



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA**
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

GABRIELA GALETTI

**DIAGNÓSTICO DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
AVARÉ E SEU ENTORNO, COMO SUBSÍDIO À SUA CONSERVAÇÃO**

**Sorocaba
2013**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental

GABRIELA GALETTI

**DIAGNÓSTICO DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
AVARÉ E SEU ENTORNO, COMO SUBSÍDIO À SUA CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais

Orientadora: Prof^a.Dr^a. Fatima C. M. Piña-Rodrigues
Coorientadora: Prof^a.Dr^a. Roberta de O. A. Valente

Sorocaba
2013

Galetti, Gabriela

G154d Diagnóstico da estrutura da paisagem da estação ecológica de Avaré e seu entorno, como subsídio à sua conservação / Gabriela Galetti. -- Sorocaba, 2013.

62 f. : il. (color.) ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, *Campus* Sorocaba, 2013

Orientador: Fátima Conceição M. Piña-Rodrigues

Banca examinadora: Alexandre Marco da Silva, Maria Leonor .C. Lopes Assad

Bibliografia

1. Área de preservação permanente (APP). 2. Biodiversidade - conservação. 3. Vegetação - mapeamento. I. Título. II. Sorocaba - Universidade Federal de São Carlos.

CDD 333.9516

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do *Campus* de Sorocaba.

GABRIELA GALETTI

**DIAGNÓSTICO DA ESTRUTURA DA PAISAGEM DA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE
AVARÉ E SEU ENTORNO, COMO SUBSÍDIO À SUA CONSERVAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, para obtenção do título de mestre em Sustentabilidade da Gestão Ambiental. Área de concentração Ciências Ambientais. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, 23 de agosto de 2013.

Orientadora:

Prof^ª.Dr^ª. Fatima C. M. Piña-Rodrigues
UFSCar-Sorocaba

Coorientadora:

Prof^ª.Dr^ª. Roberta de O. A. Valente
UFSCar - Sorocaba

Examinadores:

Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva
UNESP - Sorocaba

Prof^ª.Dr^ª. Maria Leonor R. C. Lopes Assad
UFSCar - Araras

Aos meus pais, Ana e Artur,
dedico todo meu empenho com muito carinho.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro agradeço aos meus queridos pais, por todo amor e dedicação que tiveram comigo durante toda minha vida e por terem sido alicerces para me tornar a pessoa que sou hoje. Às minhas avós guerreiras, exemplos de vida. Ao meu irmão e a toda minha família por me fazerem sentir mais completa.

Ao meu noivo Fabio, grande amor da minha vida, por toda dedicação, respeito, companheirismo, amor e principalmente por seu comportamento acolhedor nos meus momentos de stress e ausência.

À minhas orientadora e coorientadora, Fatima e Roberta, por terem me transmitido conhecimento e crescimento profissional, pela confiança depositada, apoio às minhas escolhas e compreensão com as mudanças que ocorreram em minha vida durante o período de desenvolvimento do trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Maria Leonor R. C. Lopes Assad e ao Prof. Dr. Alexandre Marco da Silva, membros da banca examinadora.

Aos gestores da Estação Ecológica de Avaré, Eliseu, Linder e Léo, por terem me apoiado na realização do presente trabalho, ao Pedro e , Antônio Sergio pela ajuda com os materiais e apoio nas saídas de campo, e à toda a equipe da unidade que não mediu esforços para facilitar o trabalho.

Ao Instituto Florestal e sua equipe pela autorização de execução deste trabalho, e a todos os funcionários que contribuíram, em especial ao Ciro, Dimas, Marina e Leni pelas informações e dados fornecidos.

A toda equipe da Santiago e Cintra Consultoria, pelo fornecimento da imagem RapidEye sem a qual esse trabalho não poderia ter sido realizado.

Ao Fábio Rodrigues Pinho da Secretaria Estadual do Meio Ambiente pelos ensinamentos e ajuda com as imagens satélites.

A toda equipe da CETESB, em especial da Agência Ambiental de Avaré, onde passei a maior parte do meu tempo durante o mestrado, pude conviver com pessoas maravilhosas que estão

guardadas no meu coração. Dri, Val, Helo, Dani, Aline, Paty, Marcio, Demetrius, Marisa, Manu, Fogaça, e Helena, obrigada por tudo.

À Aline Danaga pela amizade, acolhimento e solidariedade no momento de transição, à Cinthia pelas risadas, companhia e amizade. Sem vocês a vida em Avaré não teria sido a mesma.

Às amigas que fiz na minha estadia em Sorocaba: à Mayrinha e a Dinha pela amizade conquistada e por manterem às portas abertas mesmo quando eu já não morava mais junto. Sinto falta da convivência.

À Kaline e a Mayra pela amizade sincera conquistada tão rápido, por todo o tempo que dedicaram em me ajudar com o mestrado, por todo apoio, carinho e pelos nossos sonhos que ainda serão concretizados. Torço muito por vocês.

Aos professores PPGSGA, a Eliana, por ser meu primeiro contato no mestrado e por ter me aceito como gerente do Projeto em Sete Barras durante meus primeiros meses em Sorocaba. Aos professores, estagiários e toda equipe do Projeto de Sete Barras pelos momentos compartilhados.

Aos amigos do PPGSGA, pela garra e pelas madrugadas e finais de semana dedicados ao mestrado e pelos momentos de descontração, essenciais para aguentarmos a jornada.

À minha eterna família Manga Rosa, a turma XVIII Florestal e a todos os floresteiros pelo vínculo construído durante meus anos de graduação e que permanece desde então.

A todos os meus amigos, virou festa, e família que me deram todo amor e apoio necessário para suportar a distância e os obstáculos encontrados durante todas as minhas mudanças.

Ao novo que chegou com 2013, a Radar e sua equipe pela oportunidade de crescimento profissional e pela compreensão com o término do meu mestrado, e a Carla (Jaguns), por estar dividindo comigo não só o apartamento como todos os altos e baixos dessa nova fase.

Um agradecimento especial para todos que colaboraram de alguma forma com esse trabalho e com as minhas escolhas.

"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." Guimarães Rosa

RESUMO

O processo de expansão agrícola tem provocado um aumento na fragmentação da vegetação natural, afetando a disponibilidade e qualidade dos recursos naturais. Com o objetivo de identificar a situação espacial dos remanescentes de vegetação natural em um raio de 3 km do entorno da Estação Ecológica de Avaré (EEA), realizou-se o mapeamento do uso e cobertura da terra e calcularam-se métricas de paisagem. Foram encontrados 21,2% de vegetação natural na área, distribuídos em 59 manchas entremeadas em matriz agropecuária, sendo que a maior mancha possuía 587,68 ha. As métricas da paisagem indicaram que a vegetação natural possui apenas 6,7% dos fragmentos maiores que 50 ha, sendo que os outros 93% são considerados pequenos. Quando analisada a forma dos fragmentos notou-se que 29% possuem formas mais irregulares e alongadas. Isso acontece porque os remanescentes concentram-se próximos aos cursos d'água. As Áreas de Preservação Permanente (APPs) ocupam 6,3% da área de estudo e 64,71% dessas áreas estão cobertas com cobertura vegetal natural. Os outros 35,28% restantes da APP encontram-se sem vegetação e sob influência de áreas antropizadas com atividades agrícolas. Verificou-se que a EEA não se encontra isolada na paisagem e, ainda, que essa paisagem como um todo tem uma conectividade significativa levando em consideração o fluxo das abelhas da subtribo Euglossina. Os remanescentes florestais estão, contudo, vulneráveis frente às pressões antrópicas exercidas pela expansão das atividades agropecuárias. O uso de métricas da paisagem possibilitou não só o diagnóstico da situação atual da área de estudo, como também permitiu a proposição de medidas que visem à conservação dos remanescentes florestais, como da paisagem como um todo.

Palavras chaves: conservação da biodiversidade, métricas da paisagem, vegetação natural.

ABSTRACT

The process of agricultural expansion caused an increase in forest fragmentation and, consequently, it was responsible for the conversion of the forest into a mosaic with different land-cover patches and remnants of the original forest. In order to identify the distribution of the remnants in a 3 km-radius around the “Estação Ecológica de Avaré - EEA, we produced a land-use/land-cover map of this landscape. Based in this map it was calculated the landscape metrics. The natural vegetation occupied 21.2% of the area and it was distributed in 59 patches in an agricultural matrix. The largest remnant has 587.68 ha. According the landscape metrics only 6,7% of the natural vegetation are larger than 50 ha and, consequently 93% of this remnants are small. The shapes of the forest remnants are predominantly irregular and lengthened because it was close to surface water and, consequently, in a buffer zone of the Permanent Preservation Areas (PPA), which occupied 6.3% of total landscape (65% cover by natural vegetation). The man intervention was responsible for the conversion of the 35% of the PPA area into a mosaic with different land-cover, in this case, with agriculture and urban occupation. Consider the flux of the sub-tribe Euglossina bees, the EEA is not isolated and permitted a forest connection. The forest remnants, although, suffer with the negative pressure done by the agriculture. In this context, we concluded that the landscape metrics permit the evaluation of the landscape context and facilitate the definition of action aim at the forest and landscape conservation

Keywords: Biodiversity Conservation, Landscape Metrics, Natural Vegetation

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização da área de estudo – Estação Ecológica de Avaré e região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.21
- Figura 2: Amostras da imagem de satélite RapidEye de 2010, utilizadas para a chave de classificação das principais classes de uso e ocupação da terra. A. Várzea; B. Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.); C. Fruticultura (*Citrus* spp.); D. Corpo d'água; E. Silvicultura (*Eucalyptus* spp.); F. Área Construída; G. Pastagem; H. Rodovia; I. Vegetação natural; J. Outros (uso não identificado).23
- Figura 3: Distribuição dos pontos de verificação em campo das diferentes categorias de uso da terra na Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.25
- Figura 4: Rede hidrográfica da Estação Ecológica de Avaré e entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.27
- Figura 5: Mapa de uso e cobertura da terra da Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil. Período de 2012.33
- Figura 6: Rede hidrográfica e remanescentes de vegetação natural na Estação Ecológica de Avaré e entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.35
- Figura 7: Número de fragmentos de vegetação natural por classe de tamanho e porcentagem acumulada de área.36
- Figura 8: Distribuição dos remanescentes de vegetação natural por classe de tamanho na Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.37
- Figura 9: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e forma, na Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.38
- Figura 10: Aspecto externo da estrada que corta a Estação Ecológica de Avaré, destaque para o efeito de borda causado pela existência da estrada, Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil. Fotografia: Galetti, G., novembro 2012.39
- Figura 11: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e conectividade (PROX) utilizando o raio de 500 metros entre fragmentos na Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, Avaré, São Paulo, Brasil. Ano: 2012.42
- Figura 12: Fragmentos de vegetação natural e Áreas de Preservação Permanente (APP) sem vegetação na Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.44
- Figura 13: Áreas de Preservação Permanente na região de entorno da Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil.48
- Figura 14: Áreas de Preservação Permanente sem vegetação natural na região de entorno da Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil. Fotografia: Galetti, G., novembro 2012.48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Descrição das classes e uso e cobertura da terra na Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, município de Avaré, São Paulo, Brasil.	23
Tabela 2: Classes de qualidade do índice Kappa.	26
Tabela 3: Métricas das classes de uso e cobertura da terra da Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, estado de São Paulo, Brasil (PP: porcentagem da classe ocupada na paisagem; MM: tamanho da maior mancha em hectares; NM: número de manchas da classe).34	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1. Objetivo Geral.....	13
2.2. Objetivos Específicos.....	13
3.0. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 O contexto da vegetação natural e paisagens fragmentadas.....	14
3.2. Ecologia da Paisagem: processos ecológicos e os padrões espaciais.....	16
3.3. Fluxo gênico no contexto da paisagem.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1.ÁREA DE ESTUDO.....	20
4.2. AVALIAÇÃO DA PAISAGEM.....	22
4.2.1. Mapeamento do uso e cobertura da terra.....	22
4.2.2. Exatidão de classificação do mapa de uso e cobertura da terra.....	24
4.2.3. Fragmentos de vegetação natural.....	26
4.2.4. Rede Hidrográfica.....	26
4.2.5. Áreas de Preservação Permanente.....	27
4.2.6. Métricas de Ecologia da Paisagem.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1. Uso e cobertura da terra.....	31
5.2. Fragmentos de vegetação natural	34
5.3. Conectividade funcional usando as abelhas da subtribo Euglossina como indicador.....	41
5.4. Áreas de Preservação Permanente.....	43
5.5. Propostas mitigadoras das pressões sofridas pelos fragmentos.....	50
7. CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

Em um cenário atual onde a perda da biodiversidade pode chegar até 2050 à redução de 15% a 37% das espécies, com o desaparecimento de cerca de 56000 plantas endêmicas (THOMAS et al., 2004; PEREIRA et al., 2010), a manutenção dos processos ecológicos em áreas protegidas torna-se extremamente relevante. Muitos biomas encontram-se fragmentados na forma de pequenas manchas de vegetação natural dispersas em meio a matrizes antropizadas, capazes de reduzir significativamente o fluxo de animais, pólen e sementes (FAHRIG, 2003; TSCHARNTKE et al., 2005) e de afetar a qualidade dos recursos naturais nos ecossistemas.

A maioria das espécies vegetais tropicais é polinizada por vetores biológicos sendo as abelhas os polinizadores mais frequentes (MAUÉS & OLIVEIRA, 2010). Este fato as tornam importantes na conservação da biodiversidade em áreas de Mata Atlântica e Savana. A fragmentação afeta a conectividade funcional da paisagem no que se refere ao potencial de fluxo de polinizadores e dispersores, o que pode gerar o isolamento reprodutivo das populações deixando-as mais vulneráveis aos processos antrópicos.

Neste contexto, a forma, o tamanho do fragmento, a extensão da zona de efeito de borda, o tipo de vizinhança e a distância entre os fragmentos (ou grau de isolamento e conectividade) são importantes para a persistência das populações, podendo afetar a resiliência desses fragmentos (CHIARELLO, 2000; GOODWIN e FAHRIG, 2002; CERQUEIRA et al., 2003).

A Estação Ecológica de Avaré (EEA) é uma Unidade de Conservação estadual criada em 2010, para proteger amostras de ecossistemas de Savana e Mata Atlântica (SILVA et al., 2010), ambos de grande importância por serem considerados "hotspots", isto é, estão entre os biomas com maior biodiversidade, alto nível de endemismo e mais ameaçados do planeta (MYERS et al., 2000; MITTERMEIER, 2005). Situada em zona de contato entre a Savana e a Mata Atlântica, a EEA abrange também a área de recarga do Aquífero Guarani, que abriga recursos estratégicos para

diversos países, além de apresentar extensas áreas de Campos Limpo e Sujo, fisionomias de Savana pouco comuns no Estado de São Paulo (ARZOLLA et al., 2012).

