

---

**ECOLOGIA**

---

**MARIANA BASSETTO PERES**

**ESTRUTURA DA PAISAGEM E  
DIVERSIDADE APÍCOLA EM  
DOIS FRAGMENTOS DE CERRADO**



Rio Claro  
2011

MARIANA BASSETTO PERES

ESTRUTURA DA PAISAGEM E DIVERSIDADE APÍCOLA EM  
DOIS FRAGMENTOS DE CERRADO

Orientadora: Maria José de Oliveira Campos

Co-orientadora: Elizandra Goldoni Gomig

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Instituto de Biociências da  
Universidade Estadual Paulista “Júlio de  
Mesquita Filho” - Câmpus de Rio Claro,  
para obtenção do grau de Ecólogo.

Rio Claro  
2011

595.799 Peres, Mariana Bassetto  
P437e Estrutura da paisagem e diversidade apícola em dois  
fragmentos de cerrado / Mariana Bassetto Peres. - Rio Claro :  
[s.n.], 2011  
61 f. : il., figs., tabs., quadros

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ecologia)  
- Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de  
Rio Claro  
Orientador: Maria José de Oliveira Campos  
Co-Orientador: Elizandra Goldoni Gomig

1. Abelhas. 2. Fragmentação. I. Título.

---

Aluna: Mariana Bassetto Peres

---

Orientadora: Maria José de Oliveira Campos

---

Co-orientadora: Elizandra Goldoni Gomig

“Dedico aos meus pais, por tudo”.

## **Agradecimentos**

A Deus por sempre me fazer forte e por todas as bênçãos que recebo em minha vida e também, ao meu anjo da guarda.

Aos meus pais, José Roberto e Marilene, pelo amor, carinho, paciência, por sempre quererem o meu melhor, pelo intenso cuidado, pela minha formação, pelo grande exemplo de vida, por tudo. Afinal, não há palavras que expliquem o infinito amor que sinto por vocês.

A minha cachorrinha Belly (Belinha), por fazer meus dias mais felizes, pela alegria, pelo seu jeito de ser e pelo amor incondicional.

Ao tio Vitor e ao “tio” Wilian, por toda atenção, preocupação, incentivo, dedicação, pelas indas e vindas à rodoviária, pelas jantãs, pousos, pelos momentos de descontração. Enfim, por todo o carinho e amor com que sempre me receberam.

As avós, Milena e Pilar, pelo carinho, incentivo e preocupação. E ao vô Gino, pelo carinho e pela torcida, de onde ele estiver. A todos eles pelo exemplo de vida.

A tia Maria para quem, por inúmeras vezes, eu sempre pedia caronas e a Gi, pela preocupação e pelos momentos de descontração.

A toda a minha família, pelos bons momentos.

A Liz, pela orientação com o trabalho em todas as suas etapas, pela dedicação, prestatividade, pela ajuda em campo e por me fazer acreditar que tudo ia dar certo. E ao seu namorado, Patrick, pela grande ajuda com os problemas que sempre surgiam com o Spring, ArcGis e Fragstat e que ele sempre solucionava.

A Zezé pela oportunidade de realizar este trabalho.

A Karen, Débora Najara (Dé), Laura, Flávia e Mayara pelas tantas vezes que tornaram o caminho da facul para a casa em Rio Claro mais divertido.

A Dé pela amizade, companhia, por ter dividido comigo as angústias, preocupações e conquistas durante a realização de todo este trabalho e pela ajuda em campo.

Ainda a Karen, Mayara e Lígia pela amizade e companhia.

A todas as pessoas que me fizeram companhia em diversos trabalhos e com quem convivi mais de perto esses anos.

A todos que mesmo na torcida contra me fizeram forte para seguir em frente.

A Leili e a Ju, companheiras de casa.

Ao Sean pela ajuda em campo de reconhecimento da paisagem das áreas estudadas.

Ao Milton pela disponibilidade em ajudar sempre e pelas imagens passadas que serviram de base para este estudo.

A Dona Juraci pela energia positiva.

As caronas, aos taxistas e a todos motoristas que toda semana me transportavam com segurança entre Catanduva e Rio Claro. E também, ao pessoal da Funilaria e Pintura Tatu, que durante esses quatro anos encheram os pneus da minha bicicleta.

A todos os professores que pouco a pouco foram complementando e adicionando conhecimentos ao longo destes anos.

As bibliotecárias Ângela, Vívica e Cristina pela prestatividade em ajudar com as normas adequadas para formatação do trabalho.

A turma de 2008, pela companhia diária e por me fazer enxergar o espírito coletivo.

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra se fizeram presentes nestes quatro anos.

“O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem. O que Deus quer é ver a gente aprendendo a ser capaz de ficar alegre a mais!” (Guimarães Rosa – Grande Sertão Veredas)

“Estar assim, sentir assim,  
um turbilhão de sensações dentro de mim”  
(Paula Fernandes)

“Devagarinho  
É que a gente chega lá  
Se você não acredita  
Você pode tropeçar...  
E tropeçando  
O seu dedo se arrebenta  
Com certeza não se agüenta  
E vai me xingar...  
É devagar!  
É devagar!  
É devagar é devagar  
Devagarinho!”  
(Martinho da Vila)

“Tudo passa, tudo passará...  
E nossa história não estará pelo avesso  
Assim, sem final feliz.  
Teremos coisas bonitas pra contar.  
E até lá, vamos viver  
Temos muito ainda por fazer  
Não olhe pra trás  
Apenas começamos.  
O mundo começa agora  
Apenas começamos.”

(Dado Villa-Lobos/ Renato Russo/ Marcelo Bonfá)

## RESUMO

O cerrado é o segundo bioma mais representativo do Brasil, correspondendo a 23% do território brasileiro. É considerado um hotspot de biodiversidade, apresentando-se bastante ameaçado. Sua devastação é devido, principalmente, ao avanço das culturas agroindustriais de grande mercado. Sabe-se da importância da polinização para a reprodução de inúmeras espécies vegetais. Neste contexto, as abelhas desempenham um papel fundamental devido à sua dependência e especialização na coleta de recursos florais. Mas, estas também requerem locais propícios à nidificação. Além da destruição do hábitat através da fragmentação, a composição da paisagem que permeia fragmentos de vegetação nativa pode influenciar a diversidade apícola e afetar de forma diferente as espécies de acordo com seu hábito de nidificação e alimentação. É fato que as espécies mais especializadas tornam-se mais vulneráveis às alterações ambientais por apresentarem exigências particulares e pouca plasticidade na obtenção de recursos. A fim de analisar a interação entre diversidade de abelhas e Ecologia da Paisagem, foram selecionados dois levantamentos de fauna apícola (Itirapina – SP e Pirassununga – SP). Para isso foram elaborados mapas de uso e ocupação do solo através do SPRING 5.1.7 e, posteriormente, gerados os índices de Ecologia de Paisagens selecionados para o estudo com o auxílio do aplicativo FRAGSTATS 2.0. As espécies coletadas em ambas as áreas foram separadas em guildas funcionais de forrageamento e nidificação. A área de estudo de Itirapina foi sub-dividida em 13 classes de uso e ocupação da paisagem e a área de estudo de Pirassununga foi sub-dividida em 7 classes, conforme as características presentes em cada área. Entretanto, foi dado destaque às três principais classes de estudo: remanescentes florestais, uso antrópico e água para Itirapina e apenas remanescentes florestais e uso antrópico para Pirassununga. Ambas as regiões apresentaram-se com remanescentes florestais bastante fragmentados, assim, os fragmentos apresentam pequenas áreas, alta densidade de borda e boa conectividade que se deve aos fragmentos pertencerem, em sua maioria, às matas ciliares. A presença de homogêneos reflorestamentos de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., a área do fragmento, o isolamento entre os mesmos e a presença de uma paisagem mais heterogênea foram fatores determinantes para a diversidade apícola encontrada.

Palavras-chave: abelhas, ecologia, paisagem, diversidade, fragmentação, cerrado

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. Cerrado.....	10
1.2. Plantas tropicais e polinização.....	11
1.3. As alterações ambientais e as abelhas.....	14
1.4. O uso da Ecologia da Paisagem como ferramenta em estudos de conservação.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.1. Material.....	21
2.1.1. Caracterização das áreas de estudo.....	21
2.1.2. Mapeamento do uso e ocupação do solo.....	24
2.2. Metodologia.....	25
2.2.1. Mapeamento.....	25
2.2.2. Organização das informações sobre as abelhas coletadas nas duas áreas de estudo.....	27
3. RESULTADOS.....	28
3.1. Caracterização da paisagem.....	28
3.2. Guildas de abelhas presentes nas duas áreas estudadas.....	36
3.2.1. Identificação das guildas de abelhas coletadas em Itirapina – SP.....	37
3.2.2. Identificação das guildas de abelhas coletadas em Pirassununga – SP.....	39
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	44
5. REFERÊNCIAS.....	54

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Cerrado

O cerrado é o segundo bioma mais representativo do Brasil, com cerca de dois milhões de quilômetros quadrados, correspondendo a 23% do território brasileiro (IBGE, 2004). Atualmente, encontra-se bastante fragmentado e degradado, devido, principalmente, ao avanço da urbanização e da agropecuária, ocupando apenas 1% da área do estado de São Paulo, onde já ocupou 14% da área total (DURIGAN et al., 2011). Apenas 18% dos seus remanescentes atuais no estado estão inseridos em Unidades de Conservação e Reservas Legais (FIORI; FIORAVANTI, 2001). É também considerado um hotspot de biodiversidade (DURIGAN et al., 2011).

O cerrado apresenta diferentes fisionomias que variam de vegetação rasteira e esparsa a formação florestal, com árvores que variam de oito a 15 metros de altura (FIORI; FIORAVANTI, 2001). São descritos 11 tipos de vegetação para esse bioma, agrupados em formações florestais - Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão; formações savânicas – Cerrado sensu stricto, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda; e, formações campestres – Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre (RIBEIRO; WALTER, [2007?]).

A grande diversidade de animais e plantas encontrada no cerrado está intimamente ligada a sua heterogeneidade espacial, ou seja, diferentes ecossistemas que variam no sentido horizontal (MACHADO et al., 2004).

Também, concentra as nascentes das principais bacias hidrográficas do país, além de inúmeras espécies endêmicas (FIORI; FIORAVANTI, 2001). Apresenta 4400 espécies de plantas, 14 de mamíferos, 17 de aves, 33 de répteis, 28 de anfíbios e 200 de peixes, todas endêmicas (BIODIVERSITY, 2007).

O Cerradão apresenta características esclerófilas e xeromórficas, agrega espécies do Cerrado sensu stricto, da Mata Seca Semidecídua e da Mata de Galeria não-inundável. Floristicamente é mais semelhante ao Cerrado sensu stricto, mas fisionomicamente é uma floresta. Essa formação florestal apresenta dossel contínuo e sua cobertura arbórea pode variar de 50 a 90% entre as estações chuvosa e seca. As plantas apresentam padrão semidecíduo e a altura das árvores varia de oito a 15 metros, o que permite, devido à variação da luminosidade, a presença de espécies arbustivas e herbáceas. Dependendo da fertilidade do

solo, o Cerradão pode ser classificado em Cerradão Distrófico (baixa fertilidade) ou Cerradão Mesotrófico (fertilidade moderada), apresentando espécies características. De modo geral, seus solos são profundos, bem drenados, ligeiramente ácidos e de baixa a média fertilidade, sendo, na maioria das vezes, Latossolo Vermelho ou Latossolo Vermelho Amarelo e, em algumas vezes, Cambissolo Distrófico (RIBEIRO; WALTER, [2007?]).

O cerrado vem sofrendo significativamente com a intervenção humana nas três últimas décadas (JEPSON, 2005). No período de 1985 a 1993, foi estimada uma taxa de perda em área para o cerrado de 1,5% ao ano. Já entre 1993 e 2002, foi estimada uma taxa mais reduzida, de 0,67% ao ano, totalizando, até 2002, uma perda de 54,9% da área original, o que corresponde a cerca de 1,58 milhões de hectares. Uma projeção futura, seguindo uma média entre as taxas apresentadas, sugere que o cerrado desapareceria em 2030 (MACHADO et al., 2004). O cerrado no estado de São Paulo vem sendo degradado para dar espaço às culturas agroindustriais de grande mercado (CARMO; COMITRE, 2002). Até o ano de 1985, a principal causa de desmatamento foi a abertura de áreas para criação de gado de corte, desde então até 2004, foi o aumento das áreas destinadas ao plantio de soja (MACHADO et al., 2004; MMA, [201-?]). Após esse período, a maior ameaça tem sido a monocultura da cana-de-açúcar (FONSECA; BRAGA, 2010).

As áreas remanescentes constituem poucas e, na grande maioria das vezes, pequenas áreas (CARMO; COMITRE, 2002).

## **1.2. Plantas tropicais e polinização**

Sabe-se que 90% das árvores tropicais dependem de animais polinizadores para completarem sua reprodução (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Há cerca de 20.000 espécies de abelhas conhecidas no mundo e só no estado de São Paulo, mais de 720 dependem das flores para sua sobrevivência e reprodução, uma vez que essas têm as plantas como fonte de pólen (rico em proteínas), néctar (rico em açúcares), resinas florais (utilizadas na construção de ninhos), lipídios voláteis (perfumes florais) e óleos florais voláteis (utilizados na marcação de território e acasalamento) (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; KERR, 1998; SCHLINDWEIN, 2004; SILVA, 2006).

Já foram coletadas 809 espécies de abelhas silvestres no cerrado, destas, 420 são restritas ao bioma e várias são endêmicas (DINIZ; MORAIS; GONÇALVES, [20--?]). Gaglianone et al. (2011) registraram em seu trabalho que 86% das espécies de abelhas

coletoras de óleo metade das espécies de Centridini coletadas foram encontradas exclusivamente no cerrado, evidenciando a importância do bioma. Além do mais, aproximadamente 30% das árvores do cerrado apresentam ocos, dos quais cerca de metade são usados pelas abelhas para construção de seus ninhos (KERR, 1998).

A polinização é essencial para a reprodução sexuada das plantas, pois garante a manutenção da variabilidade genética entre os vegetais (IMPERATRIZ-FONSECA, [200-]).

A polinização cruzada, realizada pelos animais que voam, se dá quando as plantas encontram-se em manchas restritas ou mesmo quando encontram-se bastante dispersas no ambiente (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005).

Polinizadores são diferentes de visitantes florais, uma vez que polinizadores efetivos depositam grãos de pólen no estigma de plantas co-específicas. Assim, deve haver fidelidade floral, transferência de grão de pólen, contato com os estigmas e visita entre indivíduos de uma mesma espécie (SCHLINDWEIN, 2004).

As visitas das abelhas às plantas promovem a transferência de grãos de pólen entre flores, pois ao voar de flor em flor, o grão de pólen adere-se à abelha e pode ser depositado no estigma de outra flor, promovendo a polinização e podendo promover a fecundação cruzada. (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; WIESE, 1995).

A polinização por abelhas, em geral, é valiosa para a preservação e perpetuação de espécies vegetais que delas dependem para sua reprodução, devido, principalmente à fidelidade em suas visitas, por evitar o acúmulo e desperdício de pólen, por sua atividade de forrageamento ser maior que a de outros insetos e, sobretudo, por sua dependência em relação aos recursos florais (WIESE, 1995). As abelhas constituem-se nos principais agentes polinizadores de uma ampla gama de espécies vegetais, tanto em ambientes naturais como agrícolas (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010; MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006).

É fato que flores bem polinizadas produzem frutos de melhor peso e qualidade e um número maior de sementes, além da formação de frutos e sementes férteis que mantêm a diversidade genética (RICKETTS et al., 2008; KERR, 1998). Até mesmo algumas das espécies vegetais anemofílicas aumentam a qualidade do fruto, quantidade de sementes e uniformidade no amadurecimento do cultivo quando há polinização por abelhas (SOUZA, 2006).

As flores podem oferecer substâncias usadas pelas abelhas como alimento, para a construção do ninho ou para sua reprodução (SCHLINDWEIN, 2004). Além disso, as abelhas

também requerem locais propícios à construção de seus ninhos, como solo ou ocos de árvores e materiais específicos para nidificação, como resinas, por exemplo (MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006).

A relação entre abelhas e plantas é bastante estreita, já que a destruição das abelhas acarretará na modificação da vegetação, pois as plantas por elas polinizadas terão sua reprodução diminuída, e em breve irão desaparecer; e se as plantas utilizadas pelas abelhas desaparecerem, estas também desaparecerão, num intervalo de 15 dias a 2 meses (KERR, 1998).

