

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
CAMPUS DE SOROCABA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO  
AMBIENTAL

BRUNA GABRIELA DE CARVALHO PINTO

**USO DA TERRA E FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO DE MATA ATLÂNTICA NA APA  
TIETÊ: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E A GESTÃO  
TERRITORIAL**

Sorocaba  
2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE  
CAMPUS DE SOROCABA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO  
AMBIENTAL

BRUNA GABRIELA DE CARVALHO PINTO

**USO DA TERRA E FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO DE MATA ATLÂNTICA NA APA  
TIETÊ: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E A GESTÃO  
TERRITORIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental para obtenção do título de mestre em Gestão e Sustentabilidade Ambiental.

Orientação: Prof. Dr. Rogério Hartung Toppa

Sorocaba  
2014

**Ficha catalográfica**

**APÓS DEFESA - AGENDAR FICHA CATALOGRÁFICA NA BIBLIOTECA  
DE SOROCABA**

([bsc@ufscar.br](mailto:bsc@ufscar.br))

BRUNA GABRIELA DE CARVALHO PINTO

USO DA TERRA E FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO DE MATA ATLÂNTICA NA APA  
TIETÊ: SUBSÍDIOS PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL E A GESTÃO  
TERRITORIAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, para obtenção do título de mestre em Gestão e Sustentabilidade Ambiental. Área de concentração em Sustentabilidade, Ambiente e Sociedade. Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba. 04 de Setembro de 2014.

Orientador

---

Prof.Dr. Rogério Hartung Toppa  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – *Campus* Sorocaba

Examinador

---

Prof. Dr. Marcos Roberto Martines  
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – *Campus* Sorocaba

Examinador

---

Prof. Dr. Davis Gruber Sansolo  
Universidade Estadual Julio de Mesquita Filho (UNESP) – *Campus* São Vicente

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho à minha família,  
em especial ao principal incentivador  
meu pai, Marcio Raul.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Rogério Hartung Toppa, por acreditar no meu trabalho e me oferecer essa grande oportunidade, pelo apoio, orientações e pelos ensinamentos fundamentais para minha formação profissional.

À minha família, pelo amor incondicional, por me apoiarem na realização deste trabalho e pelo grande carinho. A minha mãe, minha amiga, Sônia, pelo colo e conforto oferecido nos momentos críticos e felizes.

Em especial ao meu irmão César que colaborou diretamente com esse trabalho, revisando com carinho os textos elaborados, em especial os trechos em inglês e também pela ajuda em informática. Muito obrigada, Tuzinho!

Ao financiador desta pesquisa, ao motorista em dias de provas, ao calmante para minha ansiedade, ao revisor de textos e de apresentação, ao mateiro de trabalho de campo. Todos estes que resumem unicamente em uma pessoa, ao meu amigo, meu pai. Márcio, muito obrigada, sem você esse trabalho não seria possível!

Ao meu grande companheiro João, pelo amor, amizade, parceria, conselhos pessoais e acadêmicos. Por me acalmar nos momentos difíceis e por entender os momentos de ausência. Você foi peça fundamental nesta conquista, obrigada!

Aos membros da banca de qualificação: Prof. Dr. Emerson Arruda e Profa. Dra. Eliana Cardoso Leite pelas contribuições e sugestões.

Aos membros do conselho gestor da APA Tietê pela oportunidade e autorização para execução deste trabalho, em especial aos representantes dos seguintes órgãos públicos: Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Desenvolvimento Sustentável de Tietê; Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente de Jumirim e Fundação Florestal.

À Coralie Pasquali, diretora da Secretaria de Meio Ambiente de Tietê pelo atendimento e especial atenção oferecida em todas as solicitações.

Ao Sr. Marco Nalon, do Instituto Florestal, pela grande atenção concedida e pelo fornecimento de dados cartográficos essenciais para a elaboração desse trabalho.

Ao Nabil Alameddine, pelos primeiros ensinamentos em um software de geoprocessamento, pela grande atenção concedida e pelo auxílio na delimitação das APPs.

Ao Sr. Romeu Simi por me receber atenciosamente no INPE e pela contribuição no processo de delimitação de APP de topos de morro, mesmo que estes dados não puderam ser incluídos nesta dissertação. As meninas do NEEPEC, Mayra e Kaline, pelo auxílio na utilização dos softwares de geoprocessamento.

Ao Marcus Vinicius e Marina Zacari da empresa de consultoria Santiago & Cintra, pela atenção e pela cessão de imagens de Satélite Rapid Eye, essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

À EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano pela cessão das fotos aéreas.

Ao Isaac Bento da empresa Alezi Teodolini pelo empréstimo e treinamento de equipamento de GPS, essenciais para realização de vistorias em campo.

Ao Alexandre Marques da empresa Imagem, pelo auxílio na disponibilização da licença do software ArcGIS.

Aos professores do PROSGAM que proporcionaram um aprimoramento da visão de sustentabilidade e do estudo científico, contribuindo para o meu crescimento profissional. Em especial aos professores Eliana Leite e Silvio César Moral Marques, pelas excelentes aulas.

Ao Prof. Dr. Ismail Barra Nova de Melo, pela prontidão em solucionar todas as dúvidas administrativas e buscar todas as formas de auxílio disponível as pesquisas e aos mestrados. Agradeço também pelos grandes conhecimentos fornecidos em sala de aula.

À Sandra, secretária do PROSGAM, pela prontidão e auxílio nas questões administrativas e burocráticas.

Aos amigos de turma do PROSGAM, especial a Patrícia Viegas pelo companheirismo, apoio e amizade. Por estar sempre presente nesta trajetória, partilhando dos mesmos momentos angústias e alegrias.

Aos membros da banca de defesa: Prof. Dr. Marcos Martines e Prof. Dr. Davis Sansolo, pelas críticas, excelentes contribuições e sugestões que certamente permitiram o aperfeiçoamento deste estudo.

## RESUMO

PINTO, Bruna Gabriela de Carvalho. *Uso da terra e fragmentos de vegetação de Mata Atlântica na APA Tietê: Subsídios para o planejamento ambiental e a gestão territorial*. 2014. 116 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologias para Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2014.

Considerando que menos de 11% das Áreas de Proteção Ambiental brasileiras possuem Plano de Manejo, a avaliação do uso da terra e do conflito em Áreas de Preservação Permanente pode fornecer resultados importantes para a gestão dessa categoria de Unidade de Conservação, uma vez que a espacialização das Áreas de Preservação Permanente degradadas pode ser utilizada como diretriz de ações de restauração. Esta pesquisa teve como objetivo caracterizar o uso da terra da APA Tietê, evidenciando os conflitos associados às Áreas de Preservação Permanente (Lei Federal nº 12.651 de 2012), de modo a fornecer subsídios para o planejamento e gestão territorial. Mapeou-se o uso da terra por meio classificação automática supervisionada de imagem do satélite RapidEye e determinou-se os conflitos com o auxílio do software ArcGis 10.2. Conclui-se que a APA Tietê possui predominância de usos agropecuários da terra, correspondendo a 78,45% da área total da Unidade de Conservação. A área encontra-se em estado crítico para conservação da biodiversidade, uma vez que 74,40% das Áreas de Preservação Permanente são compostas por usos da terra conflituosos. Foram mapeados 908 fragmentos florestais, sendo que aproximadamente 88% dos fragmentos mapeados possuem áreas menores do que 10 ha. 39,64% dos fragmentos florestais não possuem nenhum fragmento vizinho em um raio de 100 m. A cobertura vegetal nativa representa apenas 9,98% da área total da APA. A análise do cenário potencial revelou que a restauração das APPs permite aumentar o tamanho dos fragmentos e melhorar a conectividade da paisagem, em observância com a legislação ambiental. Outra opção indicada para incrementar a cobertura vegetal total na APA Tietê seguindo os incrementos propostos por lei é a restauração de área por meio da instituição da RL. Nesse aspecto, por meio de análise multicritério, pode-se ranquear todo o território da UC com base na sua relevância ecológica de modo a priorizar áreas para a instituição dessas áreas protegidas. O trabalho revelou a criticidade da situação atual da APA Tietê, principalmente perante seus objetivos conservacionistas e ofereceu alternativas, baseadas em um rigor científico, para subsidiar o processo de planejamento dessa área protegida, no contexto local, estadual e nacional.

Palavras-chave: Sistemas de Informação Geográfica. Unidades de Conservação de Uso Sustentável. Legislação Florestal. Áreas de Preservação Permanente. Reserva Legal.

## ABSTRACT

Considering that less than 11% of the Brazilian Environmental Protection Areas have a Management Plan, the assessment of land use and the conflict in Permanent Preservation Areas can provide important results to the management of this Protected Area category, since the map of degraded Permanent Preservation Areas can be used as a guide for restoration actions. This research aimed to characterize the land use in APA Tietê, highlighting the conflict associated with Permanent Preservation Areas (Federal law n° 12.651 de 2012), in order to provide subsidies to the planning and land management. We have mapped land use through supervised automatic classification of RapidEye satellite image, and determined the land use conflicts with aid of software ArcGIS 10.2. We can conclude that APA Tietê has predominance of agricultural land uses, corresponding to 78.42% of the total protected area. This area is in critical condition to biodiversity conservation, since 76.43% of Permanent Preservation Areas consist of conflicting land uses. We have mapped 908 forest fragments, of which approximately 88% have areas smaller than 10 ha. 39.64% of these forest fragments have no neighbor fragment in a distance of 100 m. The native vegetation cover represents only 9.98% of the total area of the Environmental Protection Areas. The analysis of the hypothetical scenario showed that the restoration of Permanent Preservation Areas can increase the size of the fragments and enhance landscape connectivity, in compliance with environmental legislation. Another alternative indicated to increase total vegetation cover in APA Tietê following legal increments is proposed for the restoration of the area through the establishment of Legal Reserves. In this context, through multicriteria analysis, we made a rank of all the territory of the Protected Area based on ecological relevance in order to give priority to some areas for the establishment of these protected areas. This work revealed the criticality of the current status of APA Tietê, especially towards its conservation objectives and offered alternatives, based on a scientific rigor to support the planning process of the protected area, at the local, state and national context.

Keywords: Geographic Information System. Protected Areas of Sustainable Use. Forestry Law. Permanent Preservation Areas. Legal Reserves.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, que compreende a totalidade dos municípios de Tietê e Jumirim, estado de São Paulo. .... 13
- Figura 2.** Álbum de referência de imagens do satélite RapidEye, bandas espectrais R5G4B3, correspondentes as nove classes de interesse. **A** - área urbanizada; **B** - área de mineração; **C** - cultura temporária; **D** - cultura permanente; **E** - pastagem; **F** - silvicultura; **G** - florestal; **H** - corpos d'água continentais e **I** - solo exposto. .... 16
- Figura 3.** Distribuição dos pontos de aferição para o mapeamento do uso da terra da Área de Proteção Ambiental Tietê, estado de São Paulo. .... 17
- Figura 4.** Fotografias tiradas em checagem de campo que representam as classes de uso da terra adotadas para a Área de Proteção Ambiental Tietê. **A** - cultura temporária: cana-de-açúcar; **B** - cultura temporária: milho; **C** - cultura permanente: laranja; **D** - pastagem: bovinos; **E** - área de mineração: calcário dolomítico; **F** - área urbanizada: rodovia. *Fonte: Pinto, B. 2013.*..... 31
- Figura 5.** Uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental Tietê. .... 33
- Figura 6.** Mapa das Áreas de Preservação Permanente encontradas na Área de Preservação Permanente Tietê..... 34
- Figura 7.** Fotografias tiradas em checagem de campo que representam curso d'água cuja APP encontra-se composta por usos da terra conflituosos e com os objetivos de conservação na Área de Proteção Ambiental Tietê. **A** - curso d'água com ambas as margens compostas por uso da terra conflituosos: pastagem; **B** - curso d'água com margem direita composta por uso da terra adequado (florestal) e margem esquerda por uso da terra conflituosos (pastagem e erosão); **C** - curso d'água com ambas as margens compostas por uso da terra adequado: florestal. *Fonte: Pinto, B. 2013.*..... 36
- Figura 8.** Porcentagem de ocorrência de cada classe de uso da terra em Áreas de Preservação Permanente (APP) e conflito de uso da terra por APP na Área de Proteção Ambiental Tietê. **A** - área urbanizada; **B** - área de mineração; **C** - cultura temporária; **D** - cultura permanente; **E** - pastagem; **F** - silvicultura; **G** - florestal; **H** - corpos d'água continentais e **I** - solo exposto..... 37
- Figura 9.** Mapa de conflito do uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê. .... 38
- Figura 10.** Fragmentos florestais de vegetação de Mata Atlântica existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, destaque para o maior fragmento mapeado. .... 39
- Figura 11.** Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, divididos por classe de tamanho, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%), além da porcentagem acumulada. **A** - 0,03-13,38; **B** - 13,39-26,72; **C** - 26,73-40,07; **D** 40,08-53,42- ; **E** - 53,43-66,76 ; **F** - 66,77-80,11; **G** - 80,12-93,45 ; **H** -93,46-106,80; **I** - 106,81-120,14 .e **J** - > 120,15..... 41
- Figura 12.** Distribuição dos remanescentes de vegetação secundária de Mata Atlântica existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de tamanho. .... 41
- Figura 13.** Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de forma (Shape), Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê..... 43

<b>Figura 14.</b> Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de proximidade (Prox), Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê. ....	44
<b>Figura 15.</b> Distribuição dos fragmentos existentes (ano de 2012), separados por classes de interesse especial para a conservação, Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê. ....	46
<b>Figura 16.</b> Fragmentos florestais de vegetação de Mata Atlântica na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê no cenário potencial, destaque para os maiores fragmentos mapeados. ....	48
<b>Figura 17.</b> Distribuição dos remanescentes de vegetação nativa encontrados no cenário de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, separados por classes de tamanho. ....	49
<b>Figura 18.</b> Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de forma (Shape) no cenário de restauração. ....	50
<b>Figura 19.</b> Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de proximidade (Prox) no cenário potencial de restauração. ....	52
<b>Figura 20.</b> Distribuição dos fragmentos de floresta no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de interesse. ....	53
<b>Figura 21.</b> Dados comparativos do cenário atual com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê. Para as classes de tamanho (ha): <b>A-</b> 0,03-13,38; <b>B-</b> 13,39-26,72, <b>C-</b> 26,73-40,07, <b>D-</b> 40,08-53,42, <b>E-</b> 53,43-66,76, <b>F-</b> 66,77-80,11, <b>G-</b> 80,12-93,45, <b>H-</b> 92,46-106,80, <b>I-</b> 106,81-120,14, <b>J-</b> >120,15 . Para as classes de forma: <b>A-</b> 1,04-1,67 ; <b>B-</b> 1,68-2,31 , <b>C-</b> 2,32-2,94 , <b>D-</b> 2,95-3,57 , <b>E-</b> 3,58-4,20, <b>F-</b> 4,21-4,83, <b>G-</b> 4,84-5,46, <b>H-</b> 5,47-6,09, <b>I-</b> 6,10-6,72, <b>J-</b> >6,73 . Para as classes de proximidade: <b>A-</b> 0,00-318,35 ; <b>B-</b> 318,36-636,70 , <b>C-</b> 636,71-955,05 , <b>D-</b> 955,06-1.273,40 , <b>E-</b> 1.273,41-1.591,76, <b>F-</b> 1.591,77-1.910,11, <b>G-</b> 1.910,12-2.228,46, <b>H-</b> 2.228,47-2.546,81, <b>I-</b> 2.546,82-2.865,16, <b>J-</b> > 2.865,17 . Para as classes de interesse: <b>A-</b> Muito Baixa , <b>B-</b> Baixa, <b>C-</b> Média, <b>D-</b> Alta, <b>E-</b> Muito Alta. ....	55
<b>Figura 22.</b> Distribuição espacial dos fragmentos de floresta comparando o cenário atual com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê. ....	56
<b>Figura 23.</b> Mapa do atual uso da terra das áreas em sobreposição com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na APA Tietê. ....	57
<b>Figura 25.</b> Proposta de Zoneamento para direcionar a implantação de Reservas Legais (RL) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê. ....	60

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classes, notas e pesos das métricas utilizadas para o cálculo de grau de interesse para elaboração do Plano de Manejo. ....	23
<b>Tabela 2.</b> Classes das notas finais das métricas utilizadas para o cálculo de grau de interesse para elaboração do Plano de Manejo. ....	24
<b>Tabela 3.</b> Critério utilizados na análise de zoneamento para a Reserva Legal, seguido de suas variáveis e notas ponderadas. E = excluído da análise (Áreas de Preservação Permanente (APPs) não reflorestadas e cursos d'água). ....	28
<b>Tabela 4.</b> Classes de uso da terra mapeadas na Área de Proteção Ambiental Tietê. ....	33
<b>Tabela 5.</b> Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classe de tamanho, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	40
<b>Tabela 6.</b> Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de forma, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	42
<b>Tabela 7.</b> Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de proximidade, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	44
<b>Tabela 8.</b> Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classe de interesse especial para a conservação, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	45
<b>Tabela 9.</b> Número de fragmentos no cenário potencial de restauração da Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de tamanho, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	48
<b>Tabela 10.</b> Número de fragmentos no cenário de restauração das Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de forma, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	50
<b>Tabela 11.</b> Número de fragmentos no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de proximidade, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	51
<b>Tabela 12.</b> Número de fragmentos no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de interesse, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%). ....	53
<b>Tabela 13.</b> Comparação do cenário atual com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê. ....	54
<b>Tabela 14.</b> Resultados de área em hectares (ha) para cada zona de prioridade para a implantação de Reserva Legal. ....	59

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ADIS – Ações Diretas de Inconstitucionalidade  
APA - Área de Proteção Ambiental  
APP - Área de Preservação Permanente  
CATI - Coordenadoria de Assistência Técnica Integral  
CAR – Cadastro Ambiental Rural  
CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura  
CRA – Cota de Reserva Ambiental  
DNPM - Departamento Nacional de Produção Mineral  
EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano  
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IUCN - International Union for Conservation of Nature  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
MCDA – Multi Criteria Decision Analysis  
PM - Plano de Manejo  
ONG – Organização Não Governamental  
RL - Reserva Legal  
RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural  
SIG - Sistema de Informação Geográfica  
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação  
STF – Supremo Tribunal Federal  
UC - Unidade de Conservação  
UFSCar - Universidade Federal de São Carlos  
UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos  
WWF – World Wide Fund

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	31
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	3
3.1. Uso da terra .....	3
3.2. Fragmentação de florestas e métricas da paisagem .....	4
3.3. Restauração florestal .....	6
3.4. Área de Proteção Ambiental.....	8
3.5. Legislação florestal brasileira .....	9
3.6. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica no contexto do planejamento ambiental.....	11
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	12
<b>5. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	13
5.1. Caracterização da área de estudo .....	13
5.2. Procedimentos metodológicos .....	14
5.2.1. Uso da terra .....	14
5.2.2. Áreas de Preservação Permanente .....	17
5.2.3. Conflito no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente .....	18
5.2.4. Fragmentos de vegetação florestal de Mata Atlântica .....	19
5.2.5. Seleção de áreas para subsidiar o Plano de Manejo da APA Tietê.....	22
5.2.6. Análise do cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente ...	24
5.2.7. Indicação de zonas prioritárias para implantação de Reserva Legal .....	25
<b>6. RESULTADOS</b> .....	29
6.1. Uso da terra .....	29
6.2. Áreas de Preservação Permanente .....	34
6.3. Conflito no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente .....	35
6.4. Fragmentos de vegetação florestal de Mata Atlântica .....	39
6.5. Seleção de áreas para subsidiar o Plano de Manejo da APA Tietê.....	45
6.6. Análise do cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente .....	47
6.6.1 Fragmentos de floresta de interesse especial para a conservação no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na APA Tietê.....	52
6.6.2 Análise comparativa entre o cenário atual e o cenário potencial de restauração de APP .....	53
6.7. Indicação de zonas prioritárias para implantação de Reserva Legal .....	58

<b>7. DISCUSSÃO</b> .....	61
7.1. Uso da terra .....	61
7.2. Áreas de Preservação Permanente e o conflito no uso da terra .....	63
7.3. Fragmentos de vegetação florestal de Mata Atlântica e Seleção de áreas para subsidiar o Plano de Manejo da APA Tietê.....	66
7.4. Análise do cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente .....	73
7.5. Indicação de zonas prioritárias para implantação de Reserva Legal .....	82
<b>8. CONCLUSÃO</b> .....	91
<b>9. REFERÊNCIAS</b> .....	94

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade em paisagens tropicais fragmentadas tornou-se uma das principais preocupações da Biologia da Conservação (METZGER, 2006a.). Essa preocupação se justifica, pois diversos efeitos da fragmentação e perda de habitat ameaçam a diversidade biológica (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), sendo que evidências empíricas sugerem que a perda de habitat é a principal causa da extinção de espécies (PRIMACK, 2001).

A preocupação em paisagens fragmentadas e a necessidade de planejamento tornam-se especialmente importantes para o estado de São Paulo, o mais industrializado do país e atualmente coberto por imensos canaviais. O estado ainda conta com fragmentos florestais significativos, somando 3.457.301 ha, ou seja, 13,94% de sua superfície. Entretanto, apenas cerca de 25% desta área total florestada está protegida na forma de Unidades de Conservação (UCs), administradas pelo poder público (RODRIGUES; BONONI, 2008).

Além disso, há de se considerar que a administração e gestão de UCs pelo poder público são deficientes e enfrentam dificuldades. Apesar do objetivo fundamental do manejo pelo poder público e dos esforços conservacionistas estarem focados na prevenção e restauração de habitat (LINDENMAYER et al., 2006; FAHRIG, 2003), os gestores ambientais nem sempre estão cientes de quais elementos da paisagem são essenciais para a conservação das espécies. Na prática, os gestores são obrigados a tomar decisões que modificam, e às vezes radicalmente, a matriz e os remanescentes ou corredores de vegetação florestal nativa. A maior parte dessas decisões não é pautada em estudos rigorosos sobre a área e, portanto, nem sempre é possível garantir que as escolhas ocasionarão menor prejuízo a manutenção da biodiversidade (METZGER, 2006a.). Assim sendo, os gestores possuem o desafio de aplicar os princípios ecológicos para planejar e gerir o uso da terra de forma a promover de maneira recíproca o bem estar das pessoas e da natureza (DEFRIES et al., 2007; WIENS, 2009).

Para auxiliar no planejamento e na gestão territorial, o entendimento dos componentes do

ecossistema e das relações naturais é essencial, e para tal, a Ecologia da Paisagem é uma excelente abordagem (METZGER; PIVELLO, 2000). Por meio dela, é possível encontrar respostas aos principais problemas ambientais, tanto relacionados à fragmentação de habitats quanto ao uso inadequado da terra (METZGER, 2001).

Diante disso, este trabalho se apoia no emprego de métodos bem consolidadas no meio acadêmico para auxiliar no planejamento ambiental e gestão territorial da Área de Proteção Ambiental Tietê (APA Tietê), sendo que os resultados obtidos neste projeto irão prover informações fundamentais para elaboração do plano de manejo desta UC.

Além disso, esta pesquisa produziu dados que poderão ser utilizados diretamente por profissionais que não sejam do meio acadêmico, em especial os técnicos gestores da APA Tietê e das prefeituras de Jumirim e Tietê, visto que a UC compreende o território desses dois municípios. Os resultados dessa pesquisa também poderão ser utilizados como modelo para o levantamento de informações e resoluções de conflitos por gestores de outras UCs que possuam problemas semelhantes, e que estejam com o plano de manejo deficiente ou em fase de elaboração.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Obter um diagnóstico ambiental essencial para estabelecer diretrizes de planejamento e ordenamento territorial, especificamente à dimensão da biodiversidade, de forma a subsidiar a elaboração do Plano de Manejo da APA Tietê.

### **2.2. Objetivos específicos**

- ✓ Mapear, quantificar e classificar o atual uso e ocupação da terra na APA Tietê;
- ✓ Avaliar os fragmentos florestais de Mata Atlântica de ocorrência na APA Tietê com base nas métricas estruturais da paisagem, selecionando áreas de especial interesse para direcionar os levantamentos para o Plano de Manejo;
- ✓ Identificar os efeitos de uma proposta de estratégia de restauração baseada na formação de corredores entre os fragmentos já existentes por meio de áreas ripárias (APPs hídricas);
- ✓ Indicar áreas para a restauração ecológica, que permitam aumentar o tamanho dos fragmentos e melhorar a conectividade da paisagem, em observância com a legislação ambiental, priorizando essas áreas em termos de importância de acordo com a sua relevância estrutural e espacial.

## **3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1. Uso da terra**

Conhecer a dinâmica no uso da terra sempre foi uma necessidade do ser humano, e desde a Antiguidade é possível encontrar referências sobre as relações entre a natureza e as atividades humanas (IBGE, 2013). No Brasil, desde o período da colonização até o Século XIX, era frequente a existência de terras de uso comum, utilizadas para complementação de necessidades básicas das populações rurais, por meio de conversão de terras para pequenos criatórios, acesso à extração de lenhas, madeira e outros produtos não madeireiros. Em 1850, após a promulgação da Lei de Terras, essas terras de uso comum passaram a ser consideradas terras devolutas, passíveis

de apropriação individual. Com isso, os novos proprietários de terras, oriundos do processo do sistema de sesmarias, ampliaram a possibilidade de cultivos, embora de início exercessem o criatório extensivo da pecuária (IBGE, 2013).

As ações humanas ao alterar os usos da terra pela conversão de paisagens naturais em práticas de agricultura de subsistência, intensificação da produção agrícola ou pela expansão dos centros urbanos, têm transformado uma grande proporção da superfície terrestre do planeta. Embora esses novos usos da terra possam aumentar o suprimento de bens materiais em curto prazo, podem também arruinar os serviços ecossistêmicos em longo prazo (FOLEY et al., 2005).

O conhecimento sobre o uso da terra é essencial para garantir a sustentabilidade de questões ambientais, sociais e econômicas (IBGE, 2013). E, uma vez que as florestas nativas estão cada vez mais escassas e o número de UCs não é representativo, a conservação da biodiversidade dependerá em grande parte de uma gestão adequada da matriz antrópica (FONSECA et al, 2009; RIBEIRO et al., 2009).

Assim, a análise do uso da terra torna-se essencial ao planejamento ambiental, porque retrata as atividades humanas que podem impactar negativamente sobre o ecossistema natural (SANTOS, 2004).

### **3.2. Fragmentação de florestas e métricas da paisagem**

A paisagem pode ser definida por diversos elementos, originados por processos naturais ou por atividades humanas e por suas inter-relações (FORMAN, 1995). Ainda, conceitua-se também como paisagem um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas. Devendo essa heterogeneidade existir para pelo menos um fator, segundo um observador e escala de observação determinada (METZGER, 2001).

Na tentativa de compreender a fragmentação dessas paisagens naturais, inúmeras teorias e abordagens têm sido utilizadas. A Teoria da Biogeografia de Ilhas (MACARTHUR; WILSON, 1967) baseia-se na relação entre riqueza de espécies e a área e isolamento dos fragmentos de habitat, de modo similar às ilhas oceânicas. Essa teoria sustentou uma visão durante tempo considerável de que se espera encontrar maior riqueza de espécies em fragmentos florestais

nativos com maior área e menos isolados dos demais fragmentos, até que a ênfase mudou de comunidades para populações e de fragmentos para redes de fragmentos conectados por fluxos biológicos, como fluxos gênicos e migração de indivíduos. Desta maneira, passou-se a dar uma ênfase maior à noção de conectividade entre fragmentos florestais e demais componentes da paisagem, reconhecendo que todos os componentes têm influência sobre esses fluxos biológicos (METZGER, 2006a.).

Essa nova abordagem é sustentada com base principalmente na Teoria das Metapopulações (HANSKI; GILPIN, 1997) e nas análises de viabilidade genética e de populações (YOUNG; CLARKE, 2000). De acordo com essa teoria, uma metapopulação é composta por um conjunto de subpopulações locais heterogeneamente distribuídas nos fragmentos florestais, conforme a disposição de recursos. Essas subpopulações encontram-se isoladas espacialmente nesses fragmentos, porém unidas funcionalmente por fluxos biológicos. Desse modo, a permanência desta metapopulação depende do balanço entre as taxas de recolonização e extinção das subpopulações locais.

As duas abordagens teóricas se assemelham por considerarem que a distribuição e riqueza de espécies são afetadas pela distância e grau de isolamento entre fragmentos, bem como o tamanho e a forma do fragmento. Entretanto, a teoria de metapopulações difere dos modelos clássicos de dinâmica de população, que assumem uma estrutura de população em que todos os indivíduos têm a mesma probabilidade de interagir entre si. Essa divergência ocorre, pois a teoria metapopulação leva em consideração o tipo das áreas de habitat não florestais intervenientes, denominadas de matriz circundante (METZGER, 2001). A matriz influencia diretamente o fluxo e a migração de espécies, pois atuam como barreiras para o movimento dos indivíduos entre as subpopulações (METZGER, 2006a.; FISCHER; LINDENMAYER, 2007).

Diante disso, uma forma de estudar essas propriedades da paisagem, seguindo a abordagem da teoria de biogeografia de ilhas ou de metapopulações, se dá por meio da análise de uso da terra e do uso de indicadores denominados métricas da estrutura da paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009). O uso de métricas da paisagem tem se destacado como indicador estratégico para a

identificação de áreas importantes para conservação. Tal fato se deve por algumas vantagens no seu uso: fácil de obter por meio de imagens de satélite e a possibilidade de quantificar por meio de *softwares* livres (BANKS-LEITE et al., 2011). Dessa forma, o profissional pode obter resultados que subsidiem a sua decisão em curto espaço de tempo, sem necessidade de extenso trabalho de campo e sem custos adicionais com as licenças de *softwares*.

Os indicadores baseados em paisagem oferecem outra clara vantagem, pois podem ser utilizados tanto por cientistas quanto por profissionais que não sejam do meio acadêmico, para o desenvolvimento de estratégias de conservação e/ou restauração em paisagens fragmentadas (BANKS-LEITE et al., 2011). Como resultado, o conhecimento ecológico obtido torna-se útil não somente para Ecólogos e Biólogos que trabalham com o planejamento de paisagens, como também para outros setores envolvidos nesse planejamento (REYRS et al., 2012.)

Mesmo diante de teorias e ferramentas que auxiliam na aplicabilidade dos fundamentos da Ecologia de Paisagem, na prática ainda há grande dificuldade de traduzir essa Ciência em políticas de conservação (WIENS, 2009). Aliando-se isso aos potenciais conflitos e sinergias entre a conservação da biodiversidade e demais objetivos de uso antrópico da terra, Ecólogos devem fortalecer e estreitar ainda mais os laços com os responsáveis pela formulação de políticas públicas, especialmente aqueles voltados para as políticas ambientais (FISCHER; LINDENMAYER, 2007), nesse caso em específico na gestão de UCs.

O uso de métricas de paisagem é cada vez mais frequente no estabelecimento de planos de conservação da biodiversidade e foi empregado também em diferentes trabalhos desenvolvidos para Mata Atlântica e Cerrado (METZGER et al., 2008; VALENTE; VETORAZZI, 2008; RIBEIRO et al., 2009; BANKS-LEITE et al., 2011).

### **3.3. Restauração florestal**

Diversas estratégias de manejo têm sido utilizadas para evitar a extinção de espécies e manter as funções e serviços ecossistêmicos causados pela perda de habitat e fragmentação, como descritos no tópico acima, sendo uma das mais relevantes a restauração florestal (GAMA et al.;

2013). Entende-se por restauração florestal uma forma de restauração ecológica aplicada a ecossistemas florestais, e por sua vez como restauração ecológica processo e prática de auxiliar a recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (ARONSON et al., 2011)

Os projetos de restauração florestal visam ao cumprimento da legislação ambiental, e possuem como objetivo o restabelecimento de florestas biologicamente viáveis e que não dependam de intervenções humanas constantes para sua perpetuação (BRANCALION et al., 2010). Logo, as florestas restauradas devem ampliar a probabilidade de persistência das espécies nativas nas paisagens antrópicas, proporcionando áreas de habitat florestal nativo para diversas espécies, aumentando a conectividade estrutural e funcional da paisagem e reduzindo os efeitos de borda (BRANCALION et al., 2010)

A restauração de paisagem natural pode não somente trazer benefícios para as populações nativas, mas pode também definir uma nova configuração da paisagem que permita alcançar também o máximo de benefícios no fornecimento de serviços de provisão e regulação que contribuam diretamente o aumento da produção agrícola, como por exemplo, serviços de polinização e controle de pragas (METZGER; BRANCALION, 2013). Para atingir esses objetivos, a configuração da paisagem deve conter um nível intermediário de cobertura de vegetação nativa e conectividade na paisagem para a comunidade de espécies responsáveis por esses serviços possa perpetuar (METZGER; BRANCALION, 2013).

Diante da evidente necessidade e benefícios proporcionados pela restauração florestal, especialistas em restauração e legisladores terão que estar preparados para adotar novas abordagens para induzir, planejar e implantar programas de restauração (METZGER; BRANCALION, 2013). Os gestores e planejadores frequentemente encaram o desafio de decidir qual parte e porção da paisagem deve ser reflorestada. Esse desafio torna-se ainda maior quando os recursos financeiros destinados a estas ações de restauração são limitados (GAMA, et al., 2013), com isso é importante que já estejam identificados locais prioritários para conservação.