A EEA, apesar de sua importância biológica, está submetida a pressões em seu entorno, o que torna necessária a adoção de medidas para reduzir os impactos na unidade e garantir seus objetivos de manutenção da biodiversidade dos remanescentes naturais. Por sua vez, ações de conservação necessitam prévio diagnóstico do contexto no qual a UC está inserida. Dessa forma, a avaliação descritiva do uso e cobertura da terra permite a identificação das pressões antrópicas sofridas pelos remanescentes de vegetação e a proposição de medidas mitigadoras que visem à sua conservação. Além disto, estudos que visem o entendimento dos efeitos da perda da diversidade pela fragmentação da paisagem são essenciais para subsidiar planos de manejo e conservação das espécies naturais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo do projeto é avaliar a estrutura da paisagem da Estação Ecológica de Avaré (EEA) e seu entorno, enfatizando sua cobertura florestal e visando estabelecer a situação atual de sua conectividade na região em que se insere.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar o uso e cobertura da terra da EEA por meio de técnicas de sensoriamento remoto;
- Caracterizar a estrutura (composição e configuração) da cobertura florestal, por meio de métricas de Ecologia da Paisagem.
- Avaliar os remanescentes florestais sob o ponto de vista de sua conectividade funcional, baseando-se no potencial de fluxo gênico entre fragmentos.

- Avaliar a ocupação da Área de Preservação Permanente, dessa paisagem, baseando-se na Lei Federal nº 12.651/2012 e suas alterações.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O contexto da vegetação natural e paisagens fragmentadas

As principais causas da devastação da biodiversidade foram a exploração desordenada dos recursos naturais e a expansão da agricultura convertendo as áreas de florestas em pastagens, lavouras e centros urbanos (MYERS et al., 2000; GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2003; VALENTE, 2005; SAWAKUCHI, 2010). Em áreas com formações florestais que foram suprimidas e manejadas para fins de utilização econômica, a regeneração natural é lenta ou inexistente, ainda que a mesma seja abandonada (CARDOSO-LEITE et al., 2010). Como consequência desta degradação muitos biomas encontram-se fragmentados na forma de pequenas manchas dispersas em meio a matrizes antrópicas como as áreas agrícolas e zonas urbanas (FAHRIG, 2003; TSCHARNTKE et al., 2005; TAMBOSI, 2008).

O processo de fragmentação reduz a extensão do fragmento original, aumenta o número de fragmentos, diminui seus tamanhos e aumenta o isolamento entre eles (FAHRIG, 2003). Em cinco séculos de ocupação, o bioma Mata Atlântica, também conhecido como Floresta Atlântica, foi reduzido a pequenas manchas que se concentram ao sul e sudeste do estado de São Paulo (KRONKA et al., 2005). Atualmente, a Mata Atlântica encontra-se degradada e fragmentada abrangendo apenas 11,7% de sua área original, com mais de 80% dos fragmentos com área menor que 50 ha (RIBEIRO et al., 2009) e com expressivo número de espécies em extinção tanto da flora quanto da fauna.

O bioma Savana, assim como a Mata Atlântica, também foi drasticamente devastado. A Savana se concentra na porção central do Brasil estendendo-se até o litoral nordeste do estado do Maranhão e norte do estado do Paraná. É o segundo maior bioma do país em extensão territorial, representando cerca de 24% do território nacional (aproximadamente dois milhões de Km²)

(BRASIL, 2007a). No estado de São Paulo as áreas de Savana encontram-se reduzidas a menos de 1% de sua área distribuídas em pequenos remanescentes no interior do estado (DURIGAN et al., 2004; DURIGAN et al., 2011).

Devido a enorme riqueza biológica, este bioma é um dos que apresentam maior biodiversidade no planeta com cerca de 40% de espécies florestais e 50% de espécies de abelhas endêmicas no Brasil (KLINK & MACHADO, 2005). A Savana, ao lado da Mata Atlântica, é considerada um dos “hotspots” mundiais, isto é, biomas mais ricos e, ao mesmo tempo, ameaçados do planeta. Ambos têm atraído atenções internacionais devido à importância estratégica como duas das maiores biodiversidades terrestre e seu alto nível de endemismo (MYERS et al., 2000, MITTERMEIER, 2005).

Como resultado da fragmentação das florestas, a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais nos ecossistemas são afetadas, podendo gerar sérias consequências tanto em escalas locais e regionais quanto globais (MATSON et al., 1997). Em um primeiro momento ocorre a extinção local de espécies devido à perda de habitat (MURCIA, 1995; FAHRIG, 2003), seguido de alterações na composição e na diversidade das populações e comunidades. Estas alteram as interações bióticas e causam danos aos serviços do ecossistema como polinização, dispersão de sementes e ciclagem de nutrientes (METZGER, 1999; CUNNINGHAM, 2000; STEFFAN-DEWENTER et al., 2001; STEFFAN-DEWENTER e KUHN, 2003; STEFFAN-DEWENTER, 2003). Em longo prazo, há aumento potencial nas taxas de extinção como consequência das alterações genético-demográficas nas populações florestais, decorrentes desta redução populacional e isolamento (KAGEYAMA et al., 1998).

Visando evitar as consequências oriundas da fragmentação da vegetação surgiu a necessidade de se criar áreas para proteger e conservar os remanescentes dos ecossistemas naturais garantindo assim sua sustentação em longo prazo. No Brasil, as Unidades de Conservação (UC) são as que mais têm contribuído para a conservação e preservação dos recursos naturais.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi instituído pela Lei Federal nº

9.985, de 18 de julho de 2000, o qual estabelece as normas e critérios para criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação (MMA, 2006). A criação das UC por leis e decretos, não levando em consideração os problemas e situações das regiões nas quais estão inseridas, como grau de isolamento, expansão agrícola, poluição e desenvolvimento urbano-industrial da região, faz com que a maioria dessas UC sejam protegidas legalmente, mas sem cumprir efetivamente o objetivo de manutenção da biodiversidade (KORMAN, 2003). Mais da metade das UC possuem menos de 500 ha, o que é insuficiente para muitas espécies de plantas e animais. Além disso, parte significativa dessas unidades de conservação encontra-se degradada por um histórico de perturbações diversificado (incêndios, caça, extrativismo vegetal predatório etc.) e pelo efeito de borda, agravado por formas inadequadas. A definição de estratégias para a conservação da biodiversidade nessas áreas deve ultrapassar os limites das UC e considerar as características e potencial de conservação nos fragmentos vizinhos.

Para que o objetivo das UCs seja alcançado em longo prazo, as mesmas devem manter redes de fragmentos interligados, levando em consideração as pressões e os recursos presentes em seu entorno, e não apenas atuarem como unidades isoladas (PIVELLO, 2005; VILHENA et al., 2004; BANI et al., 2002; JONGMAN, 1995). Uma maneira de manter a biodiversidade das UC é reduzir os efeitos das atividades realizadas nas áreas de entorno de maneira a reduzir o impacto das atividades humanas e favorecer o fluxo de organismos entre os remanescentes, permitindo o acesso aos recursos necessários durante todo o ano (PIRES et al. 2000^a; OLIVA, 2003; ZANIN et al., 2005). O manejo e a conservação da biodiversidade estão intrinsecamente relacionados à proteção da heterogeneidade dos habitats bem como à diversidade genética dentro de cada espécie, permitindo que as mesmas consigam se adaptar sob as mais variadas pressões e até mesmo aos processos de alterações do clima (HELLER & ZAVALETA, 2009).

3.2. Ecologia da Paisagem: processos ecológicos e os padrões espaciais

Devido às interferências do homem na paisagem, muitos autores vêm mostrando a importância

de se entender o funcionamento de diferentes processos biológicos em paisagens heterogêneas, e como as mudanças de origem antrópicas afetam esses processos (FORERO-MEDINA & VIEIRA, 2007). De acordo com Wu & Hobbs (2002) e Rutledge (2003) a Ecologia da Paisagem permite identificar e entender as relações existentes entre processos ecológicos e os padrões espaciais e vem sendo considerada uma abordagem promissora em pesquisas sobre fragmentação e conservação de ecossistemas e espécies, permitindo um melhor entendimento dos efeitos das alterações antrópicas na paisagem (METZGER, 2001). Isto se dá em função de sua habilidade em quantificar a estrutura da paisagem, pré-requisito para compreender as funções e as mudanças de um ambiente por meio de sua prévia caracterização (MCGARIGAL & MARKS, 1995).

Em uma paisagem antropizada, os fragmentos encontram-se imersos numa matriz impactante, sendo que a forma, o tamanho do fragmento, a extensão da zona de efeito de borda, o tipo de matriz e a distância entre os fragmentos (ou grau de isolamento) são extremamente importantes para a persistência das populações (CHIARELLO, 2000; LIMA, 1999; GOODWIN & FAHRIG, 2002; CERQUEIRA et al., 2003). Fragmentos maiores, com forma mais arredondada e próximos de outros são potencialmente mais ricos em biodiversidade que fragmentos pequenos, isolados e alongados (METZGER, 1999). Dessa forma, utilizar ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG), é um meio rápido e sistemático de avaliar as condições de uso e cobertura da terra, podendo quantificar a estrutura da paisagem (SAWAKUCHI, 2010).

De acordo com Metzger (2004) a conectividade é uma das características da paisagem quantificada por meio de um conjunto de índices (métricas) espaciais, que medem o grau de isolamento ou conectividade das manchas. As métricas de isolamento podem ser divididas em duas classes: medição do isolamento de um único fragmento, usando medidas de distância entre fragmentos, e, medição do isolamento médio na paisagem, usando medidas de proximidade entre pixels. Já as métricas de conectividade medem: a densidade de estruturas de conexão, como os corredores e stepping stones (pontos de ligação); a proximidade ou percolação das áreas de hábitat; ou a permeabilidade da matriz na qual os fragmentos estão inseridos (METZGER, 2004).

O estudo da conectividade geralmente se limita ao aspecto estrutural. As medias de conectividade usadas com mais frequência enfocam principalmente a área dos fragmentos e as distâncias entre elas (TAYLOR et al., 1993), porém a conectividade é o resultado da interação entre um processo comportamental – movimento – e a estrutura física da paisagem, não podendo ser definida baseando-se unicamente nas distâncias entre manchas (FORERO-MEDINA & VIEIRA, 2007).

Neste contexto, podem ser distinguidos dois tipos de conectividade, a estrutural e a funcional. A conectividade estrutural descreve relações físicas entre manchas, como distâncias entre elas e corredores, é baseada completamente na estrutura da paisagem, ignorando as respostas dos organismos (TAYLOR et al., 1993). Já a conectividade funcional considera as respostas comportamentais aos elementos da paisagem junto com a estrutura espacial (GOODWIN, 2003). Para a conectividade funcional da paisagem, a mobilidade de um organismo é um dos determinantes mais importantes e, a conectividade só pode ser determinada no contexto da capacidade do organismo de se mover entre fragmentos (D'EON et al., 2002).

Alguns exemplos de uso de métricas da paisagem na análise da conectividade foram realizados por Geneletti (2004) que empregou índices de área e de proximidade na avaliação da fragmentação florestal causada por estruturas lineares, como as estradas. Schindler et al. (2008) para analisar a relação entre a estrutura da paisagem e a biodiversidade no Parque Nacional de Dadia (Grécia) utilizaram índices de Ecologia da Paisagem que quantificavam a área, a forma e a proximidade entre os remanescentes de vegetação. Scolozzi e Geneletti (2012) utilizam índices de proximidade, forma e área para avaliar a conectividade de áreas naturais e, sobretudo, a influência da urbanização sobre estas áreas.

3.3. Fluxo gênico no contexto da paisagem

Para que as espécies vegetais em paisagens fragmentadas consigam se reproduzir, estas dependem em primeira etapa da habilidade dos vetores de polinização e dispersão de sementes em

manter, ao longo do tempo, o fluxo gênico entre fragmentos, sendo este fluxo essencial à conservação genética de espécies tropicais (MARTINS, 1987; KAGEYAMA et al., 1998; RIBAS e KAGEYAMA, 2004; MARTINS, 2005; MAUÉS e OLIVEIRA, 2010).

A polinização pode ser considerada como um processo primário de fluxo gênico de espécies vegetais, enquanto a dispersão é secundária. Isto por que na polinização o cruzamento dos gametófitos feminino e masculino já insere na população o material genético, enquanto no caso da dispersão a fixação do gene na população depende de diversos outros processos como a própria polinização e o estabelecimento do indivíduo (PIÑA-RODRIGUES e FREIRE, 2009). A maioria das espécies vegetais tropicais é polinizada por vetores bióticos sendo as abelhas os polinizadores mais frequentes (MAUÉS e OLIVEIRA, 2010). Este fato as tornam extremamente importantes na conservação da biodiversidade em áreas de Mata Atlântica e Savana.

A polinização por abelhas sem ferrão tem destaque em ecossistemas naturais e agrícolas, sendo capazes de realizar de 30% a 90% da polinização da flora nativa (KERR, 1997). Na Mata Atlântica, a polinização por abelhas pequenas é a mais frequente, sendo estes os principais polinizadores em ecossistemas tropicais (PIÑA-RODRIGUES et al., 2005; PIÑA-RODRIGUES e FREIRE, 2009).

Em áreas de Savana em São Paulo, Mato Grosso e Minas Gerais, 75% das espécies de plantas são polinizadas de forma exclusiva, primária ou secundariamente, por abelhas (SILBERBAUER-GOOTSBERGER; GOOTSBERGER, 1988 apud D'ÁVILA, 2006), já em áreas de Mata Atlântica, de acordo com estudo de Araújo et al. (2009), dentre as espécies polinizadas por insetos (entomófilas) a polinização por abelhas foi a mais representativa, ocorrendo em 57% da área estudada.

A fragmentação de habitats pode resultar em alterações nas comunidades de abelhas e interferir no movimento de pólen entre plantas e na distância em que ocorre o fluxo gênico, influenciando a reprodução e estrutura genética das populações de plantas que se encontram isoladas pelos fragmentos florestais. Este contexto de fluxo gênico vem sendo considerado

importante para a minimização dos impactos ambientais nestes ecossistemas (RATHCKE e JULES, 1993; AIZEN e FEINSINGER, 1994; KAGEYAMA et al., 1998; RIBAS e KAGEYAMA, 2004).

Devido a sua importância ecológica, as abelhas da subtribo Euglossina podem ser empregadas como **indicadoras biológicas** das condições ambientais de áreas naturais ou antropizadas (PERUQUETTI et al., 1999; TONHASCA et al., 2002; AGUIAR e GAGLIANONE, 2008). A grande capacidade de vôo aliada ao padrão de dispersão de Euglossina contribui significativamente para o fluxo gênico via pólen à longa distância em florestas tropicais, tornando-as um dos grupos de insetos tropicais mais importantes na polinização de espécies de plantas que possuem indivíduos com distribuição esparsa e baixa densidade (JANZEN, 1971).

Neste contexto, a estratégia de conservação de espécies de baixa densidade ou raras pode ser adotada como referencial para propor medidas de proteção ambiental, uma vez que pode garantir que outras também sejam conservadas (PEREIRA-SILVA, et al., 2004).