Algumas abelhas apresentam morfologia ou comportamento especializado na coleta de recursos florais de difícil acesso ou específicos, essas guildas são, geralmente, compostas por espécies solitárias (SCHLINDWEIN, 2000). No Brasil, ocorrem espécies especializadas na coleta de lipídios voláteis (perfumes florais); óleos florais usados para alimentar as larvas e/ou para revestir ou impermeabilizar as células de cria (há 11 famílias botânicas que oferecem óleos florais como recursos, são elas: Calceolariaceae, Cucurbitaceae, Iridaceae, Krameriaceae, Malpighiaceae, Myrsinaceae, Orchidaceae, Plantaginaceae, Scrophulariaceae, Solanaceae e Stilbaceae); coleta de pólen por vibração e coleta de resinas florais (utilizadas na construção do ninho). Há também, espécies de abelhas oligoléticas que restringem a dieta da cria durante o armazenamento larval ao pólen de poucas espécies de planta do mesmo gênero ou família (GAGLIANONE et al., 2011; SCHLINDWEIN, 2004).

De seis a oito por cento das angiospermas possuem anteras com deiscência poricida, que requerem polinização por vibração, porém algumas espécies de Myrtaceae e Leguminosae de anteras com deiscência longitudinal também são polinizadas por vibração. Isso consiste no comportamento específico das abelhas, cuja musculatura torácica é utilizada com a finalidade de vibrar as anteras para liberar o pólen (NUNES-SILVA; HRNCIR; IMPERATRIZ-FONSECA, 2010).

As guildas de abelhas organizadas em função do comportamento de forrageamento, alimentação e nidificação constituem-se em um nível de organização adequado quando se deseja realizar o estudo de uma comunidade (CARVALHO, 2009).

Root (1967) define o termo guilda como “um grupo de espécies que exploram uma mesma classe de recursos ambientais de forma similar”.

No geral, as abelhas especializadas são polinizadores efetivos e insubstituíveis, desempenhando um papel importante na manutenção de espécies vegetais, podendo até mesmo, em alguns casos, serem consideradas polinizadores-chave. Dessa forma, as interações

entre abelhas especializadas e plantas são obrigatórias, na maioria dos casos (SCHLINDWEIN, 2004).

Entretanto, quanto maior a especialização de uma espécie de abelha em um determinado recurso, maior será sua vulnerabilidade frente às alterações ambientais, como a perda e a fragmentação de habitat, responsáveis pela diminuição dos recursos necessários à sua sobrevivência (MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006). E, como várias espécies presentes no cerrado possuem distribuição geográfica restrita, sua biodiversidade está gravemente ameaçada pela destruição de seus habitats (GOMES; MARTINS; TAMASHIRO, 2004).

### **1.3. As alterações ambientais e as abelhas**

São vários os fatores que ocasionam a diminuição das abelhas nativas, como a destruição de suas colônias; destruição do local de nidificação; empobrecimento da vegetação natural, eliminando espécies relacionadas à sua sobrevivência, e como consequência diminuindo o número de plantas em floração; urbanização; fragmentação florestal e competição com espécies exóticas (SOUZA; RODRIGUES; PINTO, 2007; MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006).

A intensificação da agricultura e a perda de habitat natural simplificam a estrutura da paisagem provocando uma diminuição no tamanho populacional de himenópteros (SOUZA, 2006). Além da fragmentação, a presença de espécies de abelhas exóticas, que apresentam grande flexibilidade ecológica e poder de competição, como *Apis mellifera*, é prejudicial à fauna de abelhas nativas (MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006).

Espécies de abelhas respondem de forma diferente às alterações ambientais devido ao hábito de nidificação apresentado. Espécies que se utilizam do solo podem ter sua população diminuída, ao passo que espécies que constroem seus ninhos em paredes, prédios e assoalhos podem apresentar aumento populacional em áreas urbanizadas, por exemplo (ZANETTE; MARTINS; RIBEIRO, 2005).

A interferência humana nos habitats naturais pode acarretar a extinção de invertebrados, que pode provocar o desaparecimento de angiospermas devido à perda da interação planta-polinizador. Com isso, haverá uma modificação na estrutura da vegetação, que conseqüentemente, desencadeará o desaparecimento de várias outras espécies que com

elas mantém relações estreitas, como peixes, anfíbios, pássaros e mamíferos (WILSON, 1987).

A fragmentação é resultado do desmatamento de áreas florestais contínuas, que ocasiona o isolamento de parcelas de floresta de tamanhos variados que ficam inseridos numa área perturbada (DELAMÔNICA; LAURANCE; LAURANCE, 2001).

De acordo com Fahrig (2003) a fragmentação pode diminuir a extensão de habitat original, aumentar o número de fragmentos de habitat, diminuir o tamanho dos fragmentos e aumentar o isolamento entre os mesmos.

A fragmentação da vegetação nativa, além de influenciar a abundância e diversidade de insetos também modifica as interações dos mesmos com outros organismos. O isolamento e a fragmentação trazem como consequência mudanças na estrutura da vegetação, uma vez que rompem os processos biológicos que contribuem com a manutenção da biodiversidade e com o funcionamento dos ecossistemas, como a polinização, por exemplo, contribuindo para a perda de biodiversidade e aumento da taxa de extinção das espécies (DIDHAM et al., 1996).

Os polinizadores têm sido diretamente afetados pela fragmentação, apresentando como consequências redução da abundância e riqueza de espécies e indiretamente, pela mudança de comportamento e padrão de voo (DIDHAM et al., 1996).

A perda e fragmentação de habitats reduzem as fontes de recursos disponíveis e tornam-se uma ameaça à sobrevivência das espécies, podendo afetar, inclusive, espécies de polinizadores particulares e nativas (MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006; HUNTER, 2002).

A fragmentação de ecossistemas naturais, principal consequência das perturbações antrópicas, mostra-se uma barreira à conservação da biodiversidade em paisagens bastante cultivadas (VIANA; PINHEIRO, 1998). Geralmente, a fragmentação diminui a riqueza de espécies ou promove alterações em sua composição, o que está, na maioria das vezes, relacionado com as características estruturais dos fragmentos (LEWINSOHN; FREITAS; PRADO, 2005).

Em compilação elaborada por Ferreira (2010) destaca-se que no mundo todo, a destruição e a fragmentação de áreas naturais têm alterado os padrões espaciais e a estrutura da paisagem implicando, por conseguinte, na modificação da distribuição dos habitats e na dinâmica de populações, alterando, assim, a biodiversidade. A diminuição da diversidade, o aumento da distância de isolamento entre fragmentos, assim como a diminuição do tamanho e alterações no formato dos mesmos são consequências diretas da fragmentação. É fato que as

diferentes espécies respondem de forma diferente à fragmentação de áreas naturais devido à história natural de cada uma delas, como já salientado anteriormente, sendo que as mutualísticas e especialistas são as primeiras a serem afetadas devido à diminuição ou ao isolamento do habitat, afetando, por exemplo, a interação planta-polinizador. Um fragmento, sempre se encontra inserido em uma matriz, que pode ser permeável, oferecendo recursos presentes nos habitats naturais (fragmentos) ou até mesmo oferecendo recursos adicionais influenciando assim, na conectividade entre os fragmentos ou impermeável, isolando-os. Determinadas espécies de abelhas necessitam dentro de seu raio de forrageamento de diferentes recursos para alimentação e nidificação, assim como locais para nidificação. Assim, em ecossistemas fragmentados, a diversidade de artrópodes pode estar relacionada mais com a disponibilidade de recursos do que com a área do fragmento em si, e a baixa relação entre comunidades e heterogeneidade de habitats deve ser explicada pela composição vegetal e pelos tipos de habitats encontrados.

Estudos realizados em fragmentos de áreas, solos, clima, topografia e intensidade amostral semelhantes apresentaram diferente riqueza de espécies, indicando que o histórico de perturbações é essencial na determinação da riqueza de espécies. A forma dos fragmentos também se mostra útil na avaliação da vulnerabilidade do fragmento, principalmente porque está diretamente relacionada à quantidade de bordas que um fragmento pode apresentar (VIANA; PINHEIRO, 1998).

O fluxo gênico entre fragmentos florestais está relacionado diretamente com o grau de isolamento entre eles, e assim, com a manutenção das populações naturais. Com isso, mesmo sem a redução da área, o isolamento pode ocasionar diminuição da riqueza de espécies, devido à endogamia e a problemas na polinização, dispersão e predação de sementes, que podem ainda se somar às perturbações antrópicas, como caça, extrativismo predatório e incêndios florestais. Uma alternativa para se diminuir o grau de isolamento é promover o aumento da permeabilidade da matriz (VIANA; PINHEIRO, 1998).

Uma matriz inadequada, ou seja, impermeável, entre fragmentos de habitat pode ocasionar uma profunda influência no movimento dos insetos. O tamanho e a disposição dos fragmentos na paisagem são parâmetros fundamentais para determinar a abundância e a diversidade da fauna de insetos. Os corredores conectam fragmentos de habitat isolados e aumentam a abundância e a diversidade de espécies através do aumento nas taxas de imigração. Para se analisar a conectividade entre fragmentos é necessário caracterizar a biologia das espécies assim como a estrutura da paisagem (HUNTER, 2002).

Como já dito anteriormente, o histórico de perturbações também se faz presente como fator responsável na fragmentação porque os fragmentos encontram-se inseridos num contexto. Os fragmentos não são auto-sustentáveis e sua degradação deve-se a fatores como redução da área, maior exposição ao efeito de borda, isolamento e pressão antrópica (VIANA; PINHEIRO, 1998).

O isolamento dos fragmentos (habitats), a área, a qualidade dos mesmos e o microclima também contribuem significativamente para determinar a abundância e riqueza de insetos na paisagem (HUNTER, 2002). Didham et al. (1996), afirmaram que os efeitos abióticos provocados pelo efeito de borda estão por trás das mudanças na população de insetos nos ambientes fragmentados.

Steffan-Dewenter e Tschardt (1999) estudando a composição e a riqueza de espécies de abelhas polinizadoras encontraram que com o aumento do isolamento, a composição de visitantes florais mudou, mas o número total de insetos observados não. Também observaram que a riqueza de espécies de abelhas polinizadoras diminuiu com o aumento da distância de isolamento entre fragmentos. No entanto, houve um aumento nas espécies de abelhas de corpo grande com o aumento do isolamento.

Há uma significativa relação entre o grau de perda de habitat e o grau de especialização ou generalização encontrados para algumas comunidades, implicando que tendem a permanecer espécies de polinizadores mais generalistas conforme se aumenta a perda de habitat, o que mostra a vulnerabilidade dos especialistas ao sistema, já que estes são bastante sensíveis e respondem rápido à perda de habitat (TAKI; KEVAN, 2007).

O estudo da heterogeneidade da paisagem está intimamente relacionado com a escala de trabalho, que pode ser subdividida em escalas espacial, temporal, geográfica e de percepção das espécies. Esta última aborda a percepção e/ou interação da espécie com a paisagem numa escala espacial e temporal, questionando qual o detalhamento com que uma espécie pode perceber alterações em seu habitat (METZGER, 2001).

#### **1.4. O uso da Ecologia da Paisagem como ferramenta em estudos de conservação**

A Ecologia de Paisagens apresenta duas principais abordagens: a geográfica que enfatiza o estudo de paisagens antropizadas e o planejamento da ocupação do território utilizando-se de escalas de espaço e tempo, surgiu em 1930-40 com geógrafos europeus (principalmente, Alemanha e Holanda); e, a ecológica focada na relação entre os processos

ecológicos e o contexto da paisagem, privilegiando a conservação biológica e o manejo dos recursos naturais, com escala espaço-temporal de análise que varia dependendo da percepção da espécie ou comunidade em questão, surgiu em 1980 com biogeógrafos e ecólogos norte-americanos (METZGER, 2001). Apenas em 1980-90 é que a Ecologia de Paisagens estabeleceu-se no Brasil, primeiramente com um enfoque geográfico e em 1990 apareciam os primeiros grupos de estudo influenciados pela vertente ecológica (PAESE; SANTOS, 2004 apud PIVELLO; METZGER, 2007, p. 22).

Existem várias definições empregadas para a paisagem atualmente, mas todas focam questões envolvendo aspectos naturais, antrópicos, culturais e estéticos (FERREIRA, 2010). Metzger (2001) propõe uma nova definição de paisagem: “um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas, sendo esta heterogeneidade existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”.

Ferreira (2010) em sua revisão encontrou que a paisagem pode ser compreendida como uma área espacialmente heterogênea, valendo-se de três características básicas: estrutura, função e alterações. Logo, a quantificação da estrutura da paisagem (relação espacial entre elementos inseridos na paisagem) é fundamental para estudar as funções, definidas como interações entre os elementos espaciais (transferência de energia, materiais e espécies através dos componentes do ecossistema) e as alterações, caracterizadas como mudanças na função e estrutura ao longo do tempo. Toda paisagem apresenta estrutura composta por matriz, elemento espacial que ocupa a maior extensão da paisagem; fragmentos, elementos não lineares presentes numa matriz e de composição diferente daquela ao seu redor, podendo diferir em forma, tamanho e tipo e apresentando origem natural ou antrópica; e, corredores, também de origem natural ou antrópica, que constituem faixas estreitas de composição diferente da matriz em que estão inseridos, e são úteis para o deslocamento de organismos entre outros elementos da paisagem.

Sendo assim, a nova perspectiva da Ecologia de Paisagens está relacionada com os padrões espaciais influenciando os processos ecológicos e com o reconhecimento de que a escala influencia os estudos ecológicos podendo, portanto, ser entendida como a “ecologia de interações espaciais entre as unidades da paisagem”, e para isso as contribuições da Teoria da Biogeografia de Ilhas e a Teoria de Metapopulações são imprescindíveis (METZGER, 2001). Os fragmentos florestais podem ser considerados “ilhas de diversidade” num contexto de conservação de paisagens (VIANA; PINHEIRO, 1998).

Segundo Metzger (2001), seu maior desafio é estabelecer uma teoria de mosaicos que busque explicar como os diferentes padrões de organização do espaço das unidades da paisagem podem influenciar o funcionamento das mesmas. Para isso, a Ecologia de Paisagens baseia-se no modelo de mancha-corredor-matriz, de Forman, 1995 (METZGER, 2001).

A estrutura da paisagem deve ser definida com base na composição e configuração da mesma, que podem ser quantificadas para melhor representá-la (CARRÃO; CAETANO; NEVES, 2001). Ainda de acordo com Ferreira (2010), a composição faz referência a presença ou ausência dos elementos na paisagem levando em conta apenas a abundância e variedade de elementos e não, sua distribuição no espaço. Entre as variáveis da composição, destacam-se o tamanho, formato e tipo de fragmento. Já a configuração refere-se à distribuição espacial e caracterização dos elementos da paisagem, como: localização dos fragmentos em relação aos outros elementos presentes na paisagem, o isolamento entre esses fragmentos, assim como seus padrões de vizinhança.

Ferreira (2010) ainda destaca que para que a representação de uma paisagem seja compreendida e os fatos observados tragam prognósticos, é preciso que essa seja quantificada, e para isso são usados alguns índices. Tais índices utilizados em Ecologia da Paisagem se mostram inovadores para quantificar e comparar padrões espaciais, podendo indicar diferenças entre os padrões e determinar suas relações com processos ecossistêmicos. Dessa maneira, é crescente o uso de índices e softwares em estudos que abordam a ecologia, uma vez que estes podem correlacionar a paisagem com os processos biológicos ali presentes. Há inúmeros índices em Ecologia da Paisagem, no entanto, devem ser selecionados apenas alguns que englobem, de fato, informações relevantes. A representação espacial da paisagem é feita através do geoprocessamento e consiste na coleta, armazenamento, processamento e análise dos dados. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) e o sensoriamento remoto são as duas técnicas mais triviais utilizadas em Ecologia da Paisagem devido à capacidade de caracterizar os padrões de uso do solo e cobertura da paisagem, passos essenciais para a posterior quantificação da estrutura da paisagem e a definição de seus padrões. Após a escolha da imagem e do sensor, é realizada a classificação digital da mesma, que pode ser resumida como um processo no qual grupos iguais de pixels são reunidos numa determinada classe. Esse processo pode ser realizado através de dois métodos: a classificação supervisionada e a não-supervisionada. Dessa forma, a classificação digital de imagens gera um mapa temático, que então, será utilizado para vários fins, entre eles, o estudo em Ecologia da Paisagem. A exatidão do mapa temático elaborado garantirá o sucesso da utilização dos índices de

Ecologia da Paisagem, dessa maneira, os SIGs são extremamente importantes na transformação de dados implícitos para dados explícitos. Isto pode ser exemplificado pela quantificação da estrutura da paisagem através de um mapa de uso e ocupação do solo.

Um dos softwares mais utilizados em Ecologia da Paisagem é o FRAGSTATS desenvolvido por McGarigal e Marks (1995), capaz de transformar as informações espaciais da paisagem em diversos índices e métricas da Ecologia da Paisagem. Tais métricas estão agrupadas em três categorias: métricas de fragmento, métricas de classe e métricas de paisagem (FERREIRA, 2010; CARRÃO; CAETANO; NEVES, 2001).

Os estudos que tratam do contexto espacial e os efeitos da configuração da paisagem sobre as comunidades biológicas tem se mostrado crescente na ecologia (FERREIRA, 2010). Mas, de acordo com Bronstein (1995) as interações mutualísticas entre polinizadores e plantas são muito pouco estudadas na perspectiva da paisagem.