Assim, o objetivo da escolha desses locais não é realizar a restauração de habitat de forma a retornar as condições da paisagem antes dos distúrbios gerados pela ocupação humana, mas sim criar uma nova composição e configuração que promova o funcionamento dos processos ecológicos e atendam os desejos e demandas da população que habita e uso o espaço da APA Tietê, integrando as dimensões sociais e econômicas.

### **3.4. Área de Proteção Ambiental**

As análises de uso da terra e seleção de locais prioritários para a restauração tornam-se especialmente importantes em áreas protegidas, pois estas áreas fornecem inúmeros serviços ecossistêmicos incluindo biodiversidade, proteção de recursos hídricos e estoque de carbono (DEFRIES et al., 2007). Ainda, a análise representa um desafio maior para as UCs em categorias semelhantes às APAs, na medida em que seu objetivo explícito é, simultaneamente, apoiar os meios de subsistência para as populações humanas e proteger seus ecossistemas naturais (CORTINA-VILLAR et al., 2012).

Essas áreas protegidas correspondem a categoria V – Paisagem Protegida, de acordo com o sistema internacional de categoria de gestão de áreas protegidas desenvolvido pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), ou seja, as APAs podem ser descritas por áreas extensas, com certo grau de ocupação humana e dotadas de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, podendo ser constituídas por terras públicas e privadas (BRASIL, 2000).

Dentre as UCs brasileiras, as APAs são maioria em número e em área. Elas têm como propósito disciplinar as atividades humanas de forma a proporcionar o uso sustentável dos recursos naturais e a qualidade ambiental para as comunidades locais, de modo que podem ser consideradas mais próximas de um mecanismo para ordenamento do uso da terra do que uma área protegida verdadeira (RYLANDS; BRANDON, 2005). Considerando que menos de 11% das APAs brasileiras possuem Plano de Manejo (WWF, 2012), principal ferramenta utilizada para orientar o ordenamento territorial, a avaliação do conflito no uso da terra em APPs pode fornecer resultados importantes para a gestão das APAs, uma vez que APPs foram assim definidas por

possuírem função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

A seleção de áreas prioritárias para implantação de ações de restauração em APAs é especialmente importante, considerando que a administração e gestão dessas áreas protegidas pelo poder público são deficientes e enfrentam dificuldades. Os gestores ambientais nem sempre estão cientes de quais elementos da paisagem são essenciais para a conservação das espécies (METZGER, 2006a.) e na prática, paisagens multifuncionais continuam sendo convertidas em culturas e pastagens ou tornam-se improdutivas (DE GROOT, 2006).

### **3.5. Legislação florestal brasileira**

A existência de normas jurídicas que disciplinam a utilização de recursos naturais não é novidade no direito brasileiro. Na época da colonização, já existiam regras jurídicas que restringiam a utilização de recursos naturais, que previam severas sanções em caso de descumprimento. Entretanto a motivação dessas regras não estava ligada a preservação dos ecossistemas, mas ao monopólio na exploração madeireira por parte da coroa portuguesa (SPAROVEK et al., 2011).

A Constituição Federal de 1988 elenca diversos princípios estruturantes fundamentais (dignidade da pessoa humana, soberania, erradicação da pobreza, dentre outros). De modo geral, essa legislação disciplina também que a atividade do ser humano em relação aos recursos naturais deve assegurar a promoção de um ambiente socialmente justo e economicamente viável (SPAROVEK et al., 2011).

O Código Florestal brasileiro é peça central na legislação de regulação do uso da terra e manejo de propriedades privadas. Mudanças nessa legislação podem afetar não somente o território nacional, como podem ter consequências globais, uma vez que bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente estão armazenados em vegetação nativa que estão localizadas em propriedades privadas (SOARES-FILHO et al., 2014).

Embora diversos estudos mostrassem que o cumprimento das obrigações do código antigo não inviabilizaria a produção agrícola (SOARES-FILHO et al., 2014), e pelo contrário, aumentariam a produção agrícola em termos espaciais e de produtividade, e garantindo a sustentabilidade ambiental (BRANCALION; RODRIGUES, 2010), diversas alterações foram realizadas e o Código Florestal foi revogado, dando origem a atual legislação florestal nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

Os motivos que levaram a essa mudança na legislação são explicados de diferentes maneiras, por diferentes autores, sendo que a maior parte dos autores diz que as mudanças no novo código foram justificadas por afirmações do setor ruralista de que o cumprimento da legislação anterior poderia supostamente causar severos danos nos setores de negócios agrícolas (GARCIA et al., 2013; SOARES-FILHO et al., 2014; METZGER et al., 2010). Para Soares-Filho et al. (2014), o lobby do agronegócio levou vantagem em um momento político favorável, relacionado com uma queda substancial nas taxas de desmatamento na Amazônia, para propor um novo código florestal.

Para Calmon et al., (2011), esse grupo representado por políticos rurais tradicionais possuem alta influência nas decisões tomadas pelo Congresso Nacional, visto que eles constituem um grupo supra-partidário e bem organizado que representa o setor do agronegócio, economicamente muito relevante no país. Há ainda quem afirme que alguns grupos acusam a antiga legislação de ser superprotetora do meio ambiente em reposta a interesses estrangeiros exigidos por organizações verdes não governamentais (METZGER et al., 2010).

Embora a nova legislação reduza a exigência de restauração, ela introduz novos mecanismos que podem reduzir o desmatamento e trazer benefícios ambientais, como pagamentos por serviços por ambientais, Cadastro Ambiental Rural e Cota de Reserva Ambiental. Sendo que neste trabalho, buscou-se explorar esses novos mecanismos de forma a revelar aos gestores da APA Tietê novas oportunidades de conservação baseadas no cumprimento da nova legislação.

### **3.6. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica no contexto do planejamento ambiental**

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) surgiram na década de 60, no Canadá e Estados Unidos, e tinham como objetivo auxiliar no manejo dos recursos naturais e no entendimento do uso da terra (BOLFE, 2011).

No Brasil, já na década de 50, alguns estudos pioneiros foram conduzidos como a quantificação da extensão de vegetação natural no território brasileiro a partir de fotografias aéreas. Entretanto o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e utilização de SIGs intensificaram a partir da década de 90, inicialmente com o objetivo de procurar terras produtivas para o desenvolvimento agrícola (TOPPA et al., 2013).

Quando os objetivos estão relacionados ao planejamento ambiental e a gestão territorial, o entendimento dos componentes do ecossistema e das relações naturais é essencial, e para tal, uma das abordagens holísticas mais importantes corresponde aos Sistemas de Informação Geográfica (LANG; BLASCHKE, 2009).

As geotecnologias, que englobam desde equipamentos a métodos, contribuem para o planejamento e gestão de Unidades de Conservação, até antes mesmo de sua criação. São métodos importantes que subsidiam diagnósticos ambientais, elaboração de zoneamentos e previsão de cenários futuros (TOPPA et al., 2013).

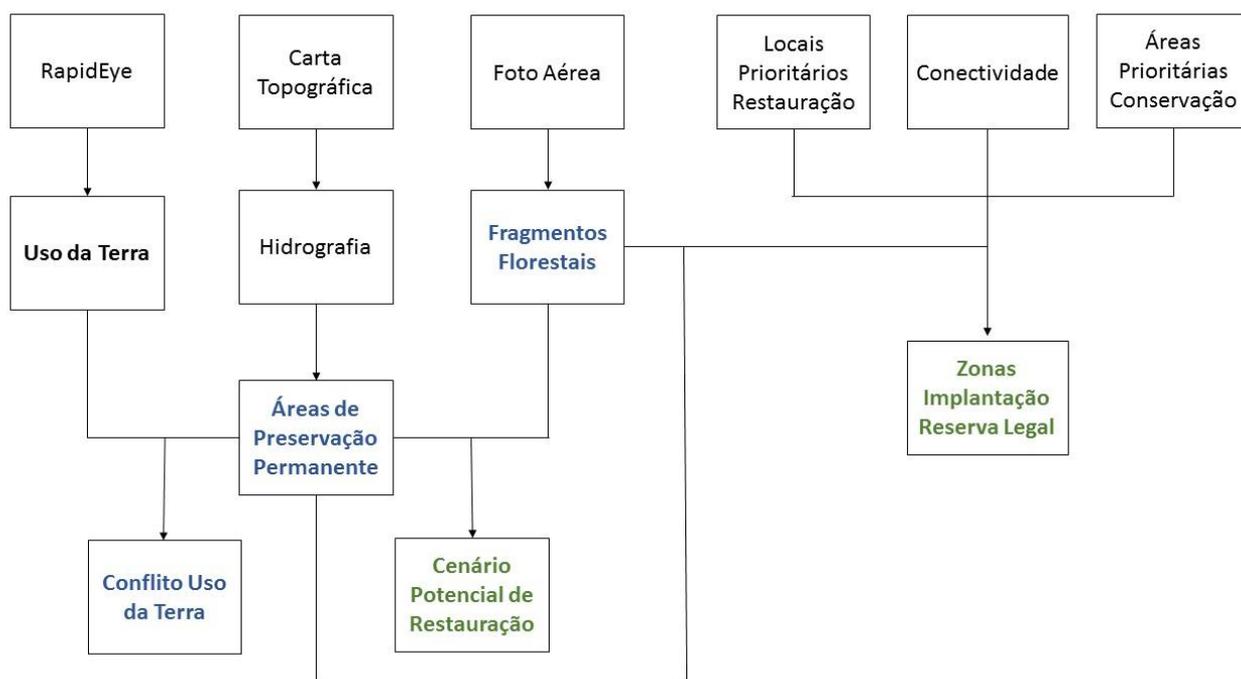
Esses sistemas têm facilitado a organização, a otimização e o sucesso das ações de conservação e preservação, possibilitando a produção de mapas de prioridades em curto espaço de tempo e com confiabilidade (VALENTE, 2005). A utilização das métricas em ambiente SIG gera dados rápidos e confiáveis, demandando menos investimento em dinheiro e tempo em relação a indicadores de espécies (BANKS-LEITE et al., 2011).

#### 4. METODOLOGIA

Em suma, este trabalho está dividido em duas fases: (i) diagnóstica; (ii) e propositiva. O primeiro momento está relacionado aos diagnósticos da situação atual de parâmetros relevantes para a conservação da biodiversidade da APA Tietê, e inclui as etapas de: (i) descrição do uso da terra; (ii) delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs); (iii) análise do conflito do uso da terra nas APPs; (iv) e análise dos fragmentos florestais nativos. Já na segunda etapa, buscou-se gerar cenários hipotéticos e indicar áreas que possam ser alvo de restauração florestal, aumentando a cobertura vegetal da APA Tietê. Essa etapa incluiu: (i) a avaliação do cenário potencial com todas as APPs hídricas restauradas; (ii) e indicação de zonas prioritárias para a implantação de Reserva Legal (RL).

A metodologia empregada neste trabalho é apresentada no fluxograma abaixo (Figura 1) e os métodos empregados para o desenvolvimento de cada etapa encontram-se devidamente descritos no item a seguir. É possível observar nesse fluxograma as etapas da fase diagnóstica, em azul; e da fase propositiva, em verde.

**Figura 1.** Fluxograma que resume a metodologia empregada neste trabalho.



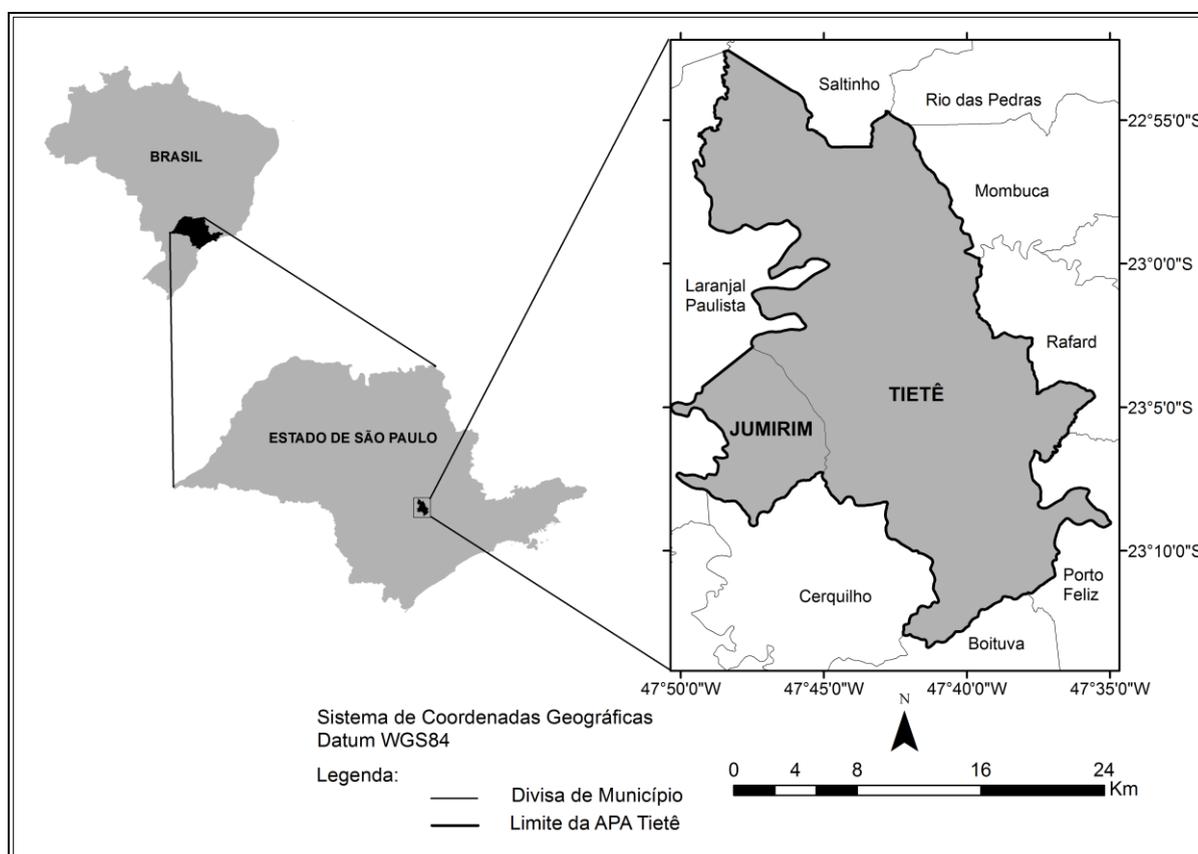
## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada entre as latitudes 22° 52' e 23° 13' sul e longitudes 47° 50' e 47° 34' oeste. A APA Tietê possui área de 46.217,78 ha, 39.633 habitantes (IBGE, 2010) e foi criada pelo Decreto Estadual nº 20.959, de 08 de junho de 1983. Possui aproximadamente 88% da unidade territorial localizada no município de Tietê e os demais 12% estão localizados no município de Jumirim (Figura 2).

A APA Tietê está inserida na Região Administrativa e de Governo de Sorocaba e nas Unidades de Gerenciamentos de Recursos Hídricos (UGRHI – 10 e 5) denominadas Sorocaba/Médio Tietê e Piracicaba/Capivari/Jundiaí, respectivamente. Assim, a drenagem nessa área ocorre por dois grandes rios: Tietê e Capivari. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado pelo clima subtropical úmido com ocorrência de inverno seco e verão quente e chuvoso (CEPAGRI, 2013).

**Figura 2.** Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, que compreende a totalidade dos municípios de Tietê e Jumirim, estado de São Paulo.



## 5.2. Procedimentos metodológicos

### 5.2.1. Uso da terra

O uso da terra foi determinado por meio da classificação automática supervisionada, com auxílio do *software* MultiSpec Versão 3.3 (2012 *Purdue University Lafayette, USA*), adotando-se o procedimento *Echo Spectral-Spatial* e o algoritmo classificador *Maximum Likelihood* (BIEHL; LANDGREBE, 2002). A classificação foi gerada com base em um mosaico de imagens do satélite *RapidEye* do ano de 2011, com as bandas espectrais R5G4B3<sup>1</sup>, produzido com auxílio do *software* ARCGIS 10.2 (2013 ESRI), por equalização (*Histogram Match*).

A técnica de classificação automática supervisionada consiste na rotulação de pequenas amostras de *pixels* dos dados, como amostras representativas das classes de interesse e a análise foi realizada por meio da extrapolação dessas amostras-teste, para todo o conjunto de dados (BIEHL; LANDGREBE, 2002). Essa técnica automática de interpretação é realizada por meio de uma análise multiespectral dos padrões de características como cores, texturas, arranjos (IBGE, 2006), sendo que, para isso, extraíram-se padrões de imagem de cada classe já executado para a montagem de um álbum de referência ou chave de classificação (Figura 3).

Para obter a concordância entre a verdade terrestre e o mapa de uso da terra obtido, realizou-se o cálculo da matriz de erros e do coeficiente *kappa* - k (CONGALTON; GREEN, 1998), conforme a fórmula abaixo.

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

Sendo que:

X = número total de observações da 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.

A checagem em campo foi realizada com auxílio de um GPS *Mobile Mapper 6* da Ashtech,

---

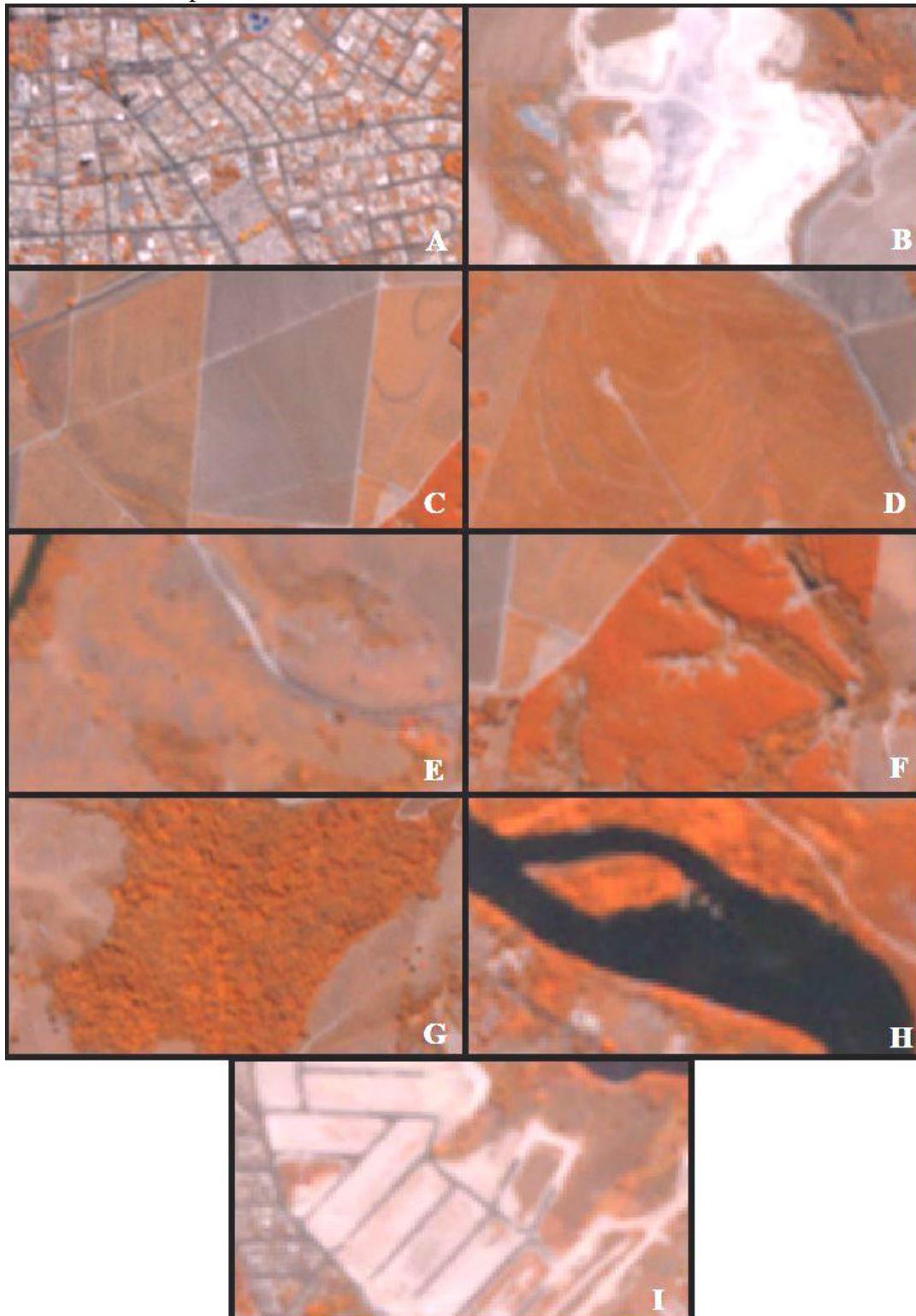
<sup>1</sup> RED – 5 (infra-vermelho próximo)  
GREEN – 4 (red-edge)  
BLUE – 3 (red)

e os pontos de aferição foram definidos pela sobreposição da camada da malha viária com uma camada de três linhas concêntricas a cada 4.000 m a partir de um ponto central da área de estudo (Figura 4). Em cada cruzamento das linhas concêntricas com as estradas e principais vias foram verificados dois pontos, um de cada lado da pista (FUSHITA, 2006; MELLO, 2012).

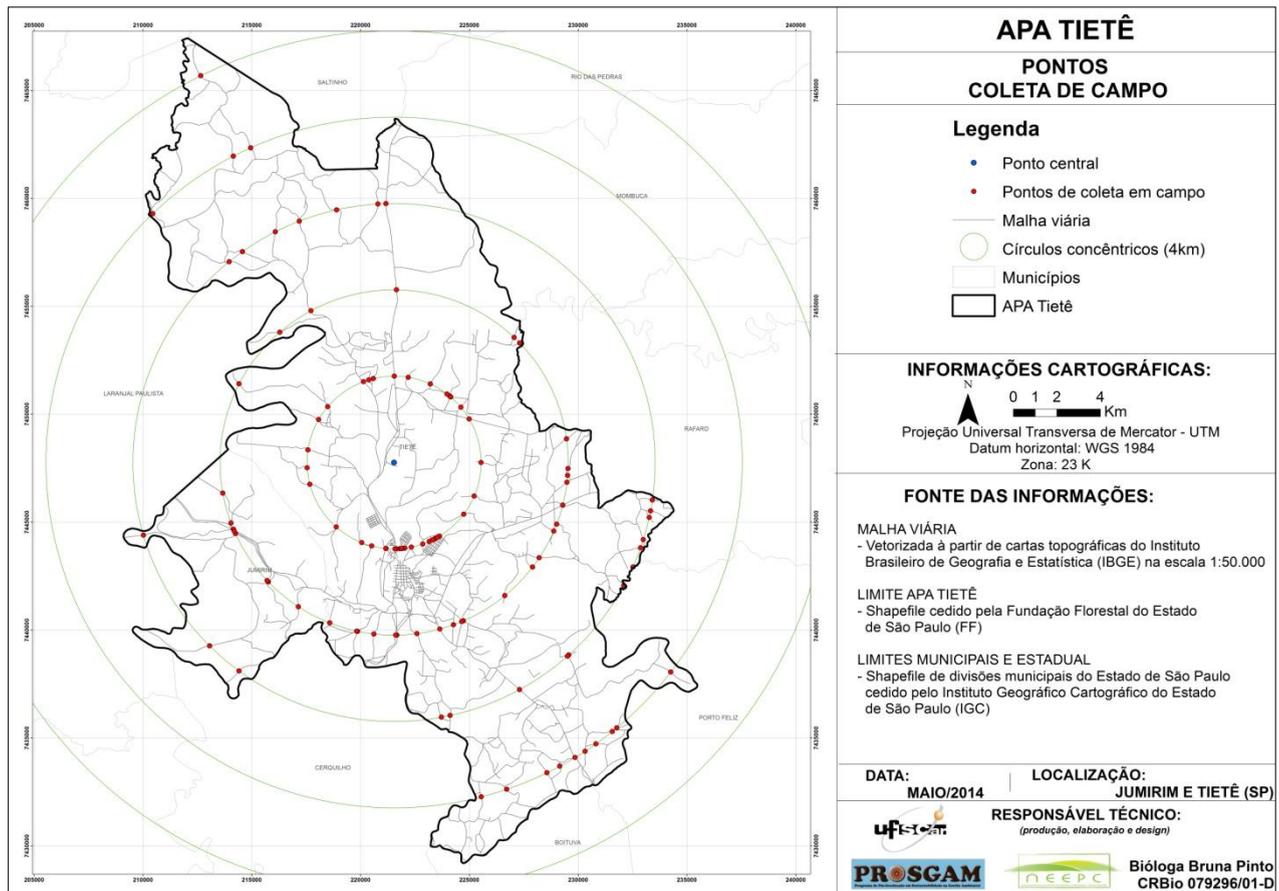
A camada de malha viária utilizada nesta etapa foi extraída de cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala 1:50.000, folhas: LARAS (SF-23-Y-A-IV-3), CAPIVARI (SF-23-Y-A-IV-4), LARANJAL PAULISTA (SF-23-Y-C-I-1) e PORTO FELIZ (SF-23-Y-C-I-2).

O mapeamento teve a sua acurácia verificada pela matriz de erros e pelo cálculo do índice de concordância *kappa*, obtidos por meio da amostragem de 146 pontos em campo. O índice *kappa* obtido para este trabalho foi de  $K= 0,77$ , indicando que o resultado pode ser considerado excelente, segundo a classificação de Rosner (2006).

**Figura 3.** Álbum de referência de imagens do satélite RapidEye, bandas espectrais R5G4B3, correspondentes as nove classes de interesse. **A** - área urbanizada; **B** - área de mineração; **C** - cultura temporária; **D** - cultura permanente; **E** - pastagem; **F** - silvicultura; **G** - florestal; **H** - corpos d'água continentais e **I** - solo exposto. Fonte: Pinto, B., 2013.



**Figura 4.** Distribuição dos pontos de aferição para o mapeamento do uso da terra da Área de Proteção Ambiental Tietê, estado de São Paulo.



Foram determinadas nove classes de uso da terra, sendo duas classes relacionadas a áreas antrópicas não agrícolas (áreas urbanizadas e áreas de mineração); quatro relacionadas a áreas antrópicas agrícolas (cultura temporária, cultura permanente, pastagem e silvicultura); uma relacionada a áreas de vegetação florestal nativa; uma classe relacionada aos corpos d'água continentais (IBGE, 2006) e uma relacionada a solo exposto. Além disso, levantaram-se dados de ocupação para cada classe disponível no censo agropecuário realizado pelo IBGE (2011).

### 5.2.2. Áreas de Preservação Permanente

A Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012 foi utilizada como referência para a delimitação de APPs, pois, considerou-se o atual cenário legal sobre o tema. Dentro das APPs definidas no artigo 4º da referida lei, aquelas amostradas neste trabalho para a APA Tietê foram:

“I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d’água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).”

Para a definição das APPs relacionadas aos cursos d’águas e nascentes utilizou-se como referência a rede hidrográfica representada nas cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000.

Com base na hidrografia extraída das cartas do IBGE utilizou-se o comando *Analysis Tools* → *Proximity* → *Buffer*, disponível no software ArcGIS 10.2, para gerar as regiões de cobertura para determinação desses limites de APP. Após, cabe ressaltar que devido a limitações de escala e georreferenciamento, para esta delimitação foi realizado um ajuste geométrico com a imagem de satélite RapidEye, de modo que a hidrografia e conseqüentemente as APPs, representassem a realidade espacial dessa imagem.

### **5.2.3. Conflito no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente**

Das nove classes de uso da terra estipuladas nesse trabalho, sete foram consideradas conflituosas com os objetivos de conservação e preservação, sendo elas: áreas urbanizadas, áreas de mineração, cultura temporária, cultura permanente, pastagem, silvicultura e solo exposto. A classe corpos d’água continental não se aplica a esta análise, pois representa um dos próprios recursos o qual se quer preservar.

Somente a classe florestal foi determinada como adequada ao uso da terra, pois, considerando que as APPs podem atuar como corredores biológicos e que em uma paisagem fragmentada muitas espécies não conseguem usar ou cruzar áreas abertas antropogênicas, a

existência de uma continuidade na cobertura vegetal original é essencial (METZGER, 2010).

O mapa de conflito do uso da terra na APA Tietê foi produzido por meio da sobreposição e interseção entre os mapas de uso da terra e o de APPs, com auxílio do *software* ArcGIS 10.2, com o comando *Analysis Tools* → *Overlay* → *Intersect*.

#### **5.2.4. Fragmentos de vegetação florestal de Mata Atlântica**

Os fragmentos de vegetação florestal da APA Tietê foram mapeados individualmente, isto é, receberam identificadores únicos (VALENTE, 2005). Essa individualização foi realizada por meio de vetorização manual de polígonos identificados em fotos aéreas datadas de 2012, cedidas pela a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA (EMPLASA), em escala 1:25.000 e com resolução espacial de 01 m. A vetorização em tela foi realizada na escala 1:10.000, com auxílio do *software* ArcGIS 10.2.

Neste momento, vale ressaltar a diferença na metodologia para determinação da cobertura vegetal empregada na etapa anterior e a metodologia descrita acima. Na etapa anterior utilizou-se metodologia automática baseada na resolução de *pixels* de uma imagens de satélite *RapidEye* com resolução espacial de 5 m, enquanto a metodologia descrita nesse tópico, é de vetorização manual de cada fragmento em ortofotos com resolução espacial de 01 m. Dessa forma, fica evidente que a metodologia empregada nessa etapa obterá resultados mais precisos e condizentes com a realidade do que a anterior.

De acordo com o Inventário Florestal do Estado de São Paulo (KRONKA et al., 2005), na APA Tietê é possível encontrar fragmentos de Floresta Ombrófila, Floresta Estacional Semidecidual e regiões de contato com Savana e Floresta Estacional. Para este trabalho, entende-se por fragmento de vegetação florestal nativa todos os fragmentos de vegetação florestal secundária de Mata Atlântica que apresentem estrato arbóreo.

Após a elaboração e organização do plano de informação, os fragmentos de vegetação florestal nativa foram analisados com o uso de métricas de paisagem, isto é, por meio de medições e quantificações da paisagem sobre determinados aspectos estruturais/espaciais (LANG; BLASCHKE, 2009).

Para auxiliar na escolha das métricas da paisagem, utilizou-se o banco de dados IDEFIX (Base de Dados Indicadores para Permuta Científica) (KLUG et al., 2003 apud LANG; BLASCHKE, 2009). Buscou-se nessa escolha métricas que poderiam ser analisadas em diferentes níveis (da mancha, da classe e de toda a paisagem), de forma que a complexidade dos padrões e ordenações específicas das manchas pudesse ser entendida em diferentes escalas (LANG; BLASCHKE, 2009).

Desse modo, para a execução desse estudo foi selecionado um determinado conjunto de métricas representativo, e relacionado aos critérios ecológicos essenciais e mais relevantes para gestão da APA Tietê. Esse conjunto é representado por métricas relacionadas a área, forma e conectividade dos fragmentos florestais nativos (METZGER, 2006b.; MELLO, 2012; MORAES, 2013), conforme descrição abaixo:

- *Métrica de Área*

A área corresponde ao tamanho dos fragmentos, em hectares (ha), e é o parâmetro mais importante para explicar as variações de riqueza de espécies (METZGER, 1999). Dessa forma, além da obtenção do número total de fragmentos, calculou-se a área total de cada fragmento, a área média dos fragmentos, bem como a representatividade da área dos fragmentos sobre a área total da APA Tietê.

- *Métrica de Forma*

A forma de um fragmento de habitat está diretamente ligada à relação entre o seu perímetro e área. Entretanto, a relação área-perímetro depende das grandezas absolutas de áreas, o que dificulta comparações. Por esse motivo, são necessárias medidas padronizadas e uma métrica frequentemente utilizada é o índice de forma (*Shape Index*) (LANG; BLASCHKE, 2009). Esse índice caracteriza o desvio da forma atual de uma mancha da forma otimizada de um círculo, e é calculado pela seguinte fórmula:

$$P/2\sqrt{\pi} \cdot a$$

Sendo que:

P = perímetro do fragmento;

a = área de fragmento.

Além do índice de forma para cada fragmento, foi calculado o índice médio de forma dos fragmentos.

• *Métrica de Conectividade*

A conectividade é definida pela capacidade da paisagem de facilitar os fluxos biológicos, sendo que essa capacidade depende: da densidade de estruturas de conexão; da proximidade ou percolação das áreas de habitat e da permeabilidade da matriz da paisagem (METZGER et al., 2006b.).

Neste estudo, avaliou-se a conectividade estrutural entre os fragmentos que é determinada pela relação física entre eles, como as distâncias entre as mesmas (FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2009). Para esse parâmetro foi utilizada a métrica PROX, que consiste no cálculo da seguinte expressão:

$$\Sigma A / (\Sigma D)^2$$

Sendo que:

A = Área dos fragmentos dentro do *buffer*;

D = Distância dos fragmentos dentro do *buffer* até o fragmento alvo.

O cálculo da métrica foi realizado para a distância de 100 m, que é a distância correspondente ao deslocamento de algumas aves e pequenos mamíferos (BOSCOLO; METZGER, 2009; FORERO-MEDINA; VIEIRA, 2009). Esta distância foi escolhida, por abranger um maior número de espécies que poderiam se deslocar na APA Tietê.

As análises de métricas da paisagem foram realizadas com auxílio do *software* ArcGIS 10.2 e a extensão *V-LATE 2.0 beta (Vector-based Landscape Analys Tool Extension)* (LANG; BLASCHKE, 2009).