Considerando seu papel ecológico e funcional na polinização de muitas espécies raras e de baixa densidade, o uso da Euglossina, como indicador de potencial de conectividade em paisagens fragmentadas, por meio de sua capacidade em se mover entre fragmentos pode contribuir para a modelagem e análise de paisagens, visando propor medidas de conservação (CARROCCI, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A Estação Ecológica de Avaré (EEA), localizada no Município de Avaré, possui área de aproximadamente 719 hectares. Está localizada no sudoeste do estado de São Paulo, entre os paralelos 7453635 N e 7455301,42 N e meridianos 721721, 97 E a 725119,27 E (Figura 1).

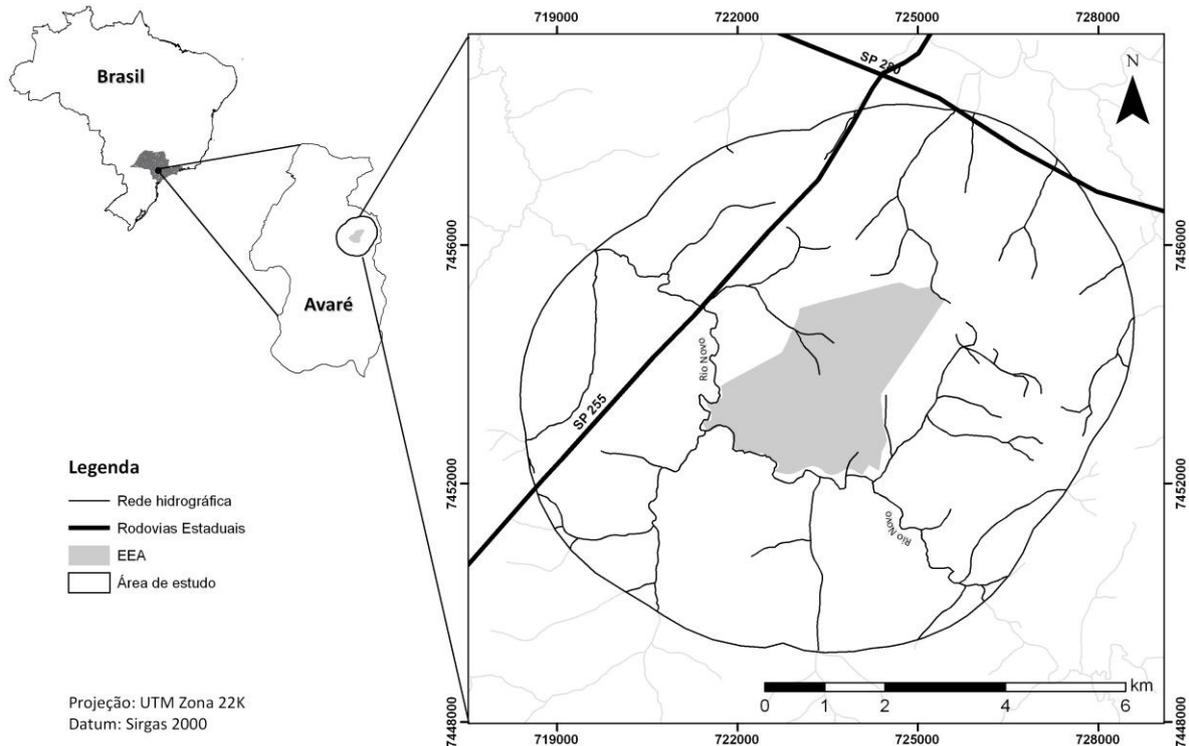


Figura 1: Localização da área de estudo – Estação Ecológica de Avaré e região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é Cwa, mesotérmico com inverno seco e verão quente. A temperatura média anual é de 20,3°C e a precipitação anual de 1274,0mm (SENTELHAS et al. 1999). As altitudes variam de 700 a 803 metros, predominando as altitudes entre 740 a 780 metros, o tipo de solo na região é o Latossolo Vermelho (OLIVEIRA et al. 1999). A EEA está inserida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHI 17 – Médio Paranapanema e é drenada, em boa parte, pelo Rio Novo e afluentes da margem direita; somente um pequeno setor, a nordeste, é drenado pelo córrego da Água da Canela, afluente do Rio Pardo (SILVA e KANASHIRO, 2010).

No passado, a área hoje ocupada pela atual Estação Ecológica de Avaré foi utilizada para o plantio de Eucalyptus e, a partir de 2008, foram completamente erradicados favorecendo vigorosa regeneração natural de vegetação de Savana. Atualmente a Estação apresenta fisionomias vegetais compostas por Savana (Savana Florestada, Savana Arborizada, Savana Gramíneo-lenhosa) e

Floresta Estacional Semidecidual (ARZOLLA et al., 2012). A Savana ocupa cerca de 85% da área da EEA enquanto a Floresta Estacional Semidecidual ocorre geralmente nos vales dos cursos d'água e áreas adjacentes (ARZOLLA et al. 2012), sendo esta predominante nas áreas do entorno da EEA.

4.2. AVALIAÇÃO DA PAISAGEM

4.2.1. Mapeamento do uso e cobertura da terra

Para análise espacial da EEA e seu entorno, mapeou-se o uso e cobertura da terra de uma área de 3 km de distância a partir dos limites da Estação Ecológica de Avaré. A definição dos limites de estudo baseou-se na Resolução n ° 428 de 2010, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual estabelece que, no entorno de uma Unidade de Conservação sem zona de amortecimento estabelecida, como é o caso da EEA, o órgão gestor da UC poderá interferir na autorização de atividades impactantes em um raio de até 3 km a partir do limite da UC (BRASIL 2010).

O mapeamento foi realizado com base na interpretação digital visual, por meio de vetorização em tela na escala 1:15.000, utilizando imagem georreferenciada do satélite RapidEye, de março de 2010, fornecidas pela Santiago & Cintra Consultoria. Estas estavam ortorretificadas, com resolução espacial de 5m, resultando em imagens corrigidas com precisão de detalhes compatível com escala 1:25.000 (FELIX et al., 2009). No processo de interpretação e análise foi utilizado o software Arc GIS 10.0. Com base em Carrocci (2011), Tambosi (2008) e conforme os objetivos do trabalho, foram definidas dez as seguintes categorias de uso e cobertura da terra (Tabela 1).

Tabela 1: Descrição das classes de uso e cobertura da terra na Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, município de Avaré, São Paulo, Brasil.

Classe	Descrição
Várzea	Área com vegetação típica de área úmida, inundada sazonalmente ou permanentemente.
Cana-de-açúcar	Área ocupada com cultivo de <i>Saccharum officinarum</i> L.
Fruticultura	Área ocupada com cultivo de <i>Citrus</i> spp.
Corpo- d'água	Rios de grande porte, córrego, lagos ou represas com leito visível.
Silvicultura	Área de cultivo homogêneo de <i>Eucalyptus</i> spp.
Área construída	Construções rurais e urbanas, instalações industriais.
Pastagem	Área com predomínio de vegetação herbácea utilizada para pecuária extensiva, campo antrópico.
Rodovia	Estradas oficiais pavimentadas.
Vegetação Natural	Mata, capoeira, campo natural, formações vegetais de Floresta Estacional Semidecidual e Savana
Outros	Uso não identificado e áreas ocupadas com cultivo de <i>Zea mays</i> L. (milho) e <i>Glycine max</i> L. (soja).

Para a caracterização da vegetação utilizou-se como base a identificação e classificação utilizando os elementos da imagem: cor, tonalidade, textura, forma dimensão e convergência de evidências, correlacionadas aos parâmetros de campo. Levando em consideração essa metodologia foi elaborada uma chave de classificação das principais classes (Figura 2), para facilitar a interpretação da imagem.

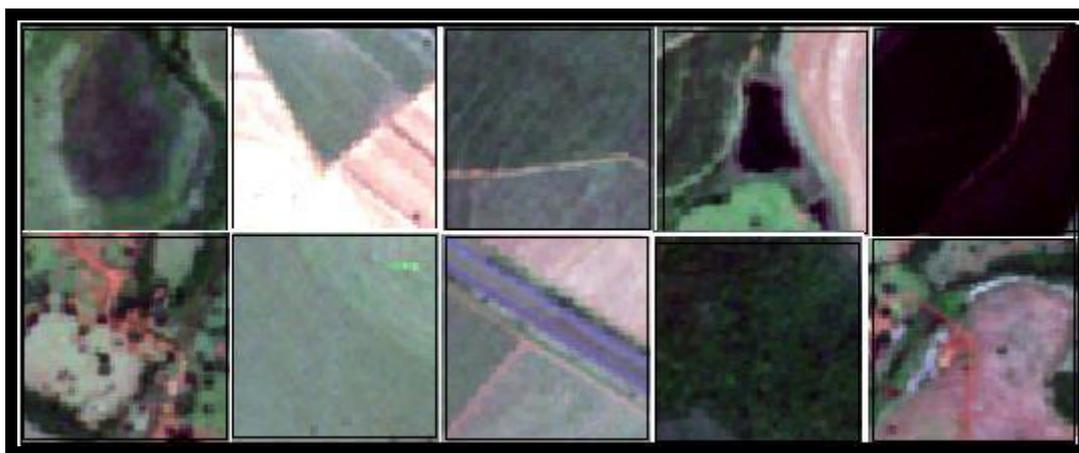


Figura 2: Amostras da imagem de satélite RapidEye de 2010, utilizadas para a chave de classificação das principais classes de uso e ocupação da terra. Linha superior da esquerda para direita A a E; **A.** Várzea; **B.** Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.); **C.** Fruticultura (*Citrus* spp.); **D.** Corpo d'água; **E.** Silvicultura (*Eucalyptus* spp.). Linha inferior da esquerda para direita F a J; **F.** Área Construída; **G.** Pastagem; **H.** Rodovia; **I.** Vegetação natural; **J.** Outros (uso não identificado).

4.2.2. Exatidão de classificação do mapa de uso e cobertura da terra

Após o mapeamento, foram realizadas visitas técnicas de campo com o auxílio de câmera fotográfica e um receptor GPS (Global Positioning System), para conferência e confirmação do mapeamento, visando o esclarecimento de elementos duvidosos na interpretação digital e o acréscimo de novas informações não determinadas durante o processo de interpretação. Para obter a concordância entre a verdade terrestre e o mapa de uso e ocupação da terra foi estimada a exatidão de classificação por meio de matriz de erros pelo cálculo do coeficiente kappa (CONGALTON e GREEN, 1998).

O coeficiente kappa consiste em uma análise multivariada que tem por base uma matriz de erros, também chamada de matriz de confusão (PONZONI e ALMEIDA, 1996). Essa matriz identifica o erro global da classificação. Para cada categoria os erros de comissão de uma determinada classe atribuída ao mapa a uma feição a qual não pertence, e omissão no mapa de uma determinada feição encontrada em campo (CAMPBELL, 2002). Esse índice é calculado pela fórmula abaixo proposta por Congalton et al. (1998):

$$K = \frac{X \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{X^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}$$

Sendo:

X= número total de observações de matriz de erros;

R = número de categorias presentes na matriz de erros;

X_{ii}= elementos da diagonal principal;

X_{i+}= total da linha para uma dada categoria;

X_{+i}= total da coluna para uma dada categoria.

O valor para esse coeficiente varia de zero (0) a um (1) e quanto mais próximo de um mais similar à realidade (MOREIRA, 2001).

Para definição dos pontos de verificação em campo foi criado um mapa (Figura 3) com a malha viária e distâncias, com faixas a cada 1.000 m a partir de um ponto central da área de estudo (FUSHITA, 2006). No cruzamento das faixas com as estradas e principais vias foram estabelecidos pontos de parada nos quais verificaram-se dois pontos, um de cada lado da pista. No total, foram checados 174 pontos em campo para toda a área de estudo.

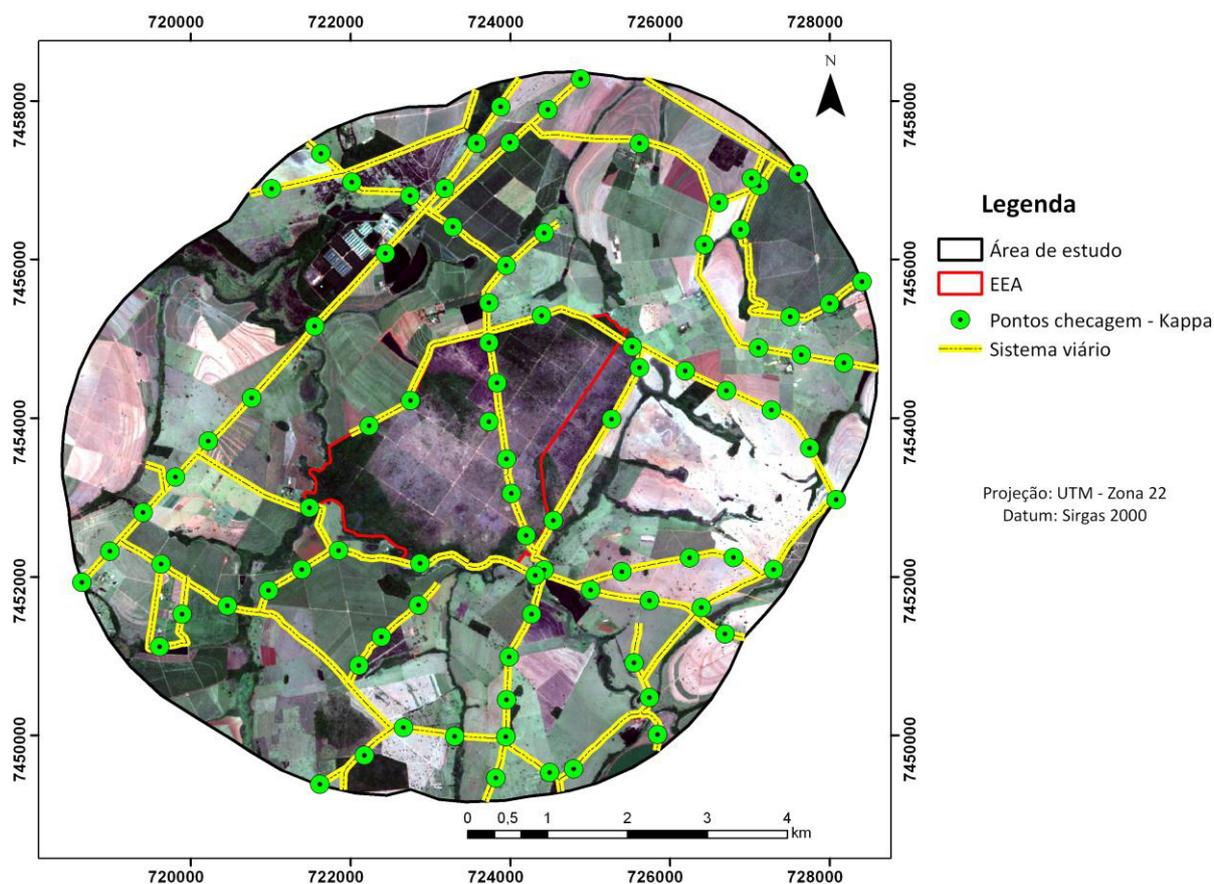


Figura 3: Distribuição dos pontos de verificação em campo das diferentes categorias de uso da terra na Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.

O coeficiente Kappa foi calculado em função dos pontos de controle coletados em campo baseado em Tambosi (2008), os quais foram relacionados com a qualidade obtida (Tabela 2).