Há inúmeros levantamentos de fauna apícola realizados no estado de São Paulo e sua existência permite propor um novo enfoque: a análise da influência da paisagem sobre a composição e diversidade de abelhas encontradas em levantamentos já existentes.

Este trabalho tem por objetivo principal discutir as possíveis relações entre a paisagem no entorno de duas áreas de cerrado preservado no estado de São Paulo, uma na Estação Experimental de Itirapina, em Itirapina - SP e outra no Campus Experimental da USP, em Pirassununga - SP, e a comunidade de abelhas existentes nestes locais. O estudo foi baseado em levantamentos de abelhas realizados nessas áreas, respectivamente, por Anacleto e Marchini (2005) e d'Ávila e Marchini (2008) nos anos de 2000/2001 e 2003/2004. Tais estudos foram escolhidos devido à proximidade temporal das coletas e pela padronização do método de coleta, baseado em Sakagami e Matsumura (1967). Também, d'Ávila e Marchini (2008) em seu artigo levantam a idéia de que a área de cerradão em Pirassununga registrou mais que o dobro de espécies que a área de cerradão em Itirapina devido, provavelmente, à ausência de condições necessárias à sobrevivência e manutenção dessas espécies no fragmento, como, por exemplo, existência de reflorestamentos de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. nas proximidades do fragmento e/ ou distância do habitat de origem, já que as áreas apresentam tamanhos similares.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Material

#### 2.1.1. Caracterização das áreas de estudo

As áreas de estudo compreendem fragmentos de cerrado, mais especificamente, cerradão em Itirapina e Pirassununga, ambas localizadas no interior do estado de São Paulo, Brasil, com 40 e 56 ha, respectivamente.

A figura 1 representa a localização das áreas de estudo de Itirapina-SP e Pirassununga - SP.

**Figura 1. Localização das áreas de estudo de Itirapina e Pirassununga – SP, representadas, respectivamente, pelos números 1 e 2.**



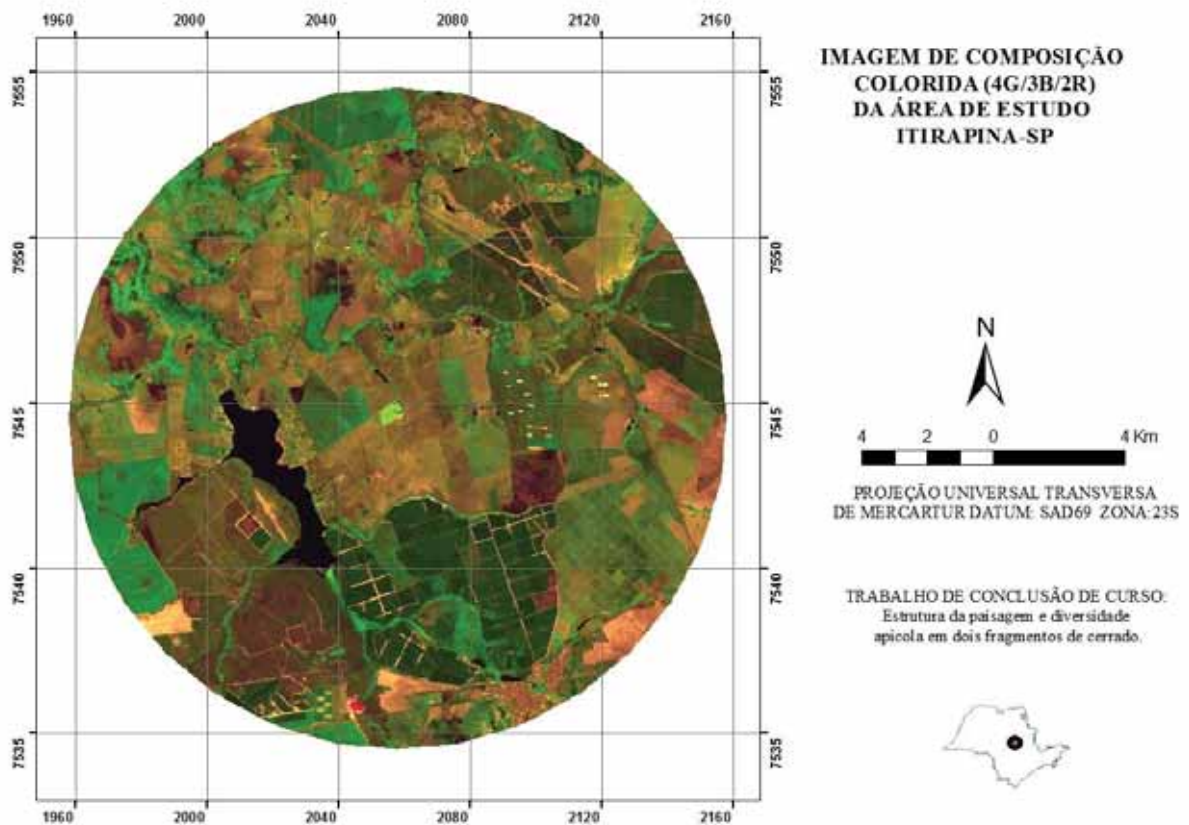
A Estação Experimental de Itirapina, situada entre os municípios de Itirapina e Brotas no estado de São Paulo, é administrada pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo e compreende uma área de 3.212,81 ha (SILVA, 2005). Está localizada entre as coordenadas 22°15'S e 47°49'W (GALLO; RUFFINO, 2010), é caracterizada por diferentes fisionomias de cerrado e é formada por 10,9% de cerrado e 89,1% de reflorestamento de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. (D'ÁVILA; MARCHINI, 2008). Do total, 1.778,5 ha são cobertos por florestas plantadas (101,4 ha com espécies de *Eucalyptus* sp. e 1.677,1 ha com espécies de *Pinus* sp.) (GALLO; RUFFINO, 2010).

O clima da região é classificado como Cwa de Köppen, sendo úmido com inverno seco, a precipitação anual média é de 1.425mm e a temperatura média é de 19,7°C (MENDONÇA et al., 2008).

Tal área constitui-se por arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e basaltos da formação Serra Geral e do Grupo São Bento. Há predomínio de Neossolos Quartzarênicos, recobrando as colinas e os patamares, mas há também ocorrência de Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelhos (SILVA, 2005).

A Figura 2 apresenta a imagem de satélite num recorte de 10 km de raio a partir do fragmento de cerrado estudado na área de Itirapina - SP.

**Figura 2. Imagem de satélite obtida pelo sensor Landsat 5 da área de estudo de Itirapina-SP, num raio de 10 km a partir do fragmento de cerrado estudado.**



A área de remanescentes de cerrado do Campus da Universidade de São Paulo (USP) abrange uma área de 2.269 ha e é ocupada por diferentes fisionomias de cerrado, áreas de cultivo e pastagem. As florestas preservadas (cerrado sensu strictu, cerradão e floresta ciliar)

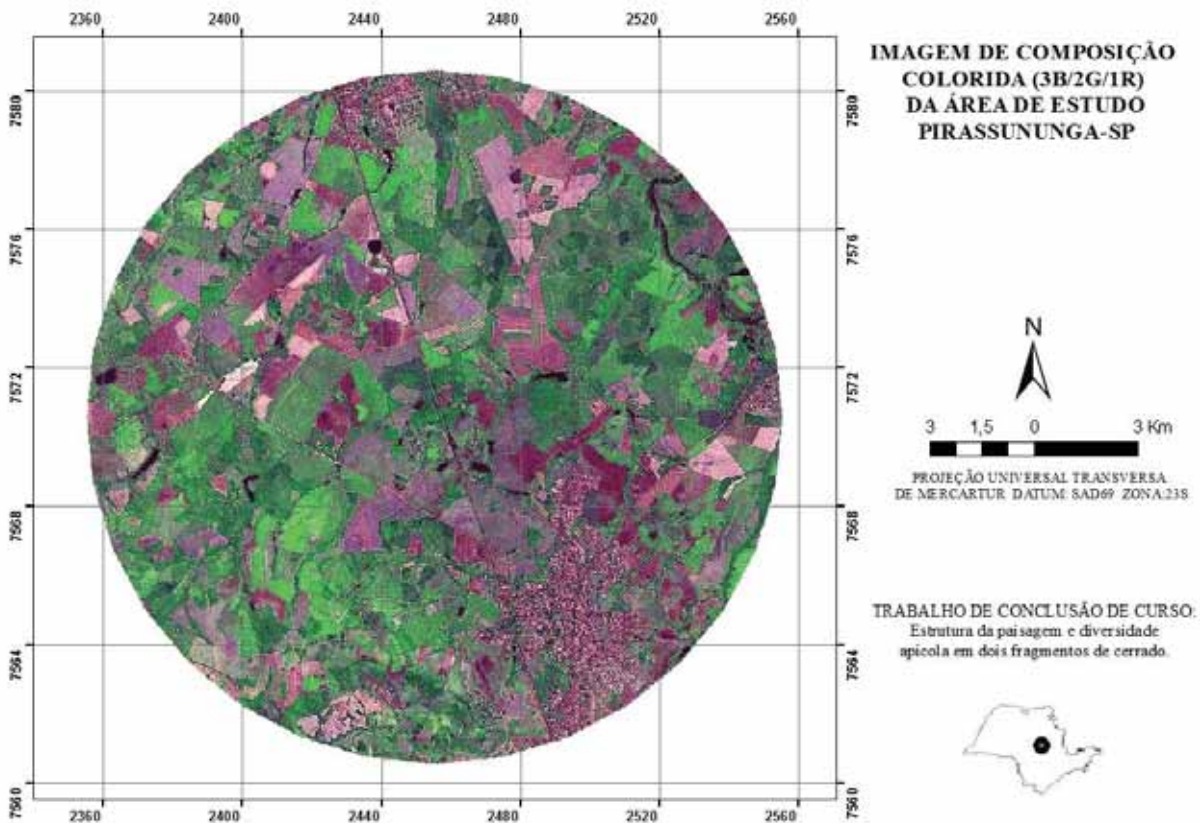
correspondem a 30% da área total, enquanto as áreas de pastagens e cultivos ocupam os 70% restantes (ANACLETO; MARCHINI, 2005).

O clima da região também é classificado como Cwa de Köppen, com inverno seco e verão chuvoso, apresentando temperatura média anual de 22°C e pluviosidade média anual de 1.200mm (ALMEIDA, 2002).

O solo do fragmento de cerrado estudado é classificado como Latossolo Vermelho-Escuro (Formação Pirassununga-Plio-Pleistoceno), com texturas que variam de barro-argiloso-arenoso (argilo-arenoso grosso e fino até solo argiloso) e a vegetação apresenta dossel com alturas variando entre 15 e 20 metros (ALMEIDA, 2002).

A Figura 3 apresenta a imagem de satélite num recorte de 10 km de raio a partir do fragmento de cerrado estudado na área de Pirassununga - SP.

**Figura 3. Imagem de satélite de Ribeiro et. al. (2009) da área de estudo de Pirassununga-SP, num raio de 10 km a partir do fragmento de cerrado estudado.**



### 2.1.2. Mapeamento do uso e ocupação do solo

Na geração dos planos de informação de uso e ocupação do solo da área de estudo de Itirapina foram empregadas imagens orbitais digitais obtidas pelo sensor TM a bordo do satélite LANDSAT-5, passagem de 15 de outubro de 2003. A imagem foi disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As bandas espectrais empregadas foram: TM-2, TM-3 e TM-4, que se referem às faixas do verde, do vermelho e do infravermelho próximo do espectro, respectivamente, e uma composição colorida ( 4G/ 3B/ 2R), e recorte do mapa de uso e cobertura do solo desenvolvido por Granzinoli (2009) que utilizou uma imagem Landsat – TM de fevereiro de 2005 com resolução de 30 metros.

Já na geração dos planos de informação de uso e ocupação do solo da área de estudo de Pirassununga foi feito um recorte da imagem orbital digital de 2006 contida no trabalho de Ribeiro et al. (2009) composta pela fusão da imagem IRS (Indian Remote Sensing Satellite) com resolução de seis metros com a imagem do LANDSAT-5 de 30 metros de resolução.

No Quadro 1 podem ser observadas as características do modo de operação do sensor TM a bordo do satélite LANDSAT-5.

**Quadro 1. Características do modo de operação do sensor TM a bordo do satélite LANDSAT-5. (INPE, 2011)**

Características	TM
Resolução espectral ( $\mu\text{m}$ )	Banda 1: 0,45 – 0,52 Banda 2: 0,52 – 0,60 Banda 3: 0,63 – 0,69 Banda 4: 0,76 – 0,90 Banda 5: 1,55 – 1,75 Banda 6: 10,40 – 12,75 Banda 7: 2,08 – 2,35
Resolução espacial	30m (bandas 1 a 5 e 7) 120m (banda 6)
Resolução radiométrica	256 níveis de cinza
Dimensão de cada imagem	185km x 185 Km
Resolução temporal	16 dias

Os softwares empregados nas atividades relacionadas ao geoprocessamento foram:

- a) *SPRING 5.1.7*: processamento digital das imagens;
- b) *ARGIS 9.0*: geração dos mapas finais;
- c) *FRAGSTATS 2.0*: análise da estrutura da paisagem da área de estudo.

## **2.2. Metodologia**

### **2.2.1. Mapeamento**

O mapa de uso e cobertura do solo desenvolvido por Granzinoli (2009) para a área de Itirapina foi recortado num raio de dez quilômetros a partir do fragmento de estudo.

Já as imagens de satélite LANDSAT-5, bandas 2, 3 e 4 de 30m de resolução espacial, referentes ao período de imageamento, foram ortorretificadas através do mosaico de imagens do sensor ETM+/Landsat 7 GeoCover. Todas as etapas de processamento digital de imagem foram realizadas no aplicativo SPRING 5.1.7 (CÂMARA et al., 1996). As imagens CCD foram registradas a partir da identificação de 12 pontos notáveis com erro inferior a um pixel, tendo como referência a cena GeoCover, resultando no Erro Médio Quadrático (RMS) inferior a 0.7 pixel. Após o registro, as imagens CCD foram realçadas com a aplicação de contraste, modelo linear e segmentadas (BINS, 1996), sendo empregada a composição G4B3R2 e os seguintes parâmetros: método crescimento de regiões, valor de similaridade igual a dez e área igual a 20. As imagens segmentadas foram classificadas com o uso do algoritmo de agrupamento não supervisionado Iseseg, com limiar de aceitação de 75%. Os temas identificados, 34 no total, foram agregados conforme as classes (remanescentes florestais, áreas antrópicas e água) presentes na área de estudo, sendo transformadas em imagem temática. As imagens foram mosaicadas entre si e recortadas de acordo com os limites de dez quilômetros de raio no entorno do fragmento de cerrado de interesse.

A imagem resultante da fusão desenvolvida por Ribeiro et al. (2009) para a área de estudo de Pirassununga também foi recortada num raio de dez quilômetros a partir do fragmento de estudo e o procedimento utilizado é idêntico ao explicado anteriormente, excetuando-se que nesta última, foi empregada a composição G2B3R1 e os seguintes parâmetros: método crescimento de regiões, valor de similaridade 10 e área igual a 20. As imagens segmentadas sofreram duas classificações. A primeira classificação utilizou o algoritmo de agrupamento não supervisionado Iseseg, com limiar de aceitação de 75%. Os temas identificados, 41 no total, foram agregados conforme as classes (remanescentes florestais e áreas antrópicas) presentes na área de estudo, sendo transformadas em imagem temática. A segunda classificação utilizou o método de classificação supervisionada Battacharya com limiar de aceitação 99,9%. Ambas as imagens foram mosaicadas entre si e recortadas de acordo com os limites de dez quilômetros de raio em torno do fragmento de

cerrado de interesse. As imagens classificadas referentes às áreas de estudo foram convertidas em matricial (30m) e exportadas no formato *TIFF* para o aplicativo Fragstats (McGARIGAL; MARKS, 1995), onde foram realizadas rotinas de cálculo da paisagem em nível de classe de fragmento (Quadro 2). Utilizou-se uma distância de 60 m para a largura de borda. A seleção das métricas e a largura da borda basearam-se no estudo de Calegari (2010). A área de estudo é uma circunferência, porém o aplicativo Fragstats utiliza como entrada de dados o valor de área retangular, dessa forma, as métricas referentes às bordas não classificadas foram desconsideradas na análise das métricas da paisagem, devido a isso, o índice de porcentagem de paisagem não totalizou 100%. Após a geração das imagens foi realizada a confirmação das classes geradas através de visita em campo.