### 5.2.5. Seleção de áreas para subsidiar o Plano de Manejo da APA Tietê

Com o objetivo de direcionar os esforços nos estudos e levantamentos de campo a serem realizados para elaboração do Plano de Manejo (PM), buscou-se selecionar áreas de especial interesse para a conservação da biodiversidade. Para isso, os resultados obtidos por cada fragmento para cada métrica (área, formato e proximidade) foram pontuados. Os resultados obtidos foram agrupados em dez classes de valores e cada uma dessas classes foram atribuídas notas referentes ao seu valor de importância, sendo: um (1) para baixa importância e dez (10) para maior importância. Essas classes foram determinadas conforme a regra de Sturges, em que o número de classes é definido pela fórmula abaixo (CRESPO, 1997):

$$k \cong 1 + 3,333 * \log_{10} n$$

Sendo que:

$k$  = número de classes e  $n$  = número total de elementos do conjunto de dados. Além disso, cada métrica receberá um peso para o cálculo final da definição do grau de interesse de cada fragmento para elaboração do PM. Considerando que a área é o parâmetro que mais se correlaciona com a riqueza de espécies (METZGER, 1999) e essa relação pode estar relacionada a um conjunto de fatores, dentre eles: a) diminuição da área mínima necessária para a sobrevivência das populações; b) redução da heterogeneidade interna do habitat; c) diminuição de recursos disponíveis; d) intensificação das competições intra e interespecíficas; e) extinções secundárias de espécies dependentes (METZGER, 2006b.).

Ainda, determinadas espécies de grande porte, como a onça parda, não são encontradas ou apresentam baixas densidades em fragmentos pequenos (PARDINI et al., 2005; PARDINI et al., 2010; UEZU, 2006). Diante disso, atribuiu-se maior peso para a métrica área. Isso também é sugerido por outros estudos em paisagens de Mata Atlântica (GENELETTI, 2004; RIBEIRO et al., 2009). Para a realização da seleção das áreas foi empregado o seguinte cálculo (MELLO, 2012):

$$\text{Seleção de Áreas} = 1xN(\text{AREA}) + 0,7xN(\text{SHAPE}) + 0,7xN(\text{PROX}) / 2,4$$

Sendo que:

N = Nota.

Os pesos, classes e notas atribuídas a cada métrica são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Classes, notas e pesos das métricas utilizadas para o cálculo de grau de interesse para elaboração do Plano de Manejo.

Métrica	Classe	Nota	Peso da Métrica
Área (ha)	0,03 - 13,38	1	1
	13,39 - 26,72	2	
	26,73 - 40,07	3	
	40,08 - 53,42	4	
	53,43 - 66,76	5	
	66,77 - 80,11	6	
	80,12 - 93,45	7	
	93,46 - 106,80	8	
	106,81 - 120,14	9	
	> 120,15	10	
Shape	1,04 - 1,67	10	0,7
	1,68 - 2,31	9	
	2,32 - 2,94	8	
	2,95 - 3,57	7	
	3,58 - 4,20	6	
	4,21 - 4,83	5	
	4,84 - 5,46	4	
	5,47 - 6,09	3	
	6,10 - 6,72	2	
	> 6,73	1	
Prox	0,00 - 318,35	1	0,7
	318,36 - 636,70	2	
	636,71 - 955,05	3	
	955,06 - 1.273,40	4	
	1.273,41 - 1.591,76	5	
	1.591,77 - 1.910,11	6	
	1.910,12 - 2.228,46	7	
	2.228,47 - 2.546,81	8	
	2.546,82 - 2.865,16	9	
	> 2.865,17	10	

Após o cálculo das notas finais para os fragmentos, cada um deles foi classificado em cinco classes de interesse: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto (MELLO, 2012) (Tabela 2). O intervalo das classes de todas as métricas e para as classes de interesse foi determinado com base nas quebras pré-definidas pelo programa ArcGIS 10.2. Com isso, gerou-se um mapa de áreas de interesse para o direcionamento de esforços nos levantamentos de campo para a elaboração do PM da APA Tietê.

**Tabela 2.** Classes das notas finais das métricas utilizadas para o cálculo de grau de interesse para elaboração do Plano de Manejo.

Nota	Interesse
1,99 - 4,51	MUITO BAIXO
4,52 - 7,03	BAIXO
7,04 - 9,55	MÉDIO
9,56 - 12,07	ALTO
12,08 - 14,59	MUITO ALTO

### 5.2.6. Análise do cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação

#### Permanente

Considerando que o mapeamento de áreas de APPs degradadas ou de uso conflituoso pode por si só ser usado como guia de ações de áreas que necessitam de restauração (GAMA, et al. , 2013), buscou-se nessa etapa elaborar um cenário em que fosse possível avaliar os efeitos da restauração das APPs para a APA Tietê. Neste cenário de restauração, considerou-se que todas as APPs mapeadas na etapa 4.2.2. possuem cobertura considerada adequada, ou seja, de vegetação florestal secundária de Mata Atlântica. Porém cabe ressaltar, que nessa etapa foram utilizadas as APPs antes do ajuste geométrico, portanto utilizou-se a hidrografia exatamente como representada na carta do IBGE. Também somou-se a este cenário de restauração todos os fragmentos florestais já existentes mapeados na etapa 4.2.4.

A partir do estabelecimento deste cenário de restauração, calcularam-se as métricas da paisagem, assim como proposto na etapa 4.2.5 deste estudo. Isso possibilitou avaliar as mudanças na paisagem em comparação o atual cenário de uso da terra da APA Tietê. A título de comparação, nesta etapa de verificação do cenário de restauração as classes de intervalo para as métricas de área, forma e proximidade mantiveram-se as mesmas obtidas no cenário atual dos fragmentos florestais, conforme descrito na Tabela 1. Além disso, realizou-se a intersecção de Planos de Informação (PI), por meio da ferramenta Intersect no ArcGIS, obtendo-se qual o atual uso da terra das áreas que seriam reflorestadas no cenário de restauração.

### 5.2.7. Indicação de zonas prioritárias para implantação de Reserva Legal

Entendendo que as políticas públicas voltadas para a conservação dos habitats naturais devem funcionar de maneira integrada, esta etapa do trabalho visou integrar os mapeamentos de uso da terra, áreas de preservação permanente e dos remanescentes florestais obtidos neste estudo, bem como mapeamentos de áreas de interesse obtidos em outros estudos (FERREIRA et al., 2005; GAMA et al., 2013; JOLY et al., 2010; BRASIL, 2007), de modo a subsidiar a elaboração do PM, indicando áreas importantes para que ocorra a restauração florestal.

Considerando que a delimitação de RL, diferentemente da delimitação das APPs, depende do conhecimento do limite exato das propriedades rurais de domínio particular e que o mapa de fronteiras dessas propriedades ainda está indisponível, seguiu-se a sugestão proposta por Gama et al. (2013). Ou seja, calculou-se a proporção de terra a ser preservada como RL de uma região maior (no caso a APA Tietê inteira) e depois investiu-se em elaborar um zoneamento que mostrasse áreas chave ou prioritárias para a averbação, com critérios baseados em paisagem. A restauração de habitat baseada em perspectivas da Ecologia da Paisagem também pode proporcionar uma adequada intervenção na configuração composição da paisagem atingindo resultados mais rápidos (METZGER; BRANCALION, 2013).

Um conjunto de critérios para o zoneamento estabelecido no presente trabalho foi gerado com exclusividade para a APA Tietê, conforme o protocolo para seleção de locais para a restauração proposto por Gama et al. (2013). Os arquivos *shapefiles*<sup>2</sup> foram criados baseados em métricas de paisagem obtidos por técnicas de geoprocessamento e puderam ser divididos em quatro tipos, de acordo com o objetivo pretendido e metodologia utilizada:

- Aumentar a conectividade entre fragmentos por meio de corredores de largura fixa;
- Aumentar a conectividade entre fragmentos por meio de corredores com largura ampliada;

---

<sup>2</sup> é um formato popular de arquivo contendo dados geoespaciais em forma de vetor (ponto, linha ou polígono) usado por Sistemas de Informações Geográficas.

- Aumentar o tamanho dos fragmentos por meio da zonas de resiliência<sup>3</sup>;
- Aumentar o tamanho dos fragmentos por meio de preenchimento de invaginações<sup>4</sup>;

Esses quatro arquivos *shapefile* foram unificados em um arquivo único por meio da ferramenta "*union*" disponível no *software* ArcGIS 10.2, de maneira que foi possível que uma mesma área seja selecionada como prioritária para atingir diferentes objetivos por meio de diferentes metodologias, até mesmo para os quatro tipos de uma só vez.

Os critérios (ou camadas) utilizados nessa etapa possuem características (atributos) peculiares que serviram de base para a delimitação dessas zonas. A maioria desses critérios foi avaliada somente no interior da APA Tietê, pois sempre é necessário haver um recorte que delimite a região a ser estudada, e neste trabalho a UC alvo de análise já possui grande extensão territorial (aproximadamente 46 mil hectares). Buscando superar essa limitação, neste trabalho utilizou-se critérios que avaliaram quais áreas são importantes para conectividade e conservação da biodiversidade em paisagens regionais mais abrangentes, como estadual (*shapefile* de conectividade desenvolvido pelo projeto BIOTA-FAPESP, JOLY et al., 2010) e federal (*shapefile* de áreas prioritárias desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente, BRASIL, 2007).

No critério baseado no Programa BIOTA-FAPESP, utilizou-se um mapa síntese que identifica áreas prioritárias para o incremento da conectividade no Estado de São Paulo, como um meio de reconectar fragmentos de vegetação nativa (JOLY et al., 2010). Nos limites da APA Tietê, dentro desse critério, encontrou-se os valores 1 e 3 que significam o número de vezes que determinada área foi indicada para ações de restauração que subsidiem a sobrevivência de grupos temáticos (p.ex. mamíferos, aves, herpetofauna, peixes, etc.) (RODRIGUES; BONONI, 2008).

Na mesma linha, o quarto critério utilizado foi o mapeamento realizado para todo o território brasileiro para a definição de “Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira (BRASIL, 2007). No interior do território

---

<sup>3</sup> São áreas que são beneficiadas por recursos, tais como sementes, propágulos, nutrientes, ou qualquer outro fator biótico ou abiótico fornecido por áreas fonte adjacentes.

<sup>4</sup> São áreas de não-habitat provenientes de fragmentos com formato irregular.

da APA Tietê encontrou-se para esse critério uma área com “ALTA” importância e “ALTA” prioridade de ação, que possui como ameaças a biodiversidade, a fragmentação e isolamento de habitat e o efeito borda, e como oportunidades, o incentivo a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs).

Ferreira et al. (2005) demonstraram a fragilidade do aquífero Tubarão na área da APA Tietê, além de ressaltar a importância do estabelecimento de uma Zona de Proteção do Aquífero. Considerando que a descarga dos aquíferos dependem diretamente das condições de preservação, diversidade e densidade da vegetação ripária (TUNDISI; TUNDISI et al., 2010), utilizou-se essa zona de proteção estabelecida no estudo de Ferreira et al., (2005) como uma área prioritária para a implantação de RL.

Conforme proposto por Lang; Blaschke (2009), a análise de todas essas camadas temáticas diferentes foi realizada por meio da integração (SIG) com análises de decisão multicritério (GIS-MCDA, do inglês, *Geographic Information System – Multi Criteria Decision Analysis*). Essa abordagem integrativa oferece uma grande vantagem, pois combina informações espacialmente referenciadas com preferências e valores fornecidos pelos tomadores de decisões (MALCZEWSKI, 2006).

Para a análise multicritério deste estudo, foram utilizados critérios do tipo fator e do tipo exclusão. Os primeiros critérios (tipo fator) foram compostos por variáveis que acentuaram ou diminuíram a aptidão de se instituir uma RL em determinada área (p.ex. uma área prioritária para a conservação da biodiversidade definida pela Ministério do Meio Ambiente acentua a aptidão para instituição de uma RL). Já o segundo tipo de critério (de exclusão), possui variáveis que limitam as alternativas excluindo-as como solução (CORSEUIL, 2006; ZAMBON et al, 2005) (p.ex. áreas ocupadas por cursos d’água e APPs que não estão conservadas ou em processo de recuperação não podendo ser incluídas no cômputo da RL, segundo o Artigo 15, inciso II da Lei Federal nº 12.671/2012). Porém cabe ressaltar, que nessa etapa foram utilizadas as APPs antes do ajuste geométrico, portanto utilizou-se a hidrografia exatamente como representada na carta do IBGE. Também foram excluídas dessa análise os centros urbanos consolidados dos municípios

de Tietê e Jumirim, delimitados conforme base cartográfica contínua na escala 1:250.000 gerada pelo IBGE.

Os critérios adotados neste estudo foram analisados em formato vetor (*shapefile*) e para que diferentes critérios pudessem ser combinados na análise, foram atribuídos pesos a cada um deles de modo a definir a importância relativa de cada um na determinação de zonas prioritárias para a implantação de RL. Os resultados foram obtidos por meio da aplicação do método de somas ponderadas aliado com operações booleanas (Tabela 3). Esse método tem se tornado bastante popular, pois utiliza abordagens muito simples de implantar com o ambiente SIG e também pode ser facilmente entendido pelos tomadores de decisão (MALCZEWSKI, 2006). Nesse estudo foi utilizado a ferramenta *union e clip*, disponível no *ArcTool Box* do *software* ArcGIS 10.2.

**Tabela 3.** Critério utilizados na análise de zoneamento para a Reserva Legal, seguido de suas variáveis e notas ponderadas. E = excluído da análise (Áreas de Preservação Permanente (APPs) não reflorestadas e cursos d'água).

CRITÉRIO	Fonte	Variável	Nota
ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	Este estudo	Reflorestada	1
		Fora de APP	0
		Não reflorestada	E
FRAGMENTOS FLORESTAIS EXISTENTES	Este estudo	Muito alto interesse	5
		Alto interesse	4
		Médio interesse	3
		Baixo interesse	2
		Muito baixo interesse	1
ZONA DE PROTEÇÃO DO AQUÍFERO	FERREIRA et al., 2005	Dentro da zona	1
		Fora da zona	0
LOCAIS PRIORITÁRIOS PARA RESTAURAÇÃO	GAMA et al., 2013	4 objetivo/metodologia atingido	4
		3 objetivo/metodologia atingido	3
		2 objetivo/metodologia atingido	2
		1 objetivo/metodologia atingido	1
CONNECTIVIDADE	JOLY et al., 2010	Indicado para 3 grupos temáticos	2
		Indicado para 1 grupo temático	1
		Não indicado	0
ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO	MMA, 2007	Dentro de área prioritária	1
		Fora de área prioritária	0

De acordo com o INCRA (1980), o módulo fiscal para município de Tietê corresponde a 26 ha. Como na data de publicação desta Instrução Especial o município de Jumirim correspondia a um distrito de Tietê, o módulo fiscal neste município também equivale a 26 ha. De acordo com a legislação florestal vigente é obrigatória a manutenção de área correspondente a 20% do total da

propriedade com cobertura de vegetação antiga, a título de RL, nas propriedades acima de quatro módulos fiscais (BRASIL, 2012). No caso das propriedades inseridas na APA Tietê, essa obrigatoriedade é válida para as propriedades com área total acima de 104 ha (4 módulos fiscais multiplicado por 26 ha por módulo é igual a 104 ha).

Ainda, de acordo o Levantamento Censitário das Unidades de Produção Agropecuária do Estado de São Paulo, aproximadamente 61,16% (ou 25.574,90 ha) da área total da APA é constituída por propriedade de até quatro módulos fiscais (104 ha). O restante, 16.239,60 (ou 38,84% da área total da APA) é constituído por propriedades acima de quatro módulos fiscais.

Dessa forma, pode-se induzir que para o cumprimento mínimo da legislação florestal vigente as propriedades acima de quatro módulos fiscais (correspondente a 16.239,60 ha ou 38,84% da APA Tietê) deverão averbar na forma de RL, aproximadamente 3.247,92 ha de área com cobertura florestal nativa.

Santos (2004) aponta que as interações e padrões de distribuição são melhor entendidos por meio da integração dos temas usando a dimensão territorial. Dessa forma, com o objetivo de facilitar a interpretação e compilar os dados obtidos, representou-se os resultados dessa etapa em um mapa temático de zoneamento.

Para finalizar essa etapa e subsidiar a discussão da proposta de zoneamento foi realizado um levantamento de informações relevantes ao tema junto aos órgãos oficiais como IBGE, CATi (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) e INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária).

## **6. RESULTADOS**

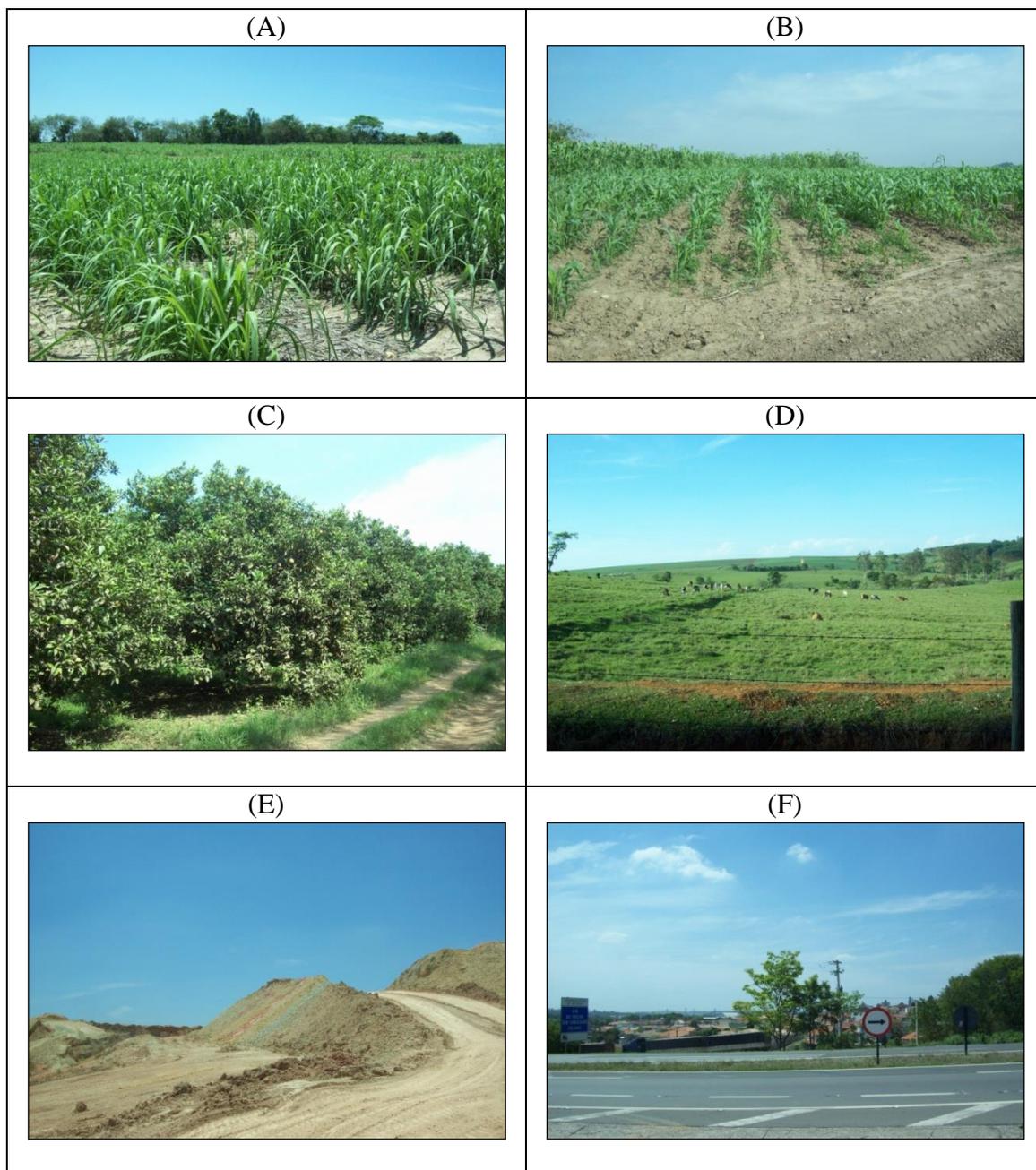
### **6.1. Uso da terra**

De acordo com os dados censitários do IBGE (2011), para os municípios de Jumirim e Tietê encontram-se como itens da classe cultura temporária as seguintes culturas: cana-de-açúcar (14.800 ha), milho (1.910 ha), feijão (40 ha) e tomate (10 ha). Já para a classe cultura permanente encontram-se: laranja (93 ha), banana (30 ha), café (20 ha) e uva (10 ha). Quanto à classe

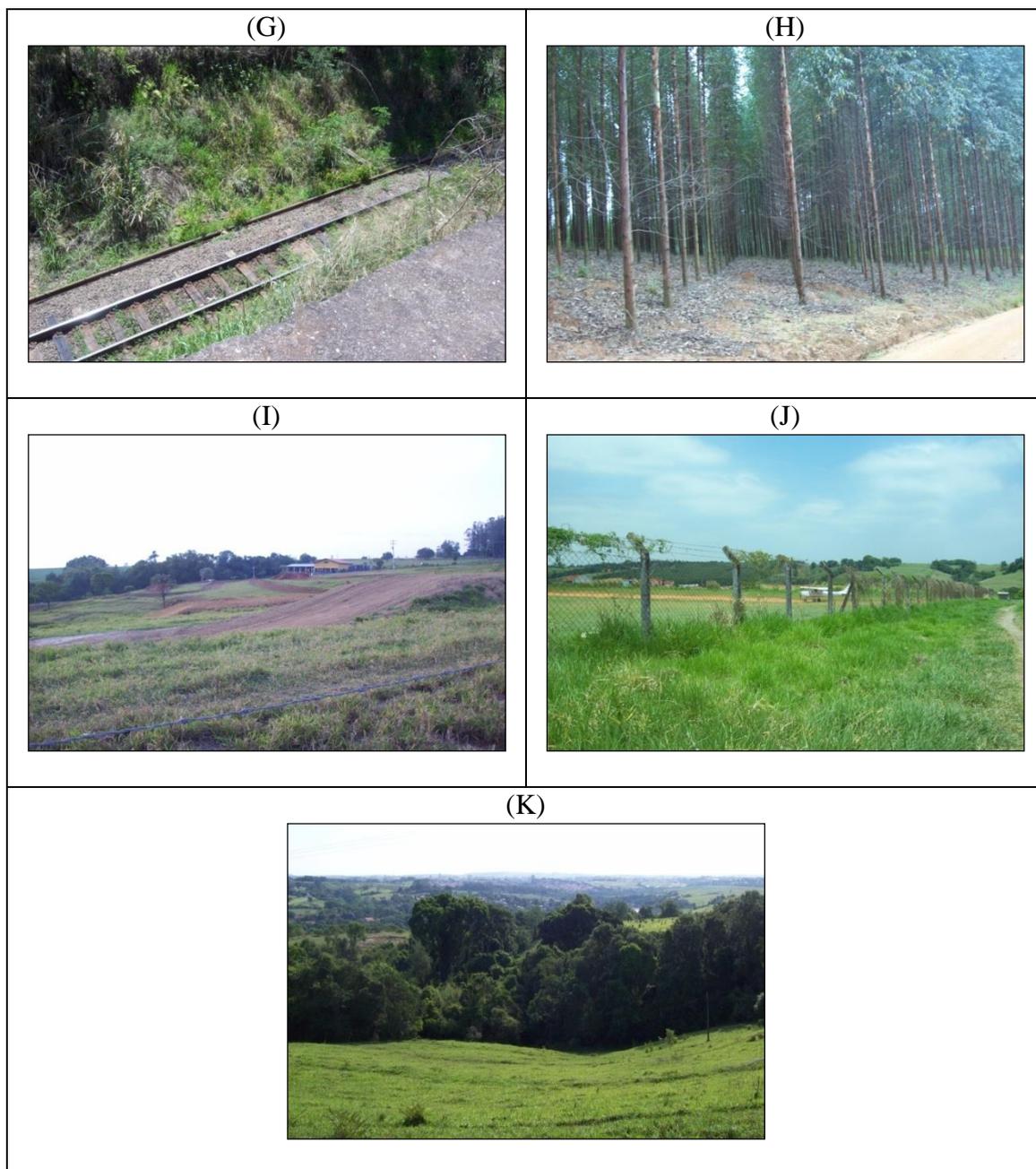
pastagem, de acordo com o IBGE (2011), são criados na área bovinos (33.478 cabeças), equinos (659 cabeças), búfalos (368 cabeças), caprinos (210 cabeças) e muares (48 cabeças) (Figura 4).

Quanto à classe áreas de mineração, de acordo com o levantamento realizado em 2001 pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), na área da APA Tietê são extraídos: areia, calcário dolomítico e argila para cerâmica. Em checagem realizada em campo, observou-se que a classe áreas urbanizadas era composta basicamente por rodovias, ferrovias, áreas residenciais, granjas de frango e fábricas, especialmente de ração animal. Para a classe silvicultura foi possível encontrar plantações de *Pinus spp.* e *Eucalyptus spp.* Quanto à categoria solo exposto, amostrou-se: pistas de kart e bicicross, pista de pouso de pequenos aviões agrícolas, novos loteamentos residenciais e reforma de talhões de cana-de-açúcar. Já a categoria destinada a áreas florestais nativas, engloba, principalmente, vegetação florestal secundária de Mata Atlântica. De acordo com o Inventário Florestal do Estado de São Paulo, na APA Tietê é possível encontrar fragmentos de Floresta Ombrófila, Floresta Estacional Semidecidual e regiões de contato com Savana e Floresta Estacional (KRONKA et al., 2005)

**Figura 5.** Fotografias tiradas em checagem de campo que representam as classes de uso da terra adotadas para a Área de Proteção Ambiental Tietê. **A** - cultura temporária: cana-de-açúcar; **B** - cultura temporária: milho; **C** - cultura permanente: laranja; **D** - pastagem: bovinos; **E** - área de mineração: calcário dolomítico; **F** - área urbanizada: rodovia. *Fonte: Pinto, B. 2013.*



**Figura 4.** Continuação. **G** - área urbanizada: ferrovia; **H** - silvicultura: eucalipto **I** - solo exposto: pista de bicicross; **J** - solo exposto: pista de pouso; **K** – florestal: Mata Atlântica. *Fonte: Pinto, B. 2013.*



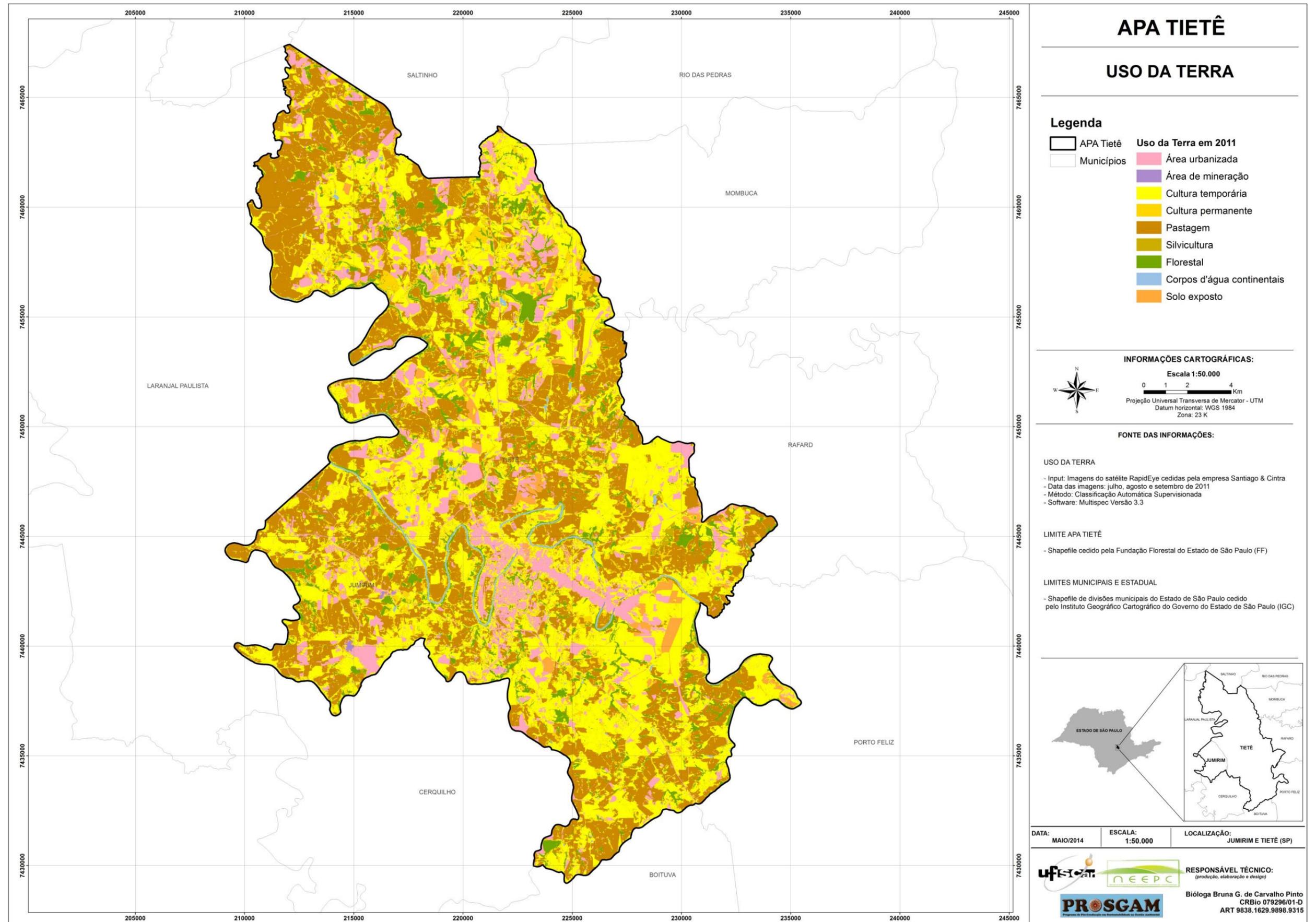
As classes cultura temporária e pastagem foram as de maiores ocorrências na área, com 37,01% e 34,50%, respectivamente. A classe áreas de mineração apresentou a menor contribuição na composição da paisagem estudada, com 0,14%. As classes relacionadas a áreas antrópicas não agrícolas apresentaram 11,75%. Já as relacionadas a áreas antrópicas agrícolas representaram a maior porcentagem, com 78,45%. Quanto aos fragmentos florestais nativos a porcentagem apresentada foi de 6,65%. As classes corpos d'água continentais e solo exposto corresponderam

respectivamente a 1,19% e 1,95% (Tabela 4). A distribuição espacial dessas classes de uso da terra no território da APA Tietê encontra-se representada na Figura 6.

**Tabela 4.** Classes de uso da terra mapeadas na Área de Proteção Ambiental Tietê, valores em hectare (ha) e porcentagem (%).

Nº	Classe de uso da terra	Área	
		(ha)	(%)
1	Área Urbanizada	5.367,34	11,62
2	Área de Mineração	63,73	0,14
3	Cultura Temporária	17.103,12	37,01
4	Cultura Permanente	3.046,07	6,59
5	Pastagem	15.940,41	34,50
6	Silvicultura	162,44	0,35
7	Florestal	3.075,02	6,65
8	Corpos d'água continentais	548,36	1,19
9	Solo Exposto	902,81	1,95
Total		46.209,31	100,00

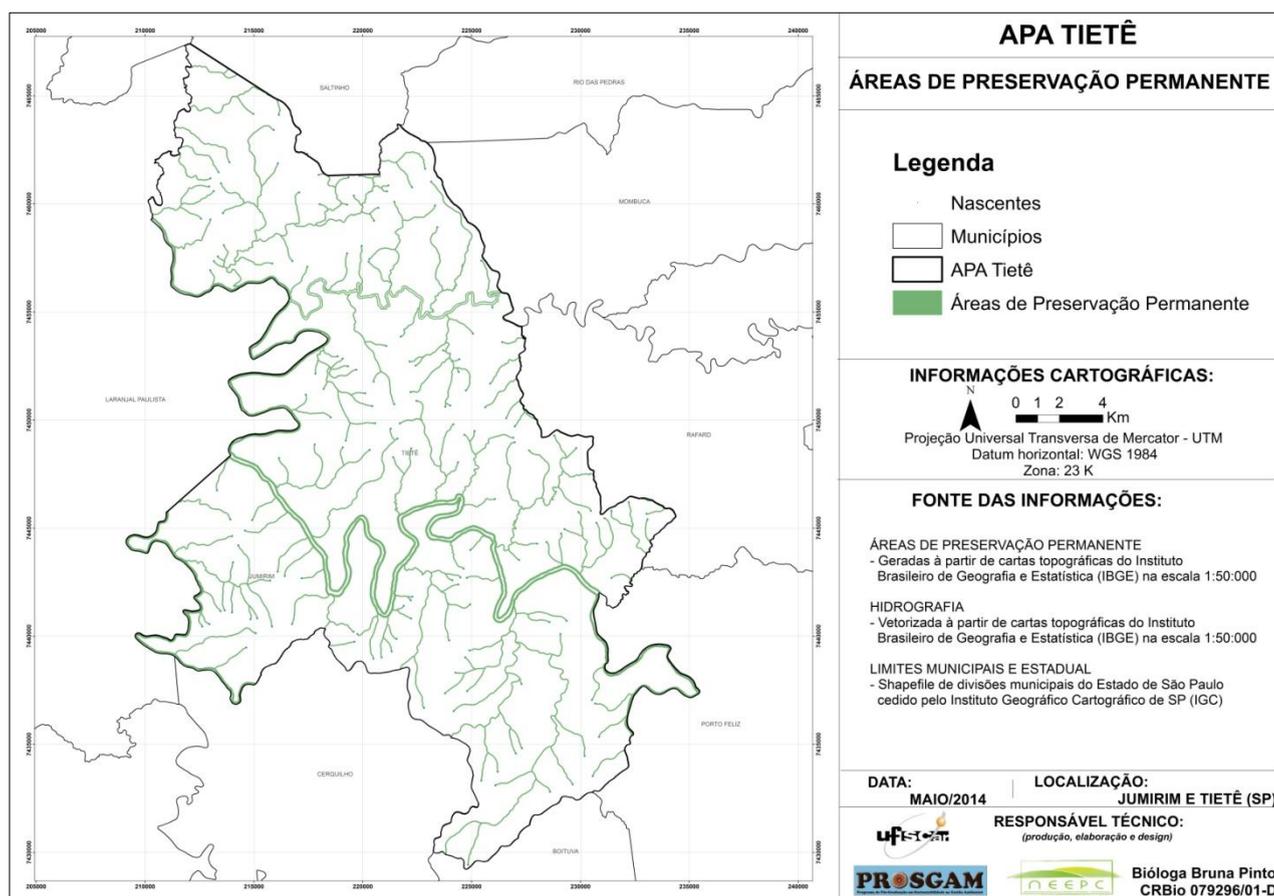
Figura 6. Uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental Tietê.