Tabela 2: Classes de qualidade do índice Kappa.

Kappa	Qualidade
< 0,0	Péssima
0,0 – 0,2	Ruim
0,2 – 0,4	Razoável
0,4 – 0,6	Boa
0,6 – 0,8	Muito boa
0,8 – 1,0	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

4.2.3. Fragmentos de vegetação natural

Com a individualização dos polígonos que representavam os fragmentos de vegetação natural, no mapa de uso e cobertura da terra, foi construído um plano de informação (PI) fragmentos de vegetação natural, no qual os remanescentes florestais passaram a ser identificados por identificadores únicos. Ressalta-se que se considerou vegetação natural todos aqueles fragmentos de vegetação natural ou natural mas com presença de algumas espécies exóticas, independente do seu nível de conservação.

4.2.4. Rede Hidrográfica

O PI da rede hidrográfica (Figura 4), produzido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com base nas cartas topográficas do IGC, escala 1:10.000 (ano 1978) foi disponibilizado no formato digital e atualizado, via digitalização em tela tendo por base a imagem Rapideye (a mesma usada para produzir mapa de uso e cobertura da terra).

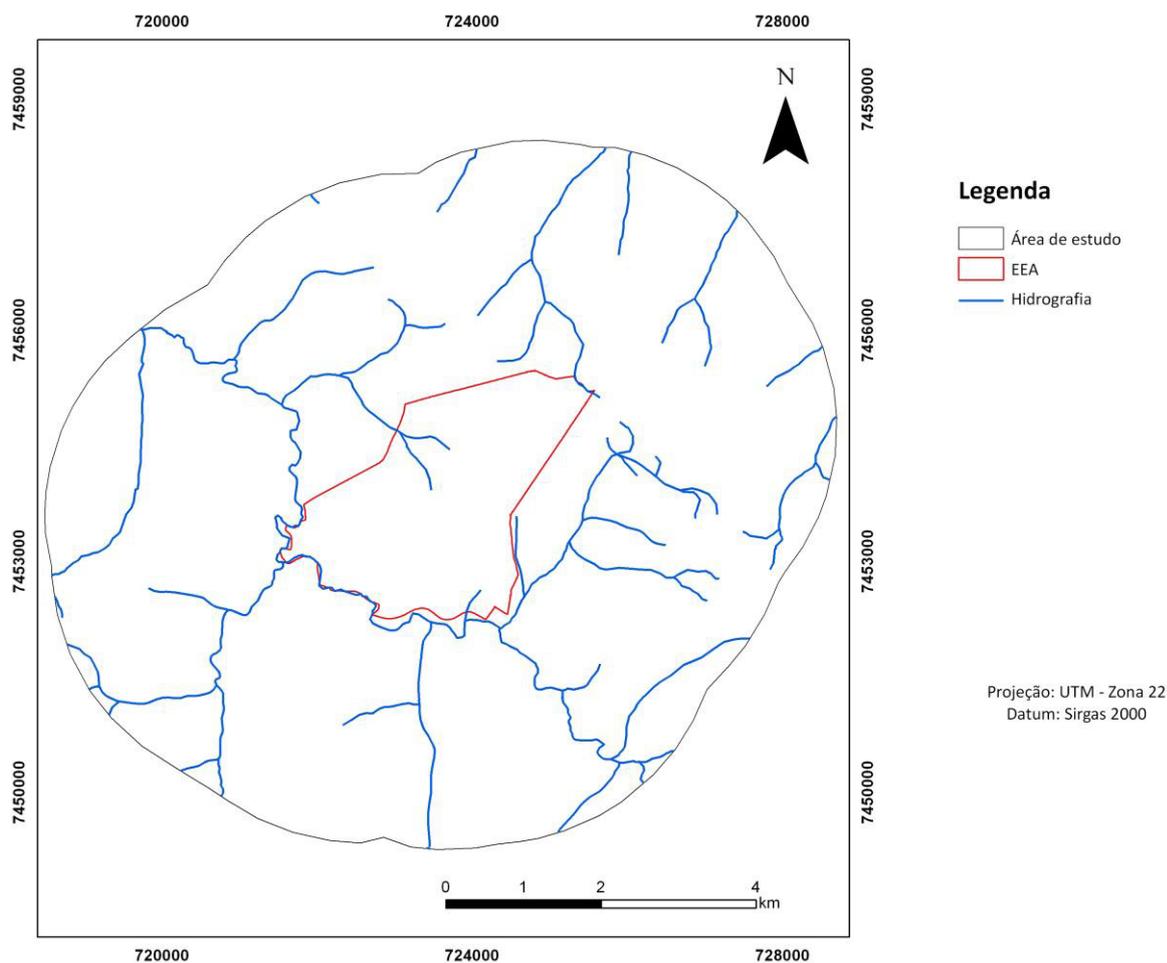


Figura 4: Rede hidrográfica da Estação Ecológica de Avaré e entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.

4.2.5. Área de Preservação Permanente

Para a determinação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) empregou-se o estabelecido na Lei nº 12651 de 2012 e suas alterações:

- 30 metros de cada lado dos cursos d'água, visto que os rios da área estudada possuem largura menor que 10 m;
- 50 metros de nascentes perenes ou difusas;
- 50 metros de lagoas naturais com até 20 ha.
- 15 metros de cada lado de reservatórios de até um hectares oriundos de barramentos de cursos d'água;
- 30 metros de cada lado de reservatórios maiores que um hectare oriundos de barramentos de cursos d'água;

Segundo essa Lei, os reservatórios artificiais maiores que um hectare oriundos de barramento de cursos d'água terão a APP definida no ato do licenciamento através de Licença ou Autorizações. Como a maioria dos barramentos foram criados anteriormente a nova Lei, os órgãos ambientais da época não definiram a área de APP no ato das Autorizações, portanto, nestes casos específicos, o cálculo da APP foi mantido o mesmo dos cursos d'água que sofreram os barramentos, porém a partir das margens dos reservatórios gerados.

Dessa forma, avaliaram-se, em um primeiro momento os percentuais de ocupação com vegetação natural das faixas de preservação permanente (cenário atual) e, em seguida comparou-se com os percentuais que deveriam ocupar (com vegetação natural) essa faixa, de acordo com a Legislação (cenário legal). A importância da regularização ambiental das APPs na área de estudo é fundamental para aumentar a conectividade funcional da paisagem, mantendo corredores ou trampolins ecológicos entre os remanescentes maiores de áreas naturais (CHETKIEWICZ et al., 2006; LUSSIER et al., 2006; CASTÉLON e SIEVING, 2007).

Com base na rede hidrográfica geraram-se as faixas de APP, a partir de cada curso d'água. Esse PI com APPs foi sobreposto ao PI fragmentos de vegetação florestal. Identificou-se, assim, na APP as áreas sem cobertura vegetal natural e, que devem ser restauradas. Com uma tabulação cruzada dos dois PI foi possível comparar o cenário atual e o cenário legal.

4.2.6. Métricas de Ecologia da Paisagem

O mapeamento do uso e cobertura da terra e dos fragmentos de vegetação natural subsidiaram essa etapa de diagnóstico espacial da EEA e seu entorno. Calculou-se, portanto, a partir do mapa de uso e cobertura as métricas de Ecologia da Paisagem. As métricas são tradicionalmente divididas em três grupos: (i) para a paisagem como um todo; (ii) para os fragmentos que compõem a matriz; e (iii) para as classes de uso e cobertura da terra separadamente (MCGARIGAL et al., 2002). Neste estudo foram empregadas as métricas em níveis de fragmento e de classe de uso e cobertura da terra.

Para diagnosticar a paisagem, como um todo, foram calculadas e quantificadas as classes de uso e cobertura da terra, calculando o percentual de cada uma delas.

No diagnóstico em nível de fragmento foram avaliados: a cobertura total de vegetação natural, o tamanho de cada fragmento, a área nuclear de cada fragmento e a conectividade entre os remanescentes.

Com base no PI fragmentos de vegetação natural, as métricas de Ecologia da Paisagem, apresentadas a seguir, assim, calculadas utilizando a extensão V-LATE 2.0 beta (Vector-based Landscape Analysis Tools) do software Arc GIS 10.1. O processamento dos dados foi realizado com o auxílio do programa R 2.7.1 (R Development Core Team 2008).

- **Tamanho dos fragmentos**

A área de cada fragmento foi calculada em hectares. O tamanho dos fragmentos é o parâmetro mais importante para explicar a riqueza de espécies (METZGER, 1999). As métricas de área quantificam a vegetação natural e fornecem informações importantes sobre a dinâmica de populações vegetais e animais (VOLATÃO, 1998), uma vez que reduções em área de um fragmento florestal interferem diretamente na disponibilidade de recursos e pode reduzir exponencialmente o número de espécies e afetar a dinâmica de populações de plantas e animais, comprometendo a resiliência das espécies e do ecossistema como um todo (HARRIS,1984).

- **Forma dos fragmentos**

Calculou a métrica de forma (SHAPE) em relação ao formato de cada um dos fragmentos de vegetação natural encontrados. A forma dos fragmentos é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{SHAPE} = P/\sqrt{A/c}$$

Sendo:

SHAPE = forma do fragmento

P = perímetro do fragmento

A = área de fragmento

c = constante

Essa métrica mede a complexidade da forma comparando-a a um círculo. O cálculo da forma está diretamente ligado à relação entre o perímetro e a área do fragmento, sendo que, quanto mais parecido com um círculo e menos alongado o fragmento, menor será sua área de borda (MELLO, 2012). Quanto mais irregular e com menos área o fragmento, maior o valor desta métrica.

- **Área nuclear**

A área nuclear de um fragmento é sua área total desconsiderando sua faixa de borda. É utilizada como medida da qualidade de um habitat por indicar a área efetiva de um fragmento. Nesse estudo considerou-se a largura de faixa de borda de 30m (VIDOLIN et al., 2011).

- **Conectividade**

A conectividade pode ser analisada por meio da (a) permeabilidade da paisagem para uma determinada espécie e (b) da distância entre vizinhos mais próximos. Essas métricas indicam o grau de isolamento e conectividade física entre os fragmentos permitindo um diagnóstico da necessidade de implantação de elementos que promovam a conexão, quando necessário.

A métrica utilizada para o cálculo da conectividade entre os fragmentos da área de estudo foi a PROX. Esta é dada pela área de todos os fragmentos dentro de um raio centrado no fragmento alvo, dividida pelas distâncias a esse fragmento elevado ao quadrado (MELLO, 2012), como mostra a fórmula abaixo:

$$PROX = \frac{\sum A}{(\sum D)^2}$$

Sendo que:

PROX = conectividade

A = Área dos fragmentos dentro do raio

D = Distância dos fragmentos dentro do raio até o fragmento alvo

Os valores dessa métrica variam de 0 (quando não existe nenhum outro fragmento no raio

estipulado), ao infinito, sendo que os valores aumentam conforme aumentam as áreas dos fragmentos e diminuem as distâncias ao fragmento alvo (TAMBOSI, 2008).

(a) Permeabilidade

Para avaliar a permeabilidade da paisagem por meio de métricas de conectividade faz-se necessário o entendimento de como determinada espécie é potencialmente capaz de atravessar áreas sem vegetação natural e utilizá-la como indicadora biológica de manutenção da resiliência dos fragmentos. No presente trabalho, a permeabilidade da paisagem foi avaliada em relação ao fluxo gênico via polinização, utilizando como indicador biológico a abelha da subtribo Euglossina.

O raio para o PROX foi calculado com base na distância de 500 metros, assumida como sendo a distância máxima na qual espécies de Euglossina podem deslocar-se de um fragmento a outro para atravessar áreas abertas (MILET PINHEIRO e SCHILINDWEIN, 2005; BROSI, 2009).

(b) Distância do vizinho mais próximo

É uma métrica de proximidade e isolamento (NNDist) a qual se baseia no cálculo da distância entre um fragmento ao vizinho mais próximo, quantificando a distância entre os fragmentos de vegetação natural (FORMAN e GODRON, 1986).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Uso e cobertura da terra

Na paisagem composta pela EEA e seu entorno constatou-se uma predominância da atividade agrícola, com a cultura da cana-de-açúcar ocupando área de 2131,51 ha, o que representa 30,1% da área total. A pastagem foi a segunda cobertura de natureza antrópica com maior representatividade, ocupando uma área de 1514,4 ha, o equivalente a 21,4% da área total. O terceiro maior percentual em área obtido no mapa de uso e cobertura da terra é representado pela vegetação natural, totalizando 1496,9 ha, ou seja, 21,2% da área total (Figura 5; Tabela 3).

Quase todos os remanescentes de vegetação natural mapeados situam-se em propriedades particulares (62%), sendo que apenas uma área equivalente a aproximadamente 720 ha (48%), está protegida pelo poder público estadual dentro da Estação Ecológica de Avaré. A fruticultura também se destacou na região de estudo, com uma área de 1217 ha, ocupando 17,2% da paisagem. Tanto as classes de cana-de-açúcar e pastagem, como a de fruticultura se encontram distribuídas por toda a região de entorno da EEA com áreas contínuas e extensas.

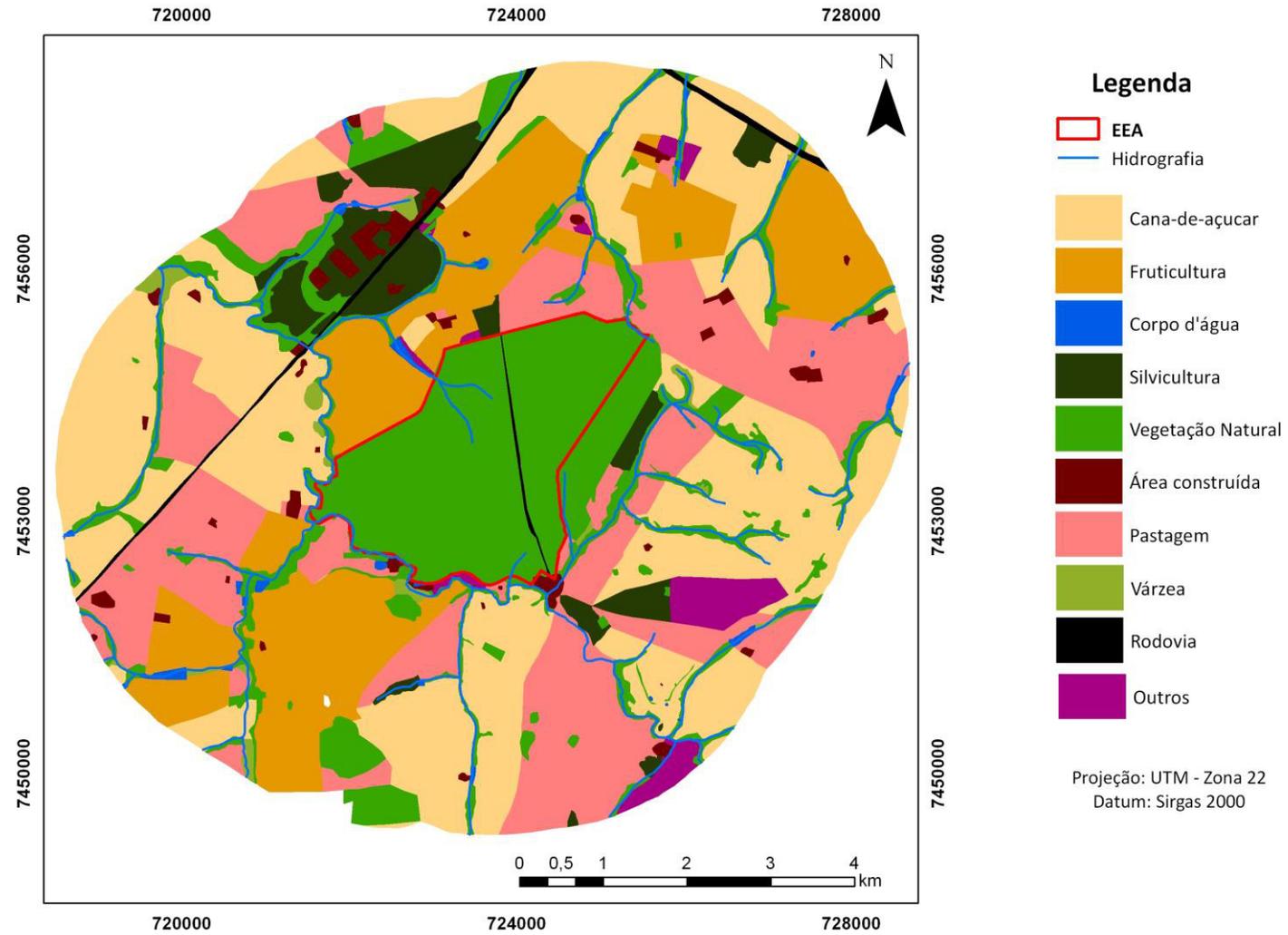


Figura 5: Uso e cobertura da terra da Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, Avaré, São Paulo, Brasil. Período de 2012.