**Quadro 2. Índices de Ecologia da Paisagem utilizados para quantificação da estrutura da paisagem das duas áreas de estudo.**

<b>Métrica</b>	<b>Sigla e intervalo (unidade)</b>	<b>Observação</b>	<b>Conseqüências</b>
Porcentagem da paisagem	$0 < PLAND < 100$ (%)	Porcentagem da paisagem composta por um tipo específico de fragmento	Aproxima-se de 0 quando a classe correspondente torna-se cada vez mais rara na paisagem
Área da classe	$CA > 0$ (ha)	Somatório da área dos fragmentos da classe	Maior valor favorece para a conservação, correspondendo a maior cobertura da paisagem pela classe
Índice do maior fragmento	$0 < LPI < 100$ (%)	Porcentagem da paisagem ocupada pelo maior Fragmento	Maior valor favorece de dispersores, polinizadores e propágulos, abastecendo fragmentos menores
Número de fragmentos	$NP > 1$ (adimensional)	Número total de fragmentos da classe	Maior valor indica maior fragmentação da paisagem
Densidade de bordas	$ED > 0$ (m/ha)	Comprimento total de bordas dividido pela área total da paisagem	Maior valor implica em maior área de borda no local de estudo

Índice de forma médio	SHAPE_MN > 1 (adimensional)	Valor médio do índice de forma dos fragmentos da Classe	Valor menor indica fragmento de forma simples, benéfico para a conservação
Área central total	TCA > 0 (ha)	Soma das áreas centrais de toda a classe (borda= 60 m)	Valor maior indica melhor qualidade da paisagem, uma vez que corresponde a área total do habitat preservado dentro dos fragmentos
Número de áreas centrais	NDCA > 0 (adimensional)	Número total de áreas centrais disjuntas da referida classe	Apesar de corresponder a área preservada dentro dos fragmentos, seu aumento significa o aumento da fragmentação florestal
Índice de área central médio	0 < CAI_MN < 100 (%)	Porcentagem média da classe que é área central	Valor menor indica maior de borda, maléfico à conservação
Distância média do vizinho mais próximo	ENN_MN > 0 (m)	Valor médio do vizinho mais próximo dos fragmentos da classe	Valor menor favorece para a aglutinação dos fragmentos, favorecendo ao fluxo gênico
Índice de agregação	0 ≤ AI ≤ 100 (adimensional)	Agrupamento de uma classe	Quanto mais próximo de 100, maior será a agregação e compactação dos fragmentos num único fragmento
Índice de coesão de fragmentos	COHESION > 0 (adimensional)	Conectividade física de uma classe	Quanto maior o valor maior a conectividade da classe na paisagem

---

**(Modificado de CALEGARI et al, 2010)**

### ***2.2.2. Organização das informações sobre as abelhas coletadas nas duas áreas de estudo***

Para um entendimento completo da estruturação funcional das espécies de abelhas presentes nesses fragmentos de cerrado, foi realizado um agrupamento das espécies apícolas por guildas funcionais para cada fragmento estudado. As guildas em questão foram agrupadas segundo o tipo de nidificação: em solo, cavidades pré-existentes, ocos de árvores, escavação em madeira (trancos) ou escavação em ramos com medula mole, e separadas, segundo

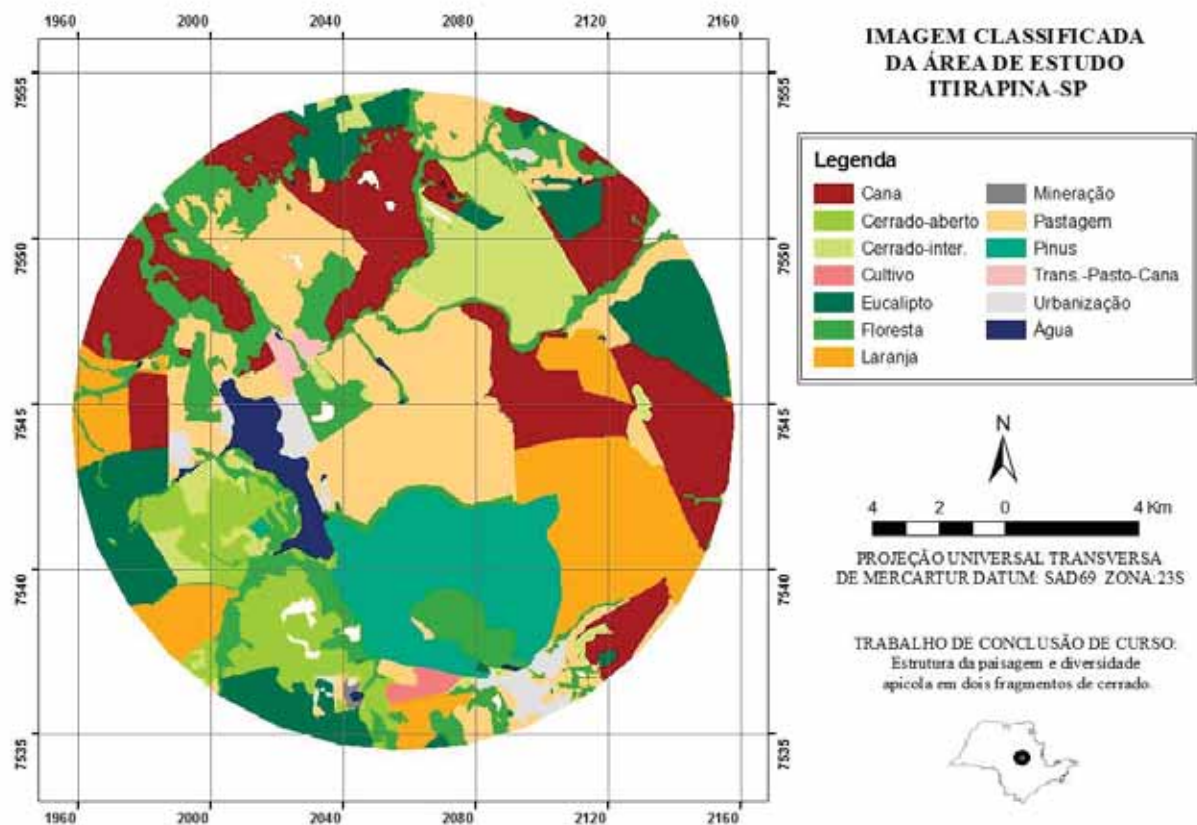
Schlindwein (2004), em abelhas especializadas na coleta de óleo, coleta de pólen por vibração e coleta de resinas florais. Essas informações deram suporte à discussão dos possíveis efeitos da composição e configuração da paisagem sobre a constituição da fauna apícola, já que as imagens utilizadas são de anos próximos aos anos em que as coletas foram realizadas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Caracterização da paisagem

Granzinoli (2009) registrou 13 classes de uso e ocupação da área de estudo de Itirapina-SP: formação florestal, cerrado aberto, cerrado intermediário, eucalipto, *Pinus* sp., pastagem, laranja, cana-de-açúcar, outros cultivos, transição cana-pasto, água, urbanização e mineração, que estão apresentadas na Figura 4.

Figura 4. Classificação de uso e ocupação do solo da paisagem de Itirapina - SP



Os valores calculados para os índices de paisagem em todas as classes encontradas estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Índices da paisagem para caracterização da região de Itirapina - SP.**

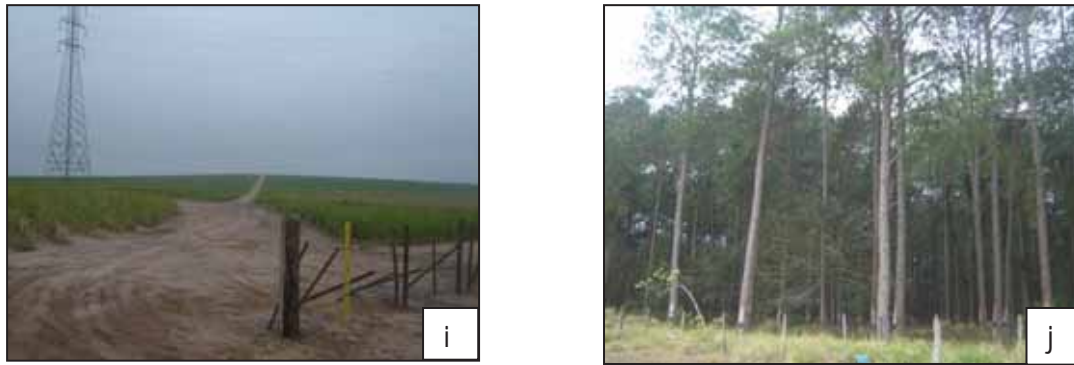
Classes	CA (ha)	PLAND (%)
Cerrado aberto	1776,06	5,7644
Cerrado intermediário	2306,07	7,4846
Formação florestal	4214,7	13,679
Transição cana-pasto	162	0,5258
Pastagem	5695,83	18,487
<i>Pinus</i> sp.	2689,92	8,7305
Eucalipto	2952,45	9,5825
Laranja	3409,65	11,066
Cana-de-açúcar	5778,63	18,755
Outros cultivos	138,87	0,4507
Água	636,75	2,0666
Área urbana	612,72	1,9887
Mineração	27,99	0,0908

A região estudada é composta de aproximadamente 1776 ha e 5,76% de cerrado aberto, 2306 ha e 7,48% de cerrado intermediário, 4215 ha e 13,68% de formação florestal, totalizando 26,928% da paisagem e 8296,83 ha da região analisada, 162 ha e 0,53% de transição cana-pasto, 5696 ha e 18,49% de pastagem, 2690 ha e 8,73% de *Pinus* sp., 2952 ha e 9,58% de eucalipto, 3410 ha e 11,07% de laranja, 5779 ha e 18,76% de cana-de-açúcar, 139 ha e 0,45% de outros cultivos, 637 ha e 2,07% de água, 613 ha e 1,99% de área urbana e, por fim, 28 ha e 0,09% de mineração.

Com o intuito de confirmar as classes encontradas no estudo de Granzinolli (2009) foi realizado um campo na área de estudo que permitiu confirmar a presença de tais classes. A Figura 5 apresenta uma seleção de fotos resultantes do campo contendo algumas dessas classes.

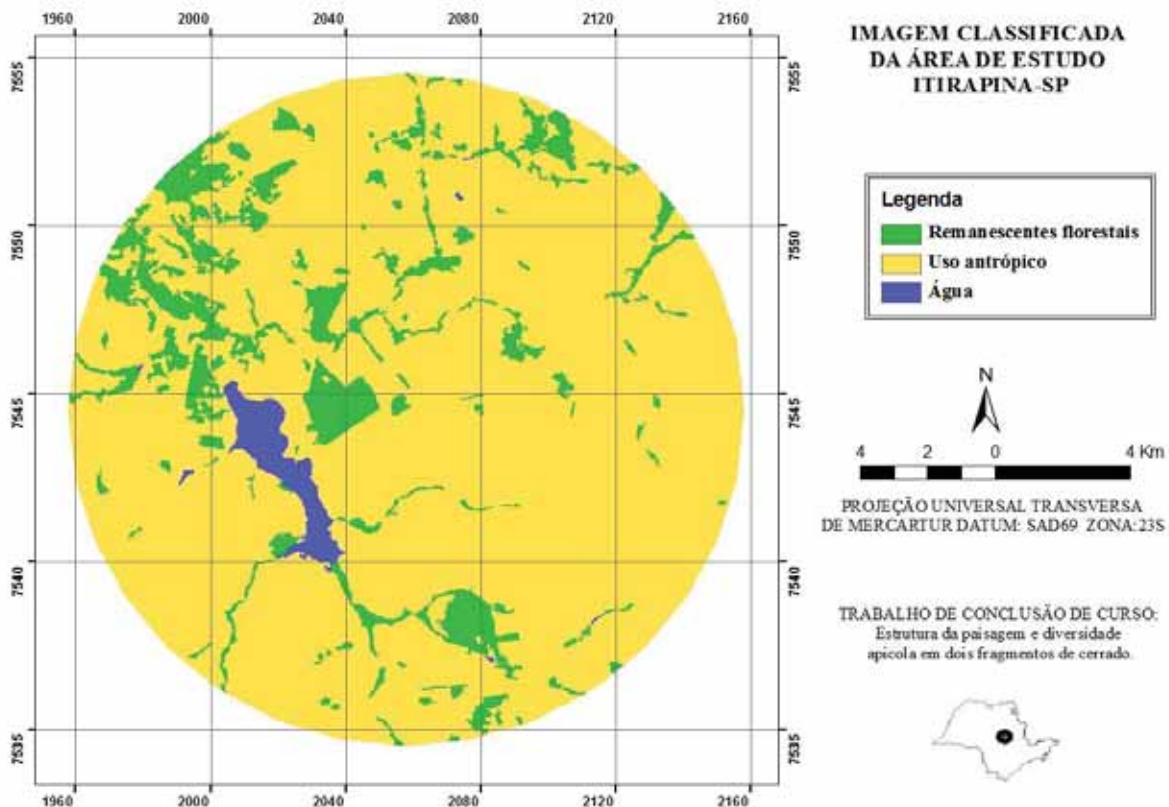
Figura 5. Fotos das diferentes classes de paisagens encontrada na região Itirapina-SP; (a) e (b) feições de cerrado; (c) pastagem e *Pinus sp.*; (d) *Pinus sp.*; (e) água; (f) cerrado; (g) cana-de-açúcar; (h) laranja e remanescentes; (i) cana-de-açúcar e (j) *Eucalyptus sp.*





Para uma melhor discussão acerca da fragmentação da vegetação e da influência antrópica sobre a diversidade apícola encontrada na área de estudo de Itirapina-SP, foram selecionadas apenas três classes: remanescentes florestais (incluindo matas ciliares e diferentes fisionomias do cerrado), uso antrópico (área urbana e os diferentes tipos de cultivo) e água, seguindo uma metodologia diferente da realizada por Granzinoli (2009), por isso são encontradas divergências no resultado dos índices CA e PLAND. A Figura 6 apresenta o mapeamento da paisagem considerando apenas estas três classes.

**Figura 6. Mapeamento da paisagem do entorno do fragmento de estudo de Itirapina-SP nas classes remanescentes florestais, uso antrópico e água.**



Os valores dos índices calculados para cada classe estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2. Índices da paisagem para caracterização da fragmentação florestal.**

<b>Classe</b>	<b>CA</b>	<b>PLAND</b>	<b>NP</b>	<b>LPI</b>	<b>ED</b>
Remanescentes florestais	3349,62	8,3657	124	1,0699	12,8302
Uso antrópico	27303,84	68,1917	12	67,9687	15,0682
Água	591,21	1,4766	7	1,424	0,8392

**Continuação:**

<b>SHAPE_MN</b>	<b>TCA</b>	<b>NDCA</b>	<b>CAI_MN</b>	<b>ENN_MN</b>	<b>COHESION</b>	<b>AI</b>
2,0851	1616,31	175	18,1782	257,6869	96,7458	88,9561
2,1677	24786,99	45	17,9431	98,5614	99,9623	98,4976
1,751	467,01	3	14,2816	1841,7261	98,5799	96,9403

Os remanescentes florestais apresentam área de classe (CA) igual a 3349,62 ha, porcentagem da paisagem (PLAND) igual a 8,37%, 124 fragmentos, índice do maior fragmento (LPI) de 1,07%, densidade de bordas (ED) igual a 12,83 m/ha, índice de forma médio (SHAPE\_MN) de 2,09, área central total (TCA) de 1616,31 ha, número de áreas centrais (NDCA) igual a 175, índice de área central médio (CAI\_MN) de 18,18%, distância média do vizinho mais próximo (ENN\_MN) de 257,69 m, índice de coesão de fragmentos (COHESION) de 96,75 e índice de agregação (AI) de 88,96.