## 6.2. Áreas de Preservação Permanente

As APPs ocuparam uma área total de 4.178,27 ha representando 9,04% da área total da APA Tietê. As APPs de curso d'água e nascentes abrangeram 4.114,48 ha (96,72% da área total de APPs) e 139,42 ha (3,28% da área total de APPs), respectivamente (Figura 7). Vale ressaltar que existem áreas onde ocorre sobreposição de diferentes categorias de APPs, por exemplo, à jusante de nascentes é possível encontrar trechos que constituem APPs de curso d'água e APPs de nascente simultaneamente. Essas áreas de sobreposição equivalem a 75,64 ha. Para fins de análise neste estudo, quando avaliaram-se as APPs como um todo, essas áreas foram contabilizadas somente uma vez.

**Figura 7.** Mapa das Áreas de Preservação Permanente encontradas na Área de Preservação Permanente Tietê.



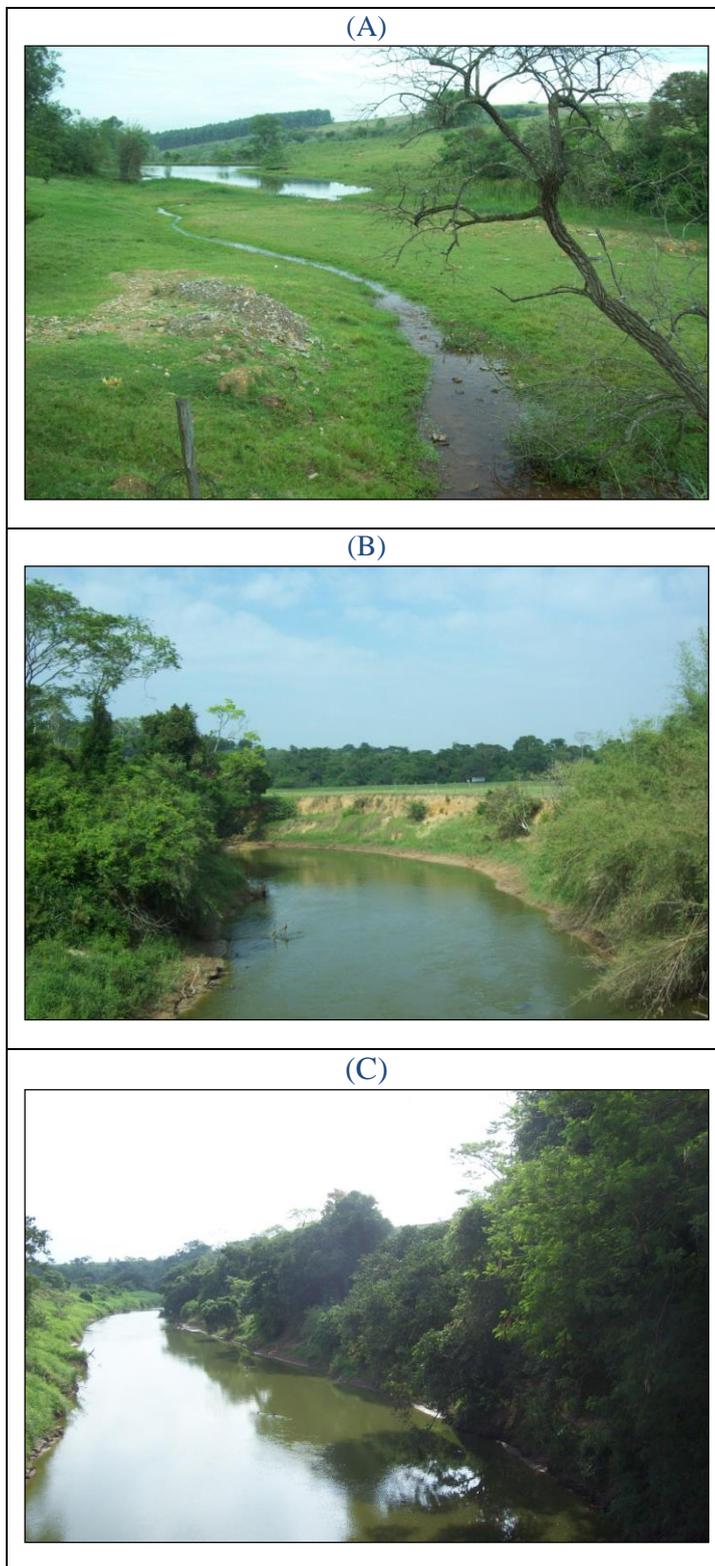
### **6.3. Conflito no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente**

Observou-se que apenas 996,08 ha (23,85%) das APPs estão cobertas por fragmentos florestais. Também foi possível observar que da área total de fragmentos florestais existentes (3.075,02 ha), apenas 32,39% estão localizados em APP.

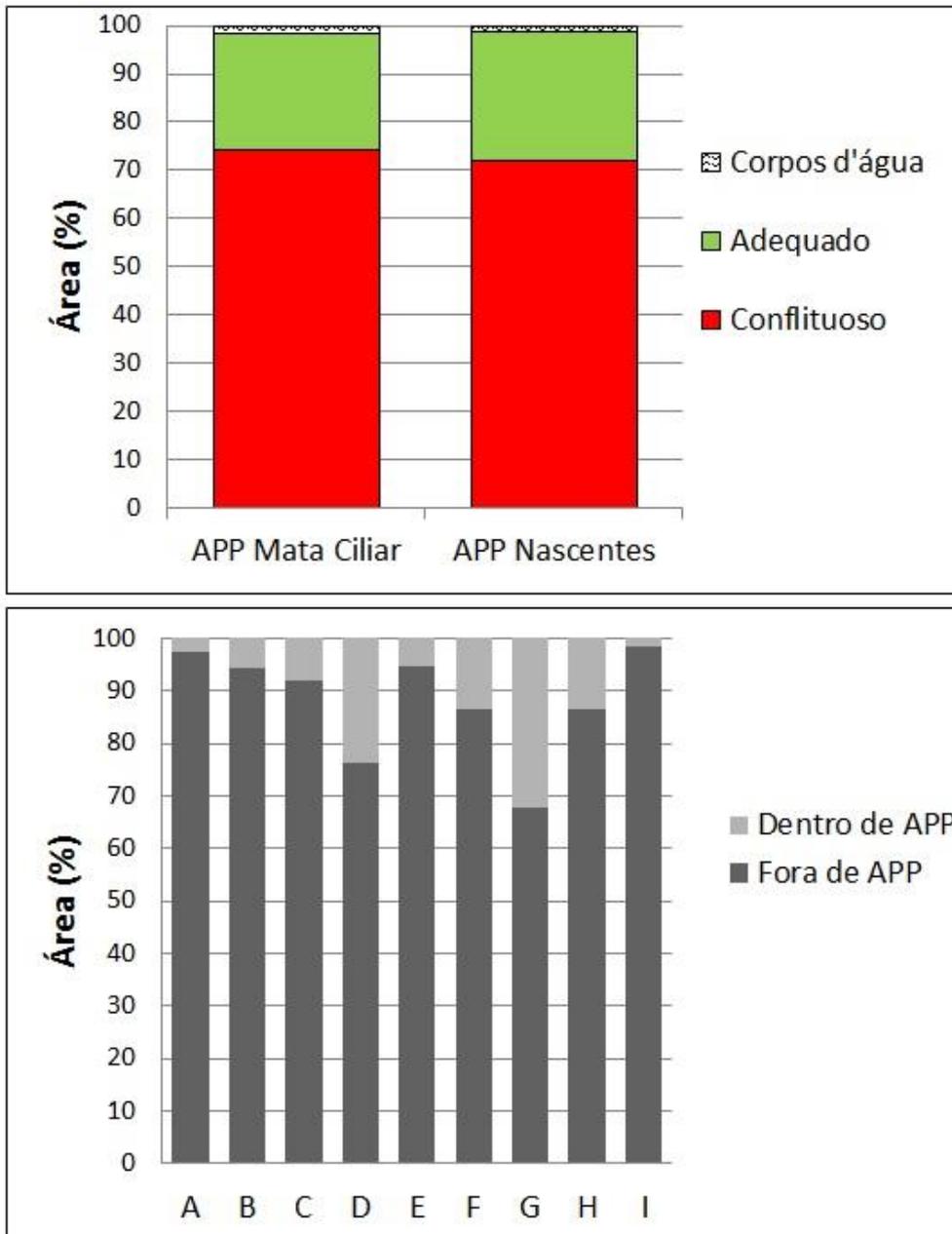
Da área total relativa às APPs, 3.195,59 ha (74,40%) encontram-se com uso conflituoso, e 996,08 ha (23,85%) estão cobertos por uso adequado (Figura 7). Analisando-se as categorias de APP separadamente, a APP de nascentes possui menor porcentagem de uso da terra conflituoso (71,96%). Enquanto que categoria de APP de curso d'água possui 74,34% de conflito de uso na terra (Figura 9 e Figura 10).

As áreas que ocupam as classes de uso da terra, florestal e cultura permanente possuem maior ocorrência em APP: 32,39%, e 23,88% da área total ocupada por cada classe, respectivamente (Figura 9). Entretanto, em valores absolutos, as classes cultura temporária e florestal são as classes com maior área em APP, com 1.355,37 ha e 996,08 ha.

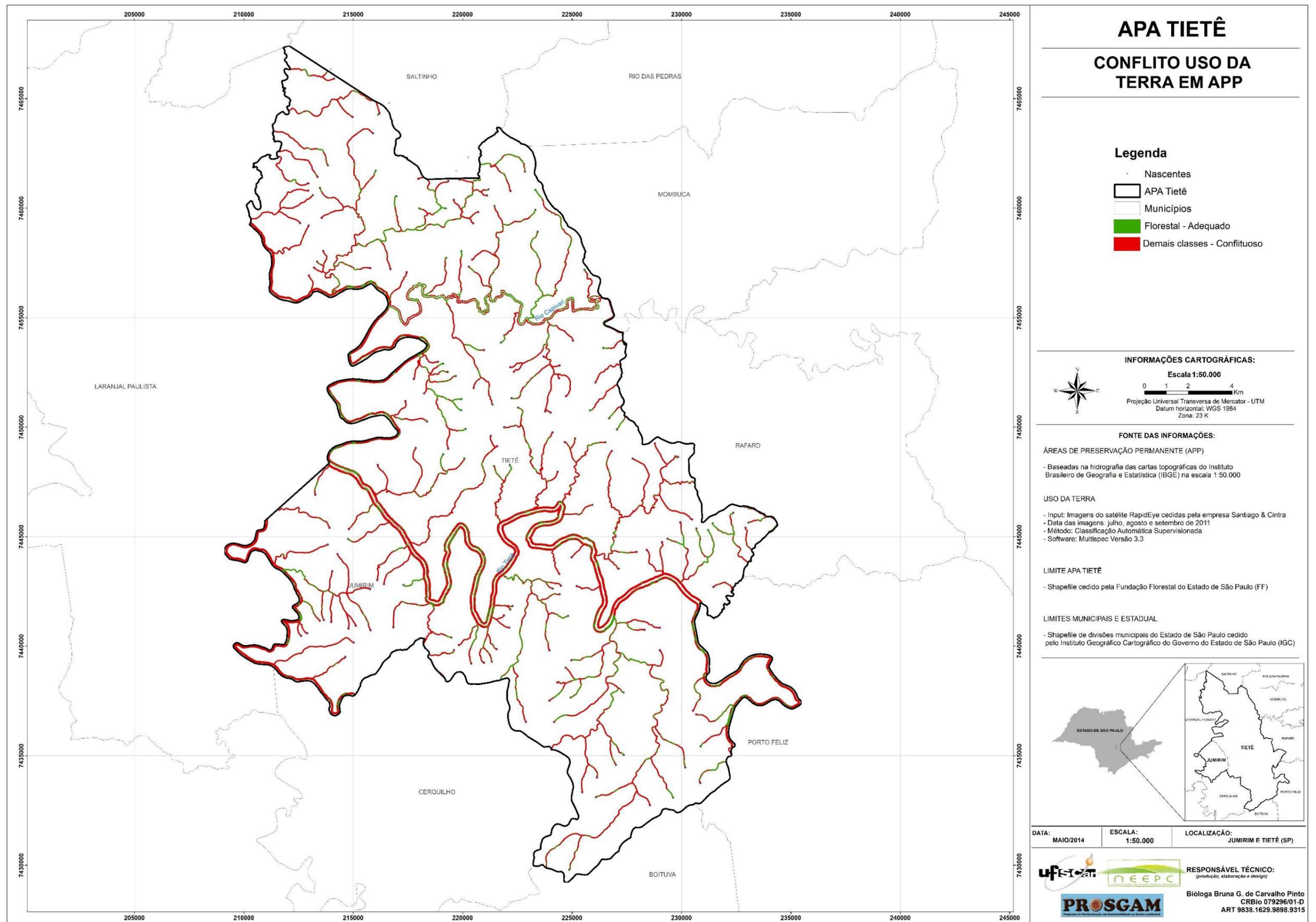
**Figura 8.** Fotografias tiradas em checagem de campo que representam curso d'água cuja APP encontra-se composta por usos da terra conflituosos e com os objetivos de conservação na Área de Proteção Ambiental Tietê. **A** - curso d'água com ambas as margens compostas por uso da terra conflituosos: pastagem; **B** - curso d'água com margem direita composta por uso da terra adequado (florestal) e margem esquerda por uso da terra conflituosos (pastagem e erosão); **C** - curso d'água com ambas as margens compostas por uso da terra adequado: florestal. *Fonte: Pinto, B. 2013.*



**Figura 9.** Porcentagem de ocorrência de cada classe de uso da terra em Áreas de Preservação Permanente (APP) e conflito de uso da terra por APP na Área de Proteção Ambiental Tietê. **A** - área urbanizada; **B** - área de mineração; **C** - cultura temporária; **D** - cultura permanente; **E** - pastagem; **F** - silvicultura; **G** - florestal; **H** - corpos d'água continentais e **I** - solo exposto.



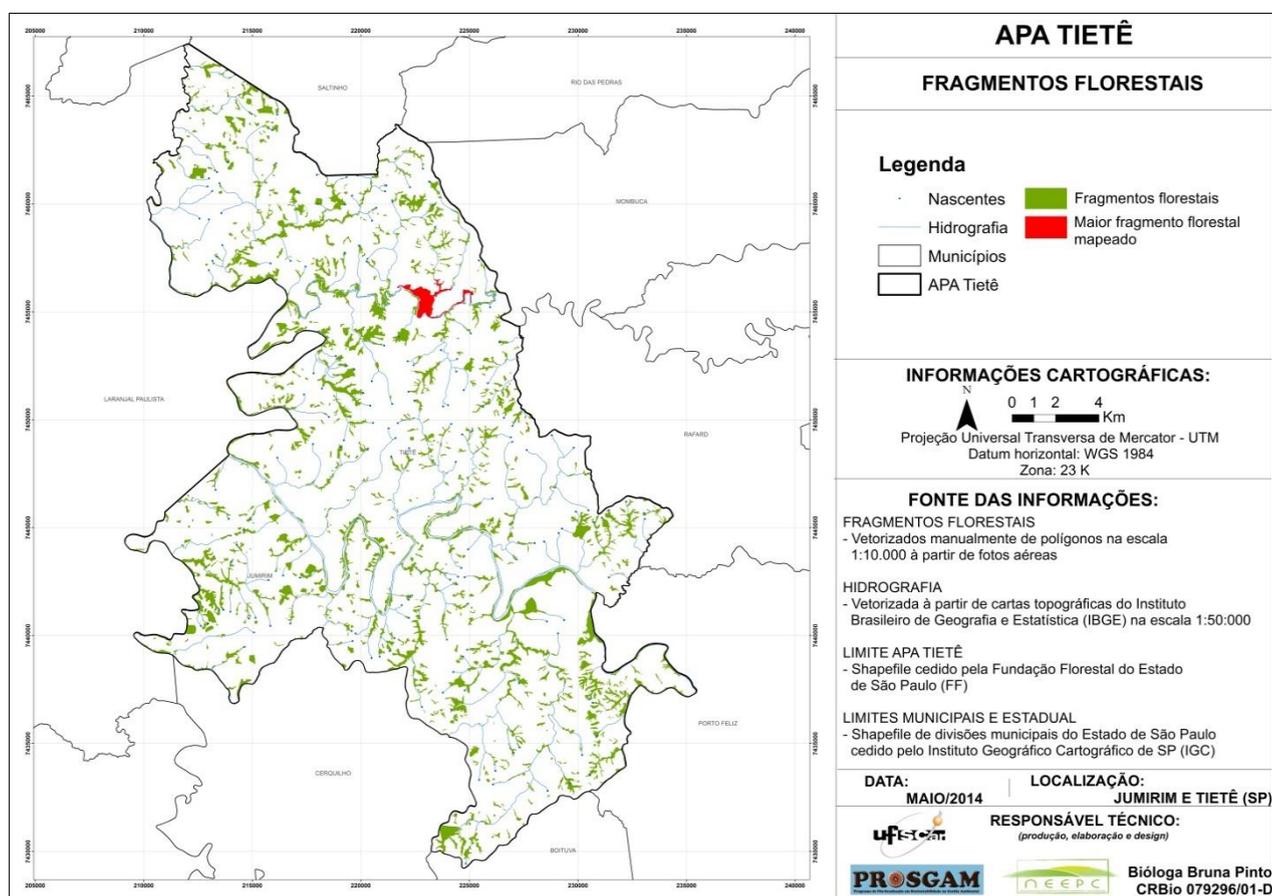
**Figura 10.** Mapa de conflito do uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê.



#### 6.4. Fragmentos de vegetação florestal de Mata Atlântica

O mapeamento da vegetação apresentou um total de 908 fragmentos florestais, totalizando 4.613,63 ha ou 9,98% da área total da APA Tietê. De forma geral, os remanescentes estão presentes em maior número e área principalmente no norte da APA Tietê e na porção representada pelo município de Jumirim, na região oeste da UC. Destaca-se o remanescente com 133,39 ha (Figura 11), localizado às margens do rio Capivari nas coordenadas 23K 223092 7455663. Além disso, foi possível observar que de forma geral os fragmentos florestais estão associados aos cursos d'água.

**Figura 11.** Fragmentos florestais de vegetação de Mata Atlântica existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, destaque para o maior fragmento mapeado.



#### • Métrica de Área

A APA Tietê apresentou elevado número de fragmentos pequenos (836 fragmentos com área total de 0,03 a 13,38 ha) que representam 53,22% da cobertura vegetal da UC e poucos fragmentos acima de 40,08 ha (7 fragmentos) que equivalem a 18,57% da cobertura vegetal. O

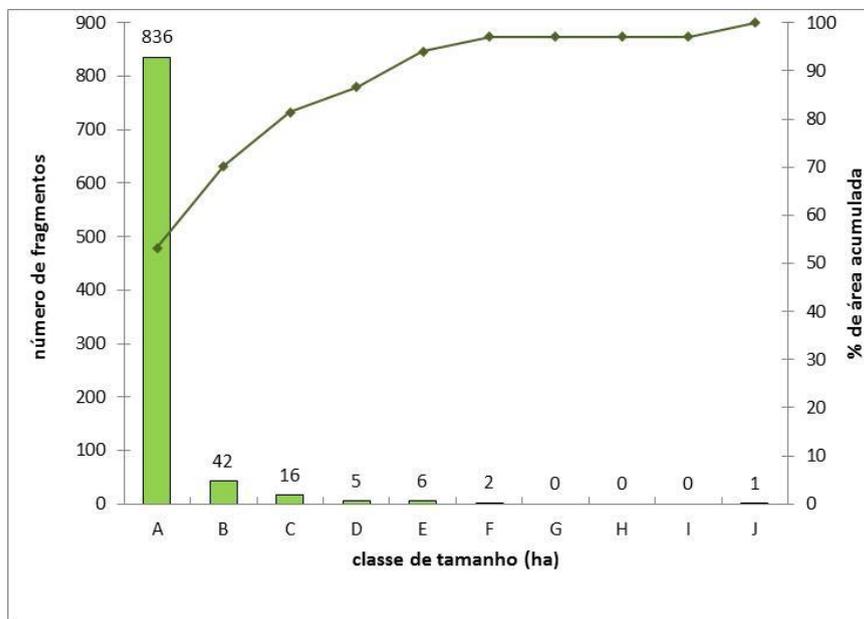
número de fragmentos por classe de tamanho encontra-se ilustrado na Tabela 5 e na Figura 12. Já a distribuição desses fragmentos está representada na Figura 13.

Além disso, verificou-se que existem 253 fragmentos menores que 1 ha, e esses fragmentos representam 3,17% da área total da cobertura de vegetação florestal nativa. Ainda sobre a métrica referente a área, obteve-se que a média de área entre os fragmentos é de 5,08 ha, sendo que o menor fragmento identificado possui 0,03 ha. O desvio padrão de área encontrado para essa amostra foi de 9,49 ha.

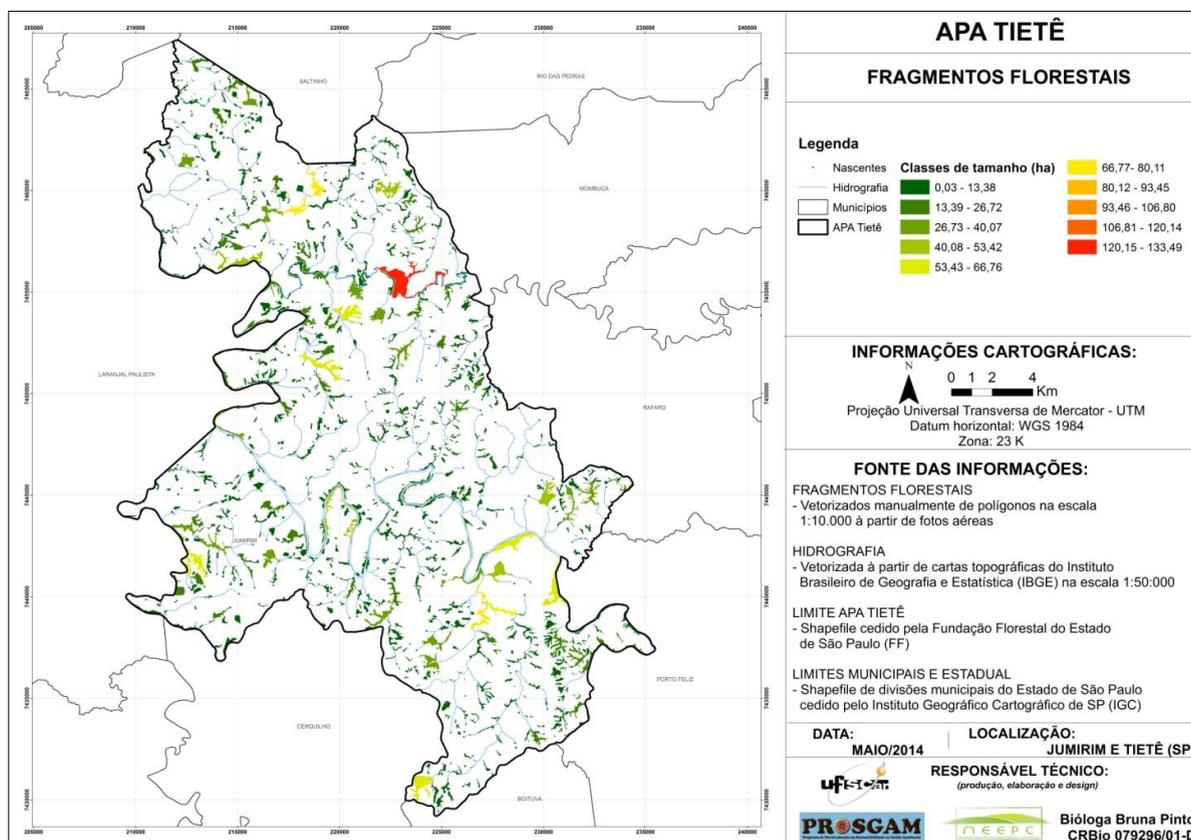
**Tabela 5.** Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classe de tamanho, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Classe de tamanho	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
0,03 - 13,38	836	2.455,19	53,22
13,39 - 26,72	42	785,36	17,02
26,73 - 40,07	16	516,37	11,19
40,08 - 53,42	5	240,76	5,22
53,43 - 66,76	6	343,86	7,45
66,77 - 80,11	2	138,71	3,01
80,12 - 93,45	0	0,00	0,00
93,46 - 106,80	0	0,00	0,00
106,81 - 120,14	0	0,00	0,00
> 120,15	1	133,39	2,89
<b>Total</b>	<b>908</b>	<b>4.613,63</b>	<b>100,00</b>

**Figura 12.** Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, divididos por classe de tamanho, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%), além da porcentagem acumulada. **A** - 0,03-13,38; **B** - 13,39-26,72; **C** - 26,73-40,07; **D** 40,08-53,42- ; **E** - 53,43-66,76 ; **F** - 66,77-80,11; **G** - 80,12-93,45 ; **H** -93,46-106,80; **I** - 106,81-120,14 .e **J** - > 120,15.



**Figura 13.** Distribuição dos remanescentes de vegetação secundária de Mata Atlântica existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de tamanho.



- *Métrica de Forma*

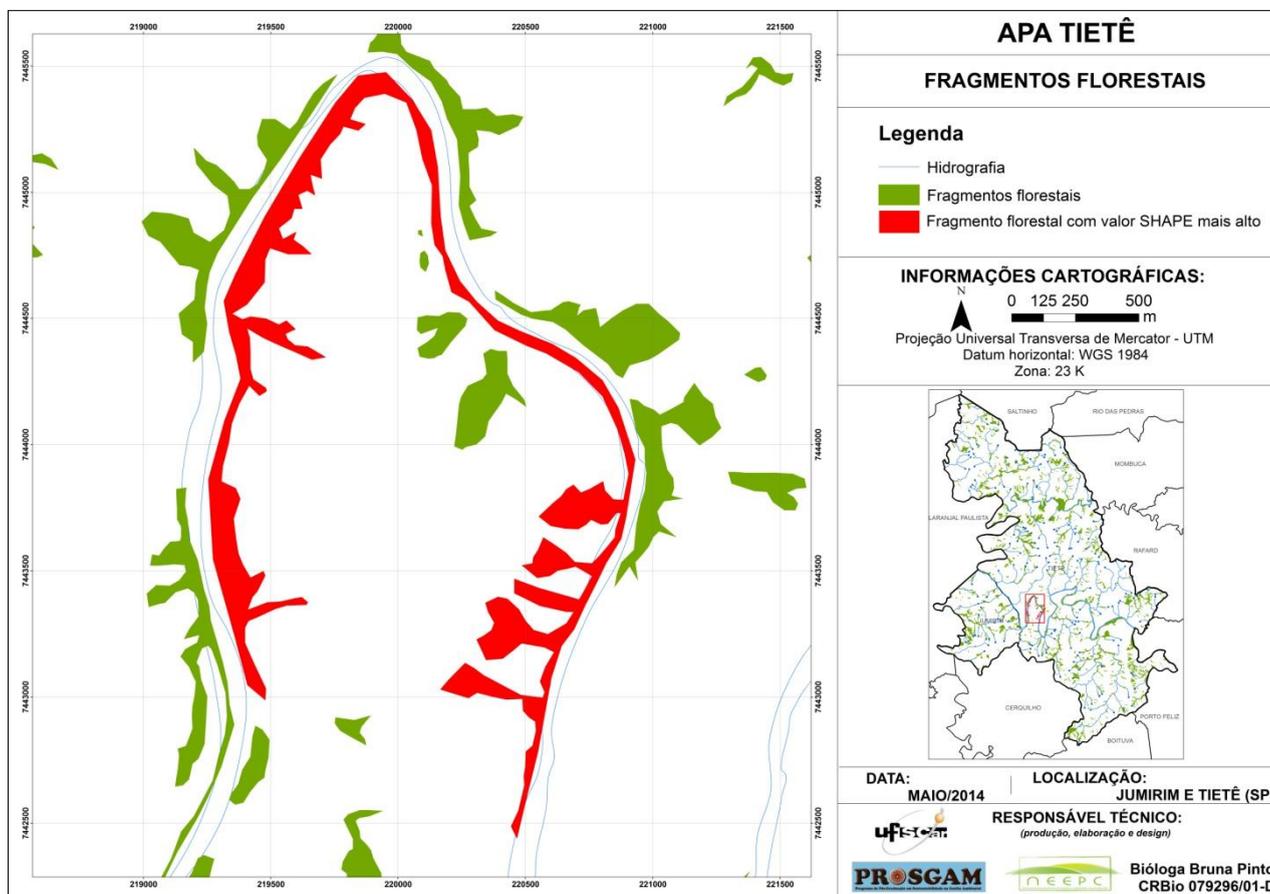
Para o índice de forma (*Shape*) foram observados 385 fragmentos com valores entre 1,04 a 1,67 , representando 14,66% da área total de cobertura vegetal da UC, e 37 fragmentos com valor acima de 3,58, o equivalente a 22,61% da área total de cobertura vegetal. Isso evidencia que em geral os fragmentos possuem formas mais regulares, porém esses fragmentos regulares representam pequena porcentagem da cobertura vegetal total (Tabela 6).

O maior valor observado para essa métrica (7,25) se deve pelo fato desse grande fragmento ter se formado ao longo do curso d'água, apresentando assim uma forma mais alongada e podendo compor um corredor ecológico, conforme observado na Figura 14. Ainda sobre a métrica referente a forma, obteve-se que a média de forma entre os fragmentos é de 1,99, sendo o que o menor fragmento identificado possui 1,04. O desvio padrão de forma encontrado para essa amostra foi de 0,78.

**Tabela 6.** Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de forma, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Classe de forma	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
1,04 - 1,67	385	676,53	14,66
1,68 - 2,31	301	1.127,85	24,45
2,32 - 2,94	130	971,30	21,05
2,95 - 3,57	55	794,75	17,23
3,58 - 4,20	16	333,43	7,23
4,21 - 4,83	10	338,62	7,34
4,84 - 5,46	7	261,42	5,67
5,47 - 6,09	2	46,75	1,01
6,10 - 6,72	1	12,37	0,27
> 6,73	1	50,60	1,10
Total	908	4.613,63	100,00

**Figura 14.** Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de forma (Shape), Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê.



• *Métrica de Conectividade*

Para o índice de proximidade (*Prox*) foram observados 880 fragmentos com valores entre 0 a 318,35, representando 94,15% da área total de cobertura vegetal da UC, e apenas sete fragmentos com valor acima de 1.273,41, o equivalente a 1,20% da área total de cobertura vegetal. Isso evidencia que em geral os fragmentos possuem baixa conectividade, e esses fragmentos com baixa conectividade representam a maior porcentagem de área da cobertura vegetal total (Tabela 7).