O coeficiente Kappa obtido para este trabalho foi de 0,78, indicando que o mapeamento pode ser considerado muito bom (Tabela 2), para ser aplicado as análises abordadas neste estudo. Os erros de comissão se deram principalmente devido à confusão de pastagem com algumas culturas perenes, e foram encontrados apenas dois erros de omissão.

Em relação à distribuição das classes de uso e cobertura da terra, foram identificadas 259 manchas, sendo que destas, 59 são referentes às manchas de vegetação natural, 28 a cana-de-açúcar, 27 a pastagem e apenas 13 a manchas de fruticultura (Tabela 3). Isso reflete que, apesar das pastagens ocuparem quase a mesma área que a vegetação natural na paisagem, o número de manchas da mesma é menor que o de vegetação natural. Isto é, as áreas com cultivo de pastagem, como também cana-de-açúcar e fruticultura, no contexto do entorno da EEA, se encontram menos fragmentadas do que os remanescentes de vegetação de Floresta Estacional Semidecidual e Savana.

Tabela 3: Métricas das classes de uso e cobertura da terra da Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, estado de São Paulo, Brasil (PP: porcentagem da classe ocupada na paisagem; MM: tamanho da maior mancha em hectares; NM: número de manchas da classe).

Classe de uso e cobertura	Área (ha)	PP (%)	MM (ha)	NM
Cana-de-açúcar	2131,51	30,10	428,90	28
Pastagem	1514,36	21,40	436,20	27
Vegetação natural	1496,68	21,12	587,68	59
Fruticultura	1217,07	17,18	342,78	13
Silvicultura	328,52	4,64	70,36	17
Outras culturas	122,60	1,73	66,56	11
Rodovia	59,18	0,83	34,90	3
Total	7085	100	587,68	259

5.2. Fragmentos de vegetação natural

Os remanescentes de vegetação natural, que ocupam 21,2% da área total de estudo, pertencem às fisionomias de Savana e de Floresta Estacional Semidecidual e se concentram basicamente na EEA e ao redor de rios (Figura 6). Se da área de estudo for descontada a área com vegetação natural protegida por meio da EEA, constata-se que 57,53% de vegetação nativa existente está na unidade de conservação.

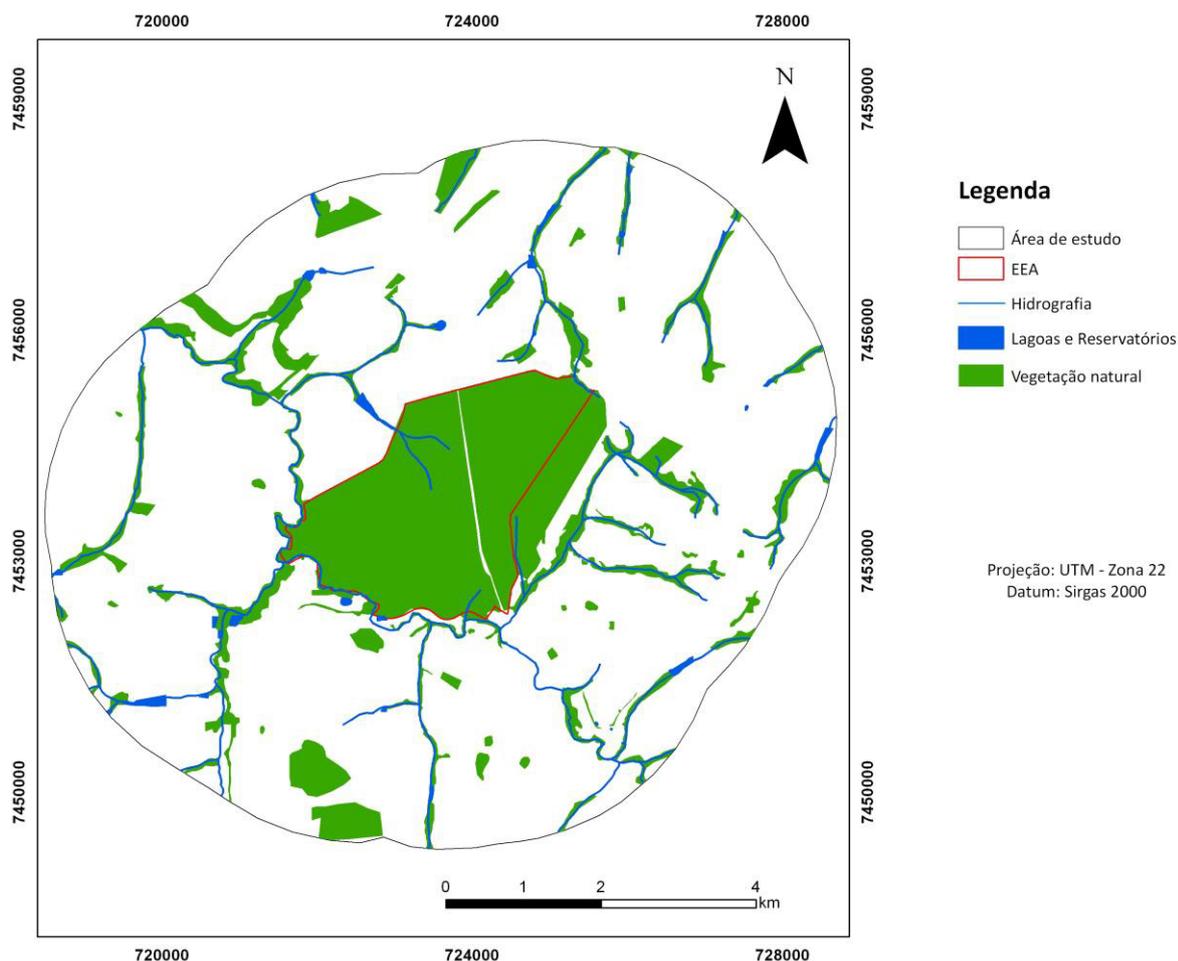


Figura 6: Rede hidrográfica e remanescentes de vegetação natural na Estação Ecológica de Avaré e entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.

Os remanescentes de vegetação natural estão distribuídos em pequenos fragmentos ao redor do fragmento fonte, a EEA, e entremeados por matrizes agrícolas e pastos (Figura 5). Esta fragmentação devido à expansão e intensificação da agricultura é comum em paisagens na Mata Atlântica e Savana (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005; KLINK e MACHADO, 2005; VALENTE, 2005; SAWAKUCHI, 2010).

A maior parte das manchas de fragmentos mapeados na paisagem estudada foi menor ou igual a 10 ha, o que representa 76,3% do total de vegetação natural mapeada (Figura 7). Do total de manchas (n= 59), 35,6% apresentavam tamanho entre 5 e 50 ha, enquanto 57,6% apresentavam menos de 5 ha, configurando uma concentração na paisagem de manchas de pequeno tamanho.

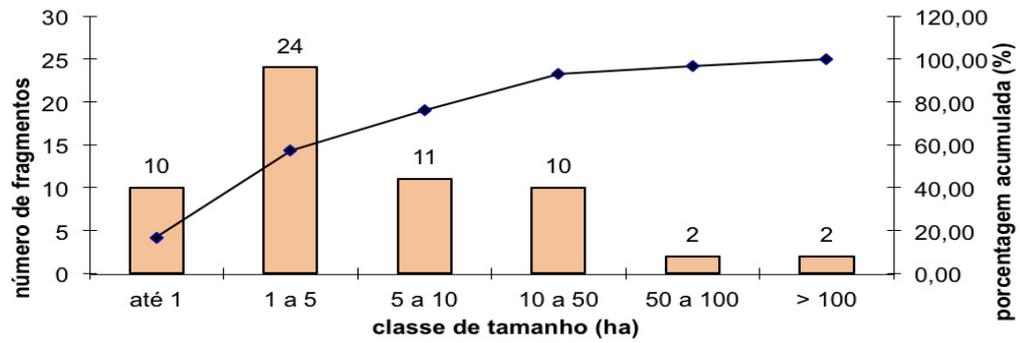


Figura 7: Número de fragmentos de vegetação natural por classe de tamanho e porcentagem acumulada de área.

Ribeiro et al. (2009) consideram pequenos para a manutenção da biodiversidade os fragmentos da Mata Atlântica menores que 50 ha, e na área de entorno da EEA apenas quatro fragmentos (6,7%) são maiores do que 50 ha (Figura 7). Sendo assim, pode-se afirmar que 93% dos remanescentes de vegetação natural encontrados na paisagem de estudo não possuem resiliência para suportar alterações de longo prazo, tais como as esperadas oriundas das alterações do clima (RINAWATI, STEIN & LINDNER, 2013).

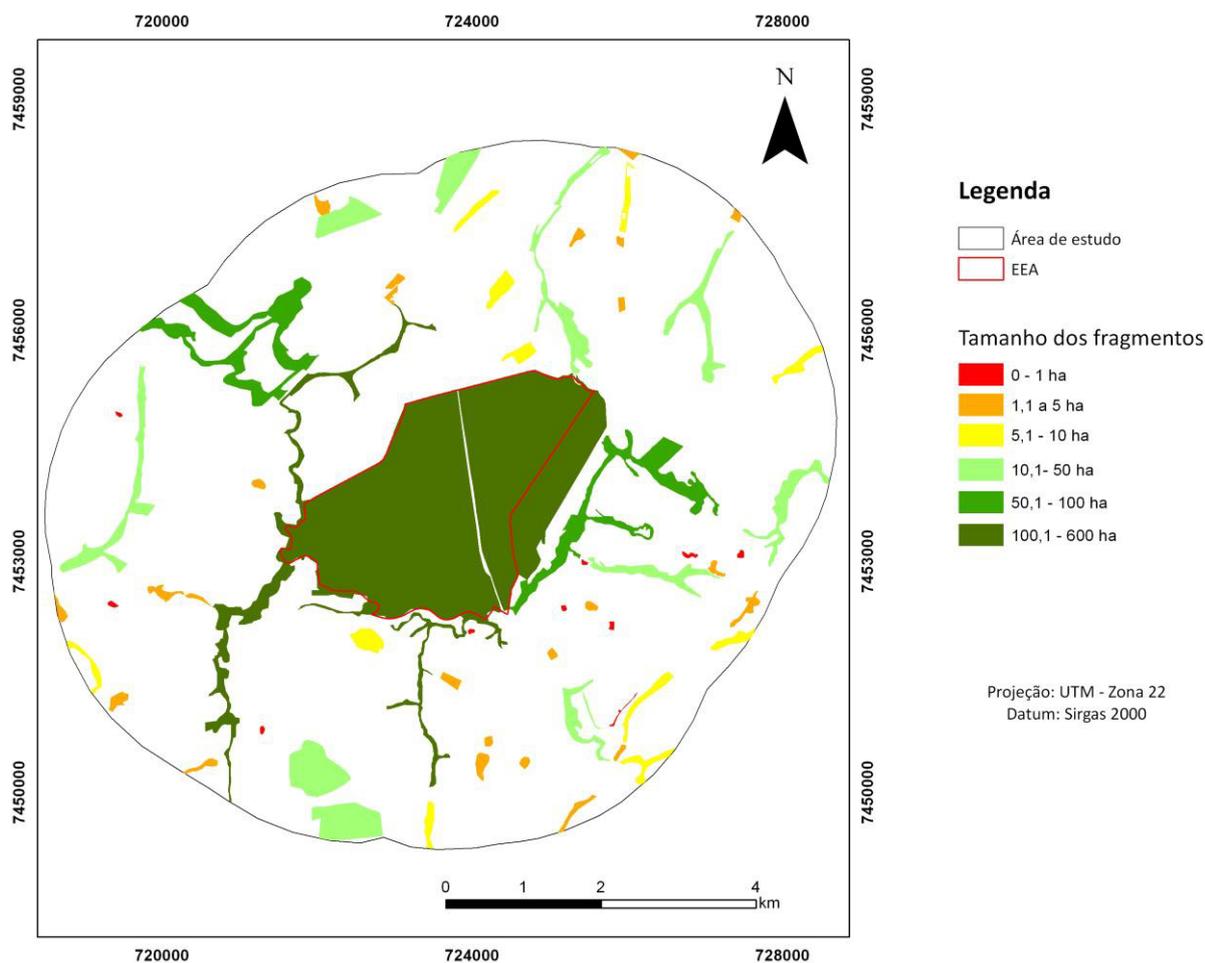


Figura 8: Distribuição dos remanescentes de vegetação natural por classe de tamanho na Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.

Os maiores fragmentos concentram-se na região central da área estudada e estão representados pela EEA e as APPs diretamente conectadas a ela (Figura 8), enquanto as outras classes de tamanho estão bem distribuídas por toda a paisagem. A maior mancha de vegetação natural encontrada foi de 587,68 ha, sendo que esta mancha situa-se dentro da EEA, em seu lado esquerdo.

Quando analisada a forma dos fragmentos em relação à área notou-se que 70,7% das manchas de vegetação natural apresentaram valores entre um e dois (Figura 9), sendo que destas, 29 (49,1%) apresentam valores bem próximo a um. Do total de manchas 29% apresentaram índice de forma entre dois e cinco. Quanto mais próximo de um, mais arredondado é o fragmento enquanto que valores como três e quatro correspondem a formas mais alongadas e irregulares (FORMAN, 1995; GRISE, 2008).