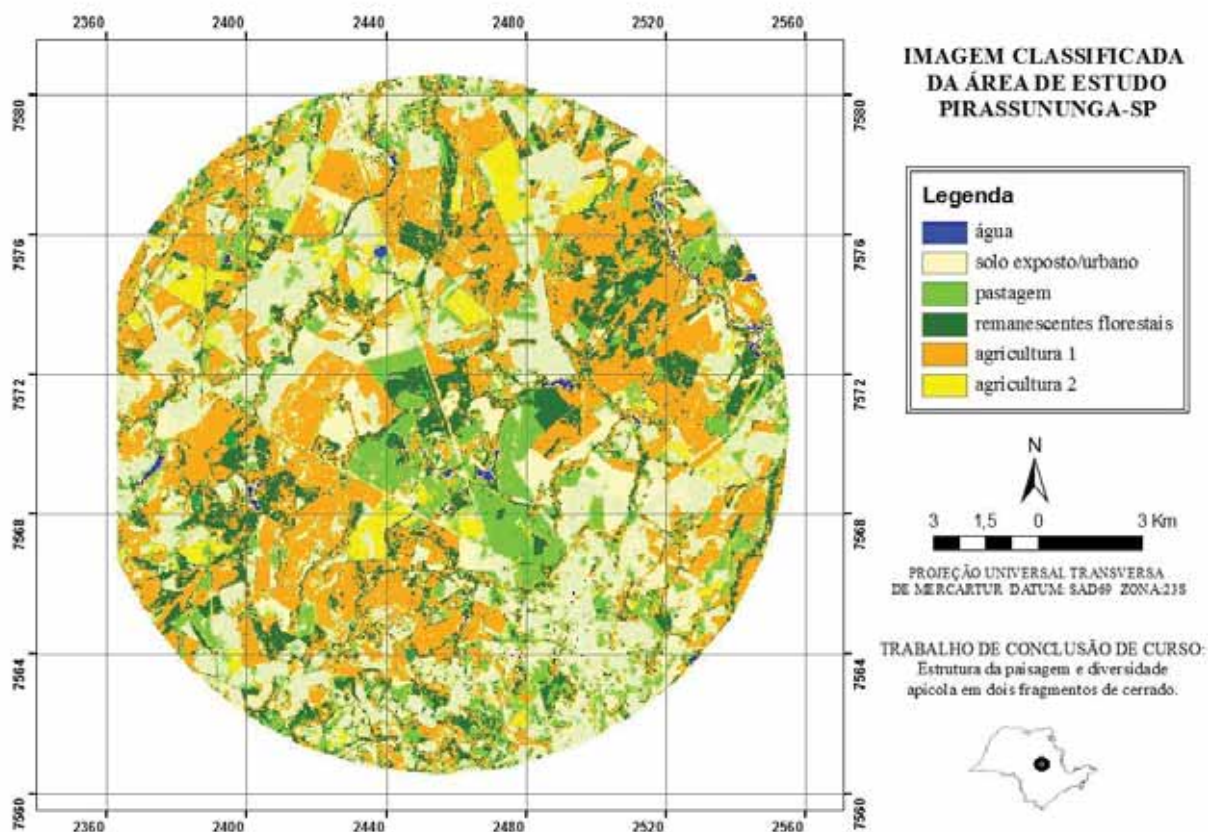
Já a classe uso antrópico apresenta CA igual a 27303,84 ha, PLAND igual a 68,19%, 12 fragmentos, LPI de 67,97%, ED igual a 15,07 m/ha, SHAPE\_MN de 2,17, TCA de 24786,99 ha, NDCA igual a 45, CAI\_MN de 17,94%, ENN\_MN de 98,56 m, COHESION de 99,96 e AI de 98,50.

E a classe água apresenta CA igual a 591,21 ha, PLAND igual a 1,48%, sete fragmentos, LPI de 1,43%, ED igual a 0,84 m/ha, SHAPE\_MN de 1,75, TCA de 467,01 ha, NDCA igual a três, CAI\_MN de 14,28%, ENN\_MN de 1841,73 m, COHESION de 98,58 e AI de 96,94.

Para a área de estudo de Pirassununga – SP foram registradas sete classes de uso e ocupação do solo, são elas: água, agricultura 1 (cultivos temporários, como cana-de-açúcar), agricultura 2 (cultivos perenes, como laranja, *Pinus* sp., *Eucalyptus* sp.), pastagem, remanescentes vegetais, solo exposto e por fim, área urbana, estradas e uso agrícola

remanejado foram agrupados em uma mesma classe. Tais classes estão apresentadas na Figura 7.

**Figura 7. Classificação de uso e ocupação do solo da paisagem de Pirassununga-SP.**



A Tabela 3 apresenta os índices de paisagem calculados para todas as classes encontradas.

**Tabela 3. Índices da paisagem para caracterização da região de Pirassununga - SP.**

Classes	CA	PLAND
Água	46,71	0,1167
Agricultura 1	2073,87	5,1795
Agricultura 2	266,04	0,6644
Pastagem	960,39	2,3986
Remanescentes	1098,36	2,7432
Solo exposto	814,14	2,0333
Área urbana, estradas e uso agrícola remanejado	34779,96	86,86

Através do cálculo dos índices de área da classe e porcentagem da paisagem, tem-se que a região estudada apresenta aproximadamente 47 ha e 0,12% de água, 2074 ha e 5,18% de agricultura 1, 266 ha e 0,66% de agricultura 2, 960 ha e 2,40% de pastagem, 1098 ha e 2,74% de remanescentes, 814 ha e 2,03% de solo exposto, 34780 ha e 86,86% de área urbana mais estradas mais uso agrícola remanejado.

A figura 8 apresenta algumas fotos das classes de uso e ocupação do solo da área estudada obtidas em atividade de campo.

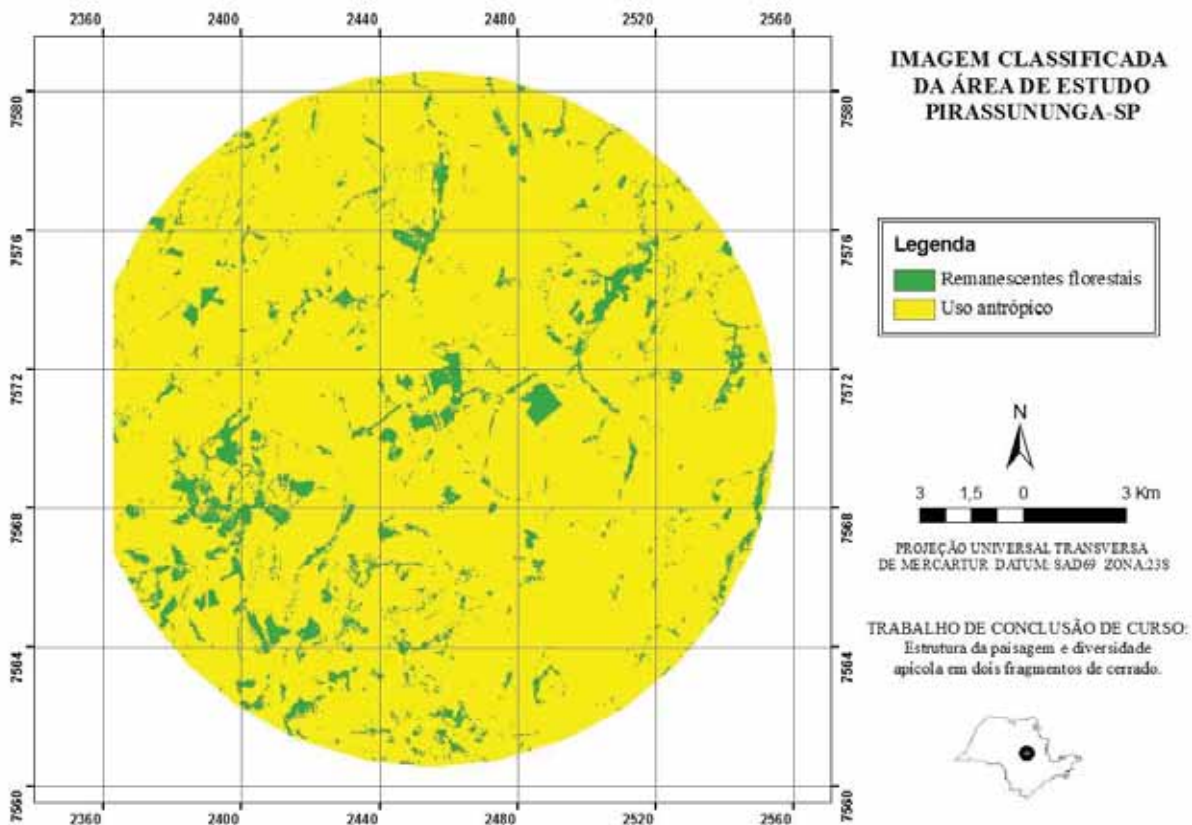
**Figura 8. Fotos das diferentes classes de paisagens encontrada na região Itirapina-SP; (a)sorgo e algodão; (b) pastagem; (c)remanescentes; (d) eucalipto; (e)cana-de-açúcar; (f) cana-de-açúcar e (g) (h) cerrado.**





A fim de melhor discutir acerca da fragmentação da vegetação e da influência antrópica sobre a diversidade apícola encontrada, foram selecionadas apenas duas classes de estudo: remanescentes florestais (incluindo matas ciliares e diferentes fisionomias do cerrado) e uso antrópico (área urbana e os diferentes tipos de cultivo). Como a metodologia difere da realizada na imagem anterior são encontradas divergências nos valores dos índices CA e PLAND. A Figura 9 apresenta o mapeamento da paisagem considerando apenas estas duas classes: remanescentes florestais e uso antrópico.

**Figura 9. Mapeamento da paisagem do entorno do fragmento de estudo de Pirassununga-SP nas classes remanescentes florestais e uso antrópico.**



A Tabela 4 apresenta os valores dos índices da paisagem calculados para as classes remanescentes florestais e uso antrópico.

**Tabela 4. Índices da paisagem para caracterização da fragmentação florestal.**

<b>Classe</b>	<b>CA</b>	<b>PLAND</b>	<b>NP</b>	<b>LPI</b>	<b>ED</b>
Remanescentes florestais	2523,6	6,3	1507	0,3657	24,8415
Uso antrópico	28278,4	70,62	179	70,3545	26,4869

**Continuação:**

<b>SHAPE_MN</b>	<b>TCA</b>	<b>NDCA</b>	<b>CAI_MN</b>	<b>ENN_MN</b>	<b>COHESION</b>	<b>AI</b>
1,338	462,6	216	1,0869	111,4034	90,8055	70,8512
1,1678	23833,8	81	0,7262	68,3436	99,9628	97,3398

Os remanescentes florestais apresentam área de classe (CA) igual a 2523,6 ha, porcentagem da paisagem (PLAND) igual a 6,3%, 1507 fragmentos, índice do maior fragmento (LPI) de 0,37%, densidade de bordas (ED) igual a 24,84 m/ha, índice de forma médio (SHAPE\_MN) de 1,338, área central total (TCA) de 462,6 ha, número de áreas centrais (NDCA) igual a 216, índice de área central médio (CAI\_MN) de 1,09%, distância média do vizinho mais próximo (ENN\_MN) de 111,40 m, índice de coesão de fragmentos (COHESION) de 90,8 e índice de agregação (AI) de 70,9.

Já a classe uso antrópico apresenta CA igual a 28278,4 ha, PLAND igual a 70,62%, 179 fragmentos, LPI de 70,35%, ED igual a 26,49 m/ha, SHAPE\_MN de 1,17, TCA de 23833,8 ha, NDCA igual a 81, CAI\_MN de 0,73%, ENN\_MN de 68,34 m, COHESION de 99,96 e AI de 97,3.

### **3.2. Guildas de abelhas presentes nas duas áreas estudadas**

Root (1967) define o termo guilda como “um grupo de espécies que exploram uma mesma classe de recursos ambientais de forma similar”, sem esquecer que uma mesma espécie pode fazer parte de mais de uma guilda, assim como uma mesma guilda pode estar representada em várias comunidades. Mas para isto, deve haver uma diferença mínima na exploração dos recursos entre as espécies para que não ocorra exclusão competitiva (ROOT, 1967).

A separação das abelhas em guildas de alimentação e nidificação é bastante útil quando se deseja realizar o estudo de uma comunidade (CARVALHO, 2009).

O trabalho de Almeida (2002) apresenta a separação das espécies de abelhas coletadas em tribos e foi tomado como base para a separação das abelhas coletadas por d'Ávila e Marchini (2008) em tribos. Após isso, as espécies presentes nos dois estudos foram agrupadas em guildas de nidificação e de especificidade na coleta de recursos florais como proposto por Schlindwein (2004) para coleta de óleo, resinas e pólen por vibração.

### 3.2.1. Identificação das guildas de abelhas coletadas em Itirapina-SP

O Quadro 3 apresenta as espécies de abelhas coletadas por d'Ávila e Marchini (2008) separadas em guildas de nidificação e de especialização quanto a coleta de recursos florais.

**Quadro 3. Guildas em relação a sítios de nidificação e especialização quanto a coleta de recursos florais de espécies de abelhas coletadas em área de cerrado em Itirapina – SP nos anos de 2003/2004.**

Espécies	Sítios de nidificação			Especialistas quanto à coleta de recursos florais		
	Cavidade pré-existente	Oco de árvore	Solo	Coletoras de óleo	Coletoras de pólen por vibração	Coletoras de resinas florais
<i>Augochlora faxiana</i>			X		X	
<i>Augochloropsis</i> sp. 1			X		X	
<i>Augochloropsis</i> sp. 2			X		X	
<i>Augochloropsis</i> sp. 3			X		X	
<i>Apis mellifera</i>		X				
<i>Centris</i> sp.			X	X	X	
<i>Ceretalictus theius</i>			X		X	
<i>Exomalopsis</i> ( <i>Exomalopsis</i> ) sp.			X		X	
<i>Paratetrapedia</i> sp.	X		X		X	
<i>Scaptotrigona</i> sp.		X				X
<i>Tetrapedia rugulosa</i>	X			X		
<i>Trigona spinipes</i>		X	X			X

Como pode ser observado no quadro, nessa área de estudo as espécies de abelhas apresentam três hábitos distintos de nidificação. As espécies *Paratetrapedia* sp. e *Tetrapedia*

*rugulosa* nidificam em cavidades pré-existent, enquanto *Apis mellifera*, *Scaptotrigona sp.* e *Trigona spinipes* fazem seus ninhos em ocos de árvores e *Augochlora faxiana*, *Augochloropsis sp. 1*, *Augochloropsis sp. 2*, *Augochloropsis sp. 3*, *Centris sp.*, *Ceretalictus theius*, *Exomalopsis (Exomalopsis) sp.*, *Paratetrapedia sp.* e *Trigona spinipes* constroem seus ninhos no solo.

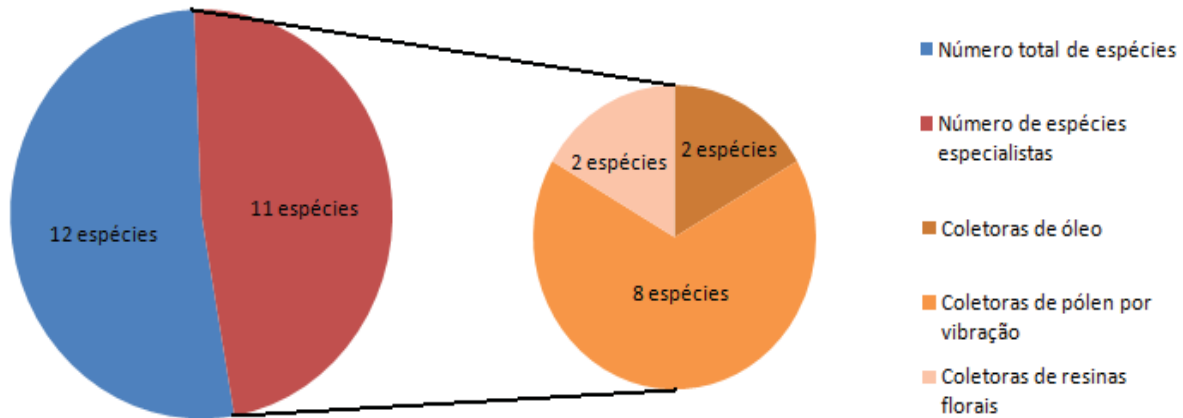
Da mesma forma, tais espécies apresentam especificidade quanto à coleta de recursos florais. As espécies *Centris sp.* e *Tetrapedia rugulosa* são coletoras de óleos florais, enquanto as espécies *Augochlora faxiana*, *Augochloropsis sp. 1*, *Augochloropsis sp. 2*, *Augochloropsis sp. 3*, *Centris sp.*, *Ceretalictus theius*, *Exomalopsis (Exomalopsis) sp.* e *Paratetrapedia sp.* coletam pólen por vibração e *Scaptotrigona sp.* e *Trigona spinipes* coletam resinas florais.

As figuras 10 e 11 ilustram, respectivamente, o número de espécies de abelhas amostradas em cada sítio de nidificação e o número total de espécies de abelhas e número de espécies especialistas quanto à coleta de recursos florais, particularizando, o número de espécies de acordo com sua especificidade.

**Figura 10. Número de espécies de abelhas amostradas em Itirapina nos anos 2003/2004 de acordo com o hábito de nidificação apresentado.**



**Figura 11. Número total de espécies de abelhas coletadas em Itirapina nos anos de 2003/2004 e número de espécies especialistas quanto à coleta de recurso floral, particularizando, número de espécies em cada categoria específica.**



Assim, tem-se que na área de estudo de Itirapina, 75% das espécies coletadas nidificam no solo, 25% nidificam em ocos de árvores e 16,7%, em cavidades pré-existentes.

Observa-se também, alta porcentagem de espécies especializadas na coleta de recursos florais – 91,7%. Dentre estas, as espécies coletoras de pólen por vibração totalizam 72,7%, enquanto as coletoras de óleo e resina constituem 18,2% cada uma.

### **3.2.2. Identificação das guildas de abelhas coletadas em Pirassununga-SP**

O Quadro 4 apresenta as espécies de abelhas coletadas por Anacleto e Marchini (2005) separadas em guildas de nidificação e de especialização quanto a coleta de recursos florais.