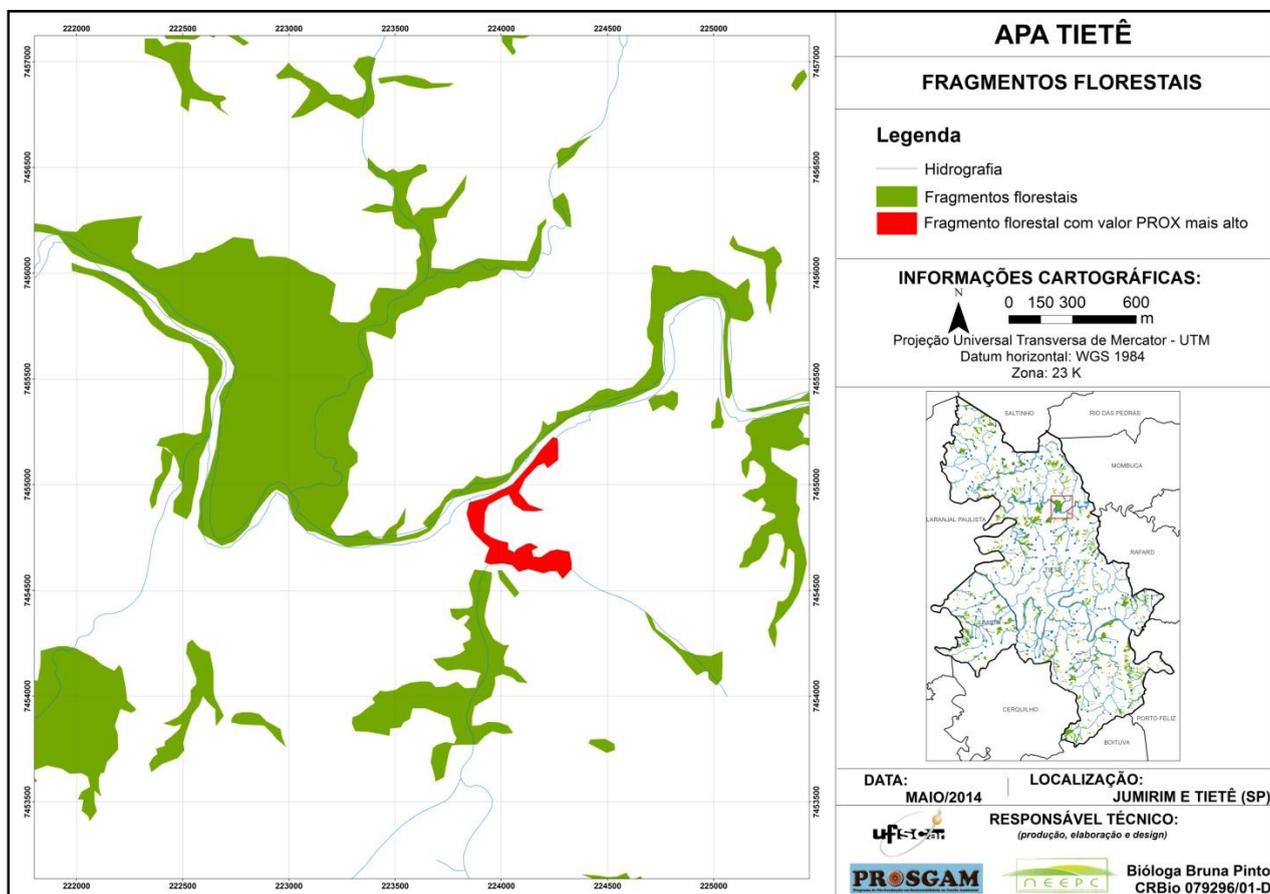
O valor mais alto para essa métrica (3.183, 41) se deve pelo fato desse fragmento possuir muitos fragmentos com grandes áreas em sua proximidade, incluindo o maior fragmento mapeado (Figura 15). Obteve-se, ainda, que a média de proximidade entre os fragmentos é de 55,16, e que 361 fragmentos obtiveram a nota 0, ou seja, não possuem nenhum fragmento

vizinho em um raio de 100 m. O desvio padrão de proximidade encontrado para essa amostra foi de 211,39.

**Tabela 7.** Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de proximidade, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Classe de proximidade	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
0,00 - 318,35	880	4.343,64	94,15
318,36 - 636,70	9	75,30	1,63
636,71 - 955,05	8	118,57	2,57
955,06 - 1.273,40	4	20,80	0,45
1.273,41 - 1.591,76	3	14,99	0,32
1.591,77 - 1.910,11	1	3,45	0,07
1.910,12 - 2.228,46	1	23,13	0,50
2.228,47 - 2.546,81	1	5,62	0,12
2.546,82 - 2.865,16	0	0,00	0,00
> 2.865,17	1	8,13	0,18
<b>Total</b>	<b>908</b>	<b>4.613,63</b>	<b>100,00</b>

**Figura 15.** Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de proximidade (Prox), Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê.



### 6.5. Seleção de áreas para subsidiar o Plano de Manejo da APA Tietê

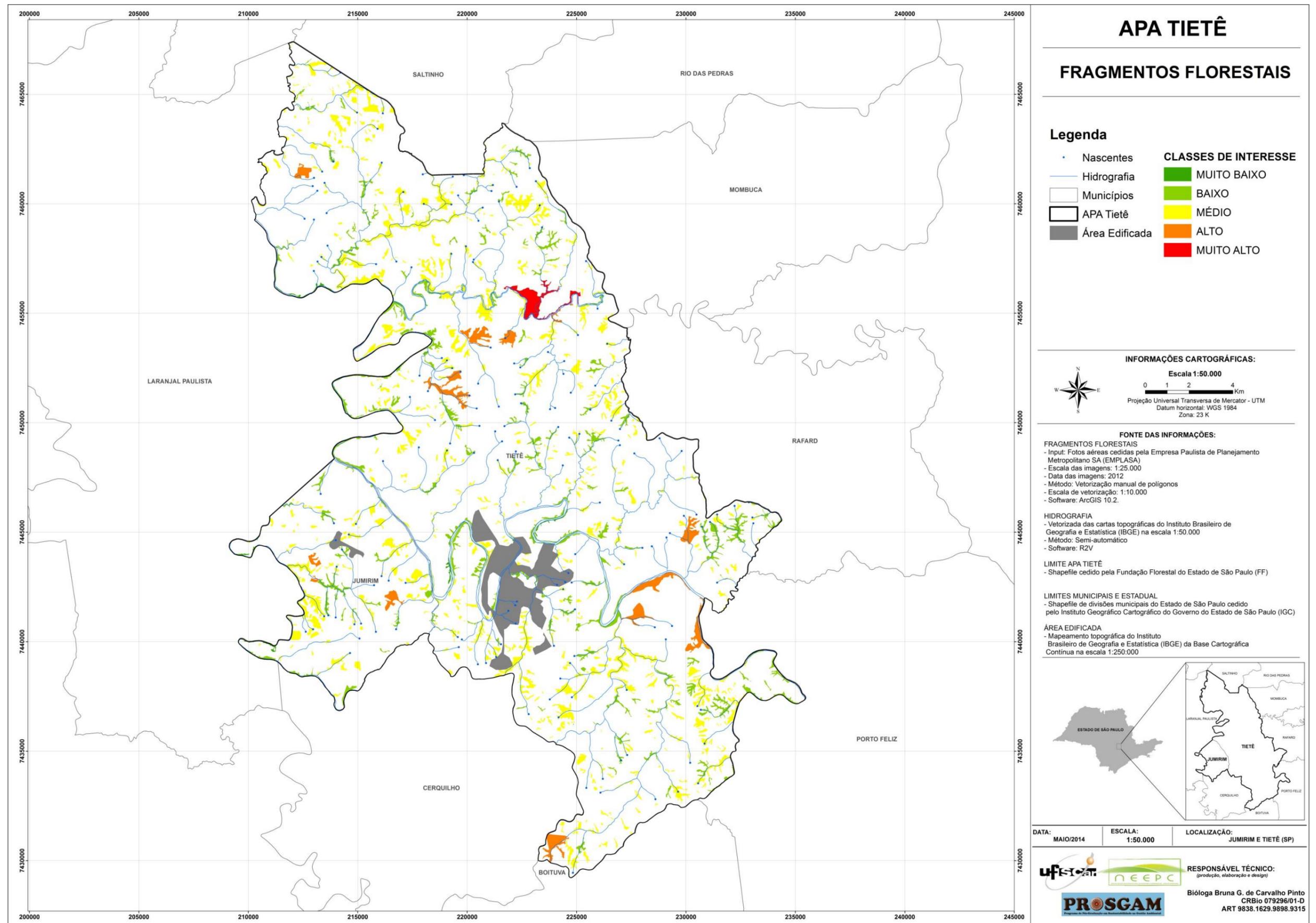
Dos 908 fragmentos mapeados, apenas um fragmento foi classificado com interesse muito alto e a maior parte dos fragmentos, 720, foi classificada com interesse médio. Os resultados foram resumidos na Tabela 8.

A representação espacial dos fragmentos florestais da APA Tietê, com suas respectivas definições do grau de interesse para o direcionamento de esforços durante os estudos que precedem o PM, é apresentada na Figura 16. Foi possível observar que os fragmentos que apresentaram interesse muito alto e alto se localizam, principalmente, na zona norte e leste da APA Tietê. O fragmento que apresentou interesse muito alto para a conservação possui área de 133,39 ha e os fragmentos com alto interesse somam 523,61ha, totalizando 657,00ha ou 14,24% da área total de cobertura florestal.

**Tabela 8.** Número de fragmentos existentes (ano de 2012) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classe de interesse especial para a conservação, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Interesse	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
MUITO BAIXO (2,69 - 4,93)	6	57,08	1,24
BAIXO (4,94 - 7,17)	166	1.262,27	27,36
MÉDIO (7,18 - 9,41)	720	2.637,28	57,16
ALTO (9,42 - 11,65)	15	523,61	11,35
MUITO ALTO (11,66 - 14,59)	1	133,39	2,89
Total	908	4.613,63	100

**Figura 16.** Distribuição dos fragmentos existentes (ano de 2012), separados por classes de interesse especial para a conservação, Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê.



## **6.6. Análise do cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente**

Em virtude do baixo percentual de cobertura florestal nativa encontrado na APA Tietê, conforme observado nos resultados apresentados, a restauração florestal torna-se uma demanda necessária e fundamental para se atingir os objetivos de conservação, conforme os critérios apontados pela legislação (Código Florestal e SNUC), com a finalidade de cumprir o mínimo embasado pelos critérios legais. Uma possibilidade para aumentar esses índices seria por meio da restauração florestal das APPs de nascentes e cursos d'água.

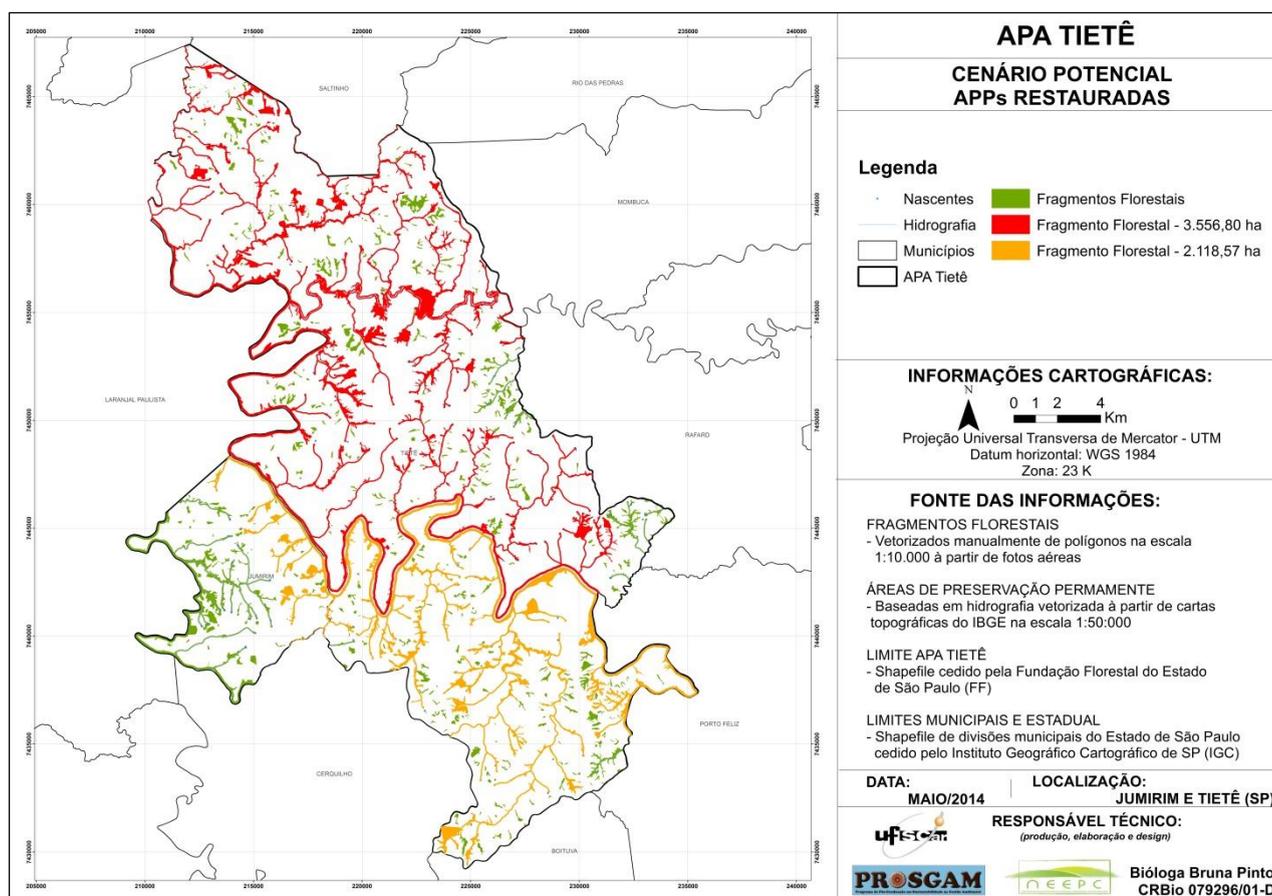
### **• Métrica de Área**

O mapeamento da vegetação florestal no cenário de restauração, em que todas as APPs hídricas possuem cobertura florestal somadas aos fragmentos florestais já existentes em 2012, apresentou um total de 473 fragmentos florestais, totalizando 7.594,98 ha ou 16,43% da área total da APA Tietê. De forma geral, os remanescentes estão bem distribuídos em toda a APA Tietê (Figura 17). Destaca-se o surgimento de dois grandes fragmentos com 3.556,80 ha e 2.118,57 ha, que encontram-se localizados na porção norte e sul do rio Tietê, respectivamente.

No cenário potencial de restauração, a APA Tietê apresentou elevado número de fragmentos pequenos (456 fragmentos com área total de 0,03 a 13,38 ha), representando 12,57% do total de área da cobertura vegetal da UC. Foram encontrados apenas seis fragmentos com área acima de 40,08 ha, entretanto, estes equivaleram a 84,23% da cobertura vegetal. O número de fragmentos por classe de tamanho encontra-se ilustrado na Tabela 9, enquanto que a distribuição espacial desses fragmentos está representada na Figura 18.

Além disso, neste cenário de restauração, existem 187 fragmentos menores que 1 ha, e esses fragmentos representam 1,38% da área total da cobertura de vegetação florestal nativa. Ainda sobre a métrica referente a área, no cenário de restauração obteve-se que a média de área entre os fragmentos é de 16,06 ha, sendo que o menor fragmento identificado possui 0,03 ha. O desvio padrão de tamanho encontrado para essa amostra foi de 191,75 ha.

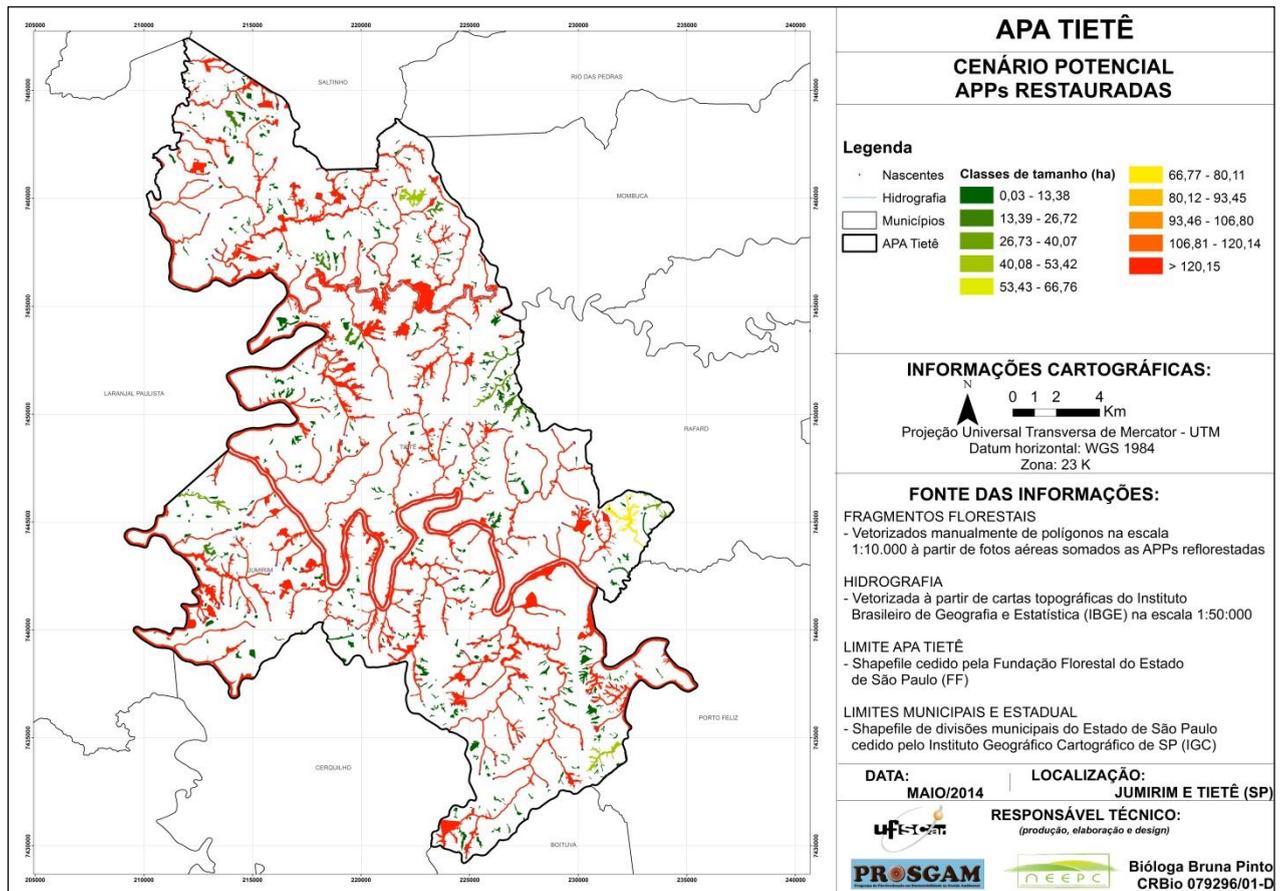
**Figura 17.** Fragmentos florestais de vegetação de Mata Atlântica na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê no cenário potencial, destaque para os maiores fragmentos mapeados.



**Tabela 9.** Número de fragmentos no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de tamanho, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Classe de tamanho	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
0,03 - 13,38	456	955,00	12,57
13,39 - 26,72	8	153,40	2,02
26,73 - 40,07	3	89,59	1,18
40,08 - 53,42	2	88,80	1,17
53,43 - 66,76	0	0,00	0,00
66,77 - 80,11	1	67,69	0,89
80,12 - 93,45	0	0,00	0,00
93,46 - 106,80	0	0,00	0,00
106,81 - 120,14	0	0,00	0,00
> 120,15	3	6.240,49	82,17
<b>Total</b>	<b>473</b>	<b>7.594,98</b>	<b>100,00</b>

**Figura 18.** Distribuição dos remanescentes de vegetação nativa encontrados no cenário de restauração da Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, separados por classes de tamanho.



• *Métrica de Forma*

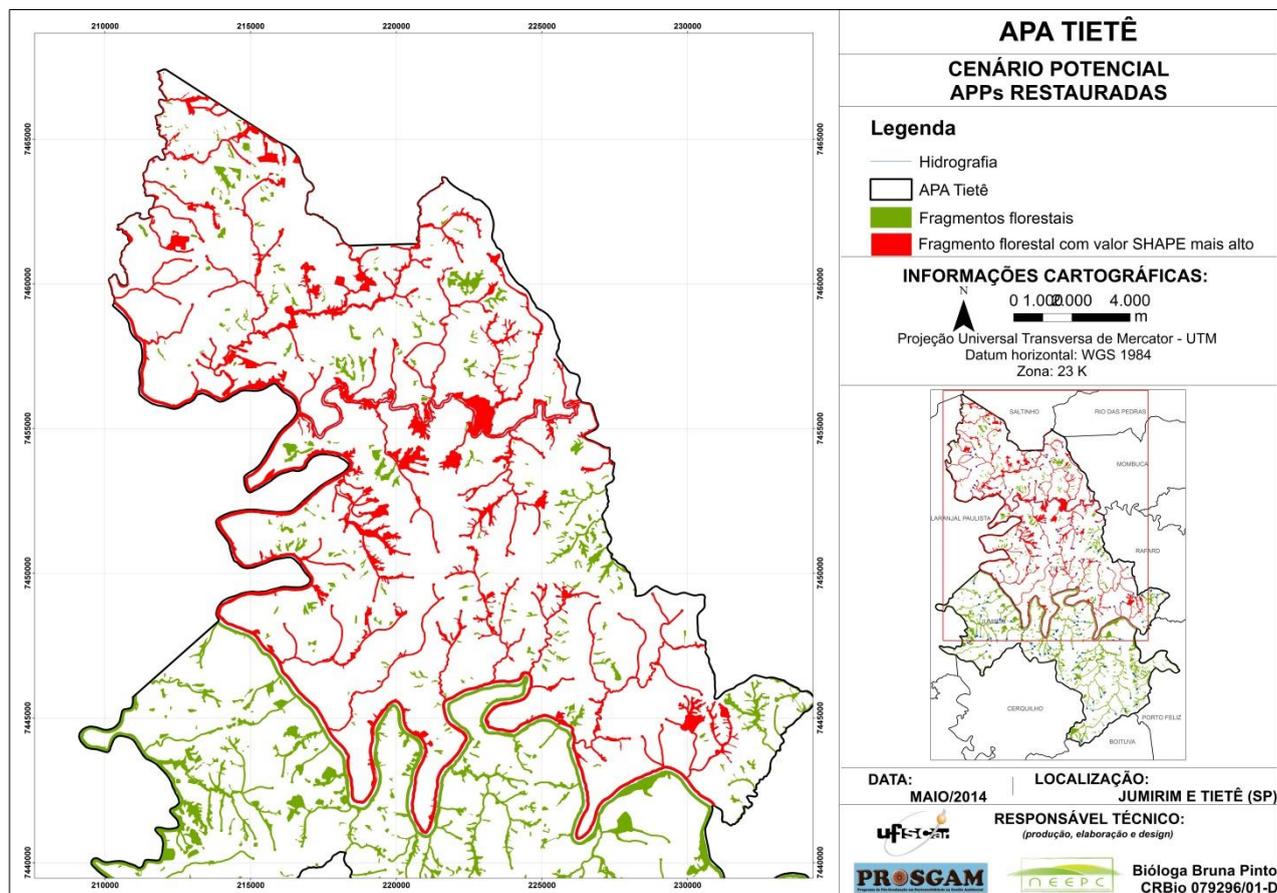
Para o índice de forma (*Shape*), no cenário de restauração das APPs, foram observados 261 fragmentos com valores entre 1,04 a 1,67, representando 4,88% da área total de cobertura vegetal da UC, e dez fragmentos com valor acima de 3,58, o equivalente a 85,24% da área total de cobertura vegetal. Isso evidencia, que em geral, os fragmentos possuem formas mais regulares, porém esses fragmentos regulares representam pequena porcentagem da cobertura vegetal total (Tabela 10).

No cenário de restauração, o valor mais alto para essa métrica foi de 42,44 e que a média de forma entre os fragmentos é de 1,93, sendo o que o menor valor obtido por um fragmento foi de 1,04. O desvio padrão de forma encontrado para essa amostra foi de 2,45.

**Tabela 10.** Número de fragmentos no cenário de restauração das Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de forma, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Classe de forma	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
1,04 - 1,67	261	370,92	4,88
1,68 - 2,31	149	408,68	5,38
2,32 - 2,94	43	202,61	2,67
2,95 - 3,57	10	138,86	1,83
3,58 - 4,20	0	0,00	0,00
4,21 - 4,83	2	40,94	0,54
4,84 - 5,46	3	94,97	1,25
5,47 - 6,09	1	29,83	0,39
6,10 - 6,72	1	67,69	0,89
> 6,73	3	6.240,49	82,17
<b>Total</b>	<b>473</b>	<b>7.594,98</b>	<b>100,00</b>

**Figura 19.** Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de forma (Shape) no cenário de restauração.



• *Métrica de Conectividade*

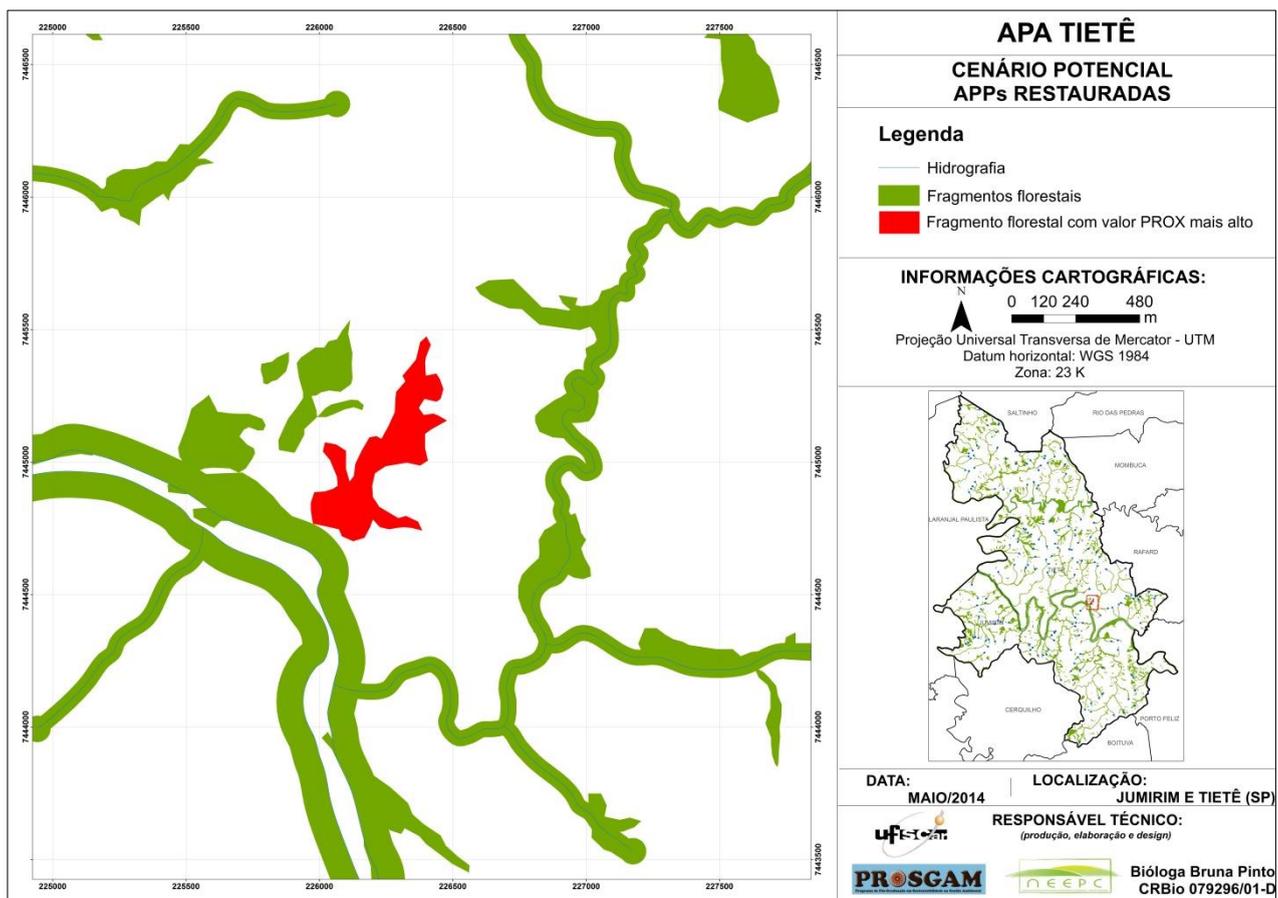
Para o índice de proximidade (*Prox*), no cenário potencial de restauração, foram observados 284 fragmentos com valores entre 1 a 318,35, representando 10,04% da área total de cobertura vegetal da UC, e 181 fragmentos com valor acima de 1.273,41, o equivalente a 89,53% da área total de cobertura vegetal florestal. Isso evidencia que nesse cenário, em geral, os fragmentos possuem alta conectividade, e esses fragmentos com alta conectividade representam a maior porcentagem de área da cobertura vegetal total (Tabela 11).

No cenário de restauração, o valor mais alto para essa métrica (148.202.321,21) se deve pelo fato desse fragmento possuir muitos fragmentos com grandes áreas em sua proximidade (Figura 20). Obteve-se, ainda, que a média de proximidade entre os fragmentos é de 658.984,64, e que 157 fragmentos possuem nota 0, ou seja, não observa-se nenhum fragmento vizinho em um raio de 100 m. O desvio padrão de proximidade encontrado para essa amostra foi de 8.22.743,36.

**Tabela 11.** Número de fragmentos no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de proximidade, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Classe de proximidade	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
0,00 - 318,35	284	762,33	10,04
318,36 - 636,70	5	10,16	0,13
636,71 - 955,05	3	23,01	0,30
955,06 - 1.273,40	0	0,00	0,00
1.273,41 - 1.591,76	1	565,12	7,44
1.591,77 - 1.910,11	1	1,35	0,02
1.910,12 - 2.228,46	1	0,57	0,01
2.228,47 - 2.546,81	3	4,16	0,05
2.546,82 - 2.865,16	3	14,88	0,20
> 2.865,17	172	6.213,41	81,81
<b>Total</b>	<b>473</b>	<b>7.594,98</b>	<b>100,00</b>

**Figura 20.** Representação espacial do fragmento que obteve maior nota para a métrica de proximidade (Prox) no cenário potencial de restauração.



### 6.6.1 Fragmentos de floresta de interesse especial para a conservação no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na APA Tietê

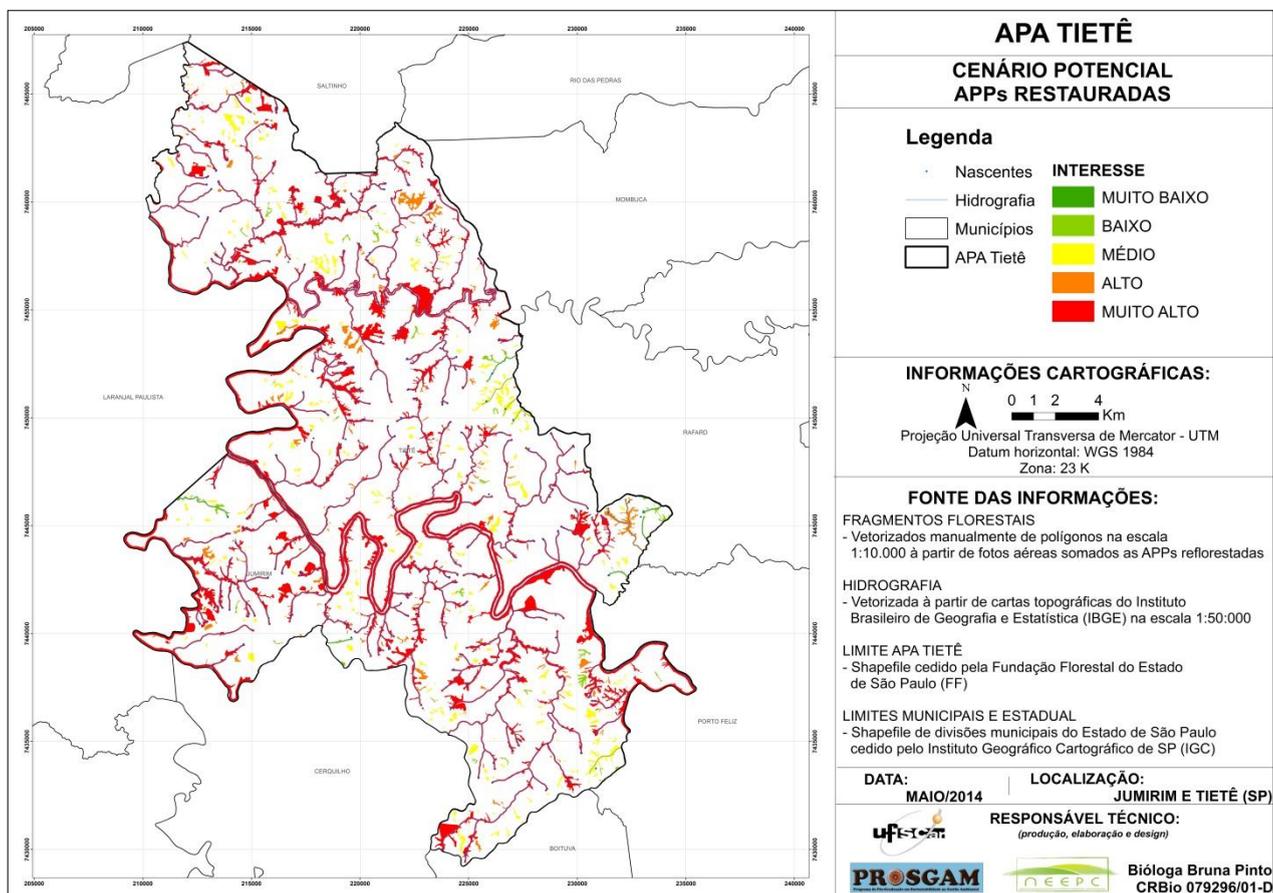
Dos 473 fragmentos mapeados no cenário de restauração, 3 foram classificados com interesse muito alto e nenhum foi classificado com interesse muito baixo (Tabela 12).

A representação espacial dos fragmentos que seriam mais interessantes para a gestão territorial da APA Tietê, para a implementação de estratégias conservacionistas, caso a restauração florestal proposta no cenário de restauração fosse realizada, é apresentada na Figura 21. Foi possível observar que os fragmentos que apresentaram interesse muito alto apareceram distribuídos em toda extensão territorial da APA Tietê. Os fragmentos que apresentaram interesse muito alto para a conservação somam 6.240,49 ha e os fragmentos com alto interesse 6,07 ha, totalizando uma área de 6.701,66ha, ou 88,24% da área total de cobertura florestal.