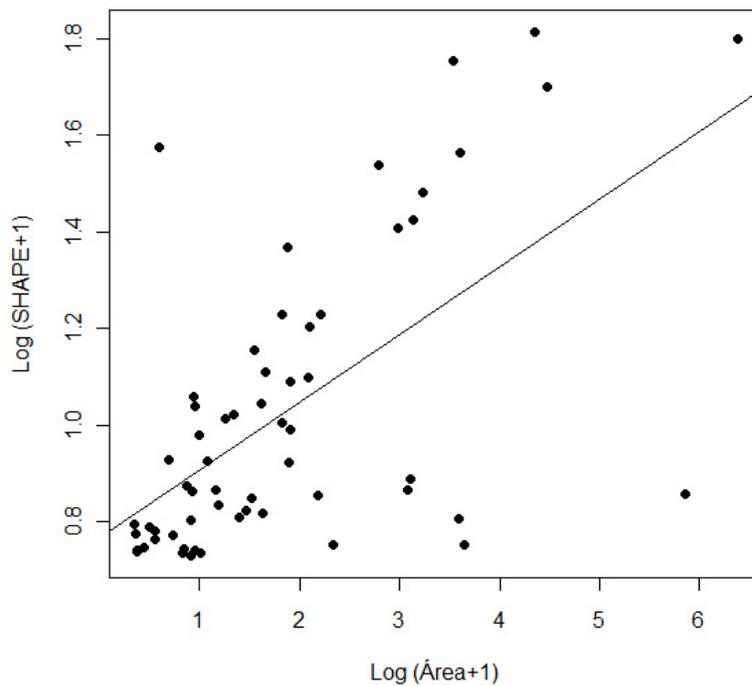


Figura 9: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e forma, na Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.

Dos fragmentos estudados, 69,6% tiveram área nuclear menor que um ha e 18,2% ficaram entre um e cinco hectares. Apenas dois fragmentos apresentaram área nuclear maior que 50 ha, as quais equivalem a 471 ha e 320,5 ha. Nesta mancha com alto valor de área nuclear se encontra a EEA. No geral, quanto maior a área total do fragmento, maior sua área nuclear, porém, quando ocorre alto valor para o índice de forma (SHAPE), os fragmentos de mesma área total podem apresentar grande diferença de área nuclear.

Apesar da Lei nº 4771 de 1965, recentemente revogada pela Lei nº 12.651 de 2012, ter evitado a retirada total da vegetação natural existente, esta favoreceu a fragmentação da vegetação natural nas diversas propriedades rurais, à medida que priorizava apenas a proteção das Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal (COSTA, 2003). A maior quantidade de manchas dos remanescentes na paisagem avaliada está associada aos locais de preservação permanente ao longo de rios e possuem formatos mais alongados e irregulares (Figura 6). Os fragmentos com forma

irregular, principalmente os de menor área, são suscetíveis a apresentar efeito de borda, dado o maior perímetro exposto a efeitos ambientais resultantes de ações antrópicas (MARTINS et al., 2002; NASCIMENTO et al., 2006; VIDOLIN et al., 2011). Estes fragmentos irregulares concentrados ao longo dos rios formam corredores biológicos, os quais facilitam o fluxo de animais, pólen e sementes ao longo da paisagem. Na área de estudo, a estrada que corta a EEA (Figura 5; Figura 10) dividindo-a em dois fragmentos, pode ser considerada uma grande barreira para o deslocamento de espécies, como répteis e mamíferos, e aumentam o efeito de borda nesses fragmentos.



Figura 10: Aspecto externo da estrada que corta a Estação Ecológica de Avaré, destaque para o efeito de borda causado pela existência da estrada, Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil.
Fotografia: Galetti, G., novembro 2012.

Paisagens com menos de 30% de remanescentes tendem a ter apenas fragmentos pequenos e isolados, e por consequência suportam apenas comunidades, de poucos grupos taxonômicos, muito empobrecidas (MARTENSEN et al., 2008; METZGER et al., 2009). Com isso a área de entorno da EEA, com apenas 21,2 % de vegetação nativa, em sua maioria com fragmentos menores do que 10 ha, pode ser considerada como ameaçada no que tange aos seus processos biológicos relacionados à

conservação da biodiversidade. Pode ser considerada também ameaçada no que diz respeito à sua própria autossustentabilidade ao longo do tempo considerando um cenário como o esperado por Rinawati et al. (2013) para as atuais mudanças do clima.

A dinâmica de populações desses remanescentes depende da qualidade dos habitats. Isto é explicado por meio do conceito de dinâmica fonte-sumidouro, que considera o movimento dos indivíduos entre os fragmentos para a manutenção de populações (FUSHITA, 2006). Nos habitats denominados fontes a taxa de nascimento de indivíduos de determinada população excede à taxa de mortalidade, nos sumidouros a taxa de mortalidade excede a taxa de nascimento (FUSHITA, 2006). As populações localizadas em áreas consideradas como sumidouros ocupam manchas de habitats de baixa qualidade que não as suportam por longo tempo. As populações de plantas nestas áreas, principalmente árvores, são constituídas por poucos indivíduos da mesma espécie, gerando percentual considerável de cruzamento entre parentes- endogamia- e alta probabilidade de extinção das espécies no local (COSTA, 2003; FUSHITA, 2006). Já as populações das áreas fontes, habitat de maior qualidade, resistem por mais tempo, contribuindo para a recolonização de outros remanescentes, por meio da dispersão de indivíduos (FUSHITA, 2006). Neste contexto, pode-se sugerir que a maioria dos pequenos fragmentos florestais encontrados no entorno da EEA sejam sumidouros. A EEA pode ser considerada na paisagem onde se insere como uma potencial área fonte essencial para a manutenção dos processos de polinização, dispersão, e como fonte de propágulos, criando condições favoráveis para a manutenção da biodiversidade local.

Entretanto, estes pequenos fragmentos podem funcionar como trampolins ecológicos ou pontos de ligação (Stepping Stones) - pequenas áreas de habitats dispersas do fragmento fonte de habitat original - que podem facilitar os fluxos entre os remanescentes para algumas espécies (CALEGARI et al., 2010). Dessa forma, os fragmentos pequenos, principalmente quando próximos dos grandes núcleos de biodiversidade, como é o caso da EEA, também cumprem funções relevantes ao longo da paisagem e em longo prazo podem expandir-se, tornando-se ainda mais importantes. De acordo com isto, quando o habitat original encontra-se disperso em diversos

fragmentos, isolando e reduzindo o tamanho das populações nativas, a sobrevivência das espécies depende de suas habilidades de se deslocarem pela paisagem, o que está diretamente ligado à sua conectividade e permeabilidade.

5.3. Conectividade funcional usando as abelhas da subtribo *Euglossina* como indicador

Considerando que a conectividade estrutural da paisagem pode ser utilizada para inferir a conectividade funcional (METZGER, 1999), a avaliação da conectividade funcional por meio da métrica PROX, que varia de zero (0) a infinito, mostrou que 10 fragmentos apresentaram valores entre zero (0) e um (1), sendo que o valor zero representa que não existe mancha em um raio de 500 metros de distância. Os dois maiores fragmentos mapeados, com 587,7 ha e 346,3 ha, apresentaram altos valores de PROX, 20404 e 32270 respectivamente (Figura 11). Isto indica que estão diretamente conectados a outros fragmentos, considerando que os valores de PROX aumentam à medida que aumentam as áreas dos fragmentos e diminuem as distâncias do alvo aos seus vizinhos (TAMBOSI, 2008).

De uma maneira geral, o resultado de conectividade entre os fragmentos foi alto, já que a média de distância entre um fragmento ao outro foi de aproximadamente 113 metros. Teoricamente permitiria que as abelhas da subtribo *Euglossina*, utilizadas como indicadores, pudessem atravessar a área. Apenas dois fragmentos da área de estudo se encontram com mais de 500 m de distância de outro, sendo que o fragmento mais isolado está a 590,4 m de distância do fragmento mais próximo.

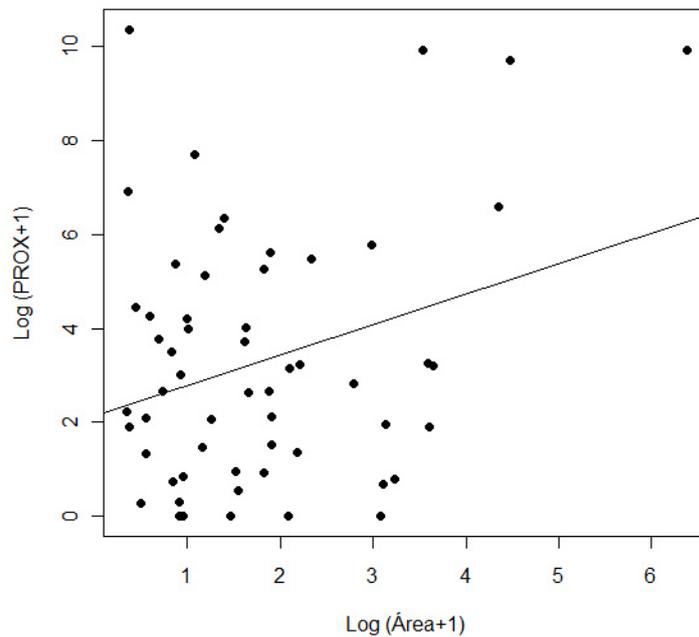


Figura 11: Dispersão dos fragmentos de vegetação natural em função dos valores de área e conectividade (PROX) utilizando o raio de 500 metros entre fragmentos na Estação Ecológica de Avaré e seu entorno, Avaré, São Paulo, Brasil. Ano: 2012.

Segundo a classificação de Almeida (2008), distâncias de até 60 metros são de baixo isolamento, de 120 metros são de médio e de 200 metros são considerados como de alto isolamento. Portanto, de acordo com essa classificação, a paisagem deste estudo pode ser classificada com isolamento médio. Porém para o raio de 500 metros adotado como parâmetro de conectividade utilizado por abelhas da subtribo Euglossina, a área de estudo manteve boa conectividade funcional.

A manutenção dessa conectividade entre os fragmentos é de extrema importância tendo em vista estudo realizado por Milet-Pinheiro e Schlindwein (2005) em outra área, mostrou que na matriz da cana-de-açúcar houve acentuada redução na diversidade de Euglossina, sendo que apenas duas espécies foram capturadas em 250 e 500 metros distantes da borda da mata, indicando que esta cultura agrícola representa uma barreira para a maioria das Euglossina. Alguns estudos mostraram correlação positiva entre área do fragmento e diversidade de Euglossina, relatando a importância da conectividade da paisagem para a manutenção de suas comunidades em paisagens fragmentadas (AGUIAR e GAGLIANONE, 2008; BROSI, 2009). Assim, de acordo com estes autores, em regiões

em que habitats florestais estão circundados por uma matriz não permeável, a maioria das espécies de *Euglossina* parece permanecer isoladas dentro dos fragmentos.

Estas abelhas representam grande parte da polinização da Mata Atlântica e Savana, sendo que a dispersão de pólen por abelhas pequenas é a mais frequente, contribuindo significativamente para o fluxo gênico via pólen à longa distância em florestas tropicais e tornando-as um dos grupos de insetos tropicais mais importantes na polinização de espécies de plantas que possuem indivíduos com distribuição esparsa e baixa densidade (JANZEN 1971, PIÑA-RODRIGUES et al. 2005, PIÑA-RODRIGUES e FREIRE, 2009). Na EEA há ocorrência de espécies das famílias Annonaceae, Apocynaceae, Bignoniaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae (SILVA e KANASHIRO, 2010) que são polinizadas por abelhas *Euglossina* (SAZIMA et al., 1993; LOPES e MACHADO, 1999; CARVALHO e WEBBER, 2000; GUIMARÃES, 2011), o que mostra a relevância desse indicador na conectividade entre os remanescentes de vegetação da área.

A área de entorno da Estação Ecológica Avaré mostrou que os fragmentos de vegetação natural tem uma ocorrência e conectividade significativas, indicando que às *Euglossinas* conseguem se locomover pelos fragmentos com facilidade, promovendo fluxo genético e colaborando para diversidade biológica e resiliência dos fragmentos. Porém esses remanescentes estão vulneráveis frente a pressão antrópica exercida pela expansão das atividades agropecuárias.

5.4. Áreas de Preservação Permanente

Na área de estudo, obteve-se uma área total de APP de 446,846 ha, que representa 6,3% do total da paisagem estudada (Figura 12), sendo que 289,17 ha, ou seja, 64,7% das APP, estão cobertos com vegetal natural. Esse resultado foi maior que o encontrado por Fushita (2006) e Mello (2012) também no interior do estado de São Paulo. Os 35,28% restantes da APP encontram-se sem vegetação (Figura 13 e 14) e sob influência de áreas antropizadas com atividades agrícolas e ocupação urbana, como observado no mapa de uso e cobertura da terra (Figura 5).

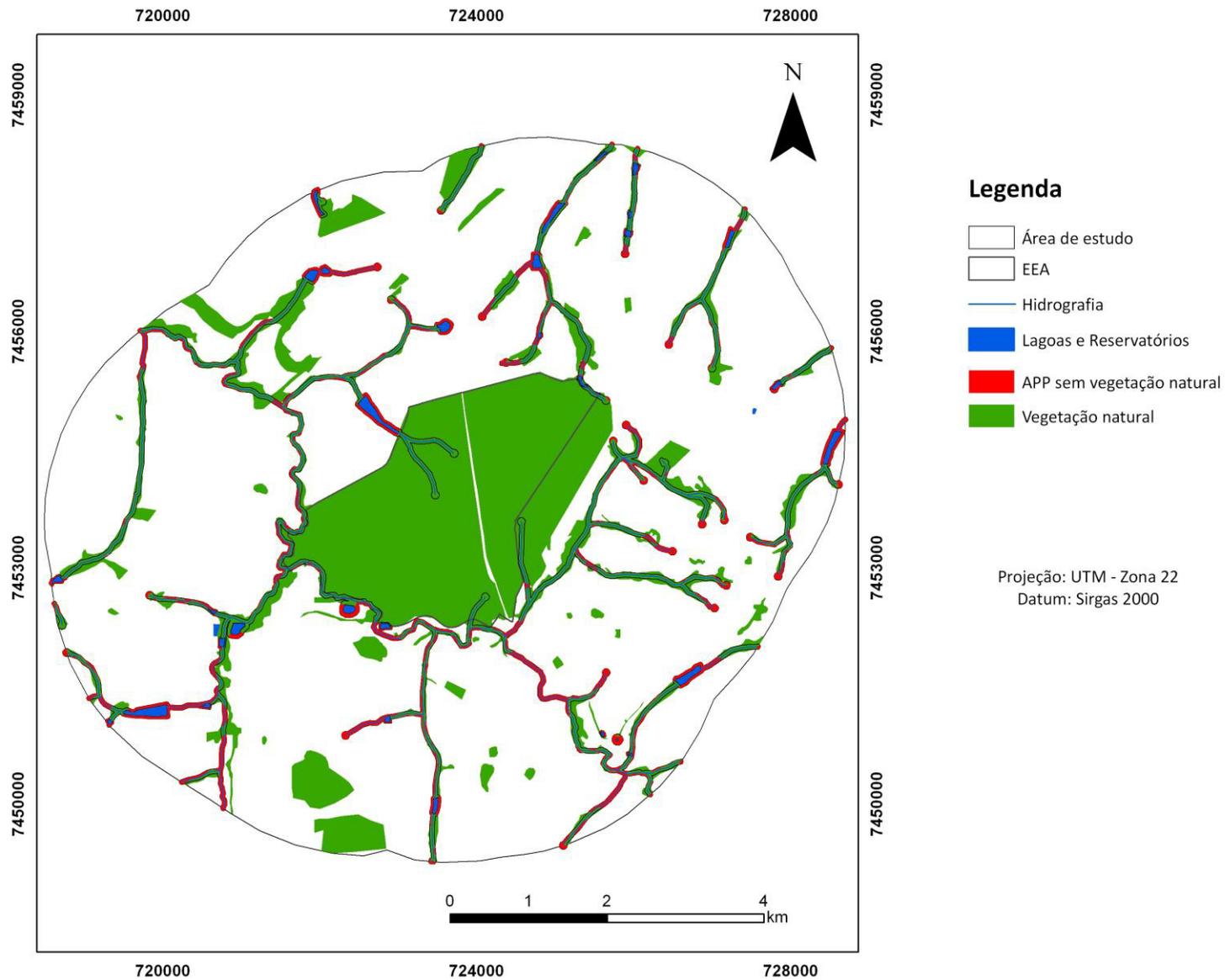


Figura 12: Fragmentos de vegetação natural e Áreas de Preservação Permanente (APP) sem vegetação na Estação Ecológica de Avaré e sua região de entorno, Avaré, São Paulo, Brasil.

