p. 275-284, 2002.

TAKI, H.; KEVAN, P. G. Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant – pollinator interactions? Preliminary findings. Biodiversity conservation **Biodiversity and Conservation,** London, GB. Disponível em: http://www.springerlink.com.w10078.dotlib.com.br/content/g12pm2u608061j71/?p=07042ea22ea54e789a92399f1c487c48&pi=0. Acesso em 27 jul. 2007.

TEPEDINO, V. J.; SIPES, S. D.; BARNES, J. L.; HICKERSON, L. L. The need for "extended care" in conservation: examples from studies of rare plants in the western United States. **Acta Horticulturae**, The Hague, Holanda, v. 437, p. 245-48, 1997.

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

TSCHARNTKE, T.; BRANDL, R. Plant-insect interactions in fragmented landscapes. **Annual Review of Entomology**, Stanford, Conn., US, v. 49, p. 405-430, 2004.

TSCHARNTKE, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; KRUESS, A.; THIES, C. Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland-cropland landscapes. **Ecological Applications**, Tempe, Ariz., US, v. 12, p. 354-363, 2002.

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

TURNBULL, L. A.; CRAWLEY, M. J.; REES, M. Are plant populations seed-limited? A review of seed sowing experiments. **Oikos**, Copenhagen, DK, v. 88, p. 225-238, 2000.

VAMOSI, J. C.; KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A.; MAZER, S. J.; BURD, M.; ASHMAN, T. Pollination decays in biodiversity hotspots. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, US, v. 103, n. 4, p. 956-961, 2006.

VULLIAMY, B.; POTTS, S. G.; WILLMER, P. G. The effects of cattle grazing on plant-pollinator communities in a fragmented Mediterranean landscape. **Oikos**, Copenhagen, DK, v. 114, p. 529-543, 2006.

WESTPHAL, C.; STEFFAN-DEWENTER, I.; TSCHARNTKE, T. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. **Ecology Letters**, Oxford, Inglaterra, GB, v. 6, p. 961-965, 2003.

WESTRICH, P. Habitat requirements of central European bees and the problems of partial habitas. MATHESON, A.; BUCHMANN, S.L.; O'TOOLE, C.; WESTRICH, P.; WILLIAMS, I.H. (Ed.). In: **The conservation of bees.** London: Academic Press, 1996, p. 1-16.

WILLE, A. Biology of the stingless bees. **Annual Review of Entomology,** Stanford, Conn., US, v. 28, p. 41-64. 1983

WILLIAMS, I. H. The dependences of crop production within the European Union on pollination by honey bees. **Agricultural Zoology Reviews,** Russel, GE, v. 6, p. 229-257. 1994.

WINFREE, R.; GRISWOLD, T.; KREMEN, C. Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. **Conservation Biology**, v. 21, p. 213–223, 2006.

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