**Tabela 12.** Número de fragmentos no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê, por classes de interesse, indicados por área em hectare (ha) e em percentual (%).

Interesse	Nº de Fragmentos	Área	
		ha	%
MUITO BAIXO	0	0,00	0,00
BAIXO	36	217,08	2,86
MÉDIO	270	676,23	8,90
ALTO	164	461,17	6,07
MUITO ALTO	3	6.240,49	82,17
<b>Total</b>	<b>473</b>	<b>7.594,98</b>	<b>100</b>

**Figura 21.** Distribuição dos fragmentos de floresta no cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, por classes de interesse.



### 6.6.2 Análise comparativa entre o cenário atual e o cenário potencial de restauração de APP

Em comparação com o cenário atual de fragmentos florestais existentes (sem a restauração das APPs), as métricas da paisagem calculadas pelo cenário de restauração mostraram o aumento da área total de vegetação florestal nativa (de 4.613,63 ha para 7.594,98 ha, um incremento de

2.981,35 ha) e diminuição do número de fragmentos (de 908 para 473), devido ao surgimento de fragmentos extensos, como dois grandes fragmentos com 3.556,80 ha e 2.118,57 ha (Figura 17).

Já para a métrica de forma, o maior valor encontrado aumentou de 7,25 no cenário atual para 42,44 no cenário de restauração e o menor valor se manteve igual (1,04). A média obtida reduziu de 1,99 no cenário atual para 1,93 no cenário de restauração. De forma geral, os valores de forma apresentaram a mesma tendência para ambos os cenários, ou seja, muitos fragmentos com valores baixos (próximos do formato de círculo) e poucos fragmentos no com valores elevados.

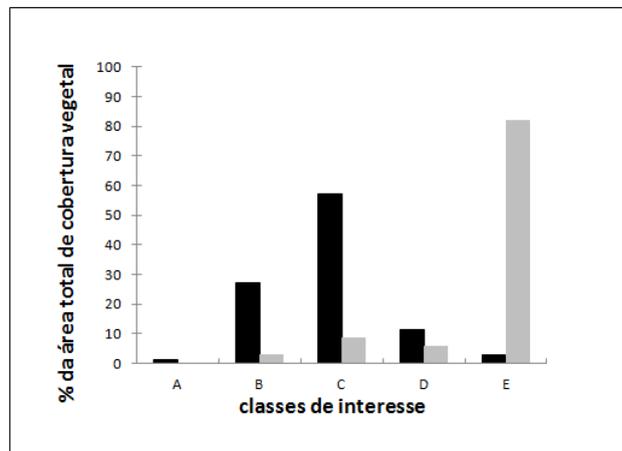
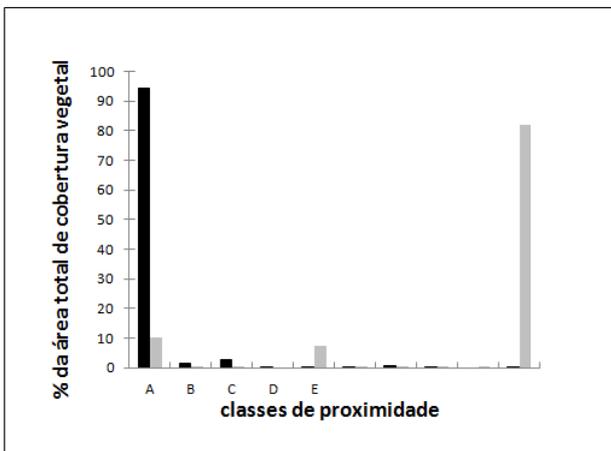
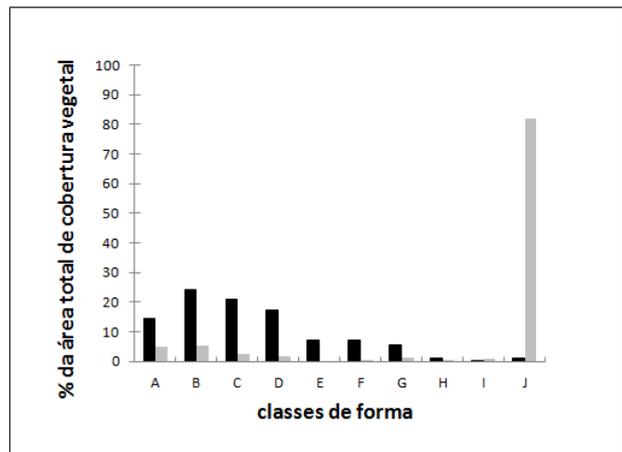
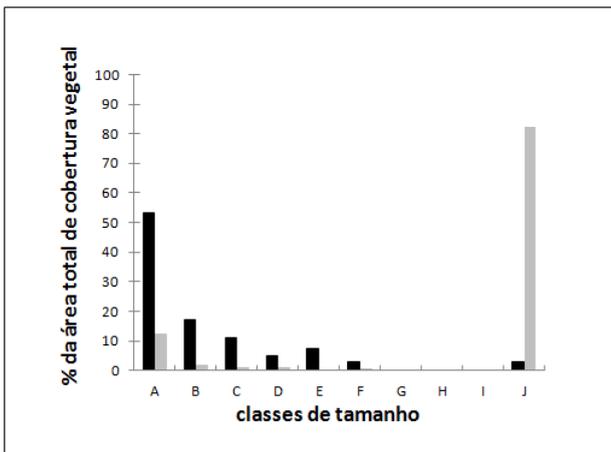
Resultados semelhantes foram obtidos para a métrica de proximidade, visto que o maior valor encontrado aumentou no cenário de restauração (148.202.321,21) comparando-se com cenário atual (3.183,41), já o menor valor se manteve igual (zero). Diferentemente da métrica anterior, a média da métrica de proximidade aumentou de 55,16 no cenário atual para 148.562.933,24 no cenário potencial de restauração.

Os principais resultados das métricas de paisagem obtidos nos dois cenários estão resumidos na Tabela 13 e na Figura 22, e a comparação da disposição espacial dos fragmentos nos dois cenários está representada na Figura 23.

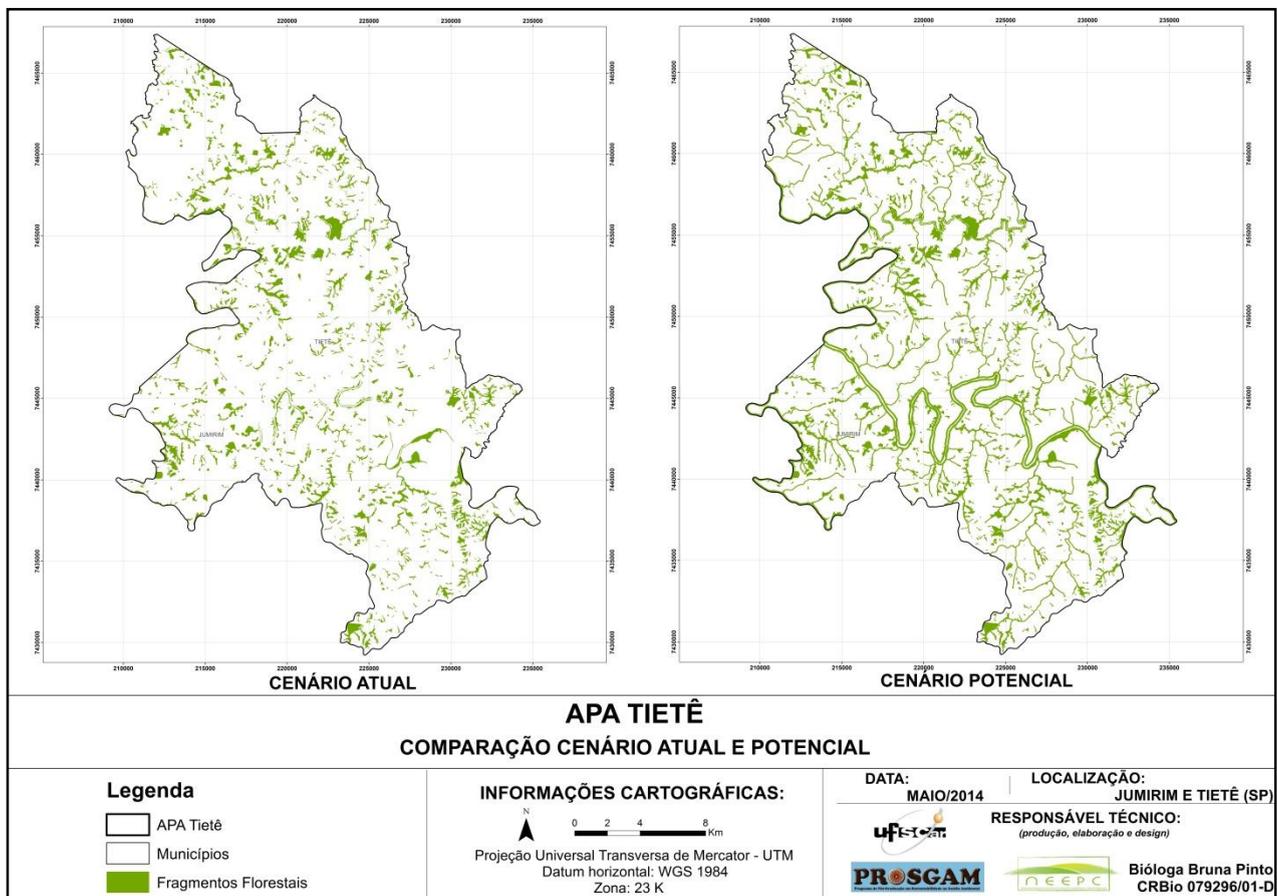
**Tabela 13.** Comparação do cenário atual com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê.

		<b>Cenário Atual</b>	<b>Cenário Potencial</b>
Geral	Número de fragmentos	908	473
	Área total (ha)	4.613,63	7.594,98
	Área total (% da área da APA)	9,98	16,44
Área	Menor fragmento (ha)	0,03	0,03
	Maior fragmento (ha)	133,39	3.556,80
	Média de área (ha)	5,08	16,06
	Desvio padrão	9,49	191,75
Shape	Menor valor de forma	1,04	1,04
	Maior valor de forma	7,25	42,44
	Média de valor de forma	1,99	1,93
	Desvio padrão	0,78	2,45
Prox	Menor valor de proximidade	0,00	0,00
	Maior valor de proximidade	3.183,41	148.202.321,21
	Média de valor de proximidade	55,16	658.984,64
	Desvio padrão	211,39	8.220.743,36

**Figura 22.** Dados comparativos do cenário atual com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente na Área de Proteção Ambiental Tietê. Para as classes de tamanho (ha): **A-** 0,03-13,38; **B-** 13,39-26,72, **C-** 26,73-40,07, **D-** 40,08-53,42, **E-** 53,43-66,76, **F-** 66,77-80,11, **G-** 80,12-93,45, **H-** 92,46-106,80, **I-** 106,81-120,14, **J-** >120,15 . Para as classes de forma: **A-** 1,04-1,67 ; **B-** 1,68-2,31 , **C-** 2,32-2,94 , **D-** 2,95-3,57 , **E-** 3,58-4,20, **F-** 4,21-4,83, **G-** 4,84-5,46, **H-** 5,47-6,09, **I-** 6,10-6,72, **J-** >6,73 . Para as classes de proximidade: **A-** 0,00-318,35 ; **B-** 318,36-636,70 , **C-** 636,71-955,05 , **D-** 955,06-1.273,40 , **E-** 1.273,41-1.591,76, **F-** 1.591,77-1.910,11, **G-** 1.910,12-2.228,46, **H-** 2.228,47-2.546,81, **I-** 2.546,82-2.865,16, **J-** > 2.865,17 . Para as classes de interesse: **A-** Muito Baixa , **B-** Baixa, **C-** Média, **D-** Alta, **E-** Muito Alta.

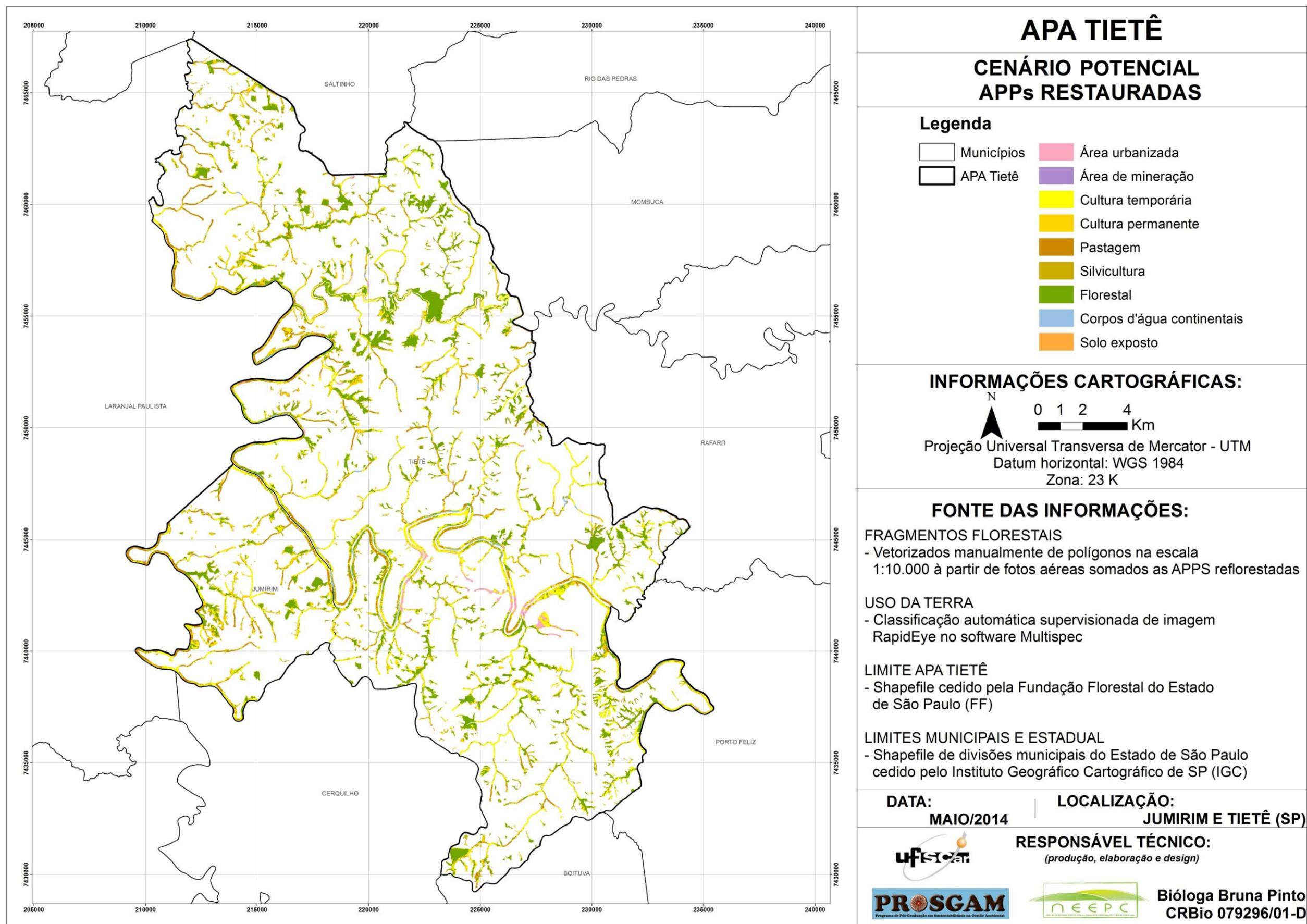


**Figura 23.** Distribuição espacial dos fragmentos de floresta comparando o cenário atual com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê.



Na sobreposição do cenário de restauração das APPs com o atual uso da terra, obteve-se que 25,38% da área que estaria coberta por fragmentos florestais no cenário de restauração está atualmente coberta pela classe de uso da terra cultura temporária. Essa classe apresentou a maior porcentagem de sobreposição, com exceção da classe florestal (34,28%), seguida de cultura permanente (18,22%) e pastagem (15,90%). A disposição espacial dessa sobreposição está representada na Figura 24. Foi possível observar, de modo geral, que a sobreposição com a classe florestal está concentrada mais ao norte da APA Tietê, enquanto que a classe cultura temporária está localizada no restante da UC. Foi possível observar também que os fragmentos do cenário de restauração localizados no município de Jumirim (oeste da UC) são compostos predominantemente pela classe pastagem.

**Figura 24.** Mapa do atual uso da terra das áreas em sobreposição com o cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente (APPs) na APA Tietê.



## **6.7. Indicação de zonas prioritárias para implantação de Reserva Legal**

Após o desenvolvimento da metodologia proposta, chegou-se a um zoneamento de áreas prioritárias para a instituição da RL, cujas zonas variam de 11 (prioridade elevada) a 1 (baixa prioridade). A proposta de zoneamento de áreas prioritárias para a instituição de RL está representada na Figura 25 e os valores de área total contidos em cada zona estão resumidos na Tabela 14. As zonas com alta prioridade estão representadas em vermelho mais intenso e obtiveram notas mais elevadas pois são áreas que (não necessariamente simultaneamente):

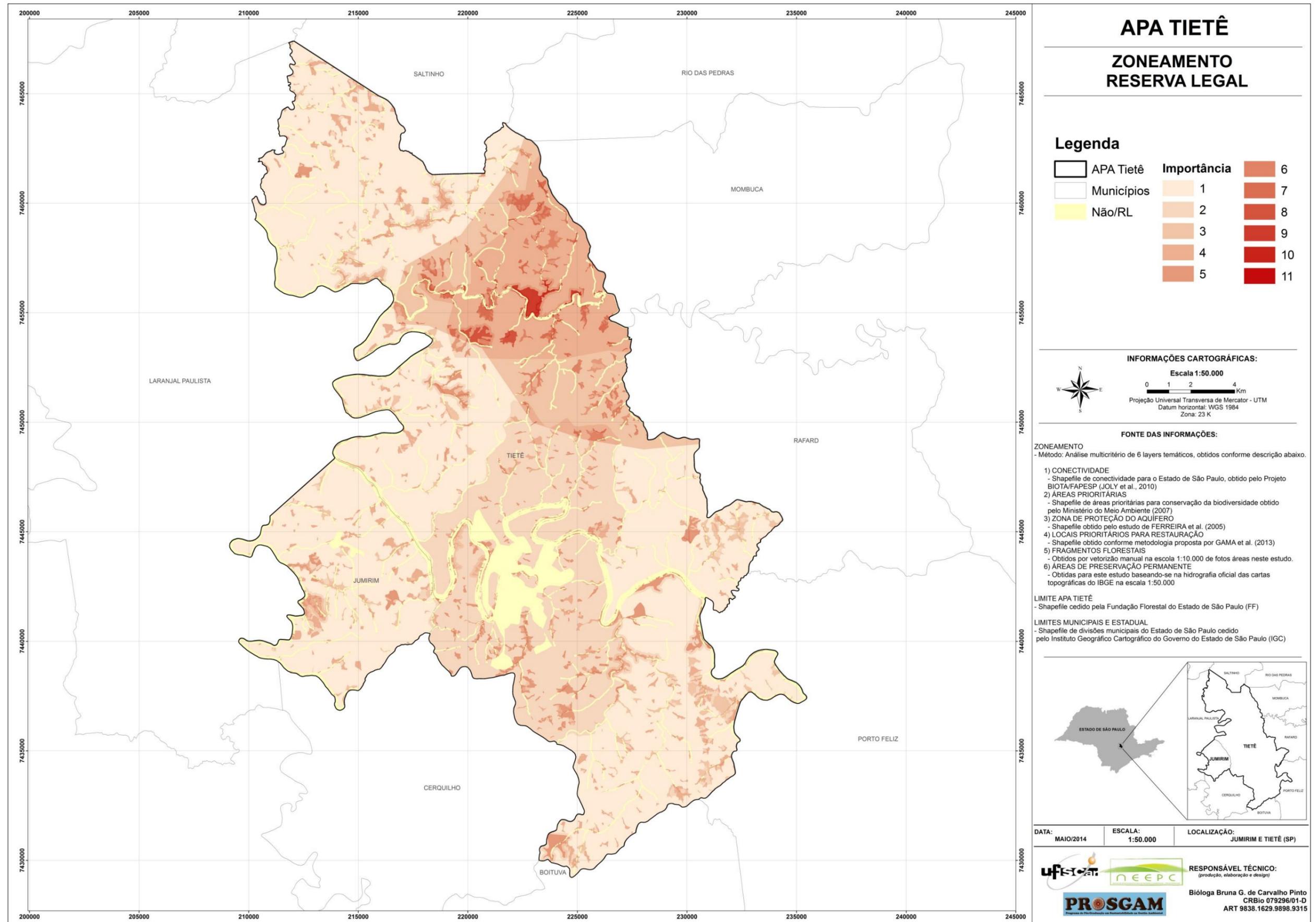
- constituem área prioritária para conservação da biodiversidade no contexto de todo o território brasileiro;
- podem contribuir para o aumento da conectividade no contexto estadual;
- são áreas indicadas para a implantação de RPPNs, RL e outras áreas protegidas;
- constituem locais prioritários para que sejam realizadas ações de restauração ambiental;
- podem auxiliar na proteção do aquífero;
- possuem cobertura florestal nativa e/ou;
- constituem APPs conservadas ou em processo de recuperação.

Os trechos destacados em amarelo na Figura 25 representam áreas que não foram pontuadas nessa análise, pois em princípio não podem se constituir como RL, uma vez que constituem APPs degradadas e sem vegetação regenerante (Artigo 15, inciso II da Lei Federal nº 12.651 de 2012) ou são áreas representadas pelo próprio curso d'água.

**Tabela 14.** Área em hectares (ha) para cada zona de prioridade para a implantação de Reserva Legal na Área de Proteção Ambiental Tietê.

<b>Zona de Prioridade</b>	<b>Área Total (ha)</b>
11	0,11
10	33,81
9	90,77
8	136,77
7	286,03
6	488,94
5	1.455,03
4	5.118,87
3	3.867,72
2	7.770,53
1	22.031,07
<b>Total</b>	<b>41.279,67</b>

Figura 25. Proposta de Zoneamento para direcionar a implantação de Reservas Legais (RL) na Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê.



## **7. DISCUSSÃO**

### **7.1. Uso da terra**

A expressiva participação de classes agropecuárias, totalizando 78,45% do uso da terra da APA Tietê, demonstra os intensos processos de antropização a que a área tem sido submetida (OLIVEIRA et al., 2008). Além do impacto provocado pela área que essas classes ocupam, há de se considerar os impactos decorrentes das práticas de manejo adotadas. Durante os últimos 40 anos ocorreu um aumento de aproximadamente 700% do uso de fertilizantes e um aumento de 70% nas áreas de cultivo irrigadas (MATSON et al., 1997). Essas práticas podem levar a degradação da qualidade de água, salinização e a perda de fertilidade dessas áreas (FOLEY et al., 2005).

Diante disso, além do diagnóstico fornecido neste estudo, relacionado a área ocupada pelos usos agropecuários, é evidente a necessidade de se estudar e promover programas de conscientização voltados ao manejo e práticas agrícolas adotadas nessas propriedades de uso agropecuário. Por exemplo, segundo Bertolini; Lombardo Neto (1994), o desgaste e o empobrecimento do solo podem ser evitados com a utilização de práticas que aumentem a cobertura vegetal e a infiltração da água no perfil do solo, reduzindo o escoamento superficial.

Além disso, considerando que o total de vegetação nativa é fundamentalmente importante para os principais aspectos do manejo de paisagem (LINDENMAYER et al., 2008), foi possível observar que apenas 6,65% da área total da APA Tietê é composta pela classe de uso florestal. Essa porcentagem é menos da metade da encontrada para o estado de São Paulo, que corresponde a 13,94% (ou 3.457.301 ha) (RODRIGUES; BONONI, 2008). Ainda, esse valor é bem inferior aos 11,73% remanescentes de vegetação original de Mata Atlântica observado em todo território brasileiro (RIBEIRO et al., 2009). Ademais, a porcentagem encontrada está inferior a realidade de outras APAs do estado de São Paulo, como por exemplo: mais de 50% da APA do Capivari-Monos (JACINTHO, 2003), 24% da

área total da APA Corumbataí (CORVALÁN; GARCIA, 2011) e 14,77% do território da APA Municipal de Campinas (FASINA-NETO; MATIAS, 2010) possuem cobertura florestal nativa.

Para Andrén (1994), existe um limiar correspondente a 30% de habitat de fragmentos florestais nativos em relação às demais classes de uso da terra. Segundo este autor, caso determinada paisagem possua resultado superior a este limiar, a diversidade de espécies alfa é definida predominantemente em função da perda de habitat. Enquanto que se a proporção é inferior ao limiar, a diversidade alfa é afetada principalmente pela disposição espacial dos fragmentos. Portanto, pode-se inferir que no caso da APA Tietê a diversidade de espécies de aves e mamíferos no interior do fragmento é fundamentalmente afetada pela distribuição desses remanescentes na paisagem.

Outra dedução que pode ser obtida por meio da proporção de habitat florestal nativo está relacionada com as propriedades de percolação. Segundo a teoria da percolação (STAUFFER, 1985 apud METZGER, 1999), quando a proporção em área da paisagem ocupada pelo habitat é inferior a 0,598 (ou 59,8% de habitat nativo), a paisagem passa bruscamente de um estágio conectado (percola) a um estágio desconectado (não percola). Dessa forma, pode-se inferir que a possibilidade de persistência de metapopulações em longo prazo no interior da APA Tietê é baixa, uma vez que a área total de fragmentos de floresta é pequena, e, portanto, o fluxo de dispersão dos indivíduos é diminuto e a probabilidade de extinção das subpopulações presentes nos fragmentos é elevada.

Diante disso, é possível destacar a importância de se investir em estudos, planos e programas que aumentem a área total composta por habitats nativos. Além de benefícios para a conservação da biodiversidade, segundo De Groot (2006), tem aumentado o número de estudos mostrando que o valor total de usos multi-funcionais de paisagens naturais e semi-naturais é, na maioria dos casos, economicamente mais vantajoso que o valor de sistemas convertidos (p.ex. plantações em florestas tropicais, fazendas de camarões em mangues)

Outro aspecto importante a ser mencionado é que existem alguns usos da terra que não podem ser amostrados por dados de sensoriamento remoto, como em fotografias aéreas e imagens de satélite. Isto se deve ao fato de que o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas registra as características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo. As atividades propriamente ditas precisam ser interpretadas e correlacionadas às coberturas com base em modelos, tonalidades, texturas, formas, arranjos espaciais das atividades e localização no terreno (IBGE, 2006). Entretanto, nem todas as atividades antrópicas se encontram diretamente correlacionadas a alguma cobertura. O turismo, por exemplo, é uma atividade que pode ocorrer em diversas coberturas (áreas urbanizadas, florestais, corpos d'águas continentais) e só pode ser definida com base em dados complementares. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de aprofundamento de estudos dos impactos e benefícios em usos da terra que não são possíveis de serem obtidos somente com técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Com isso espera-se também avaliar o potencial turístico da APA Tietê e prover informações para a implantação de eventuais Planos de Desenvolvimento Integrado de Turismo. Esses planos, quando implementados fornecem dados (por exemplo relacionados a infraestrutura de água e esgoto) que podem auxiliar na geração de indicadores ambientais essenciais para a formulação de políticas públicas sustentáveis (TRENTIN; SAN SOLO, 2006).

## **7.2. Áreas de Preservação Permanente e o conflito no uso da terra**

Na apresentação dos resultados observou-se que 73,08 ha, ou aproximadamente 1,75% da área total de APPs mapeadas, possui como uso da terra atual corpos d'água continentais. Esse fato ocorre, pois, para o mapeamento dos rios e nascentes, utilizou-se a drenagem representada nas cartas topográficas oficiais, e para determinação do atual uso da terra, incluindo a categoria de cursos d'água continentais, utilizou-se a imagem de satélite *RapidEye*. Evidentemente, erros de deslocamento podem ocorrer nessa análise, quanto a posição exata que flui os cursos d'água, devido, principalmente, a certas questões de escala e

de ruídos derivados do processo de classificação automática supervisionada.

Embora as APPs tenham sido geradas com base em dados oficiais obtidos em escala semi-detalhada, ocasionando sub-dimensionamento de cursos d'águas e nascentes, a APA Tietê possui uma elevada porcentagem (67,61% ou 2.078,94 ha) da classe florestal localizada fora de APP. Essa observação, aliada ao fato de que a APA não possui nenhuma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) ou outra categoria de UC sobreposta (WWF, 2012), pode indicar que a ocorrência dessa área florestal se dá pela obrigatoriedade de constituição de RL. Entretanto neste trabalho não foi possível averiguar essa informação, uma vez que não há levantamentos oficiais de fácil acesso disponibilizados pelos órgãos ambientais.

Diante disso, destaca-se a importância da investigação de averbações de RL, por meio do levantamento de todas as matrículas de imóveis rurais das propriedades da APA Tietê. Essa investigação torna-se essencial, pois caso não existam RL na área, isto poderia indicar que aproximadamente metade da atual área de fragmentos não está protegida, ou seja, pode ser suprimida sem prejuízo legal. Por outro lado, isso pode também indicar um aspecto cultural positivo voltado para a preservação ambiental da população residente da APA Tietê, visto que a preservação ocorreria sem a necessidade de uma imposição do Estado.

O conflito de uso da terra da APA Tietê encontra-se em um estado bastante acentuado, uma vez que 74,40% das APPs são afetadas por uso conflituoso. Em estudos com metodologias semelhantes, os resultados obtidos foram: 78,39% para município de Alegre em Espírito Santo (NASCIMENTO et al., 2005); 73,75% para o entorno do Parque Nacional de Caparaó em Minas Gerais (OLIVEIRA et al., 2008); 58,69% para o município de Itabira em Minas Gerais (SILVA et al., 2010).

Um dos motivos que explica os elevados índices de conflito no uso da terra, é que esses usos geram benefícios econômicos para grupos de interesse privado ou corporativos, enquanto os custos, ou seja, as externalidades não comercializadas são divididas entre todos,

sobretudo pago pelas gerações futuras (DE GROOT, 2006). Em muitos casos, os benefícios econômicos obtidos por poucos provêm de incentivos fiscais e subsídios governamentais, e, embora em curto prazo esses programas de incentivos e subsídios possam ser racionais e respeitar aos objetivos das políticas públicas, em longo prazo são ineficientes tanto para a economia quanto para os serviços naturais (DE GROOT, 2006).

Considerando que a manutenção de uma mata ciliar bem preservada é fundamental a manutenção de serviços ecossistêmicos essenciais como a regulação do ciclo hidrológico da água (TUNDISI; TUNDISI, 2010), e que a APA Tietê possui uma verdadeira “ilha de produtividade” de água potável subterrânea, ou seja, um grande aquífero com produtividade o suficiente para abastecer totalmente os municípios de Tietê e Jumirim (FERREIRA et al., 2005), destaca-se a situação crítica atual que a UC se encontra. Já se pode inclusive constatar danos prejudiciais, como a queda dos níveis d’água ou rebaixamento do lençol freático afetando diretamente a produtividade de poços tubulares profundos, principal fonte de captação de água potável para a APA Tietê (FERREIRA et al., 2005).

Além disso, deve-se considerar a existência de protocolos de intenções e termos de compromisso que visam investimentos em obras na hidrovia Tietê-Paraná. Essa hidrovia tem por objetivo realizar a interligação logística entre os estados de São Paulo pelos rios Tietê e Paraná. O atual projeto prevê ampliar a extensão navegável em mais de 200 quilômetros, incluindo o trecho desde a represa de Barra Bonita até o município de Salto (BRASIL, 2013). Diante disso é evidente que a APA Tietê sofrerá impactos positivos e negativos, principalmente decorrentes de barragens e eclusas necessárias para ampliar a navegabilidade nesta hidrovia.

Assim sendo, algumas alternativas de programas e subsídios podem ser exploradas, de forma a cessar a perda de floresta e o estímulo a restauração de áreas de maior interesse ambiental, dentre elas: esquemas de pagamento por serviços ambientais, propostas de alterações nos usos da terra para torná-los mais compatíveis com a floresta e com a manutenção das dinâmicas ecossistêmicas, além de engajar as comunidades na conservação. Para Cortina-Villar

et al. (2012), que estudaram as UCs com populações residentes no México, pagamento por serviços ambientais e acesso ao mercado de carbono foram as opções identificadas para garantir a permanência das florestas.

### **7.3. Fragmentos de vegetação florestal de Mata Atlântica e Seleção de áreas para subsidiar o Plano de Manejo da APA Tietê**

A APA Tietê apresentou uma cobertura por fragmentos florestais correspondente a 9,98% (4.613,63 ha) da sua área total, uma porcentagem abaixo da encontrada em outros municípios do interior do estado de São Paulo que possuem formações de Savana e Floresta Estacional Semidecidual: Sorocaba (16,68%) (MELLO, 2012), Santa Cruz da Conceição (17,98%) (FUSHITA, 2006), Araraquara (10,59%) (MOSQUINI, 2005) e São Carlos (14,1%) (CINTRA et al., 2004). Quando não são considerados os fragmentos menores que 1 ha, essa porcentagem ainda é reduzida a 9,67% de cobertura florestal nativa para UC.