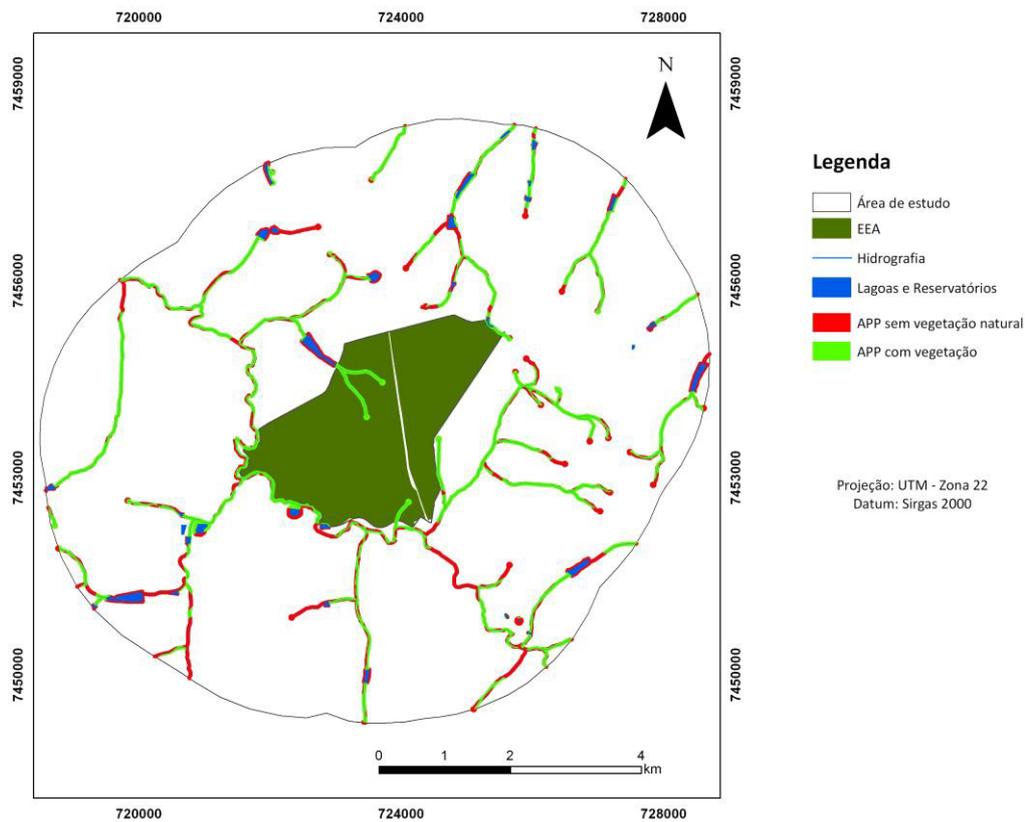


Figura 13: Áreas de Preservação Permanente na região de entorno da Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil.



Figura 14: Áreas de Preservação Permanente sem vegetação natural na região de entorno da Estação Ecológica de Avaré, Avaré, São Paulo, Brasil. Fotografia: Galetti, G., novembro 2012.

Considerando um cenário legal onde todas as APP estivessem ocupadas com vegetação nativa, haveria um acréscimo de 157,67 ha, passando a ser 1654,35 ha o total de vegetação natural na área,

assim sendo, representando um aumento de pouco mais de 2%. Embora não tão drástica esta mudança seria significativa pois permitiria a formação de corredores ecológicos por toda a paisagem.

As métricas da paisagem calculadas para o cenário legal mostram que, além de aumentar a vegetação natural na área de estudo, a fragmentação da vegetação natural diminuiria, com o número de manchas de vegetação passando de 59 para 34. Considerando os valores de forma (SHAPE) estes mostram que 24 fragmentos obteriam valores entre 1 e 2, sendo que destes 18 estariam mais próximos de um. Sete fragmentos tiveram valor entre 2 e 4 e um fragmento igual a 11, um valor muito alto de forma. Foi evidenciado com os resultados que, no cenário legal, 70,58 % dos fragmentos possuiriam formas mais regulares. O valor mais alto (11) para essa métrica de forma se deve pelo fato de ter se formado um fragmento entre a EEA e um grande número de vegetação em torno de cursos d'água conectados a ela, apresentando assim uma forma mais irregular.

Para a conectividade PROX, três fragmentos com áreas variadas apresentariam valor 0, metade dos fragmentos (seis) encontrados sem conectividade no cenário atual. Apenas quatro fragmentos apresentaram valores entre 0,3 e 3,6, oito fragmentos ficaram entre 20 e 100, sete fragmentos ficaram com valores maiores que 100 e menores que 500 e sete fragmentos ficaram com valores entre 1000 e 10000, evidenciando uma alta conectividade dos fragmentos no cenário legal tendo em vista que os valores de PROX aumentam à medida que aumentam as áreas dos fragmentos e diminuem as distâncias do alvo aos seus vizinhos.

A distância entre um fragmento ao outro variou de 0 a 555 metros, sendo que o equivalente a 91 % dos fragmentos possuem distancias menores que 500 metros do remanescente mais próximo, o que teoricamente indica que as abelhas da subtribo Euglossina poderão atravessar a maioria das áreas. A alta conectividade, considerando o cenário legal com todas as áreas de APP ocupadas com vegetação natural, evidencia-se principalmente porque o maior fragmento com 1355,64 ha é oriundo da união de cerca de 23 manchas do cenário atual, representando 82% de toda a vegetação natural do cenário legal em um unico fragmento.

5.5. Propostas mitigadoras das pressões sofridas pelos fragmentos

De acordo com estudos como de Pardini et al. (2010), os efeitos da fragmentação se tornam mais intensos com vegetações naturais ocupando menos de 30 a 40% da área estudada, sendo que as paisagens abaixo desse limiar levam a perdas bruscas em diversidade e processos ecológicos e queda de resiliência ecológica.

Com apenas 21% de vegetação natural, a região de estudo tende a suportar comunidades muito empobrecidas e a presença de áreas antropizadas pode agravar ainda mais esse quadro (MELLO, 2012). Nesse contexto, as estratégias de conservação devem envolver a contenção e a reversão dos processos de degradação dos ecossistemas naturais na paisagem (MCINTYRE & HOBBS, 1999).

Para a melhoria da qualidade ambiental, primeiramente deve-se assegurar a manutenção dos 59 fragmentos existentes na área de estudo. Os fragmentos pequenos devem ser unidos para a formação de maiores, a partir da recomposição da vegetação. Como para muitas regiões, a criação de corredores contínuos ou a mudança da permeabilidade da matriz antrópica não é viável, os trampolins ecológicos também podem ser considerados como importante alternativa para paisagens fragmentadas. Estes facilitam o movimento de organismos, como as abelhas Euglossina, importantes na troca de fluxo gênico e polinização de florestas tropicais, e a conexão de populações espacialmente separadas. Além disso, o desenvolvimento de trampolins ecológicos pode ser mais econômico do que a criação de corredores (UEZU et al., 2008).

A maior parte da área de estudo, excluindo-se a área da EEA, está ocupada com propriedades rurais particulares, sendo necessária a adequação ambiental das mesmas. Os municípios e órgãos ambientais devem incentivar a manutenção dos fragmentos existentes e a recomposição das APP dos cursos d'água localizados nessas propriedades. Além de necessária perante a legislação vigente, essa recomposição é extremamente relevante para a manutenção da biodiversidade e da resiliência ecológica dos fragmentos de vegetação natural existentes na região. Nestas condições, os sistemas agroflorestais, por sua diversidade e junção de espécies agrícolas e florestais, surgindo como alternativa ao produtor rural, pode se configurar como uma opção viável.

Como formas de incentivos tem-se a valoração econômica das áreas conservadas, e o investimento em projetos como Município Verde e Azul, gerando um sistema de compensação pelos serviços ambientais prestados por áreas privadas e fomentos fiscais para projetos de reflorestamento e conservação. O município poderia criar um programa de Restauração Ecológica por meio de parcerias com o terceiro setor, produtores rurais, empresas privadas, universidades e escolas, onde as ações de restauração e compensação ambiental entrariam nesse programa priorizando as áreas próximas a fragmentos naturais já existentes de maneira a aumentar a conectividade entre eles (VALENTE e VETORAZZI, 2008).

Dados do Instituto Florestal de São Paulo apontam a existência de cerca de 1.044.653 ha de áreas ciliares a serem recuperadas apenas no estado de São Paulo, o que requer a produção de 500 milhões de mudas de espécies florestais (MARTINS, 2010). Para a restauração de áreas degradadas e fragmentadas, em especial em zonas de reserva legal e de preservação permanente, faz-se necessária a produção de sementes e mudas com diversidade genética que proporcione continuidade dos processos ecológicos e a recuperação da paisagem do entorno de modo a que haja conectividade entre os fragmentos. Para abastecer a demanda de sementes e mudas, as estações ecológicas, parques e demais unidades de conservação do estado são consideradas as principais fontes de sementes e de diversidade genética (LORZA et al., 2006).

Tendo em vista a importância das UC como fonte de diversidade genética para a manutenção dos processos ecológicos da paisagem, outra proposta mitigadora das pressões sofridas por esses fragmentos seria reforçar a proteção dos remanescentes de vegetação diretamente conectados com a Estação Ecológica de Avaré, uma vez que esses fragmentos ultrapassam os limites da UC e que não são considerados APP. O ideal seria inclui-los nos limites da EEA ampliando assim sua extensão; os proprietários dos terrenos circunvizinhos que não possuem Reserva Legal poderiam doar essas áreas com vegetação natural em compensação de suas Reservas, tornando-as também protegidas em forma de UC. Também deveria ser retirada a estrada que corta a EEA, transformando a mesma em um único fragmento, permitindo assim o deslocamento da fauna local e a diminuição do efeito de

borda causado pela presença da estrada.

Além de tudo que já foi proposto acima, deve se manter uma fiscalização das propriedades para que os impactos encontrados não avancem ilegalmente para as áreas já protegidas, como a EEA e APP, controlando o desmatamento dos remanescentes sem a devida autorização dos órgãos competentes.

7. CONCLUSÃO

Este trabalho constitui um pioneirismo nesta UC. A caracterização da estrutura da cobertura de vegetação natural, por meio de Ecologia da Paisagem, mostrou que a maioria dos fragmentos encontrados são pequenos. Mas, principalmente quando próximos dos grandes núcleos de biodiversidade, como é o caso da EEA, cumprem funções relevantes ao longo da paisagem e a longo prazo podem expandir-se, tornando-se ainda mais importantes. De acordo com isto, quando o habitat original encontra-se disperso em diversos fragmentos, isolando e reduzindo o tamanho das populações nativas, a sobrevivência das espécies depende de suas habilidades de se deslocarem pela paisagem.

A avaliação dos remanescentes florestais sob o ponto de vista de sua conectividade funcional mostrou que os fragmentos de vegetação natural têm conectividade significativa, sendo em sua maioria permeáveis ao fluxo gênico realizado pelas abelhas Euglossinas, utilizadas como indicadores biológicos. Porém com o mapa de uso e cobertura da terra, pode-se observar que esses remanescentes estão vulneráveis frente às pressões antrópicas exercidas pela expansão das atividades agropecuárias como cana-de-açúcar e fruticultura.

Com a avaliação das APP pode-se notar que as mesmas apresentaram papel muito importante na conservação dos fragmentos de vegetação natural, mantendo uma rede maior de fragmentos interligados. Considerando um cenário legal, com todas as APP ocupadas com vegetação nativa, haveria um acréscimo (cerca de 2%) de vegetação na paisagem estudada. O uso de métricas da paisagem para o cenário legal mostrou que a fragmentação regressaria diminuindo o número de

manchas, possibilitando uma maior conectividade entre os fragmentos existentes no cenário atual.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, W. M.; GAGLIANONE, M. C. Comunidade de Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em Remanescentes de Mata Estacional Semidecidual sobre Tabuleiro no Estado do Rio de Janeiro. Neotropical Entomology, v. 37, n. 2, p. 118-125, 2008.

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

ALMEIDA, C. G. Análise espacial dos fragmentos florestais na área do Parque Nacional dos Campos Gerais, Paraná. 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

ARAÚJO, J. L. O. et al. Síndromes de polinização ocorrentes em uma área de Mata Atlântica, Paraíba, Brasil. Biotemas, v. 22, n. 4, p. 83-94, 2009.

ARZOLLA, F. A. R. D. P. et al. A criação da estação ecológica de Avaré, SP: adequação do Horto Florestal Andrada e Silva ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 7., 2012, Natal. Anais eletrônicos ... [S.l.: s.n.], 2012. Disponível em: < <http://icongresso.itarget.com.br/useradm/anais/?clt=bot.2>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2012.

BANI, L. et al. The use of focal species in designing a habitat network for a lowland area of Lombardy, Italy. Conservation Biology, v. 16, p. 826-831, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade do Cerrado e Pantanal: áreas e ações prioritárias para conservação. Brasília: MMA, 2007a. 540 p., il. color. (Série Biodiversidade, 17).

BRASIL. Resolução CONAMA 428 de 17 de dezembro de 2010. Brasília, 2010.

BROSI, B. J. The effects of forest fragmentation on euglossine bee communities (Hymenoptera: Apidae: Euglossini). Biological Conservation, v. 142, p. 414-423, 2009.

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

CAMPBELL, J. B. Introduction to remote sensing. 3rd . ed. New York: The Guilford Press, 2002.