**Quadro 4. Guildas em relação a sítios de nidificação e especialização quanto a coleta de recursos florais de espécies de abelhas coletadas em área de cerrado em Pirassununga – SP nos anos de 2000/2001.**

Espécies	Sítios de nidificação					Especialistas quanto à coleta de recursos florais		
	Cavidade pré-existente	Escavação em madeira	Oco de árvore	Ramos com medula mole	Solo	Coletoras de óleo	Coletoras de pólen por vibração	Coletoras de resinas florais
<i>Apis mellifera</i>			X					
<i>Augochlora (Augochlora) faxiana</i>					X		X	
<i>Augochloropsis cupreola</i>					X		X	
<i>Augochloropsis hebescens</i>					X		X	
<i>Cephalotrigona capitata</i>	X		X					X
<i>Ceratalictus theius</i>					X		X	
<i>Ceratina (Calloceratina) chloris</i>				X				
<i>Ceratina (Ceratimula) sp. 1</i>				X				
<i>Ceratina (Ceratimula) sp. 2</i>				X				
<i>Ceratina (Crewella) sp.</i>				X				
<i>Ceratina (Crewella) maculifrons</i>				X				
<i>Dialictus sp.</i>					X		X	
<i>Exomalopsis sp.</i>					X		X	
<i>Hypanthidium sp.</i>	X		X					X
<i>Megachile (Leptorachis) cf. paulistana</i>					X			
<i>Megachile sp.</i>					X			

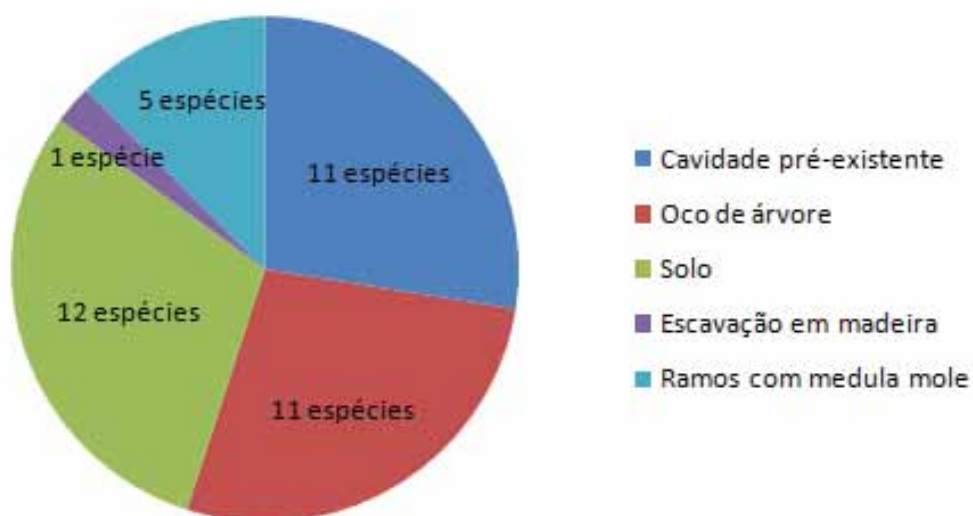
<i>Melissodes (Eplectica)</i> <i>sexcinta</i>		X		X
<i>Nannotrigona</i> <i>testaceicornis</i>	X		X	X
<i>Paratrigona lineata</i>	X		X	X
<i>Plebeia droryana</i>	X		X	X
<i>Pseudoaogochlo-</i> <i>ropsis</i> <i>graminea</i>		X		X
<i>Rhectomia</i> sp.		X		X
<i>Scaptotrigona</i> sp. Gr. <i>Depilis</i>	X		X	X
<i>Schwarziana</i> <i>quadripunctata</i>	X		X	X
<i>Tetragonisca angustula</i> <i>angustula</i>	X		X	X
<i>Tetrapedia (Tetrapedia)</i> <i>rugulosa</i>	X	X		X
<i>Trigona hyalinata</i>	X		X	X
<i>Trigona spinipes</i>	X		X	X
<i>Xylocopa hirsutissima</i>			X	X

As espécies encontradas nessa área de estudo apresentam cinco diferentes tipos de nidificação. As espécies *Cephalotrigona capitata*, *Hypanthidium* sp., *Nannotrigona testaceicornis*, *Paratrigona lineata*, *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona* sp. Gr. *Depilis*, *Schwarziana quadripunctata*, *Tetragonisca angustula angustula*, *Tetrapedia* (*Tetrapedia*) *rugulosa*, *Trigona hyalinata*, *Trigona spinipes* nidificam em cavidades pré-existentes. Já *Xylocopa hirsutissima* faz seu ninho escavando madeira. Em ocós de árvores nidificam as espécies *Apis mellifera*, *Cephalotrigona capitata*, *Hypanthidium* sp., *Nannotrigona testaceicornis*, *Paratrigona lineata*, *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona* sp. Gr. *Depilis*, *Schwarziana quadripunctata*, *Tetragonisca angustula angustula*, *Trigona hyalinata* e *Trigona spinipes*. Já *Ceratina* (*Calloceratina*) *chloris*, *Ceratina* (*Ceratinula*) sp. 1, *Ceratina* (*Ceratinula*) sp. 2, *Ceratina* (*Crewella*) sp. e *Ceratina* (*Crewella*) *maculifrons* nidificam em ramos com medula mole. E finalmente, *Augochlora* (*Augochlora*) *faxiana*, *Augochloropsis cupreola*, *Augochloropsis hebescens*, *Ceratalictus theius*, *Dialictus* sp., *Exomalopsis* sp., *Megachile* (*Leptorachis*) cf. *paulistana*, *Megachile* sp., *Melissodes* (*Eplectica*) *sexcinta*, *Pseudoaugochloropsis graminea*, *Rhectomia* sp. e *Tetrapedia* (*Tetrapedia*) *rugulosa* nidificam no solo.

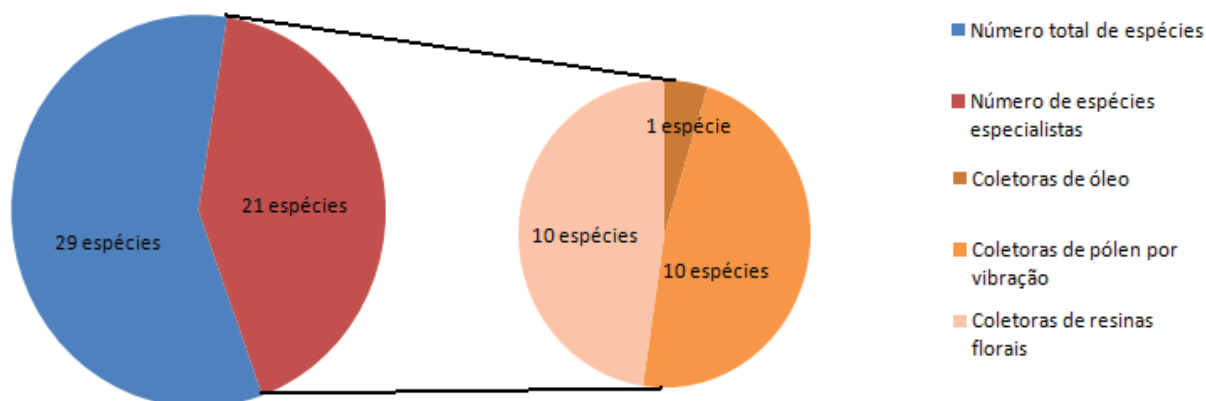
Aqui também, algumas espécies estão simultaneamente, presentes em guildas de especificidade na coleta de recursos florais, como é o caso de *Tetrapedia* (*Tetrapedia*) *rugulosa*, coletora de óleo. E *Augochlora* (*Augochlora*) *faxiana*, *Augochloropsis cupreola*, *Augochloropsis hebescens*, *Ceratalictus theius*, *Dialictus* sp., *Exomalopsis* sp., *Melissodes* (*Eplectica*) *sexcinta*, *Pseudoaugochloropsis graminea*, *Rhectomia* sp. e *Xylocopa hirsutissima* coletoras de pólen por vibração. Finalmente, *Cephalotrigona capitata*, *Hypanthidium* sp., *Nannotrigona testaceicornis*, *Paratrigona lineata*, *Plebeia droryana*, *Scaptotrigona* sp. Gr. *Depilis*, *Schwarziana quadripunctata*, *Tetragonisca angustula angustula*, *Trigona hyalinata* e *Trigona spinipes* são coletoras de resinas florais.

As figuras 12 e 13 ilustram, respectivamente, o número de espécies de abelhas amostradas em cada sítio de nidificação e o número total de espécies de abelhas e número de espécies especialistas quanto à coleta de recursos florais, particularizando, o número de espécies de acordo com sua especificidade.

**Figura 12.** Número de espécies de abelhas amostradas em Pirassununga nos anos 2000/2001 de acordo com o hábito de nidificação apresentado.



**Figura 13.** Número total de espécies de abelhas coletadas em Pirassununga nos anos de 2000/2001 e número de espécies especialistas quanto à coleta de recurso floral, particularizando, número de espécies em cada categoria específica.



A área de estudo de Pirassununga, apresenta 41,4% das espécies nidificando no solo, 37,9% nidificando em cavidades pré-existentes, 37,9% em ocos de árvore, 17,2% em ramos com medula mole e 3,4% constroem seus ninhos escavando madeira.

Observa-se também, que 72,4% das espécies são especializadas na coleta de recursos florais. As espécies coletoras de pólen por vibração, resina e óleo florais constituem 47,6%, 47,6% e 4,8%, respectivamente.

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A área de estudo de Pirassununga apresenta mais que o dobro das espécies encontradas no cerradão de Itirapina. Entretanto, apesar da área de estudo de Pirassununga apresentar uma porcentagem bastante considerável de espécies especialistas (72,4%), esta é inferior quando comparada a área de estudo de Itirapina (91,7%).

Na área de Itirapina, a maioria das espécies de abelhas encontradas coleta pólen por vibração (72,7%), enquanto poucas espécies coletam óleo ou resinas florais (18,2% e 18,2%). Já na área de Pirassununga, há notável equidade entre as coletoras de pólen por vibração e as coletoras de resina (47,6% e 47,6%), enquanto pequena parcela das espécies encontradas coleta pólen por vibração (4,8%).

A grande maioria das espécies encontradas no cerradão de Itirapina nidifica no solo, enquanto no cerradão de Pirassununga, os hábitos de nidificação em solo, cavidade pré-existente e oco de árvore são similares em porcentagem e encontrados em maior abundância. Com isso, verifica-se que apesar da área de estudo de Itirapina apresentar uma maior porcentagem de espécies especialistas, há uma maior diversidade funcional na área de estudo de Pirassununga. Da mesma forma, esta última área apresenta uma maior diversidade de hábitos de nidificação do que na área de estudo de Itirapina, evidenciando que a área de Pirassununga provavelmente ofereça recursos de modo mais diversificado.

Ressalta-se que as espécies de abelhas especialistas requerem recursos específicos para alimentação ou nidificação e desempenham importante papel na manutenção de espécies vegetais por serem polinizadores efetivos e insubstituíveis (SCHLINDWEIN, 2004), apresentando, com isso, uma relação estreita com as plantas e é comum que estas abelhas apresentem adaptações (morfológicas, fisiológicas ou comportamentais) para a coleta dos recursos florais fornecidos por famílias específicas de plantas (SCHLINDWEIN, 2000), encontrando-se, assim, mais vulneráveis frente às alterações ambientais, por apresentarem exigências particulares e pouca plasticidade na obtenção de recursos (DIDHAM, et al., 1996).

Considerando a classificação da área de estudo de Itirapina apenas nas classes remanescentes florestais, uso antrópico e água, os dados obtidos pelas métricas de classes da paisagem mostram que a área total ocupada pela classe remanescentes florestais corresponde a apenas 8,36% da paisagem ocupando 3349 ha. Já a área total ocupada pela classe uso antrópico é de 27303 ha ocupando 68,1% da área total. A classe água é bem representativa devido a presença da lagoa do Broa ocupando 591 ha e equivalendo a 1,4% da área total. Observando-se o número de fragmentos de cada classe, a classe remanescentes florestais

apresentou 124, contra apenas 12 da classe uso antrópico. Esses valores demonstram alto valor de fragmentação e pequena área da classe remanescentes florestais.

A classe remanescentes florestais além de apresentar elevado valor em número de fragmentos apresenta índice do maior fragmento bastante baixo indicando que a recolonização de espécies de abelhas aos menores fragmentos encontra-se comprometida e que cada fragmento da região ocupa menos de 1,07% da paisagem. Corroborando a esse valor, a densidade de borda da classe remanescentes florestais apresenta-se semelhante à ocupada pela classe uso antrópico, 12,83 m/ha e 15,06 m/ha, respectivamente, ou seja, quanto maior o número de fragmentos de determinada classe, maior a densidade de borda (comprimento total de borda por hectare). Os valores de índice de forma médio mostram que a paisagem deste estudo apresenta remanescentes florestais de formato próximo ao simples, com pequena tendência de tornarem-se irregulares, o que é evidenciado pelo valor 2,08 estar próximo de 1,0 ( $SHAPE\_MN > 1$ ).

O índice de área central média representa a porcentagem média do fragmento da classe que é a área central ou core, se tal índice for igual a zero, o fragmento não possui área central. Essa métrica indica que a classe remanescentes florestais apresenta baixo valor de índice de área central, 18,17%. O valor elevado de área central total, 1.616 ha, deu-se então devido ao número elevado de áreas centrais que é de 175, evidenciando o grande número de pequenos fragmentos, o que por sua vez indica que a qualidade de cada fragmento é baixa.

Em geral, quanto maior a área total do fragmento, maior a sua área central. No entanto, quando ocorre alto índice de forma, fragmentos de mesmo tamanho total podem apresentar grande diferença de área nuclear. Esse não é o caso deste estudo, uma vez que o índice de forma é baixo (2,08), indicando que a reduzida área nuclear é consequência do pequeno tamanho dos fragmentos. A distância média do vizinho mais próximo foi de 122,7 m, valor médio, segundo estudo de Almeida (2007), isso se deve aos fragmentos amostrados na classe remanescentes florestais pertencerem às matas ciliares dos rios da área de estudo. Indicativo de que apesar de possuir um grande número de fragmentos, estes apresentam-se relativamente próximos gerando corredores de colonização, nidificação e dispersão. Esse dado é confirmado pelo valor de coesão e de agregação elevados, próximo a 100, 96,74 e 88,95, respectivamente.

A diversidade de espécies de abelhas encontradas na área é baixa, índice de Shannon-Wiener (H) igual a 1,6933 (D'AVILA; MARCHINI, 2008) quando comparada a outros estudos, como, por exemplo, Anacleto e Marchini (2005) ( $H = 2,3987$ ), Silveira (1989) ( $H = 1,92$ ) e Andena (2002) ( $H = 3,0$ ).

Entre as espécies dominantes coletadas nesta área de estudo, *Apis mellifera* foi a única espécie superfreqüente, constante, superabundante e superdominante, no entanto, ela representa apenas uma espécie em relação ao total de espécies coletadas, mostrando-se a única generalista. A espécie *Centris* sp. foi freqüente, acidental e comum e *Exomalopsis* (*Exomalopsis*) sp. e *Trigona spinipes* foram muito freqüentes, acessórias e muito abundantes (D'AVILA; MARCHINI, 2008).

Dentre todas as espécies, 75% delas nidificam no solo, uma vez que elas podem ser favorecidas pelos micro-habitats presentes nas diferentes áreas de cultivo, uma vez que grande parte destes cultivos anuais apresentam área de solo exposto por um período de tempo suficiente para a reprodução das abelhas, como é o caso de cana-de-açúcar que representa cerca de 19% da paisagem analisada. A baixa ocorrência de espécies que nidificam em oco de árvores e cavidades pré-existentes (25% e 16,7%, respectivamente) pode ser resultado da baixa disponibilidade de formações florestais na área, já que a classe remanescentes florestais é representada por apenas 8,37% da paisagem.

É sabido que o reflorestamento com *Eucalyptus* sp. promove a inibição do crescimento de plantas herbáceas no sub-bosque, o que por sua vez, diminui a oferta de árvores como sítio de nidificação e fonte de recursos alimentares devido ao empobrecimento da vegetação natural. Além de que o sombreamento produzido por este tipo de cultivo é um fator limitante à periodicidade de vôo dos insetos (LOPES; BLOCHTEIN; OTT, 2007).

Viana (2004) discute que apenas *Apis mellifera* é capaz de sobreviver nas homogêneas florestas de *Eucalyptus* sp. e este cultivo perfaz 9,58% da paisagem analisada.

Mendes, Rêgo e Carvalho (2008) atestam que as monoculturas com certeza afetam as populações de abelhas por propiciarem ausência de substratos adequados à nidificação, além do fato de que cultivos de *Eucalyptus* sp. não apresentam recursos florais ou sítios de nidificação adequados.

Estas poderiam ser algumas das explicações plausíveis para a baixa diversidade de abelhas encontrada na área de estudo.

Fabichak [19-] relata que *Trigona* sp. utiliza-se de *Pinus eliotis* como fonte de resina, este cultivo corresponde a 9,58% da área analisada. E tal espécie no estudo de d'Avila e Marchini (2008) foi classificada como muito freqüente, acessória, muito abundante e dominante no fragmento estudado, além de haver proximidade entre o fragmento em questão e a área reflorestada.