Esses dados mostram um quadro preocupante de conservação dessas formações vegetais e, conseqüentemente, para as espécies endêmicas existentes nesses habitats. Segundo Person et al. (1996) apud McIntyre; Hobbs (1999) alguns autores consideram paisagens com valores próximos a 10% de habitat como sendo altamente fragmentadas, a ponto de serem consideradas totalmente degradadas. As paisagens com menos de 30% de habitat tendem a ter apenas fragmentos pequenos e muito isolados, e por conseqüência suportam baixa diversidade de espécies (MARTENSEN et al., 2008).

Assim como discutido no tópico anterior, existem indicadores que podem ser utilizados para inferir as conseqüências do montante de cobertura vegetal existentes, como o limiar de 30% proposto por Andrén (1994) ou o valor de cobertura de 59,8% proposto pela teoria da percolação (STAUFFER, 1985 apud METZGER, 1999).

Essas inferências feitas com base nesses limiares - fluxo de dispersão dos indivíduos diminuto, elevada probabilidade de extinção das subpopulações presentes nos fragmentos e

diversidade de espécies afetada pela distribuição dos remanescentes na paisagem - se mantêm válidas apesar de um aumento na área total de vegetação florestal nativa encontrado nesta segunda etapa do mapeamento<sup>5</sup> (de 3.075,02 ha para 4.613,62 ha).

Quando analisados especificamente as machas de floresta nativa, foram mapeados 908 fragmentos florestais. Essa métrica da paisagem é considerada ambivalente, pois se por um lado um elevado número de fragmentos pode ser equiparado com riqueza estrutural, por outro lado pode também indicar retalhamento da paisagem (LANG; BLASCHKE, 2009). De acordo com Fahrig (2003), o grande número de fragmentos de vegetação florestal, especialmente de tamanhos diminutos, é resultado do processo de fragmentação e reflete o alto grau de retalhamento da paisagem.

Com relação a métrica de área de um fragmento sabe-se, que em geral, é o parâmetro mais importante para explicar as variações de riqueza de espécies (METZGER, 1999), e é esperado que os fragmentos maiores possuam probabilidade de abrigar maior riqueza de espécies, e por isso sejam considerados mais relevantes para conservação da biodiversidade (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

No caso da APA Tietê obteve-se o resultado que aproximadamente 88% dos fragmentos mapeados possui área menores que 10 ha. Este padrão é considerado habitual para paisagens de Mata Atlântica (RANTA et al., 1998) e foi obtido em outros estudos realizados no interior do estado de São Paulo (VALENTE, 2005; FUSHITA, 2006; TAMBOSI, 2008; MELLO, 2010). Apesar de frequente, este cenário é preocupante, uma vez que as florestas de interior representam o segundo centro de endemismo da Mata Atlântica mais ameaçado do Brasil, com 7,1% de cobertura remanescente (RIBEIRO et al., 2009).

Embora os fragmentos com maior área sejam mais relevantes para a conservação da biodiversidade, não se pode descartar os benefícios trazidos pelos pequenos fragmentos, como

---

<sup>5</sup> Na primeira etapa utilizou-se classificação automática supervisionada de imagens de satélite *RapidEye* com resolução espacial de 5 m, enquanto que posteriormente vetorizou-se manualmente cada fragmento em ortofotos com resolução espacial de 01 m.

por exemplo, fragmentos menores ainda podem facilitar a movimentação das espécies entre os remanescentes maiores, aumentando a conectividade funcional da paisagem para as espécies florestais (METZGER, 1999; METZGER, 2003). Ribeiro et al. (2009) observaram que a retirada dos fragmentos menores de 50 ha aumenta o isolamento dos maiores fragmentos e reduz a conectividade entre eles, e por isso a conservação dos fragmentos pequenos não pode ser negligenciada.

Segundo Metzger (1997), fragmentos com área superior a 0,72 ha têm condições de assumir a função de trampolins ecológicos, facilitando a locomoção e dispersão de muitas espécies. Até mesmo árvores isoladas presentes em áreas abertas podem funcionar como trampolins para algumas espécies de aves de Mata Atlântica (BOSCOLO et al., 2008).

Além disso, os fragmentos menores que 50 ha usualmente representam uma grande parcela da cobertura total remanescente, e no caso de Mata Atlântica, em todo o território brasileiro, estes pequenos fragmentos representam 10,2% da cobertura total de floresta (RIBEIRO et al., 2009). Para a APA Tietê os fragmentos menores que 50 ha, representaram cerca de 84,43% do total de cobertura florestal remanescente, destacando ainda mais a importância de conservação destes pequenos fragmentos para a UC.

Nesse sentido, é importante que os planos de conservação, e principalmente o Plano de Manejo da APA Tietê, envolvam a manutenção de pequenos fragmentos, ressaltando a importância destes na conexão entre os remanescentes maiores, e, conseqüentemente, contribuindo para a conservação da biodiversidade.

A análise também mostrou que a APA Tietê não apresentou fragmentos maiores que 200 ha. Apesar desta situação ser encontrada em diversos municípios do estado de São Paulo (MELLO, 2012; CINTRA et al., 2004; MOSCHINI, 2005; FUSHITA, 2006), denota-se que os remanescentes na APA Tietê podem não possuir extensão suficiente para garantir a sobrevivência de populações a longo prazo somente no interior destes fragmentos, mas podem

abrigar indivíduos de metapopulações, atuando como suporte para “áreas fontes” no âmbito regional em que a UC está incluída.

A atribuição de maior peso para área na análise priorizou fragmentos que potencialmente abrigam maior número de espécies (METZGER, 1999), e que possuem maior extensão para abrigar aquelas espécies que não conseguem se estabelecer em fragmentos diminutos (PARDINI et al., 2005; PARDINI et al.; 2010; UEZU, 2006), assim como foi feito em outros trabalhos relacionados (METZGER et al., 2008; RIBEIRO et al., 2009). A relação espécie-área pode estar ligada a diversidade de habitats, pois conforme aumenta o tamanho da área, novos habitats com suas espécies associadas são encontradas. Pode também estar relacionada área “*per se*”, sendo que o número de espécies seria em função das taxas de imigração e extinção (CONNOR; MCCOY, 1979).

Já os índices de forma estão intimamente relacionados ao efeito de borda, e, portanto, considera-se que fragmentos com formatos mais circulares possuem maior valor para a conservação da biodiversidade, pois lidam com menos efeito de borda, já que o centro da área está equidistante das margens do fragmento (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Fragmentos de habitats mais próximos ao formato circular têm a razão borda-área minimizada e, portanto, o centro da área está equidistante das bordas, ao passo que quanto mais recortada a forma e com menos área, maior o valor desta métrica.

De modo geral, pode-se afirmar que os fragmentos da APA Tietê sofrem moderada influência do efeito de borda. Essa inferência pode ser feita pelos resultados obtidos na métrica de forma (*Shape*), em que observa-se 686 fragmentos com valores entre 1,04 a 2,31, ou seja, mais próximo do formato circular. Entretanto, esses fragmentos representaram apenas 39,11% da área total de cobertura florestal. Mais da metade (60,89%) de área de cobertura florestal nativa é representada por fragmentos que obtiveram elevado valor no índice de forma (> 2,32) e portanto está sob grande influência dos efeitos de borda. Alguns dos efeitos de borda mais importantes são alterações nas condições luminosidade, temperatura, umidade e

vento. E, uma vez que as espécies de plantas e animais são frequentemente adaptadas de forma precisa à essas condições, mudanças eliminam muitas espécies dos fragmentos de floresta (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

A conectividade da paisagem tem efeito nos processos de recolonização após extinções locais, e assim age diretamente na manutenção de uma metapopulação em paisagens fragmentadas (METZGER, 2006b.) Os resultados da métrica de proximidade (Prox) variam de 0 ao infinito, sendo que os valores aumentam à medida que aumentam as áreas dos fragmentos e diminuem as distâncias ao fragmento alvo (TAMBOSI, 2008). Nesta análise, observou-se que 360 fragmentos (39,64%) obtiveram a nota 0, ou seja, não possuem nenhum outro fragmento no *buffer* de 100 m. Esse resultado torna-se preocupante, pois sabe-se que a perda de diversidade de espécies num fragmento está também ligada à posição dos fragmentos em relação a outros fragmentos do mesmo tipo, e que o isolamento de um fragmento age negativamente na riqueza ao diminuir a taxa (ou o potencial) de migração (METZGER, 1999).

Além disso, o alcance dos habitats é um fator decisivo para a sobrevivência de metapopulações (LANG; BLASCHKE, 2009). Com isso, pequenos fragmentos necessitam da proximidade de fontes de colonizadores para se manterem, ou seja, a configuração espacial da paisagem é fundamentalmente importante (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Nos casos mais simples, a distância entre duas manchas pode ser reproduzida com a distância euclidiana. No entanto, muitos organismos não se orientam seguindo a conexão mais curta, mas segundo as estruturas dadas. A distância a ser efetivamente ultrapassada, portanto, é uma função complexa da “permeabilidade de habitat” e “da resistência do mosaico de habitat encontrado no entremeio” (LANG; BLASCHKE, 2009).

Dessa forma, deve-se considerar que a análise da conectividade entre os fragmentos, realizada nesta etapa, não considerou as características da matriz com relação à permeabilidade e resistência das unidades da matriz aos fluxos biológicos, e o quanto algumas

barreiras impedem o movimento das espécies, como por exemplo, rodovias e terrenos íngremes. Diante disso, é evidente a importância que esse tópico seja também abordado nos estudos que precedem a elaboração do PM da APA Tietê.

Com base nos resultados obtidos nessa etapa do trabalho, foi possível inferir quais os fragmentos com alto interesse e que, portanto, devem ser prioritários na gestão para receber atenção especial durante a elaboração do PM da APA Tietê, pois podem representar áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. Para Lang; Blaschke (2009) as métricas da paisagem estão relacionadas com processos ecológicos e desempenham um papel decisivo para o planejamento.

Com isso, é possível o direcionamento de esforços, recursos e especial proteção na elaboração de políticas públicas de ordenamento territorial, em especial Planos Diretores Municipais e o PM da UC, de forma a garantir a preservação das áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. Diante do exposto, pode-se sugerir como medida prioritária, que os municípios envolvidos devam no mínimo assegurar a manutenção dos fragmentos existentes, com especial atenção aos remanescentes que apresentaram interesse alto e muito alto na presente análise, e que podem ser alvo de estudos para o PM.

Embora os fragmentos relevantes a gestão territorial da APA Tietê foram espacialmente identificados, neste trabalho não se identificou se esses fragmentos estão localizados em área públicas ou particulares e se estão protegidos por algum dispositivo legal. Dessa forma, fica evidenciada a necessidade de levantamento desses dados, e caso a maioria dos remanescentes com interesse alto e muito alto esteja localizada em propriedades particulares e não protegidos na forma de lei, gera-se a necessidade de ações por parte do poder público de articulação com os proprietários de terras a fim de se estabelecer melhores estratégias para a manutenção desses fragmentos, como por exemplo, incentivar a criação de RPPN, ou ainda, para o desenvolvimento de estudos específicos sobre a flora, a fauna e a integridade ecológica desses remanescentes, necessários para a elaboração do PM.

Já em casos que esses remanescentes estejam localizados em áreas públicas, poderia se investir na criação de UCs municipais. A criação dessas unidades pode ser subsidiada com recursos de medidas compensatórias exigidas por lei a grandes empreendimentos que desejam ser implantados na região (BRASIL, 2000). Além disso, uma vez estabelecida essas UCs, em especial as da categoria de proteção integral, pode-se receber até 0,5% do valor para o estabelecimento de novos empreendimentos, conforme determina a lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000).

Além disso, destaca-se a importância de aprofundar os estudos em áreas verdes urbanas, que não foram o foco deste estudo. Apesar de na maioria das vezes não possuírem potencial para a criação de uma UC, algumas dessas áreas verdes possuem grande importância para a conservação da biodiversidade, uma vez que podem abrigar algumas espécies e potencialmente promover o aumento da permeabilidade da matriz. Além disso, essas áreas com vegetação nativa presentes nos centros urbanos podem funcionar como locais de refúgio para plantas e animais não adaptados no ambiente urbano (RODRIGUES et al., 1993). Estudos mostram que essas áreas podem abrigar muitas espécies de aves, não só as comuns de ambientes urbanos, mas também algumas espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção (VALADÃO et al., 2006; SANTOS; CADEMARTORI, 2010).

As áreas verdes urbanas podem contribuir para a conservação das espécies e podem desempenhar vários outros serviços ecossistêmicos ligados a melhoria da qualidade de vida da população, incluindo absorção e filtração de poluentes, regulação do microclima, redução de ruído, retenção de águas pluviais, paisagem esteticamente mais agradável e oportunidades de recreação e pesquisa (CHEN; JIM, 2008).

Outro aspecto a ser abordado trata-se da qualidade dos fragmentos florestais amostrados. O presente estudo quantificou e caracterizou os fragmentos com base em algumas métricas da paisagem, entretanto por meio dessas métricas não é possível extrair conclusões sobre o atual estado de conservação e integridade ecológica destes fragmentos.

Durante as checagens realizadas em campo foi evidenciado o efeito de borda sofrido por esses fragmentos, sendo que muitos estavam cobertos por lianas (Figura 4). Esse denso emaranhado de trepadeiras e outras espécies pioneiras de crescimento rápido frequentemente cresce na borda da floresta em resposta à alta quantidade de luz. Se por um lado um denso emaranhado é visto como “vilão”, pois pode reduzir a área ocupada por espécies de interior de floresta, por outro, esse emaranhado pode trazer benefícios criando uma barreira que reduz os efeitos do distúrbio ambiental no interior do fragmento (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Diante disso fica evidente a necessidade de novos estudos que possam responder a estas questões, avaliando principalmente o atual estado de conservação e a integridade ecológica dos fragmentos florestais.

#### **7.4. Análise do cenário potencial de restauração das Áreas de Preservação Permanente**

A rede hidrográfica mapeada pelo IBGE, em escala 1:50.000, representa o leito regular do rio, e a delimitação das APPs à partir desse leito regular corresponde ao entendimento da nova legislação florestal brasileira (BRASIL, 2012). No extinto Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/65), a delimitação da APP se dá a partir do leito maior sazonal. Na prática isso significa que as APPs irão proteger principalmente vegetação ripária, diminuindo ou até mesmo excluindo a vegetação de terra firme, o que conseqüentemente afetará a função de conectividade (corredores) entre fragmentos, uma vez que na temporada de chuva a dispersão dos organismos pode ser influenciada pelo inundamento (GARCIA et al., 2013).

Além disso, Garcia et al. (2013) e Tundisi; Tundisi (2010) demonstraram diversos outros efeitos negativos na diminuição da APP causada pela diferença de sua delimitação, dentre eles: comprometimento da recarga dos aquíferos; alterações na qualidade da água; aumento das forças erosivas e o transporte de sedimentos; aumento da mortalidade de peixes; aumento do efeito de borda; e diminuição da diversidade de espécies da comunidade de plantas (uma vez que sobreviveriam apenas aquelas espécies adaptadas a áreas temporariamente alagáveis).

Ainda no âmbito de política públicas federais, cabe esclarecer sobre os impactos decorrentes da revogação do Código Florestal brasileiro (Lei Federal nº 4.771 de 1965) pelas Leis Federais nº 12.651 e nº 12.727 de 2012. Com a mudança na legislação federal, a APA Tietê sofreu a perda de proteção legal de áreas com relevante importância para a conservação com a criação do conceito de APPs com uso consolidado.

O novo texto, em seu Artigo 61-A, autoriza a continuidade de atividades agrossilvipastoris em áreas rurais que se encontravam consolidadas até o ano de 2008, sendo áreas rurais consolidadas entendidas como: “*área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio*”. Isto significa que todas as APPs que possuíam outros usos da terra até esta data não possuem obrigação legal de reconstituição para o uso florestal nativo, o que provavelmente permite, na prática, dificultar a oportunidade do aumento da cobertura florestal pela restauração das APPs degradadas.

Outra novidade introduzida pela nova legislação florestal se dá quanto a obrigatoriedade de recuperação nas APPs. Embora a definição da extensão das APPs tenha se mantido em comparação com o antigo Código Florestal (Art 4º, BRASIL, 2012), a nova legislação permite, como comentado, a continuidade de atividades agrossilvipastoris em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, e fixa faixas marginais obrigatórias de recomposição nas APPs de acordo com o tamanho da propriedade rural. Essas faixas obrigatórias de recomposição variam de 5 metros (para pequenas propriedades) até 20 metros (para imóveis rurais com área superior a 2 módulos fiscais).

Embora alguns autores encarem essa novidade como um retrocesso, uma vez que na prática diminui a área total de APP, outros enxergam mudanças positivas, como a exigência direta e explícita de recuperação da área. A legislação antiga não exigia restauração ativa para as APPs, nesse caso, para a recuperação dessas áreas bastava o proprietário de terra apenas

isolar os fatores de degradação (gado, fogo, extração seletiva, e etc.) e abandonar a área para regeneração natural sem cuidar para que a recuperação se tornasse efetiva (GARCIA et al., 2013).

Dessa forma, em uma mesma margem de determinado rio poderão existir faixas de recomposição de 5 metros e de 20 metros contíguas, pois a APP que deverá ser recomposta por lei irá variar de acordo com o tamanho propriedade e não somente com o tamanho do rio. Como informações referentes aos limites das propriedades rurais particulares ainda são escassas e não estão disponíveis amplamente, não foi possível realizar essa análise detalhada para cada caso. Espera-se que com a obrigatoriedade do Cadastro Ambiental Rural, instituído pela nova lei, a informação de limites de propriedades rurais particulares se torne de fácil acesso e com isso análises mais detalhadas possam ser elaboradas e utilizadas na gestão territorial dos municípios.

Diante disso, torna-se possível explicar por que neste estudo elaborou-se um cenário de restauração e não foi possível estabelecer o cenário legal, que determinasse com exatidão quais áreas estão irregulares ou ilegais perante a legislação vigente. Logo, observa-se que nesse cenário de restauração proposto, não há obrigação legal de recuperação dessas APPs conforme mapeamento realizado (trinta metros a partir do leito regular do rio).

Embora o cenário de restauração estabelecido neste estudo não represente fielmente o cenário legal, os resultados obtidos na análise puderam proporcionar ricas discussões à respeito. Os dados do cenário atual, obtidos na etapa anterior, revelaram que há 2.065,79 ha das APPs cobertos por fragmentos florestais. Somando-se a isso 1.540,74 ha de fragmentos florestais localizados fora de APP, totalizam-se 4.613,62 ha de fragmentos florestais no cenário atual da APA Tietê. Analisando-se um cenário de restauração em que todas as APPs estivessem cobertas por vegetação nativa, haveria um acréscimo de 2.981,35 ha de floresta nativa, totalizando 7.594,98 ha ou 16,44% da cobertura total da APA Tietê.

Considerando este cenário potencial de restauração, foi possível observar que a

porcentagem de habitat nativo ainda não seria o suficiente para suportar alta diversidade de espécies, garantir a percolação, aumentar a dispersão dos indivíduos entre fragmentos, diminuir a probabilidade de extinção sobpopulações e, portanto, possibilitar a persistência de metapopulações em longo prazo (MARTENSEN et al., 2008; ANDRÉN, 1994; STAUFFER, 1985 apud METZGER, 1999). Porém, em uma paisagem fragmentada, as APPs são importantes pois permitem aumentar a conectividade funcional da paisagem, mantendo corredores ou trampolins ecológicos entre os remanescentes florestais maiores (MEZGER, 2010). Embora a porcentagem alcançada esteja abaixo dos 30% de habitat desejado, a comparação das diferenças nas métricas da paisagem dos dois cenários permitiu mostrar estes outros benefícios que a restauração dessas APPs pode fornecer.

Com a restauração das APPs, pode-se observar que as métricas da paisagem referente ao tamanho (área) e conectividade (Prox), em geral apresentaram melhores resultados. Sobre a métrica de área foi possível observar que apesar de ainda existir um número maior fragmentos menores em relação aos fragmentos maiores, estes fragmentos maiores representaram 83,69% da área total de cobertura florestal nativa no cenário de restauração, enquanto que no cenário atual representaram apenas 17,66%.

Além disso, o aumento da área dos fragmentos permitiu que estes se unissem dando origem a fragmentos ainda maiores, com áreas de 3.556,80 ha e 2.118,57 ha. Tal afirmação pode ser comprovada pela redução do número de fragmentos de 908 para 473. Por consequência, pode-se inferir que a fragmentação diminuiu enquanto que a conectividade entre os fragmentos aumenta, pois os fragmentos passam a acompanhar o desenho da rede hidrográfica formando corredores naturais por toda extensão territorial da APA, integrando principalmente os dois principais rios existentes (Tietê e Capivari).

Já para a métrica de forma, os valores apresentaram a mesma tendência para ambos os cenários, ou seja, um maior número de fragmentos possui valores de forma entre 1,04 e 1,67 (385 fragmentos para o cenário atual e 261 fragmentos para o cenário de restauração). Isso

ocorre porque a restauração proposta acompanha o curso dos rios, o que naturalmente fará com que os fragmentos restaurados possuam forma alongada.

Além disso, observou-se nos dois cenários que os fragmentos maiores possuem formas mais alongadas. Entretanto foi possível notar uma grande diferença entre os dois cenários, sendo que ocorreu um grande aumento da porcentagem de área da cobertura vegetal para a classe de forma com resultados acima de 3,58 (de 22,61% no cenário atual para 85,24% no cenário de restauração.). Isso pode ser explicado, pois estes fragmentos possivelmente estão conectados por corredores de vegetação ciliar, que seguem o formato alongado de cursos d'água (TAMBOSI, 2008).

Com relação a métrica de proximidade, no cenário de restauração diminuiu o número de 361 fragmentos, que não possuem nenhum outro fragmento vizinho em um raio de 100 m, para 157. Além disso, a porcentagem da área total de fragmentos com resultado de proximidade acima de 1.591,77 aumentou de 0,87% no cenário atual para 82,09% no cenário de restauração (conforme observado na Figura 30). Ou seja, os fragmentos apresentaram notas melhores de proximidade com outros fragmentos, indicando que a conectividade no cenário de restauração da APA Tietê melhorou, ampliando as possibilidades de dispersão da fauna e flora existente nesses fragmentos.

Dessa forma, pode-se observar que além do acréscimo de área total de vegetação nativa na paisagem, a restauração florestal das APPs resultaria na formação de manchas de vegetação mais extensas e com valores maiores de conectividade. Diante disso, ficou evidenciado a validade de conectar os fragmentos da APA Tietê por meio de APPs, de forma a obter bons resultados que possibilitem os gestores a atingir os objetivos mínimos conservacionistas da UC.

Também destaca-se a importância dessa possibilidade de restauração por meio das matas ciliares contribuir para a formação de corredores ecológicos. Os corredores são essenciais no controle de fluxos biológicos na paisagem, facilitando-os, permitindo assim

reduzir os riscos de extinção local e favorecendo as recolonizações, e, portanto, aumentando a sobrevivência das metapopulações. Entretanto, esses corredores devem ser devidamente planejados e monitorados, pois podem também apresentar impactos negativos, facilitando a propagação de algumas perturbações, tais como fogo (METZGER, 2006b).

Além disso, cabe ressaltar que a APA Tietê é recortada pelo rio homônimo. Este rio possui grande importância histórica e econômica para o Brasil, e em particular para São Paulo, sendo evidenciado por historiadores e geógrafos como grande partícipe do desenvolvimento da região metropolitana, sobretudo na produção de energia elétrica (ROCHA, 1992; SÃO PAULO, 2014).

Este rio nasce a uma altitude a 1.030 m em Salesópolis e deságua no rio Paraná no município de Itapura. Ao contrário de outros rios, o Tietê não segue para o mar, mas segue em rumo ao interior do Estado, pois não consegue sobrepor os picos rochosos em direção ao litoral (SÃO PAULO, 2014). Ao longo das margens, na extensão de 1.100 km de rio, as matas foram dizimadas devido ao surgimento de zonas urbanas de mais de sessenta cidades ribeirinhas, incluindo a Região Metropolitana de São Paulo (ROCHA, 1992) e a atual Região Metropolitana de Sorocaba (SÃO PAULO, 2014). O lançamento de esgotos industriais inicia-se a 45 km da nascente na cidade de Mogi das Cruzes. Na Região Metropolitana de São Paulo o rio atravessa o maior complexo urbano-industrial do país e encontra um de seus trechos mais poluídos, a foz do Tamandateí (SÃO PAULO, 2014). A situação de poluição observada no rio Tietê corresponde a uma das mais críticas de todos os corpos d'água continentais do Brasil (IBGE, 2012).

Diante do exposto fica evidente que o rio Tietê, além de grande importância, recebe grandes quantidades de lançamentos de esgoto e efluentes industriais que são transportados pelo fluxo da água até sua foz, passando inclusive pela APA Tietê. Também é evidente que a poluição da água tem consequências negativas para as populações humanas, destruindo fontes

de alimento (p.ex. peixes e mariscos) e contaminando a água potável (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Além da importância para a conservação da biodiversidade, a restauração de APPs também contribui para a diminuição de impactos ambientais relacionados principalmente à qualidade da água, como: assoreamento dos corpos de água, retenção de poluentes e diminuição de processos erosivos. Dessa forma, gera benefícios tanto para a qualidade de vida humana, como para a sobrevivência de espécies aquáticas (TERESA; CASATTI, 2010).

Logo, reforça-se ainda mais a importância da recomposição de APPs de matas ciliares, especialmente aquelas às margens do rio Tietê. A vegetação que localiza-se nas margens dos rios exerce a função de proteção, filtragem e amortecimento dos impactos provenientes dos ambientes que os circundam. Essas áreas funcionam como zona tampão, se assemelhando a estações de tratamento de água, onde materiais em suspensão depositam-se ao atravessarem essa região. Então os microorganismos agem mineralizando essa matéria orgânica que posteriormente é absorvida pelas plantas (FERRAZ, 2001). Estudos apontaram para maior eficiência neste processo de depuração quando a zona de mata ciliar era ocupada por florestas nativas, diminuindo quando havia pastagens e áreas agrícolas, sendo que estas últimas correspondem as maiores exportadoras de sedimentos dentre os tipos de vegetação analisados (CHAVES et al., 1997).

Dessa forma, evidencia-se a uma infinidade de benefícios que a restauração dessas APPs pode fornecer a conservação da biodiversidade e ao bem estar das populações humanas. Diante disso, indica-se uma outra oportunidade de aprofundamento dos estudos que embasem a criação e implantação de projetos para recuperação das matas ciliares da APA Tietê.

Esses estudos podem, por exemplo, verificar a viabilidade de recomposição em áreas urbanas, podendo se dar por meio do estabelecimento de Parque Lineares. Esses parques surgem como instrumento de planejamento e gestão das áreas marginais aos cursos d'água e visam conciliar aspectos urbanos e ambientais (FRIEDRICH, 2007).

Além de incentivos à criação de UC particulares (RPPN) e públicas, parque lineares e outras áreas protegidas, a gestão da APA Tietê (Fundação Florestal) ou os municípios envolvidos (Tietê e Jumirim) poderiam subsidiar estudos que considerem a implementação de outros programas, como de pagamentos por serviços ambientais e de restauração ecológica. O Programa de Pagamento por Serviços Ambientais é baseado em um sistema de valoração econômica e compensação pelos serviços ambientais prestados em áreas privadas, assim como leis de incentivos fiscais para projetos de conservação e reflorestamento.

Já o Programa de Restauração Florestal poderia ser formado por meio de parcerias entre poder público, proprietários de terras, indústrias, ONG, universidades e escolas. Esse programa visaria iniciar pela recuperação das APPs e demais áreas passíveis de restauração, tanto em áreas livres públicas, como em propriedades particulares e condomínios fechados, priorizando áreas próximas de fragmentos naturais já existentes (VALENTE; VETORAZZI, 2008).

Outro aspecto importante a ser levantado é a necessidade de compatibilização das políticas públicas municipais e estaduais, visto que a gestão da UC em questão é de competência do estado de São Paulo. Na prática isso significa que os planos diretores e zoneamentos municipais têm que estar alinhados com o PM da APA, principalmente no que diz respeito as ações para atingir os objetivos conservacionistas.

Considerando que a expansão das cidades é um processo contínuo e a taxa geométrica de crescimento anual da população de Tietê (1,19% a.a.) e Jumirim (1,96% a.a.) são maiores que a média estadual de 0,87% a.a. (SEADE, 2013), o planejamento territorial deve ser feito de forma a conciliar as demandas por infraestrutura com a conservação da biodiversidade e do meio físico, além de valorizar os patrimônios culturais materiais e imateriais da região. Os projetos de expansão urbana e industrial devem ser integrados aos princípios norteadores do PM, principalmente, no que tange a conservação e restauração de áreas florestais nativas.

Com base nos resultados alcançados no presente trabalho, foi possível verificar a necessidade de aprofundamento em pesquisas sobre as características da permeabilidade da matriz, considerando o quanto algumas barreiras (p.ex. estradas) impedem o movimento das espécies. Os fragmentos florestais estão diretamente sob influência do uso da terra do seu entorno, assim como ocorre para toda a cobertura florestal de Mata Atlântica. Assim, a influência da matriz sobre a persistência e dispersão das espécies deve ser especialmente estudada (METZGER, 2008; PARDINI et al., 2009).

Por exemplo, quando há manutenção de um sub-bosque complexo e diverso em monoculturas de *Eucalyptus spp.*, este uso pode contribuir muito com a conservação de diferentes espécies (FONSECA et al., 2009). Também há de considerar a permeabilidade em áreas urbanas. Deve-se atentar para estas áreas, uma vez que a maior parte da população mundial vive em cidades, e esses ambientes se expandem cada vez mais para as áreas rurais (CARREIRO, 2008). No Brasil, mais de 80% da população já vive em cidades ou aglomerados urbanos (IBGE, 2010). Para os municípios de Tietê e Jumirim, o grau de urbanização, ou seja, o percentual da população urbana em relação à população total é respectivamente, 94,26% e 58,02% (SEADE, 2010). O crescimento populacional e de aumento das áreas urbanas necessitam receber especial atenção no planejamento de cidades, uma vez que as estruturas de áreas urbanas e rodovias não são usualmente possíveis de serem restauradas (GAMA et al., 2013). No caso da APA Tietê, atualmente 2,62% das APPs (equivalente a 140,84 ha) estão cobertos por áreas urbanizadas, e isso pode ser uma dificuldade correlacionada a restauração desse ambiente.

Em visita realizada em campo pode-se constatar a formação de novos loteamentos em Tietê. Um fato interessante é que esses loteamentos parecem ter sido concebidos com uma nova visão que leva em conta os fatores ambientais, pois possuem áreas verdes estabelecidas e árvores plantadas em todas as vias públicas, antes mesmo da construção das residências. Entretanto, essa informação evidencia também a necessidade de monitorar e/ou implantar

programas que orientem que esses plantios sejam conduzidos com espécies nativas. Dessa forma, além de constituir trampolins ecológicos para a dispersão de fauna é possível evitar a dispersão espécies vegetais exóticas e invasoras em demais áreas, podendo prejudicar a recuperação florestal.

Cabe também lembrar que caso os gestores da UC, juntamente com demais representantes dos governos municipais e representantes da sociedade civil, optem por incentivar a restauração das APPs, deve-se buscar um método adequado que permita não somente a conectividade estrutural, mas também a funcional. Dependendo do método utilizado, essa conectividade funcional poderá não ser alcançada, pois devido à elevadas diferenças nas características florestais e fisionômicas entre os corredores e os fragmentos, o fluxo gênico é dificultado (BRANCALION et al., 2010).

#### **7.5. Indicação de zonas prioritárias para implantação de Reserva Legal**

Outra opção para incrementar a cobertura vegetal total na APA Tietê, seguindo os incrementos propostos por lei, é a restauração de áreas por meio da RL. A RL é definida como área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012).

Os critérios desenvolvidos, seguindo o protocolo de seleção de áreas prioritárias para a restauração proposto por Gama et al. (2013), possibilitaram identificar áreas com exclusividade para o território da APA Tietê, uma vez que foram gerados com base nos fragmentos florestais individualmente mapeados conforme descrito na item 3.2. Baseada em métricas de paisagem, essa metodologia permitiu identificar áreas chave para a restauração de habitat. Um ponto crítico que pode ser identificado com a adoção desse protocolo é que se partiu do pressuposto de que todas as áreas não compostas por habitat (fragmentos florestais

nativos) podem ser restauradas. Somente excluíram-se dessa análise os corpos d'água com largura superior a 10 metros e aglomerado urbano consolidado (centro das cidades). Tal premissa é uma clara simplificação de paisagens reais, uma vez que o grau de dificuldade de se restaurar habitat com usos da terra distintos é variável. Por exemplo, áreas urbanas e rodovias usualmente não são possíveis de serem restauradas (GAMA et al., 2013).

Conforme descrito na metodologia, o critério de áreas desenvolvido conforme Gama et al. (2013), avaliou quatro tipos distintos de áreas. Sobre o primeiro e segundo critérios, que buscam aumentar a conectividade entre fragmentos por meio de corredores de largura fixa ou largura ampliada, pode-se afirmar que são técnicas comumente propostas que geram resultados positivos. Entretanto não são fáceis de serem aplicados em campo, pois para sua implantação é preciso que áreas particulares sejam reflorestadas e em alguns casos o proprietário do imóvel pode não estar disposto a mudar o seu uso da terra (GAMA et al., 2013). Nesses casos, a restauração das APPs, evidenciada no cenário de restauração pode ser uma opção mais vantajosa, uma vez que pela legislação são áreas que devem ser minimamente recuperadas (mesmo apesar da nova legislação diminuir a largura total a ser recuperada de acordo com o tamanho da propriedade).