CARDOSO-LEITE, E.; PODADERA, D. S.; PERES, J. C. Conservação e uso sustentável da

biodiversidade florestal na Mata Atlântica do Vale do Ribeira. In: SILVA, R. B.; MING, L. C. (Ed.). Relatos de pesquisas e outras experiências vividas no Vale do Ribeira. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - ME, 2010. p. 95-109.

CARROCCI, J. B. Análise da dinâmica da paisagem em uma região da bacia do rio Corumbataí-SP e suas consequências para o fluxo gênico entre populações. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2011.

CARVALHO, R.; WEBBER, A. C. Biologia floral de *Unonopsis guatterioides* (A.D.C.) R.E. Fr., uma Annonaceae polinizada por Euglossini. Revista Brasileira de Botânica, v. 4, p. 421-425, 2000.

CASTÉLON, T. D.; SIEVING, K. E. An experimental test of matrix permeability and corridor use by na endemic understory bird. Conservation Biology, Washington, v. 20, p. 135-145, 2007.

CERQUEIRA, R. et al. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M; OLIVEIRA, D. A. S. (Org.). Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília: MMA/SBF, 2003. p. 24-40.

CHETKIEWICZ, C. L. B.; SAINT CLAIR, C. C.; BOYCE, M. S. Corridors for conservation: integrating pattern and process. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, Palo Alto, v. 37, p. 317-342, 2006.

CHIARELLO, A. G. Conservation value of a native forest fragment in a region of extensive agriculture. Revista Brasileira de Biologia, v. 60, p. 237-247, 2000.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. New York: Lewis Publishers, 1998.

COSTA, R. B. Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na região Centro-Oeste. Campo Grande: UCDB, 2003.

CUNNINGHAM, S. A. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. Proceedings of the Royal Society London. Series B. Biological Sciences, London, v. 267, p. 1149-1152, 2000.

D'ÁVILA, M. Insetos visitantes florais em áreas de cerradão e cerrado sensu stricto no Estado de São Paulo. 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

D'EON, R.G. et al. Landscape connectivity as a function of scale and organism vagility in a real forested landscape. Conservation Ecology, v. 6, p. 1-10, 2002.

DURIGAN, G. et al. Manual para recuperação da vegetação de cerrado. 3. ed. rev. e atual. São Paulo: SMA, 2011.

DURIGAN, G. et al. Plantas do cerrado paulista: imagens de uma paisagem ameaçada. São Paulo: Páginas & Letras, 2004.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. Ottawa, Canada, v. 34, p. 487-515, 2003.

FELIX, I. M.; KAZMIERCZAK, M. L.; ESPINDOLA, G. M. de. RapidEye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. Anais ... [S.l.]: INPE, 2009. p. 7619-7622.

FORERO-MEDINA, G.; VIEIRA, M. V. Conectividade funcional e a importância da interação organismo-paisagem. Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p. 493-502, 2007.

FORMAN, R. T. T. Land mosaics: the ecology of landscapes and region. New York: Cambridge Press, 1995.

FORMAN, R.T.T. e GODRON, M. Landscape ecology. Wiley, N, 1986.

FUSHITA, A. T. Análise da fragmentação de áreas de vegetação natural e seminatural do município de Santa Cruz da Conceição, São Paulo, Brasil. 2006. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, L. G. (Ed.). The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook. Washington: Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, 2003.

GENELETTI, D. Using spatial indicators and values functions to assess ecosystem fragmentation caused by linear infrastructures. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, v. 5, p. 1-15, 2004.

GOODWIN, B. J.; FAHRIG, L. How does landscape structure influence landscape connectivity?. Oikos, v. 99, p. 552-570, 2002.

GOODWIN, B. J. Is landscape connectivity a dependent or independent variable?. Landscape Ecology, v. 18, p. 687-699, 2003.

GRISE, M. M. A estrutura da paisagem do mosaico de unidades de conservação do litoral norte do Paraná. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

GUIMARÃES, M. de O. Comunidade de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) em fregmentos de Mata Atlântica e Mata Litorânea no estado do Ceará. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

HARRIS, L. D. The fragmented forest: island biogeography theory and the preservation of biotic diversity. Chicago: University of Chicago, 1984.

HELLER, N. E; ZAVELATA, E. S. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. Biological Conservation, v. 142, p. 14-32, 2009.

JANZEN, D. H. Euglossine bees as long-distance pollinators of tropical plants. Science, Chicago, v. 171, p. 203-205, 1971.

JONGMAN, R. H. G. Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. Landscape and Urban Planning, v. 32, p. 169-183, 1995.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F. B.; SOUZA, L. M. I. de. Consequências genéticas da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. Série Técnica IPEF, v. 12, n. 32, p. 65-70, 1998.

KERR, W. E. Meliponicultura: a importância da meliponicultura para o país. Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, n.3, 1997.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

KORMAN, V. Proposta de interligação das glebas do Parque Estadual de Vassununga (Santa Rita do Passa Quatro, SP). 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

KRONKA, F. J. N. et al. Inventário florestal da vegetação natural do estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Florestal, 2005.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agrément for categorial data. Biometrics, v. 33, p. 159-174, 1977.

LIMA, M. G.; GASCON, C. The conservation value of linear forest remnants in central Amazonia. Biological Conservation, v. 91, p. 241-247, 1999.

LOPES, A.V.; MACHADO, I. C. Pollination and reproductive biology of *Rauvolfia grandiflora* (Apocynaceae): secondary pollen presentation, herkogamy and self-incompatibility. Plant Biology, v. 1, p. 547-553, 1999.

LORZA, R. F.; SOUZA, F. M.; NAKASHIMA, R. Pomares de sementes de espécies nativas: situação atual e propostas. In: SILVA, L. D.; HIGA, A. R. Pomar de sementes florestais nativas. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 41-64, 2006.

LUEDER, D. R. Aerial photographic interpretation: principles and applications. New York: McGraw-Hill, 1959.

LUSSIER, S. M. et al. Effects of habitat disturbance from residential development on breeding bird communities in riparian corridor. Environmental Management, New York, v. 38, p. 504-521, 2006.

MATSON, P.A. et al. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. Science, v. 277, p. 504-509, 1997.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. Biological Conservation, v. 141, p. 2184-2192, 2008.

MARTINS, P.S. Estrutura populacional, fluxo gênico e conservação “in situ”. IPEF, Piracicaba, SP, n. 35, p. 71-78, 1987.

MARTINS, I. C. M. et al. Diagnóstico ambiental no contexto da paisagem de fragmentos florestais naturais “ipucas” no município de Lagoa da Confusão, Tocantins. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 26, p. 299-309, 2002.

MARTINS, K. Diversidade genética e fluxo gênico via pólen e semente em populações de *Solanum lycocarpum* ST.HIL. (Solanaceae) no Sudeste de Goiás. 2005. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

MARTINS, R. B. M. Diagnóstico dos produtores de mudas florestais do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA), 2010. (Relatório analítico). Disponível em: <www.ambiente.sp.gov.br/mataciliar>. Acesso em: 10 fev. 2013.

MAUÉS, M. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Conseqüências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. Oecologia Australis, v. 14, 1, p. 238-250, 2010.

McINTYRE, S.; HOBBS, R. A framework for conceptualizing human effects on landscapes and its relevance to management and research models. Conservation Biology, Washington, v. 13, n. 6, p. 1282-1292, 1999.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape satructure. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 1995.

MELLO, K. Análise espacial de remanescentes florestais como subsídio para o estabelecimento de Unidades de Conservação, Sorocaba, Brasil. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Diversidae Biológica e Conservação) – Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba, 2012.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 71, n. 3-I, p. 445-462, 1999.

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

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: L. CULLEN JR., L; RUDRAN, R; VALLADARES-PADUA, C. (Ed.). Métodos de estudos em biologia da conservação & manejo da vida silvestre. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2004. p. 423-453.

METZGER, J. P. et al. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. Biological Conservation, v. 142, p. 1166-1177, 2009.

MILET-PINHEIRO, P.; SCHLINDWEIN, C. Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures?. Revista Brasileira de Zoologia, v. 22, n. 4, p. 853-858, 2005.

MITTERMEIER, R. A. et al. Hotspots revisitados: as regiões biologicamente mais ricas e ameaçadas do planeta. Mata Atlântica e Cerrado. Belo Horizonte: Internacional Conservation, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: SNUC. 6. ed. Brasília: MMA/SBF, 2006.

MOREIRA, M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação. São José dos Campos: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2001.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. TREE, v. 10, p. 58-62, 1995.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, v. 403, p. 853- 858, 2000.

NASCIMENTO, M. C. et al. Mapeamento dos fragmentos de vegetação florestal nativa da Bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, a partir de imagens do Satélite IKONOS II. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 389-398, 2006.

OLIVA, A. Programa de manejo fronteiras para o Parque Estadual Xixová-Japuí – SP. 2003. 239 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

OLIVEIRA, J. B. et al. Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida. Campinas; Rio de Janeiro: Instituto Agrônômico; EMBRAPA, 1999.

PARDINI, R. et al. Beyond the fragmentation threshold hypothesis: regime shifts in biodiversity across fragmented landscapes. Plos One, San Francisco, v. 5, n. 10, p. e13666, 2010.

PEREIRA, H. M. et al. Scenarios of global diversity in the 21st century. Science, v. 330, p. 1496-1501, 2010.

PEREIRA-SILVA, E. F. L. Florística e fitossociologia dos estratos arbustivos e um arbóreo de um remanescente de cerradão em uma Unidade de Conservação do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Botânica, v. 27, p. 533-544, 2004.

PERUQUETTI, R. C. et al. Abelhas Euglossini (Apidae) de áreas de Mata Atlântica: abundância, riqueza e aspectos biológicos. Revista Brasileira de Zoologia, v. 16, n. 2, p. 101-118, 1999.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREIRE, J. M. Biologia da polinização e sua aplicação na colheita de sementes florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 2009, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto de Botânica, 2009. v. 1. p. 155-172.

PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; LOISELLE, B.; LOUAYZA, A. Plant functional types, dispersion mode, pollination syndrome and spatial assemblage in a Amazon Forest Community, Brazil. In: International Botanical Congress, 27., 2005, Viena. Anais... International Botanic Congress: Viena, 2005. v. 1.

PIRES, A. M. Z. C. R.; SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R. Caracterização e diagnóstico ambiental de uma unidade da paisagem. Estudo de caso: Estação Ecológica de Jataí e Estação Experimental de Luiz Antônio. In: SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R. (Ed.). Estação Ecológica de Jataí. São Carlos: RiMa, 2000a. v. 1, p.1-26.

PIVELLO, V. R. Manejo de fragmentos de Cerrado: princípios para a conservação da biodiversidade. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, L. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 401-413.

PONZONI, J. F.; ALMEIDA, E. S. A estimativa do parâmetro Kappa (K) da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. Anais... São José dos Campos: INPE; SELPER, 1996. p. 52- 58.

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

RIBAS, L.A.; KAGEYAMA, P.Y. Diversidade e estrutura genética em populações naturais de *Trema micrantha* (L.) B. Scientia Forestalis, Piracicaba, SP, n. 66, p. 66-75, dez. 2004.

RIBEIRO, M.C. et al. The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed?. Implications for conservation. Biological Conservation, v. 142, p. 1141- 1153, 2009.

RINAWATI, F., STEIN, K.; A. LINDNER. Climate change impacts on biodiversity: the setting of a lingering global crisis. Diversity, v. 5, n. 1, p. 114-123, 2013.

RUTLEDGE, D. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process. DOC Science Internal Series,v. 98, p. 1-28, 2003.

SAWAKUCHI, H.O. Alteração no uso e cobertura do solo na bacia do médio rio Araguaia, Brasil central. 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010.

SAZIMA, M. et al. The perfume of flowers of *Cyphomandra* (Solanaceae): pollination by euglossine bees, bellows mechanism, osmophores, and volatiles. Plant Systematics and Evolution, v. 187, p. 51-88, 1993.

SCHINDLER, S.; POIRAZIDIS, K.; WRBKA, T. Towards a core set of landscape metrics for biodiversity assessments: a case study from Dadia National Park, Greece. Ecological Indicators, v. 8, n. 5, p. 502-514, 2008.

SCOLOZZI, R.; GENELETTI, D. A multi-scale qualitative approach to assess the impact of urbanization on natural habitats and their connectivity. Env Impact Assessment Review, v. 36, p. 9-22, 2012.

SENTELHAS, P. C. et al. Balanços hídricos climatológicos de 500 localidades brasileiras do Brasil. 1999. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/nurma.html>>. Acesso em: 15 jan. 2012.

SILVA, D. A.; KANASHIRO, M. M. Caracterização do meio físico. In: ARZOLLA, F. A. R. D. P.; VILELA, F. E. S. P. (Coord.). Proposta para criação da Estação Ecológica de Avaré. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente/ Instituto Florestal, 2010.

STEFFAN-DEWENTER, I.; KUHN, A. honeybee foraging in differentially structured landscapes. Proceedings of the Royal Society London. Series B. Biological Sciences, London, v. 270, p. 569-575, 2003.

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

STEFFAN-DEWENTER, I. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. Conservation Biology, v. 17, n. 4, p. 1036-1044, 2003.

TAMBOSI, L. R. Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para criação da zona de amortecimento. 2008. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Sistemas Aquáticos e Terrestres) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2008.

TAYLOR, P. D. et al. Connectivity is a vital element of landscape structure. Oikos, v. 68, p. 571-573, 1993.

THOMAS, C. D. et al. Extinction risk from climate change. Nature, Leeds, UK, v. 427, n. 8, p. 145-148, 2004.

TONHASCA, A.; BLACKMER, J. L.; ALBUQUERQUE, G. S. Abundance and Diversity of Euglossine Bees in the Fragmented Landscape of the Brazilian Atlantic Forest. Biotropica, v. 34, n. 3, p. 416-422, 2002.

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

UEZU, A.; BEYER, D. D.; METZGER, J. P. Can agroforest woodlots work as stepping stones for birds in the Atlantic forest region? Biodiversity and Conservation, Oxford, v. 17(8), p. 1907-1922, 2008. _

VALENTE, R. DE O. A.; VETTORAZZI, C. A. Avaliação da estrutura florestal na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí, SP. Scientia Forestalis, v. 69, p. 45-57, 2005.

VIDOLIN, G. P.; BIONDI, D.; WANDEMBRUCK, A. Análise da estrutura da paisagem de um remanescente de floresta com Araucária, Paraná, Brasil. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 35, p. 515-525. 2011.

VILHENA, F. et al. Parámetros para la delimitación y manejo adaptativo de zonas de amortiguamiento em parques nacionales del cerrado, Brasil. Recursos Naturales y Ambiente, p.16-24, 2004.

VOLATÃO, C. F. S. Trabalho de análise espacial: métricas do Fragstats. São José dos Campos: INPE, 1998.

WU, J.; HOBBS, R. Key issues and research priorities in landscape ecology: an idiosyncratic synthesis. Landscape Ecology, v. 17, p. 355-365, 2002.

ZANIN, E. M.; SANTOS, J. E.; OLIVEIRA, C. H. Environmental analysis and zoning for an urban park management purpose. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 48, p. 647-655, 2005.