A espécie exótica *Apis mellifera* é capaz de utilizar-se dos cultivos de *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp. e laranja como fonte de recursos, além da vegetação nativa (COELHO et al., 2008;

MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006; VIEIRA; SILVA; GRANDE, 2004; MARCHINI et al., 2001; SOUZA; COUTO; COUTO, 2003). Essas classes juntas constituem 56,3% da região estudada e isso pode corroborar o que foi encontrado por d'Avila e Marchini (2008) de que *Apis mellifera* foi a única espécie superfreqüente, constante, superabundante e superdominante. Além do mais, essa espécie exótica de grande flexibilidade ecológica e alto poder competitivo possui grande sucesso na ocupação de habitats naturais e uso de fontes alimentares podendo, portanto, suprimir a fauna de abelhas nativas e especialistas (MELO; MARTINS; GONÇALVES, 2006).

Souza, Couto e Couto (2003) verificaram a presença de *Trigona spinipes* em áreas de cultivo de laranja, o que atesta a presença da espécie no fragmento estudado por d'Avila e Marchini (2008), já que o cultivo representa 11,07% da paisagem analisada.

O corte de árvores de porte médio a grande antes mesmo delas se tornarem naturalmente ocas elimina as condições que várias abelhas requerem para nidificação (SOUZA; RODRIGUES; PINTO, 2007). Esse manejo é feito nas áreas de cultivo e isso pode ser um fator que explica a baixa porcentagem de abelhas que nidificam em ocos de árvores (16,7%) amostradas por d'Avila e Marchini (2008).

As espécies ruderais constituem-se como pasto apícola para abelhas (MOUGA; KRUG, 2010) e estão presentes em ambientes diretamente ligados ao homem, como terrenos baldios, jardins, estradas, caminhos, entre outros (SOUZA; SILVA; MARTINS, [199-]).

As áreas agrícolas, geralmente, constituem-se num mosaico de campos cultivados e áreas não cultivadas, como barrancos, caminhos, beiras de estrada e pequenas áreas preservadas (fragmentos) que fornecem fonte de recursos durante todo o ano e constituem-se em refúgios para os insetos (SOUZA, 2006).

Apesar de *Apis mellifera* ser citada por Souza (2006) como uma espécie que muitas vezes compensa a polinização de inúmeros cultivos, ela não possui capacidade de realizar polinização por vibração comprometendo com isso a reprodução de diversas espécies vegetais. Contudo, 72,7% das espécies amostradas por d'Avila e Marchini (2008) são especializadas na coleta de pólen por vibração.

A urbanização provoca o aumento da freqüência com que ocorrem perturbações e isso promove o favorecimento de determinadas espécies em detrimento da diminuição ou extinção de outras (TAURA et al., 2007). Algumas espécies podem se favorecer nestes ambientes devido à presença de recursos florais provindos de plantas cultivadas e de locais propícios à nidificação (TAURA; LAROCA, 2001).

Halictidae foi a família de abelhas mais abundante encontrada em áreas urbanas no estudo de Taura e Laroca (2001), assim como em vários outros por eles citados e o maior número de espécies encontradas concentra-se nas espécies *Dialictus* sp. e *Augochloropsis* sp. Souza (2006) também encontrou em seu estudo a família Halictidae como a mais representativa pelo fato dela estar presente em ambientes alterados pelo homem em todo o Brasil. A outra família encontrada em destaque foi Anthophoridae. Já a menor representatividade em número de espécies foi para Colletidae, Andrenidae e Megachilidae. Taura e Laroca (2001) encontraram quando considerado apenas o parâmetro número de indivíduos de abelhas silvestres, em ambientes urbanos, domínio de Apidae, principalmente, Meliponinae, que apresentam hábitos poliléticos e se favorecem por apresentar capacidade de construir ninhos em ambientes artificiais criados pelo homem (TAURA; LAROCA, 2001). Isso condiz com o que foi encontrado por d'Avila e Marchini (2008), já que cinco das 13 (38,5%) espécies encontradas pertencem à família Halictidae e também ao destaque para as espécies de *Augochloropsis*, apesar da classe área urbana corresponder a apenas 1,98% da região, mas quando considerados ambientes antropizados, no geral, essa classe corresponde a 68,1% da área analisada. Mas, não houve registro de nenhum indivíduo da família Anthophoridae. Foi encontrada apenas uma espécie não identificada de Andrenidae, classificada como acidental e não dominante. Outro parâmetro corroborado foi o domínio de Apidae, já que sete das 13 (53,8%) espécies amostradas pertencem a esta família. No geral, todos os indivíduos amostrados, exceto uma espécie de Andrenidae pertencem a Apidae e Halictidae. A sub família Meliponinae pode beneficiar-se em ambientes alterados pelo homem e corroborando a isso d'Avila e Marchini (2008) encontraram que *Trigona spinipes* é uma espécie muito freqüente, muito abundante e dominante e *Scaptotrigona* sp. é freqüente e comum.

A baixa porcentagem de espécies especializadas na coleta de óleo e recursos florais (18,2% cada), representadas por apenas duas espécies cada, deve-se provavelmente a uma possível escassez de espécies vegetais na área que ofereçam tais recursos.

Os remanescentes florestais da área de estudo de Itirapina encontram-se bastante concentrados na porção noroeste da área de estudo, bem esparsos e praticamente ausentes na porção sudeste, isso indica que esforços conservacionistas de recuperação de áreas degradadas e implantação de corredores ecológicos para o deslocamento da fauna apícola devem ser voltados à região sudeste da área analisada.

Já a análise da área de estudo de Pirassununga – SP em apenas duas classes, remanescentes florestais e uso antrópico, obtida pelas métricas de classe da paisagem mostra

que a área total ocupada pela classe remanescentes florestais corresponde a apenas 6,3% da paisagem com 2523,6 ha, enquanto a área total ocupada pela classe uso antrópico é de 28278,4 ha ocupando 70,62% da área total. A classe remanescentes florestais apresentou elevado número de fragmentos, 1507, contra apenas 179 da classe uso antrópico. Isto demonstra o alto valor de fragmentação da classe remanescentes florestais.

A classe remanescentes florestais além de apresentar valor elevado em número de fragmentos, apresenta também, o valor de área para o maior fragmento correspondente a 0,3657% da paisagem, isso significa que todos os fragmentos apresentam área igual ou inferior a 0,3657% do total da paisagem. Corroborando a esse valor, a densidade de borda da classe remanescentes florestais apresenta-se semelhante com a ocupada pela classe uso antrópico, 24,84 m/ha e 26,48 m/ha, respectivamente, ou seja, quanto maior o número de fragmentos de uma determinada classe, maior a densidade de borda encontrada. Os valores de índice de forma médio mostram que a paisagem deste estudo apresenta remanescentes florestais de forma próxima a simples, o que é evidenciado pelo valor 1,33 estar próximo de 1,0 ( $SHAPE\_MN > 1$ ).

O índice de área central média apresentou-se baixo para a classe remanescentes florestais, igual a 1,08%. O valor elevado de área central total (462 ha) deu-se então devido ao número elevado de áreas centrais existentes que é de 216. O grande número de pequenos fragmentos, geralmente, indica que a qualidade de cada fragmento é baixa. Normalmente, quanto maior a área total do fragmento, maior a sua área central. No entanto, quando ocorre alto índice de forma, fragmentos de mesmo tamanho total podem apresentar grande diferença de área nuclear. Mas este não é o caso deste estudo, assim como foi encontrado para a área de estudo de Itirapina, já que o índice de forma é baixo (1,33), indicando que a reduzida área nuclear é consequência do pequeno tamanho dos fragmentos. Segundo Almeida (2007) foi encontrado um valor médio para o índice distância média do vizinho mais próximo (111,4 m), isso se deve, aos fragmentos amostrados na classe remanescentes florestais pertencem às matas ciliares dos rios da área de estudo, assim como encontrado para a área de estudo de Itirapina, indicando que apesar de possuir um grande número de fragmentos, os mesmos apresentam-se relativamente conectados, o que é confirmado pelo alto valor de coesão e de agregação encontrados, 90,8 e 70,9, respectivamente, assim os fragmentos de vegetação natural são em sua maioria pertencentes às matas ciliares da área de estudo.

A diversidade de espécies de abelhas encontradas na área é mediana, índice de Shannon-Wiener (H) igual a 2,3987 (ANACLETO;MARCHINI, 2005), quando comparada a

outros estudos, como por exemplo, d'Ávila e Marchini (2008) ( $H = 1,6933$ ), Silveira (1989) ( $H = 1,92$ ) e Andena (2002) ( $H = 3,0$ ).

Entre as espécies dominantes coletadas nesta área de estudo por Anacleto e Marchini (2005), *Apis mellifera* também foi a única espécie superfreqüente, constante, superabundante e dominante, porém não foi a única generalista encontrada, como em Itirapina.

As espécies *Exomalopsis* sp., *Tetrapedia* (*Tetrapedia*) *rugulosa*, *Augochloropsis cupreola*, *Augochloropsis hebescens*, *Ceratalictus theius*, *Trigona hyalinata*, *Trigona spinipes*, *Scaptotrigona* sp. gr. *Depilis* e *Plebeia droryana* apresentaram-se dominantes.

Dentre todas as espécies, 41,4% nidificam no solo, 37,9% nidificam em cavidades pré-existent e 37,9%, em ocos de árvores. Isto indica que esta região apresenta uma maior equitabilidade em relação aos locais de nidificação oferecidos. Além de apresentarem, conseqüentemente, uma maior diversidade funcional.

Nesta região, os cultivos de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. somados a plantações de citros correspondem a apenas 0,66% da paisagem total analisada. Relacionando os resultados desta área de estudo com os inúmeros questionamentos já levantados, infere-se que a baixa porcentagem encontrada pode explicar o porquê da alta diversidade apícola amostrada por Anacleto e Marchini (2005), já que esses cultivos limitantes a sobrevivência de diversas espécies de abelhas apresentam pouca significância na área analisada neste estudo.

Como já dito, Fabichak [19-] relata que *Trigona* sp. utiliza-se de *Pinus eliotis* como fonte de resina e no estudo de Anacleto e Marchini (2005) foram encontradas duas espécies deste gênero, classificadas, respectivamente, como: dominante, muito abundante, muito freqüente e acessória e dominante, comum, freqüente e acessória.

As classes *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., laranja e vegetação nativa constituem 90,27% da região estudada. Relacionando isto a tudo o que já foi mencionado sobre a espécie exótica *Apis mellifera*, corrobora-se o que foi encontrado por Anacleto e Marchini (2005) de que esta espécie foi a única superfreqüente, constante, superabundante e superdominante.

Souza, Couto e Couto (2003) verificaram a presença de *Trigona spinipes* em áreas de cultivo de laranja, o que atesta a presença da espécie no fragmento estudado por Anacleto e Marchini (2005), já que este cultivo se faz presente nesta área.

O elevado número de fragmentos encontrados para a classe uso antrópico (179) pode corroborar com a maior diversidade apícola encontrada, já que através deste valor pode-se inferir uma maior quantidade de estradas separando os cultivos, e oferecendo com isto, locais adequados para a sobrevivência das espécies estudadas.

Este é mais um dos fatores que pode explicar a alta diversidade de espécies de abelhas encontradas por Anacleto e Marchini (2005) que encontraram maior índice de diversidade de Shannon-Wiener que d'Ávila e Marchini (2008), já que a porcentagem da classe uso antrópico perfaz 70, 62% da área podendo oferecer de certa forma, micro-habitats capazes de sustentar a presença de um maior número de espécies. Essa porcentagem encontrada praticamente totaliza 100% se considerarmos que a classe remanescentes florestais representa apenas 6,3% e que a soma destes valores não chega a 100% devido ao problema com a metodologia utilizada.

Também já foi visto que a urbanização aumenta a frequência com que ocorrem perturbações, promovendo o favorecimento de determinadas espécies em detrimento de outras (TAURA et al., 2007). A urbanização também simplifica a composição apifaunística, segundo Taura e Laroca (2001), que observaram uma diminuição no número de espécies capturadas com o incremento da urbanização.

De acordo com as famílias de abelhas mais abundantes, assim como os gêneros mais comuns citados por Taura e Laroca (2001) e Souza (2006) em área urbanas, o estudo de Anacleto e Marchini (2005) também condiz com o esperado, pois a classe uso antrópico é bastante representativa na região e sete das 29 (24,1%) espécies encontradas pertencem à família Halictidae, representada pelos gêneros *Augochloropsis* sp. e *Dialictus* sp. A outra família encontrada em destaque por Taura e Laroca (2001) foi Anthophoridae, contudo, Anacleto e Marchini (2005) não registraram nenhum indivíduo desta família. Estes mesmos autores encontraram quando considerado apenas o parâmetro número de indivíduos de abelhas silvestres em ambientes urbanos, predomínio de Apidae, principalmente, Meliponinae e no estudo de Anacleto e Marchini (2005) isto também foi encontrado, já que 19 das 29 (65,5%) espécies amostradas pertencem a esta família, enquanto nove espécies pertencentes a sub família Meliponinae.

Foi encontrada alta porcentagem de abelhas especializadas na coleta de resinas florais e na coleta de pólen por vibração (47,6% cada uma). Porém, encontrou-se uma baixa porcentagem de espécies especializadas na coleta de óleo floral (4,8%), sendo representada por apenas uma espécie. Isso, provavelmente se deve a possível ausência ou baixo número de espécies vegetais na região que ofereçam tal recurso, além de que como já reforçado várias vezes, quanto mais especializada uma espécie, mais vulnerável a mesma se torna frente às alterações ambientais e esta área de estudo encontra-se muito alterada pelo uso antrópico e com habitats naturais bastante fragmentados.

Os remanescentes florestais encontrados em Pirassununga estão mais concentrados na porção sudoeste da área de estudo e menos presentes e mais esparsos na porção sudeste, indicando que esforços conservacionistas de recuperação de áreas degradadas e implantação de corredores devem ser voltados a esta última região.

Pastagens podem fornecer habitat para abelhas selvagens quando estabelecido em meio a cultivos anuais, fornecendo fonte de alimento e nidificação, por serem compostas por gramíneas semi-naturais (MORANDIN et al., 2007). Entretanto, a região de Itirapina apresenta 18,49% da paisagem representada por este tipo de atividade e a região de Pirassununga apresenta apenas 2,4%, não correspondendo, portanto, com a diversidade encontrada nos levantamentos realizados nestas áreas. Isso se deve, provavelmente, ao fato de que as pastagens do estado de São Paulo são comumente compostas por gramíneas exóticas.

Este trabalho refuta o proposto por Didham et al. (1996) e Lewinsohn, Freitas e Prado (2005), pois neste caso, a área de estudo mais fragmentada foi aquela que apresentou maior riqueza de espécies. Isto pode ser explicado, dentre outros fatores, pela alta densidade de borda encontrada na região de Pirassununga, que provavelmente possibilita o desenvolvimento de trepadeiras e espécies ruderais, além da vegetação arbórea da área, aumentando com isso, as fontes de recursos alimentares que possivelmente são usadas pelas abelhas.

O presente trabalho confirma o proposto por vários autores já citados anteriormente de que o aumento do isolamento diminui a diversidade de espécies.

Morandin et al. (2007) também evidenciam que a paisagem deve ser constituída da forma mais diversificada possível para que populações de polinizadores sejam beneficiadas e os recursos sejam oferecidos de maneira sucessiva ao longo do tempo, diferentemente das grandes monoculturas cujo florescimento acontece de forma sincronizada e durante poucas semanas. Isto pôde ser observado em campo realizado durante o desenvolvimento deste trabalho para o reconhecimento das regiões de estudo, no qual foi verificado que a região em que foi possível notar maior diversidade de cultivos na classe uso antrópico foi a que apresentou maior diversidade de espécies.

A área de estudo de Itirapina apresenta menor diversidade funcional e reduzido número de espécies quando comparada à área de estudo de Pirassununga, apesar da paisagem em Itirapina mostrar-se menos fragmentada devido ao menor número de fragmentos encontrados, à maior área central, ao menor número de áreas centrais, à menor densidade de borda e à maior porcentagem de remanescentes florestais. Isso se deve, provavelmente, por esta região estar intimamente relacionada com a maior quantidade de fatores limitantes à

nidificação e alimentação encontrados, representados pelas grandes e homogêneas áreas de reflorestamento de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. próximas ao fragmento de estudo constituindo uma barreira à colonização por novas espécies. Uma vez que estes dois cultivos juntos correspondem a 18% da região analisada em Itirapina, contra apenas 0,66% destes cultivos somados ainda às plantações de citros em Pirassununga. Além da região de Itirapina apresentar maior isolamento entre fragmentos de remanescentes florestais quando comparada a Pirassununga, 257,7 e 111,4, respectivamente.

A região de Pirassununga apresenta menor área representada por remanescentes florestais, que correspondem às áreas vegetais naturais. No entanto, esta região apresenta maior número de fragmentos desta classe (1507 contra apenas 124 registrados para Itirapina) e como a fauna apícola não requer grandes áreas para sobrevivência, pode-se inferir que há um maior número de micro-habitats em Pirassununga, nos quais as mesmas podem se estabelecer e por sua vez, dispersar-se entre tais fragmentos devido à conectividade encontrada entre os mesmos ter sido elevada.