Já o terceiro e quarto critérios analisados, que buscam aumentar o tamanho dos fragmentos por meio das zonas de resiliência ou por meio de preenchimento de invaginações, podem oferecer vantagens financeiras. Considerando que os processos de restauração têm elevado custo, alguns especialistas têm recomendado que os esforços devessem estar em locais que poderiam ser recuperados por processos autogênicos, ou seja, pela promoção da regeneração natural. Isso diminui o custo de restauração quando comparado com o plantio total, além de aumentar as chances de sucesso (GAMA et al., 2013). A utilização de zonas de resiliência, que possuem alto potencial de fontes de semente, pode aumentar a contribuição dos processos de regeneração natural e diminuir os custos de restauração (METZGER; BRANCALION, 2013).

O quarto critério, que aumenta o tamanho dos fragmentos por meio do preenchimento de invaginações, oferece ainda uma vantagem adicional. Além de aumentar a área total de cobertura vegetal e melhorar os índices de conectividade, torna os fragmentos em um formato mais circular, reduzindo o efeito de borda.

As camadas propostas nessa etapa são potenciais modelos que podem ser usados sozinhos ou combinados em determinadas sequências, até que o objetivo definido seja alcançado. Além disso, durante a execução de estudos que precedem o PM, novos dados que forem adquiridos em campo podem ser adicionados para complementar as informações desses critérios. Por exemplo, no critério de zonas de resiliência podem ser consideradas ainda as informações de áreas fontes, como os maiores remanescentes da região analisada, ou fragmentos que possuem determinadas espécies alvos.

Embora comprovado cientificamente que a nova legislação florestal traz retrocessos ambientais ao país (GARCIA et al., 2013; METZGER. et al., 2010; SOARES-FILHO et al., 2014) e existam medidas jurídicas que tentam suspender a eficácia dessa lei, como ajuizamento de três Ações Diretas de Inconstitucionalidade (ADIs 4901, 4902 e 4903) que questionam os dispositivos na nova legislação florestal brasileira (Lei 12.651/12) (STF, 2013), atualmente a referida lei está vigente, e como este trabalho busca fornecer subsídios para a elaboração do PM da APA Tietê, este estudo foi realizado de acordo com as exigências contidas nessa nova lei.

Considerando o levantamento referente aos módulos fiscais e ao tamanho das propriedades rurais nos órgãos oficiais competentes, obteve-se que aproximadamente 61,16% (ou 25.574,90 ha) da área total da APA é constituída por propriedade de até quatro módulos fiscais (104 ha). O restante, 38,84% da área total da APA (ou 16.239,60 ha) é constituído por propriedades acima de quatro módulos fiscais. Esse valor encontrado para APA Tietê corresponde ao cenário nacional, em que as propriedades rurais maiores que quatro módulos

fiscais representam aproximadamente 76% da área total do país, embora representem apenas 10% do número de propriedades (IPEA, 2011).

A nova legislação florestal considera como áreas rurais consolidadas aquelas que possuem uso alternativo até 22 de julho de 2008. E no caso da RL, os imóveis rurais que detinham, até essa data, área de até 4 (quatro) módulos fiscais e que possuíam remanescente de vegetação nativa em percentuais inferiores ao previsto no Artigo 12, a RL deve ser constituída com a área ocupada com a vegetação nativa existente em 22 de julho de 2008, vedadas novas conversões para uso alternativo do solo.

Diante da dificuldade de se obter recursos voltados para a realização da presente pesquisa para a aquisição de imagens de satélite de alta resolução para esta data, não foi possível identificar essas áreas no interior da APA. Porém, pode-se identificar mais uma oportunidade de aprofundamento de estudos que visam à elaboração do PM da APA Tietê. Considerando que essas áreas rurais consolidadas podem permanecer com esses usos em comparação com a legislação antiga, Garcia et al. (2013) observaram uma redução da necessidade de restauração de 54% para as APPs e de 60% para RL em 57 propriedades privadas avaliadas nos estados de Mato Grosso, Brasília, Bahia e Minas Gerais. De acordo com Soares-Filho et al. (2014), com o novo código florestal, aproximadamente 90% das propriedades rurais brasileiras serão anistiadas por essas áreas consolidadas.

Outra novidade que nova legislação florestal traz é a possibilidade de compensação de RL em outra propriedade. A nova legislação permite compensação de áreas de RL insuficientes por meio da compra de terras florestadas em regiões distantes, desde que no mesmo bioma, enquanto que o código antigo permitia a compensação desde que localizado na mesma micro-bacia.

Isso acarretará que as RL serão instituídas em áreas com baixo valor de mercado, sem considerar o valor ambiental e importância regional, perdendo-se ainda a oportunidade de aumentar a conectividade em paisagens fragmentadas e com chances de continuar a

comprometer a persistência futura da biodiversidade e das metapopulações em diversas áreas (GARCIA et al., 2013) Isso irá limitar o estabelecimento de novas manchas florestais que poderiam ser usadas pela fauna como trampolins, para maximizar a área coberta por remanescentes, reduzir os efeitos de borda e/ou aumentar as áreas núcleo dos remanescentes florestais.

Embora essa nova abordagem possa afetar negativamente a conservação e serviços ambientais, ainda assim pode trazer também uma oportunidade. Alguns autores encaram essa Cota de Reserva Ambiental (CRA) como um dos mais importantes mecanismos introduzidos pela nova lei, que pode reduzir o desmatamento e trazer benefícios ambientais (SOARES-FILHO et al. 2014; SPAROVEK et al., 2011). Para Soares-Filho et al. (2014), quando observado atributos ecológicos da paisagem, a implantação do CRA poderia criar um mercado de negociação para áreas florestadas, adicionando valor monetário para vegetação nativa.

Além disso, essa cota, seria mais atrativa para os proprietários de terra, pois evitariam os elevados custos de restauração. Para os donos de terras que querem legalizar sua situação, compensar fora da propriedade poderá, dependendo da relação da oferta e demanda, ser mais barato do que reduzir a área de produção e restaurar a vegetação natural na propriedade onde foi criado o passivo (SPAROVEK et al., 2011). Outra vantagem é a proteção de áreas que de outra forma poderiam facilmente ser legalmente desmatadas. Para a Mata Atlântica, nos casos de compensação, a vegetação nativa não protegida diminuiria de 10 milhões de hectares para 1 milhão de hectares (SPAROVEK et al., 2011).

Diante dessa possibilidade de compensação de RL extra propriedade, os gestores responsáveis pela UC devem considerar a possibilidade de criação de bancos de áreas para a implantação na APA Tietê. Esse banco permitiria identificar propriedades rurais com crédito de RL (ou seja, acima do exigido por lei) de forma que essas possam servir como compensação de RL de outras propriedades com déficit de RL (ou seja, abaixo da exigida por lei). Dessa forma, caso os proprietários de terra no interior da APA desejem compensar seu

déficit de RL extra propriedade, essa compensação seria facilitada para ocorrer dentro do próprio território da UC. Isso permitiria aumentar significativamente a proporção de habitat florestal nativo na APA Tietê, assegurar que áreas prioritárias para implantação da RL sejam inteiramente reflorestadas, assegurar que as áreas já florestadas e sem proteção legal passem a ser oficialmente protegidas e garantir o cumprimento legal por parte dos proprietários de terra, simultaneamente.

Além disso, uma excelente alternativa para evitar esse problema de compensação de RL em propriedades externas a APA Tietê, seria o incentivo a pacotes para encorajar a restauração dessas áreas menos produtivas pelos proprietários de terra (GARCIA et al., 2013). Por exemplo, Soares-Filho et al. (2014) concluíram que se a implantação de RL ocorresse exclusivamente em pastagens inadequadas para agricultura, restariam muitos poucos hectares para serem recuperados em áreas agricultáveis. Segundo Metzger et al. (2010), alguns autores afirmam que é possível aumentar a produção agrícola sem converter novas áreas de vegetações nativa, pela conversão de pastos adequados para agricultura e intensificando a produção pecuária nos pastos remanescentes.

Pode-se induzir que para o cumprimento mínimo da legislação florestal vigente, as propriedades acima de quatro módulos fiscais (correspondente a 16.239,60 ha ou 38,84% da APA Tietê) deverão averbar na forma de RL, aproximadamente 3.247,92 ha de área com cobertura florestal nativa. Com essa área, poderiam sere restauradas todas as áreas até o nível de prioridade 5 estabelecidos no zoneamento desse estudo, somando 2.491,47 ha e restando apenas 756,45 ha a serem restaurados em outras zonas de prioridade.

Considerando que o investimento em políticas de incentivo econômico como pagamento por serviços ambientais a proprietários de terra, para restaurar e conservar áreas prioritárias, são fundamentais para resguardar os ecossistemas naturais brasileiros (GARCIA et al., 2013). Uma possibilidade seria a utilização do zoneamento proposto neste estudo para estimular financeiramente a restauração em zonas prioritárias, remunerando o proprietário que

implantasse RL nessas áreas. Os incentivos econômicos são uma boa alternativa a ser considerada, pois caso os proprietários não enxerguem nenhuma benefício, os proprietários serão cada vez mais encorajados em exercer os direitos de desmatar, garantidos pela nova legislação (SOARES-FILHO et al., 2014).

Se essa área proposta fosse restaurada (até o nível de prioridade 5), ajudaria a cumprir a meta dos 15 milhões de hectares do desafio coletivo instituído pelo Pacto pela Restauração da Mata Atlântica até 2050 (BRANCALION et al., 2010). Esse desafio foi estabelecido por um grupo de ONGs, empresas privadas, governos e instituições de pesquisa em 2009 (CALMON et al., 2011).

Com esse programa de restauração é possível promover, além da conservação da biodiversidade, oportunidades de geração de emprego e renda através da cadeia de suprimentos da restauração e fornecer serviços ecossistêmicos a milhares de pessoas e negócios (CALMON et al., 2011). Há de se considerar também que a restauração florestal em muitos casos representa ganho de mercado e maior geração de emprego e renda (BRANCALION et al., 2010). O pacto estima que para cada 1000 ha de áreas a serem restauradas, serão gerados 200 empregos diretos e indiretos (CALMON et al., 2011). Por meio da restauração dos 15 milhões de hectares, o Pacto tem o potencial de gerar mais de 3 milhões de empregos locais diretos e indiretos por meio da coleta e processamento de sementes, produção de mudas, plantio, manutenção, monitoramento e avaliação e pesquisas básicas e aplicadas. Além disso, é esperado que essa área remova aproximadamente 200 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> por ano e deverá estocar aproximadamente mais de 2 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Ainda, é possível conseguir investimentos para os projetos de restauração da APA Tietê, uma vez que esse programa planeja mobilizar e investir mais de U\$ 77 bilhões nas próximas quatro décadas, para alcançar pelo menos 30% da cobertura florestal (CALMON et al., 2011). Além da criação de políticas públicas municipais e estaduais, por meio dos gestores

diretos da APA Tietê, cabe também buscar subsídios para restauração em programas federais de incentivo já consolidados como o Programa de Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que fornece US\$ 1,5 bilhão em empréstimos subsidiados anuais a proprietários que visam aumentar a produtividade agrícola, que reduzem as emissões de carbono associadas e apoiam a restauração florestal.

Outra oportunidade de ganho econômico por parte dos proprietários de terra com a RL, é que nessas áreas é possível incorporar atividades de exploração de madeira nativa e produtos não madeireiros. É importante que os programas de restauração possuam benefícios para os proprietários de terra, pois embora os programas de conscientização proporcionem que boa parte da população aceite os programas de restauração ecológica, essa parte é composta somente por uma parcela urbana e não proprietária de terra. É frequentemente observado em debates para a elaboração de políticas públicas essa diferença de aceitação entre fazendeiros e a população urbana, pois, quando um indivíduo é beneficiado pela ação de outros, esse indivíduo não oferece resistência a restauração, mas se esse mesmo indivíduo tem que doar um pedaço da sua terra, talvez a restauração possa ser dificultada (BRANCALION et al., 2014).

Além de aumentar a cobertura de vegetação nativa e melhorar a conectividade por meio da instalação de corredores, com implantação da reserva legal será possível instituir uma matriz de habitat mais permeável, implantando sistemas agroflorestais ou sistemas de florestas comerciais em regiões de floresta nativa (METZGER; BRANCALION, 2013). Projetos de restauração próximos de cidades podem ser notáveis lugares para o uso público e Educação Ambiental, usado para aulas a céu aberto, bem como para a pesquisa de restauração, e aqueles localizados no interior podem ser utilizados por turismo (BRANCALION et al., 2014). Em estudo realizado por Brancalion et al. (2014), a população relatou melhora na produção e qualidade da água como principal benefício derivado da restauração florestal.

Outro aspecto é que atualmente há falta de dados sobre os limites das propriedades rurais para todo o território brasileiro (IPEA, 2011) e isso pode dificultar regulamentações, uma vez que na nova legislação referente ao Código Florestal as diretrizes para restauração florestal são baseadas no tamanho da propriedade. O CAR é considerado a chave do sucesso, pois esse sistema irá aumentar a transparência do cenário atual de quantidade e tamanho da propriedade, bem como seu atual estado de conservação, e também fornecerá o caminho para a conformidade ambiental (SOARES-FILHO et al., 2014), facilitando o mercado de cotas de RL e o pagamento por serviços ambientais. Nesse sentido o CAR, criado pela nova lei, será de extrema importância para permitir programas de restauração pelo Brasil (GARCIA et al., 2013) e também para obter dados essenciais para gestão territorial da APA.

Mesmo embora as atividades de fiscalização das leis tenha aumentado, o setor do agronegócio brasileiro historicamente sempre tomou vantagem da fraqueza de fiscalizar o cumprimento da legislação ambiental. A anistia permitida pelo novo código pode levar a percepção de que os responsáveis pelos desmatamentos ilegais provavelmente não serão punidos, e, talvez, até fiquem impunes por reformas em futuras leis. Esse é o grande desafio apresentado pelo novo código que deve ser combatido, investindo-se principalmente na melhoria de capacidade de monitoramento que pode ser facilitado pelo CAR (SOARES-FILHO et al., 2014).

Além disso, há de conscientizar e sensibilizar os proprietários para os benefícios garantidos por iniciativas privadas como certificações internacionais e boicotes de produtos agrícolas cultivados em áreas de alta biodiversidade ou recentemente desmatadas (SOARES-FILHO et al., 2014). Nesse cenário, observa-se ainda um aumento no número de fazendeiros que aderem voluntariamente aos processos de certificação ambiental e social. Esses processos de certificação podem garantir o acesso a mercados especiais que fornecem incentivos financeiros para os produtores participantes. Por exemplo, a incorporação de aspectos relevantes para a conservação da biodiversidade em um zoneamento agro-ecológico para o

setor sucroalcooleiro está ligada a demandas comerciais do mercado de etanol, que procuram se adequar a essas questões.

Nessa etapa desse estudo espera-se contribuir para evitar a restauração de pequenos pedaços de terra ou até mesmo a restauração de grandes áreas, de forma ignorar a influência da estrutura da paisagem. Esse objetivo, apesar de desafiador para a ciência da restauração, traz novas oportunidades de tornar a restauração mais efetiva (METZGER;BRANCALION, 2013).

## **8. CONCLUSÃO**

Pode-se concluir que, apesar de apresentar uma heterogeneidade espacial complexa, a APA Tietê possui predominância de usos agropecuários da terra, correspondendo a 78,45% da área total. Além disso, conclui-se que a APA Tietê encontra-se em estado crítico para conservação da biodiversidade, uma vez que 74,40% das APPs hídricas são compostas por usos da terra conflituosos, o que poderá comprometer os objetivos conservacionistas da área protegida. Por outro lado, mapeou-se 2.078,94 ha da classe de uso da terra florestal nativa localizados fora de APP, evidenciando a necessidade de aprofundamento nos estudos para verificar se essas áreas encontram-se legalmente protegidas de alguma forma.

Foram mapeados 908 fragmentos florestais, sendo que aproximadamente 88% dos fragmentos mapeados possuem áreas menores do que 10 ha. Quanto a forma dos fragmentos, 589 fragmentos obtiveram resultados próximo ao formato circular, indicado que a maior parte dos fragmentos da APA Tietê sofre moderada influência do efeito de borda. Por outro lado, os resultados obtidos pela métrica de proximidade revelaram que um grande número de fragmentos (39,64%) não possuem nenhum fragmento vizinho em um raio de 100 m.

Evidenciou-se que além da preservação dos fragmentos existentes, especialmente aqueles com alto interesse para elaboração do PM, as métricas da paisagem analisadas mostram a necessidade de recomposição da vegetação florestal nativa, uma vez que esta

representa atualmente apenas 9,98% da área total da APA, e como apresentado anteriormente, estudos mostram que o ideal seria uma proporção mínima entorno de 30% de habitat nativo.

A análise do cenário potencial revelou que a restauração das APPs permite aumentar o tamanho dos fragmentos e melhorar a conectividade da paisagem, em observância com a legislação ambiental. Dessa forma, pode-se indicar essas áreas como importantes para a restauração florestal, de acordo com a sua relevância estrutural e espacial.

Outra opção indicada para incrementar a cobertura vegetal total na APA Tietê, seguindo os incrementos propostos por lei, é a restauração de área por meio da instituição da RL. Nesse aspecto, por meio de análise multicritério, pode-se ranquear todo o território da UC com base na sua relevância ecológica de modo a priorizar áreas para a instituição de RL. Obteve-se que para o cumprimento da legislação florestal deverão ser instituídos aproximadamente 3.250 ha de RL para toda a APA Tietê.

Este trabalho correspondeu ao primeiro passo de reconhecimento da APA Tietê para subsidiar a formulação de políticas públicas de sustentabilidade regional, que avaliem e alcancem a resiliência de diferentes práticas de uso da terra. Ainda, o trabalho revelou a criticidade da situação atual da APA Tietê, principalmente perante seus objetivos conservacionistas, pois o cenário atual referente a cobertura florestal é crítico, e torna-se ainda mais preocupante as questões correlacionadas a conservação e integridade ecológica desses fragmentos de floresta.

Esse estudo apresentou um relevante diagnóstico sobre o uso da terra da APA Tietê, destacando uma análise espacial dos remanescentes de floresta nativa, com a finalidade de oferecer alternativas, baseadas em um rigor científico, para subsidiar o processo de planejamento dessa área protegida. Pretende-se contribuir em um contexto local, para as administrações municipais no que diz respeito a elaboração de seus planos diretores; no âmbito estadual, por se tratar de uma UC de gestão do estado e que ainda demanda de um PM;

e em escala nacional, por se tratar de um trecho do Bioma Mata Atlântica, considerado um hotspot de biodiversidade.

Por fim, espera-se com esses resultados subsidiar diretrizes específicas para a APA Tietê, que tornem possíveis: (i) redirecionar atividades inadequadas e impactantes ao meio ambiente; (ii) investir recursos para divulgar e evitar práticas agrícolas nocivas praticadas nas classes de uso da terra mais abundantes; (iii) planejar incentivos e o apoio às atividades agropastoris que vêm sendo desenvolvidas de forma adequada; (iv) facilitar e subsidiar a implantação de usos da terra que dificultem menos a percolação e o fluxo dos indivíduos das espécies existentes nos fragmentos e (v) aumentar a cobertura florestal nativa total de forma planejada, otimizando os ganhos ambientais decorrentes desse uso

## 9. REFERÊNCIAS

- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. **Oikos**, Copenhagen, v. 71, p. 355- 366, 1994.
- ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S. Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. **IF Série Registros**, n. 44, p. 1-38, 2011.
- BANKS-LEITE, C. et al. Comparing species and measures of landscape structure as indicators of conservation importance. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 48, p. 706-714, 2011.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Coord.). **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, 1994. 65 p. (Manual Técnico, 38, v. 1).
- BIEHL, L.; LANDGREBE, D. MultiSpec – a tool for multispectral – hyperspectral image data analysis. **Computers & Geosciences**, Oxford, n. 28, p. 1153-1159, 2002.
- BOLFE, E. L. **A evolução histórica dos Sistemas de Informação Geográficas**. Campinas: EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2011.
- BOSCOLO, D. et al. Importance of inter-habitat gaps and stepping-stones for a bird species in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 40, p. 273-276, 2008.
- BOSCOLO, D.; METZGER, J. P. Is bird incidence in Atlantic Forest fragments influenced by landscape patterns at multiple scales? **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 24, p. 907-918, 2009.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Cultural ecosystem services and popular perceptions of the benefits of an ecological restoration project in the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, Malden, v. 22, n.1, p. 65-71, 2014.
- BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R. Implicações do cumprimento do Código Florestal vigente na redução de áreas agrícolas: um estudo de caso da produção canavieira no Estado de São Paulo. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, p. 63-66, 2010.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos Legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.
- BRASIL. Lei no 9.985, de 18 de julho de 2000. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 jun., Seção 1, p. 1, 2000. 200 p.
- BRASIL. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e

dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio, Seção 1, p. 1, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**: atualização: Portaria MMA nº 09, de 23 de janeiro de 2007. Brasília, DF: MMA, 2007. (Série Biodiversidade, 31).

CALMON, M. et al. Emerging threats and opportunities for large-scale ecological restoration in the Atlantic Forest of Brazil. **Restoracion Ecology**, Malden, v. 19, n. 2, p. 154-158, 2011.

CARREIRO, M. M. The growth of cities and urban forest. In: CARREIRO, M. M.; SONG, Y.; WU, J. (Org.). **Ecology, Planning, and Management of Urban Forests**: international perspectives. New York: Springer, 2008.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA (CEPAGRI). **Classificação de Köppen**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 20 dez. 2013.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; SANTOS, M. V. Evaluation of the sediment trapping efficiency of Gallery forests through sedimentation modeling. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ASSESSMENT AND MONITORING OF FORESTS IN TROPICAL DRY REGIONS WITH SPECIAL REFERENCE TO GALLERY FORESTS, 1996, Brasília, DF. **Proceedings...** Brasília: UnB, 1997. p. 323-327.

CHEN, W.Y.; JIM, C.Y. Assessment and valuation of the ecosystem services provided by urban forests. In: CARREIRO, M. M.; SONG, Y.; WU, J. (Org.). **Ecology, planning, and management of urban forests**: international perspectives. New York: Springer, 2008.

CINTRA, R. H. et al. Análise qualitativa e quantitativa de danos ambientais com base na instauração e registros de instrumentos jurídicos. In: SANTOS, J. E. et. al. **Faces da polissemia da paisagem**: ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: RiMa, 2004.

CONNOR, E. F.; MCCOY, E. D. The statistics and biology of species-area relationship. **American Naturalist**, Chicago, v. 113, p. 791-833, 1979.

CORTINA-VILLAR, S. et al. Resolving the conflict between ecosystem protection and land use in protected areas of the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. **Environmental Management**, Heidelberg, v. 49, p. 649-662, 2012.

CORSEUIL, C. W. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios na adequação de uso das terras**. 2006. 101 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

CORVALÁN, S. B.; GARCIA, G. J. Avaliação Ambiental da APA Corumbataí segundo critérios de erodibilidade de solo e cobertura vegetal. **Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 269-283, 2011.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 15ª Edição. Editora Saraiva. São Paulo, 1997.

DEFRIES, HANSEN, A. et al. Land use change around protected areas: management to balance human need and ecological function. **Ecological Applications**, Washington, v. 17, n. 4, p. 1031 – 1038, 2007.

DE GROOT, R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 75, p. 175-186, 2006.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 34, p. 487–515, 2003.

FASINA-NETO, J.; MATIAS, L. F. Mapas contínuos: uma aplicação ao estudo da cobertura vegetal natural na APA Municipal de Campinas (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 62, 2010.

FERRAZ, D. K. O papel da vegetação na margem de ecossistemas aquáticos. In: PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina: Planta, 2001. p. 108-109.

FERREIRA, L. M. R.; IRITANI, M. A.; HIDEO-ODA, G. Proteção de aquífero no município de Tietê, SP. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, Suplemento, 2013. [Suplemento: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 14.; SIMPÓSIO DE HIDROGEOLOGIA DO SUDESTE, 2.].

FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. **Global Ecology and Biogeography**, Oxford, v. 16, p. 265-280, 2007.

FRIEDRICH, D. **O parque linear como instrumento de planejamento e gestão das áreas de fundo de vale urbanas**. 2007. 273 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. **Science**, New York, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FONSECA, C. R. et al. Towards an ecologically-sustainable forestry in the Atlantic Forest. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 141, p. 1209-1219, 2009.

FORERO-MEDINA, G; VIEIRA, M. V. Perception of a fragmented landscape by Neotropical marsupials: effects of body mass and environmental variables. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 25, p. 53-62, 2009.

FORMAN, R.T.T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge University Press, 1995.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). **Perfil Municipal**. Taxa geométrica de crescimento anual da população – 2010/2013 – em% a.a. 2013. Disponível em: < <http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfilMunEstado.php> >. Acesso em: 20 fev. 2014.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS (SEADE). **Perfil Municipal**. Grau de urbanização – 2010 – em% a.a. 2010. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfilMunEstado.php>>. Acesso em: 20 fev. 2014.

FUSHITA, A. T. **Análise da fragmentação de áreas de vegetação natural e semi-natural do município de Santa Cruz da Conceição, São Paulo, Brasil.** 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

GAMA, V. F. et al. Site selection for restoration planning: a protocol with landscape and legislation based alternatives. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2 p. 158-169, 2013.

GARCIA, L. C. et al.. Restoration challenges and opportunities for increasing landscape connectivity under the new Brazilian Forest Act. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, n. 11. v. 2, p.181-185, 2013.

GENELETTI, D. A GIS-based decision support system to identify nature conservation priorities in na alpine valley. **Land Use Policy**, Guildford, v. 21, p. 149-160, 2004.

HANSKI, I.; GILPIN, M. E. **Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution.** California: Academic Press, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo populacional.** 2010 Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 23 out. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo populacional.** 2011. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 23 out. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores de desenvolvimento sustentável.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). **Código Florestal: implicações do PL 1876/99 nas áreas de reserva legal.** 2011. (Comunicados do IPEA, n. 96, p. 1-23). Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/110616\\_comunicadoipea96.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/comunicado/110616_comunicadoipea96.pdf)>. Acesso em: 31 maio 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). Instrução Especial nº 20 de 28 de maio de 1980. Aprovada pela Portaria/ MA 146/80. Estabelece o Módulo Fiscal de cada município, previsto no Decreto nº 84.685 de 06 de maio de 1980. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 jun., Seção I, p. 11.616, 1980.

JACINTHO, L. R. de C. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidade de conservação: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) do Capivari-Monos, São Paulo-SP.** 2003. 121 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

- JOLY, C. A. et al. Biodiversity conservation research, training, and policy in São Paulo. **Science**, New York, v. 328, p. 1358-1359, June 2010.
- KRONKA, F. J. N. et al. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Florestal, 199 p., 2005.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2009. 424p.
- LINDENMAYER, D. B.; FRANKLIN, J. F.; FISCHER, J. General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 131, n. 3, p. 449-474, 2006.
- LINDENMAYER, D. et al. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters**, Oxford, v. 11, p. 78-91, 2008.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967.
- MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, London, v. 20, n. 7, 2006.
- MATSON, P. A. et al. Agricultural intensification and ecosystem properties. **Science**, New York, v. 277, n. 5325, 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**, Liverpool, v. 141, p. 2184-2192, 2008.
- 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.
- MELLO, K. de. **Análise espacial de remanescentes florestais como subsídio para o estabelecimento de unidades de conservação**. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação) - Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2012.
- METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 1 -5, 2010.
- METZGER, J. P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, p. 11-23, 2006a.
- METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN JR, L.; VALLADARES-PADUA, C.; RUDRAN, R. **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Curitiba: Editora da UFPR, 2006b.

- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciência**, Rio de Janeiro, v. 71, n. 3-I, p. 445-446, 1999.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 01, n. 1/2, 2001.
- METZGER, J. P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of South-East Brazil. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 37, p. 29-35, 1997.
- METZGER, J. P. et al. Uso de índices de paisagem para a definição de ações. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2008.
- METZGER, J. P.; BRANCALION, P. H. S. Challenges and opportunities in applying a landscape ecology perspective in ecological restoration: a powerful approach to shape neolandscapes. **Natureza & Conservação**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 103-107, 2013
- METZGER, J. P. et al. Brazilian law: full speed in reverse? **Science**, New York, v. 329, p. 276-277, 2010.
- METZGER, J. P.; PIVELLO, V. R. Landscape ecology in Brazil. **Bulletin International Association for Landscape Ecology [Bulletin]**, The Hague, v. 18, n. 2/3, June/July, 2000.
- MORAES, M. C. P. De. **Dinâmica da paisagem da Zona de Amortecimento do Parque Estadual de Porto Ferreira como subsídio para a revisão do plano de manejo**. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Sustentabilidade Ambiental) – Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2013.
- MOSCHINI, L. E. **Diagnóstico e riscos ambientais relacionados à fragmentação de áreas naturais e semi-naturais da paisagem: estudo de caso, município de Araraquara, SP**. 2005. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.
- NASCIMENTO, M. C. do 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, v. 30, n. 3, p. 389-398, 2006.
- OLIVEIRA, F. S. de et al. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno no Parque Nacional do Caparaó, Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 899-908, 2008.
- 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. 3666, 2010.
- PARDINI, R. et al. The role of Forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 124, p. 253-266, 2005.

- PRIMACK, R. **Causes of extinction**. San Diego: Academic Press, 2001. (Encyclopedia of Biodiversity, v. 2, p. 697-713).
- PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001. 328 p.
- RANTA, P. et al. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodiversity and Conservation**, Dordrecht, v. 7, n. 3, p. 385-403, 1998.
- REYERS, B. et al. Expanding the conservation toolbox: conservation planning of multifunctional landscapes. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 27, p. 1121-1134, 2012.
- RIBEIRO, M. C. et al. The brazilian Atlantic forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implication for conservation. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 142, n. 6, p. 1141- 1153, 2009.
- ROCHA, A. A. A poluição do Rio Tietê a consequência de sectário processo político. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 6, n. 1-2, p. 93-98, 1992.
- RODRIGUES, R. R.; BONONI, V. L. R. (Org.). **Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008. 248 p.
- RODRIGUES, J. J. S.; BROWN JR., K. S.; RUSZCZYK, A. Resources and conservation of neotropical butterflies in a urban Forest fragments. **Biological Conservation**, Liverpool, v. 64, p. 3-9, 1993.
- ROSNER, B. **Fundamentals of biostatistics**. Boston: Duxbury Press, 2006. 876p.
- RYLANDS, A. B. ; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, 2005.
- SANTOS, M. F. B.; CADEMARTORI, C. V. Estudo comparativo da avifauna em áreas verdes urbanas da região metropolitana de Porto Alegre, sul do Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 23, n. 1, p. 181-195, 2010.
- SANTOS, R. F. dos. 2004. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.
- SÃO PAULO (Estado). DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). **Histórico do Rio Tietê**. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/>>. Acesso em: 19 fev. 2014.
- SÃO PAULO (Estado). Lei Complementar 1.241 de 08 de maio de 2014. Cria a Região Metropolitana de Sorocaba e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, 09 maio, v. 124, n. 85, Seção 1, p. 1, 2014.
- SILVA, S. H. L.; BRAGA, F. A.; FONSECA, A. R. Análise de conflito entre legislação e uso da terra no município de Itabira – MG. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 131-144, 2000.
- SOARES-FILHO, B. et al. Cracking Brazil's forest code. **Science**, New York, v. 344, p. 363-364, 2014.

SPAROVEK, G. et al. A revisão do Código Florestal Brasileiro. **Novos Estudos**, São Paulo, v. 89, p. 111-135, 2011.

TAMBOSI, L. R. **Análise da paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídio para a criação da zona de amortecimento**. 2008. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

TERESA, F. B.; CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Washington, v. 5, n. 3, p. 44-453, 2010.

TOPPA, R. H.; MELLO, K. de; MORAES, M. C. P. de. Planejamento de unidades de conservação e geotecnologias: aspectos históricos e aplicações técnicas. In: PIRATELLI, A. J.; FRANCISCO, M. R. F. (Org.). **Conservação da biodiversidade: dos conceitos às ações**. Rio de Janeiro: Technical Books, 2013. Cap. 9.

TRENTIN, F.; SANSOLO, D. Políticas públicas de turismo e indicadores de sustentabilidade ambiental: um estudo sobre Bonito-MS. **Turismo: Visão e Ação**, v. 8, n. 1, p. 61-74, 2006.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Potential impacts of changes in the Forest Law in relation to water resources. **Biota Neotropica**, Campinas, 2010, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010.

UEZU, A. **Composição e estrutura da comunidade de aves na paisagem fragmentada do Pontal do Paranapanema**. 2006. 193 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

VALADÃO, R. M.; FRANCHIN, A. G.; MARÇAL JÚNIOR, O. A avifauna no Parque Municipal Victorio Siquierolli, zona urbana de Uberlândia (MG). **Biotemas**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 81-91, 2006.

VALENTE, R. O. A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG**. 2005. 121 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2005.

VALENTE, R. O. A.; VETTORAZZI, C. A. Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, n. 6, p. 1408-1417, 2008.

ZAMBON, K. L. et al. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 183-199, 2005.

WIENS, J. A. Landscape ecology as a foundation for sustainable conservation. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 24, p. 1053-1065, 2009.

WORLD WIDE FOUNDATION (WWF). **Observatório de Unidades de Conservação (UCs)**. 2012. Disponível em: <[observatorio.wwf.org.br/relatorios/](http://observatorio.wwf.org.br/relatorios/)>. Acesso em: 23 dez 2012.

YOUNG, A. G.; CLARKE, G. M. **Genetics, demography and viability of fragmented populations**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.