Mesmo com a alta influência urbana encontrada em Pirassununga, esta região provavelmente oferece uma maior quantidade de locais propícios ao estabelecimento e colonização por abelhas, como barrancos em beiras de estradas, jardins e diversificados tipos de cultivos. Estes últimos perfazem 5,18% da região, enquanto em Itirapina, tais cultivos representam apenas 0,45% da paisagem analisada.

A bibliografia apresentada de que fragmentos de maiores dimensões apresentam maior diversidade de espécies foi comprovada, já que o índice de Shannon-Wiener foi maior para a área de estudo de Pirassununga, com  $H=2,3987$  e área do fragmento igual a 56 ha, enquanto a área de estudo de Itirapina possui área de 40 ha e  $H=1,6933$ .

Foram utilizados, neste estudo, vários índices da paisagem para melhor descrevê-la e analisá-la, apesar de alguns mostrarem-se complementares e correlacionados, no intuito de verificar quais seriam as melhores métricas e comprovar os resultados obtidos, já que este tipo de estudo ainda é crescente. Dessa forma, os índices que melhor responderam à influência da configuração e composição da paisagem sobre a diversidade funcional de abelhas encontrada nos levantamentos foram aqueles referentes a porcentagem da classe na paisagem (PLAND), número de fragmentos (NP), densidade de bordas (ED), índice de forma médio (SHAPE\_MN), área central total (TCA), número de áreas centrais (NDCA), índice de área central médio (CAI\_MN) e índice de distância média do vizinho mais próximo (ENN\_MN). Enquanto os índices área total da classe (CA), índice do maior fragmento (LPI), índice de

agregação (AI) e índice de coesão de fragmentos (COHESION) apresentaram-se secundários ao enfoque que foi dado ao estudo.

## 5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. **Espécies de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e tipificação dos méis por elas produzidos em área de cerrado no município de Pirassununga, estado de São Paulo.** 2002. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da Cobertura Florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná, como subsídio ao seu plano de manejo. **Terr@ Plural**, Ponta Grossa, PR, v. 1, n. 1, p.115-122, jan./jul. 2007.

ANACLETO, D. A.; MARCHINI, L. C. Análise faunística de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no cerrado do Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, PR, v. 27, n. 3, p. 277–284, jul./set. 2005. Trimestral.

ANDENA, S. R. **A comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) de uma área de cerrado (Corumbataí-SP) e suas visitas às flores.** 2002. 240 f. Dissertação (Mestrado) – USP, Ribeirão Preto, SP, 2002.

BEEKMAN, M.; RATNIEKS, F. L. W.. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. **Functional Ecology**, London, v. 14, n. 4, p.490-496, Aug. 2000.

BINS, L. S. et al. Satellite imagery segmentation: a region growing approach. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador, BA. **Anais...** . p. 221-223.

BIODIVERSITY, Hotspots. Cerrado. 2007. Disponível em: <<http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/cerrado/Pages/biodiversity.aspx>>. Acesso em: 09 fev. 2011.

BRONSTEIN, J. L. The plant-pollinator landscape. In: Hansson, L.; Fahrig, L.; Merriam, G. (Eds). **Mosaic landscapes and ecological processes.** London: Chapman & Hall, 1995. p. 256-288.

CALEGARI, L. et al. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p.871-880, 2010.

CÂMARA, G. et al. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**, [S. l.], v. 20, p. 395-403, 1996.

CARMO, M. S.; COMITRE, V. **Viabilidade de conservação dos remanescentes de cerrado do Estado de São Paulo**: estudos sócio-econômicos: tipologia dos agricultores e adequação das políticas públicas na conservação dos remanescentes de cerrado de domínio privado no Estado de São Paulo. [S. l.]: Fapesp: Instituto Virtual da Biodiversidade, 2002.

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDIC: Cálculo de Indicadores de Paisagem em Ambiente SIG. In: ENCONTRO DE UTILIZADORES DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, 6., 2001, Lisboa. **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2001.

CARVALHO, A. M. C. **Guilda de abelhas e outros visitantes de *Matayba guianensis* (Sapindaceae) em vegetação de cerrado**. 2009. 147 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

COELHO, M. S. et al. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 21, n. 1, p.1-9, jan./mar. 2008.

CONSERVAÇÃO, Internacional. **Cerrado**. 2003. Belo Horizonte, MG. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/onde/cerrado/>>. Acesso em: 09 fev. 2011.

D'AVILA, M.; MARCHINI, L. C. Análise faunística de himenópteros visitantes florais em fragmento de cerradão em Itirapina, SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 18, n. 2, p. 271-279, abr./jun. 2008. Trimestral.

DELAMÔNICA, P.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. A fragmentação da paisagem, In: OLIVEIRA, A. A.; DALY, D. (Eds). **Florestas do Rio Negro**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001. p. 283-301.

DIDHAM, R. K. et al. Insects in fragmented forests: a functional approach. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 11, n. 6, p. 255–260, jun. 1996. Mensal.

DINIZ, I. R.; MORAIS, H. C.; GONÇALVES, R. G. **Insetos**: o topo da biodiversidade. Brasília, DF: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, [20--?]. Documento apresentado na Seção V – Fauna. Disponível em: <[http://www.semarh.df.gov.br/semarh/site/cafuringa/Sec05/Frameset5\\_cap01.htm](http://www.semarh.df.gov.br/semarh/site/cafuringa/Sec05/Frameset5_cap01.htm)>. Acesso em: 03 out. 2011.

DURIGAN, G. et al. **Manual para Recuperação da Vegetação de Cerrado**. 3. ed. Assis: Floresta Estadual e Estação Ecológica de Assis, 2011. 23 p.

FABICHAK, I. **Abelhas indignas sem ferrão: jataí**. [S. l.]: Nobel, [19-}. 53p.

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, [S. l.], v. 34, p. 487-515, 2003.

FERREIRA, B. **O efeito do contexto da paisagem e da estrutura de habitat sobre abelhas e vespas silvestres em fragmentos de cerrado**. 2010. 96 f. Dissertação (Mestrado) - UNESP, Rio Claro, SP, 2010.

FIORI, A. M.; FIORAVANTI, C. Os caminhos para salvar o Cerrado paulista: Estudo atualiza inventário, indica estado de conservação dos trechos que restam e registra perda de 34% em menos de uma década. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 63, p.38-43, abr. 2001. Mensal.

FONSECA, V. M.; BRAGA, S. R. **Entre o ambiente e as ciências humanas: Artigos escolhidos, idéias compartilhadas**. São Paulo: Biblioteca24horas, 2010. 282 p.

FREITAS, Pedro Henrique de et al. Controle de abelhas africanizadas em áreas urbanas. In: SEMINÁRIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 7., 2009, Dourados, Ms. **Anais...** . Dourados: [s. N.], 2009. p. 1 - 5.

GAGLIANONE, M. C. et al. Checklist das abelhas coletoras de óleos do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p.1-10, mar. 2011.

GALLO, W. S.; RUFFINO, P. H. P. Estudo de potencial pedagógico na Estação Experimental Itirapina para programas de educação ambiental formal. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo, SP, n. 42, p. 59–66, jul. 2010.

GOMES, B. Z.; MARTINS, F. R.; TAMASHIRO, Jorge Y.. Estrutura do cerradão e da transição entre cerradão e floresta paludícola num fragmento da International Paper do Brasil Ltda., em Brotas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, SP, v. 27, n. 2, p.249-262, abr./jun. 2004. Trimestral.

GRANZINOLLI, M. A. M. **Levantamento, área de vida, uso e seleção de habitat de Falconiformes na região central do Estado de São Paulo**. 2009. 224 f. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo, SP, 2009.

HUNTER, M. D. Landscape structure, habitat fragmentation, and the ecology of insects. **Agricultural And Forest Entomology**, v. 4, p.159-166, Aug. 2002.

IBGE. **IBGE lança o Mapa de Biomas do Brasil e o Mapa de Vegetação do Brasil, em comemoração ao Dia Mundial da Biodiversidade.** 2004. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=169). Acesso em: 09 fev. 2011.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. [200-]. **Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização.** Disponível em: <[http://www.ib.usp.br/vinces/logo/servicos%20aos%20ecossistemas\\_polinizadores\\_vera.pdf](http://www.ib.usp.br/vinces/logo/servicos%20aos%20ecossistemas_polinizadores_vera.pdf)>. Acesso em 10 fev. 2011.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, Campinas, n. 4, v. 10, p. 59-62, out./ dez., 2010. Trimestral.

INPE. **Os satélites LANDSAT 5 e 7. 2011.** Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 01 set. 2011.

JEPSON, W. A disappearing biome? Reconsidering land-cover change in the Brazilian savanna. **The Geographical Journal**, [S. l.], v. 171, n. , p.99-111, 5 jul. 2005. Mensal.

KERR, W. E. As abelhas e o meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12., 1998, Salvador, BA. **Anais...** Confederação Brasileira de Apicultura. p. 27-30.

LEWINSOHN, T. M.; FREITAS, A. V.; PRADO, P. I. Conservação de invertebrados terrestres e seus habitats no Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, n. 1, v. 1, p. 62-69, jul. 2005. Semestral.

LOPES, L. A.; BLOCHTEIN, B.; OTT, A. P. Diversidade de insetos antófilos em áreas com reflorestamento de eucalipto, Município de Triunfo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Ilheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, RS, v. 97, n. 2, p.181-193, 30 jun. 2007.

MACHADO, R. B. et al. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** Brasília: Conservação Internacional - Brasil, 2004. 26 p. Relatório não publicado. Disponível em: <<http://www.conservation.org.br/arquivos/RelatDesmatamCerrado.pdf>>. Acesso em: 09 fev. 2011.

MARCHINI, L. C. et al. Plantas visitadas por abelhas africanizadas em duas localidades do Estado de São Paulo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, SP, v. 58, n. 2, p.413-420, abr./jun. 2001.

McGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS**: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Portland: Pacific North West Research Station, 1995. 122 p.

MELO, G. A. R.; MARTINS, A. C.; GONÇALVES, R. B.. Alterações de longo prazo na estrutura de assembléias de abelhas: conhecimento atual e perspectivas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 7., 2006, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** . p. 150-155.

MENDES, F. N.; RÊGO, M. M. C.; CARVALHO, C. C. Abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) coletadas em uma monocultura de eucalipto circundada por Cerrado em Urbano Santos, Maranhão, Brasil. **Ilheringia. Série Zoologia**, Porto Alegre, RS, v. 98, n. 3, p.285-290, 30 set. 2008.

MENDONÇA, K. et al. Caracterização físico-química de amostras de méis produzidas por *Apis mellifera* L. em fragmento de cerrado no município de Itirapina, São Paulo. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 38, n. 6, p. 1748–1753, set. 2008.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, SP, v. 1, n. 1/2, p.1-9, dez. 2001.

MMA. **Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite**. [201-?]. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=201&idConteudo=8448&idMenu=8982>>. Acesso em: 08 ago. 2011.

MORANDIN, L. A. et al., 2006. Can pastureland increase wild bee abundance in agriculturally intense areas? *Basic and Applied Ecology*, [S. l.], v. 8, p. 117-124, 2007.

MOUGA, D. M. D. S.; KRUG, C. Comunidade de abelhas nativas (Apidae) em Floresta Ombrófila Densa Montana em Santa Catarina. **Zoologia**, Curitiba, PR, v. 27, n. 1, p.70-80, fev. 2010.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. A Polinização por Vibração. **Oecologia Australis**, [S. l.], v. 14, n. 1, p.140-151, mar. 2010.

PIVELLO, V. R.; METZGER, J. P. Diagnóstico da pesquisa em ecologia de paisagens no Brasil (2000-2005). **Biota Neotropica**, [S. l.], v. 7, n. 3, p.21-29, set./dez. 2007.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Tipos de Vegetação do Bioma Cerrado**. EMBRAPA. [2007?]. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_23\\_911200585232.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_23_911200585232.html)>. Acesso em: 09 fev. 2011.

RIBEIRO, M.C. et al. Análise de Paisagem. Projeto Geoprocessamento e testes de receptores e transmissores digitais por radiotelemetria terrestre com codificação digital. 2009. Processo FAPESP PIPE 2005/50843-8. 23p.

RICKETTS, T. H. et al. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. **Ecology Letters**, [S. l.], v. 11, p.499-515, maio 2008. Mensal.

ROOT, R. B. The Niche Exploitation Pattern of the Blue-Gray Gnatcatcher. **Ecological Monographs**, Ithaca, NY, v. 37, n. 4, p. 317-350, 1967.

SILVA, D. A. Levantamento do meio físico das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, SP, v. 17, n. 1, p.113-128, jun. 2005. Semestral.

SOUZA, D. L.; RODRIGUES, A. E.; PINTO, M. S. C. As abelhas como agentes polinizadores. **REDVET**, v. 8, n. 3, p.1-7, mar. 2007.

SCHLINDWEIN, C. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. In: Encontro sobre Abelhas, 4., 2000, Ribeirão Preto. **Anais...** . Ribeirão Preto, SP: Encontro sobre Abelhas, 2000. p. 131–141.

SCHLINDWEIN, C. Abelhas Solitárias e Flores: Especialistas são Polinizadores Efetivos?. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 55., 2004, Viçosa, Mg. **Anais...** . Viçosa, MG: Sociedade Botânica do Brasil, 2004. p. 1-8.

SILVA, A. G.. Relações entre plantas e polinizadores - uma abordagem para o cerrado em comparação com outras formações vegetais. **Natureza On Line**, Santa Teresa, ES, v. 4, n. 1, p.14-24, 2006. Semestral.

SILVEIRA, F.A. Abelhas **silvestres (Hymenoptera: Apoidea) e suas fontes de alimento no cerrado da estação florestal de experimentação de Paraopeba – Minas Gerais**. 1989. 50f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.

SOUZA, L. **Composição da fauna de Hymenoptera associada a área agrícola de manejo tradicional: abelhas nativas e parasitóides**. 2006. 103 f. Tese (Doutorado) - UNESP, Rio Claro, SP, 2006.

SOUZA, D. T. M.; COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, SP, v. 40, n. 4, p. 237-242, 2003.

SOUZA, L. A. G.; SILVA, M. F.; MARTINS, L. H. P. **Potencial bio-econômico das leguminosas ocorrentes em uma área de vegetação secundária na Amazônia Central**. [199-].

STEFFAN-DEWENTER, I. ; TSCHARNTKE, T.. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. **Oecologia**, Heidelberg, v. 121, n. 3, p.432-440, 04 nov. 1999.

TAKI, H.; KEVAN, P. G. Does habitat loss affect the communities of plants and insects equally in plant–pollinator interactions? **Biodiversity and Conservation**, [S. l.], v. 16, n. 11, p.3147-3161, 01 out. 2007.

TAURA, H. M.; LAROCA, S. A associação de abelhas silvestres de um biótopo urbano de Curitiba (Brasil), com comparações espaço-temporais: abundância relativa, fenologia, diversidade e exploração de recursos (Hymenoptera, Apoidea). **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, PR, v. 30, n. 1-2-3-4, p.35-137, 2001.

TAURA, H. M. et al. Melissocenótica (Hymenoptera, Anthophila) no Parque Florestal dos Pioneiros, Maringá, PR. (sul do Brasil) — I. Abundância relativa e diversidade. **Acta Biológica Paranaense**, Curitiba, PR, v. 36, n. 1-2, p.47-65, 2007.

VIANA, M. B. O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala. Brasília: Câmara dos Deputados, 2004. Documento da Consultoria Legislativa. Disponível em: <[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1162/eucalipto\\_efeitos\\_boratto.pdf?sequence=1](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1162/eucalipto_efeitos_boratto.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 21 set. 2011.

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V.. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, SP, v. 12, n. 32, p.25-42, dez. 1998.

VIEIRA, G. H. C.; SILVA, R. F. R.; GRANDE, J. P. Uso da Apicultura como Fonte Alternativa de Renda para Pequenos e Médios Produtores da Região do Bolsão, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2., 2004, Belo Horizonte, MG. **Uso da Apicultura como Fonte Alternativa de Renda para Pequenos e Médios Produtores da Região do Bolsão, MS**. Belo Horizonte, M, 2004. p. 1-7.

WIESE, H. **Novo Manual de Apicultura**. Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuária, 1995. 39 p.

WILSON, E. O. The little things that run the world: the importance and conservation of invertebrates. **Conservation Biology**, [S. l.], v. 1, p. 344-346, 1987. Artigo traduzido.

WITTER, S et al. **Abelhas sem ferrão no Rio Grande do Sul**: distribuição geográfica, árvores importantes para nidificação e sustentabilidade regional. Associação Paulista de Apicultores Criadores de Abelhas Melificas Européias, p. 1-4, 2010.

ZANETTE, L. R. S.; MARTINS, R. P.; RIBEIRO, S. P. Effects of urbanization on neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. **Landscapes and Urban Planning**, v. 71, n. 1, p. 105-121, 2005.