

USO DA TERRA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ: PLANEJAMENTO AMBIENTAL E GESTÃO TERRITORIAL

LAND USE IN THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA (APA TIETÊ):
ENVIRONMENTAL PLANNING AND LAND MANAGEMENT

Bruna Gabriela de Carvalho Pinto

Mestre em Sustentabilidade na Gestão Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental (PPG-SGA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) – *Campus* Sorocaba – Sorocaba (SP), Brasil.

Rogério Hartung Toppa

Biólogo pela Universidade Federal de São Carlos. Doutor em Ecologia e Recursos Naturais pela Universidade Federal de São Carlos. Professor adjunto do Departamento de Ciências Ambientais e do PPG-SGA da UFSCar – *Campus* Sorocaba – Sorocaba (SP), Brasil.

Endereço para correspondência:

Rogério Hartung Toppa –
Universidade Federal de São Carlos –
Rodovia João Leme dos Santos, km
110 – 13052-780 – Sorocaba (SP),
Brasil – E-mail: toppa@ufscar.br

Recebido: 08/04/2016

Aceito: 21/02/2017

RESUMO

Este artigo teve como objetivo identificar os conflitos de uso da terra associados às Áreas de Preservação Permanente (APPs) (Lei Federal nº 12.651/2012), de modo a fornecer subsídios para o planejamento e a gestão territorial da Área de Proteção Ambiental (APA) Tietê, localizada na Região Metropolitana de Sorocaba. Mapeou-se o uso da terra por meio de classificação automática supervisionada de imagem do satélite RapidEye e determinou-se os conflitos com o auxílio de Sistemas de Informação Geográfica. Concluiu-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 APPs são compostas por usos da terra conflituosos.

Palavras-chave: Unidades de Conservação de Uso Sustentável; legislação florestal; Áreas de Preservação Permanente.

ABSTRACT

This paper aimed to identify the land use in Environmental Protection Area (APA) Tietê, highlighting the conflict associated with Permanent Preservation Areas (APPs) (Federal law nº 12.651 de 2012), in order to provide subsidies to the planning and management of land of APA Tietê, located in Metropolitan Region of Sorocaba. The land use was mapped by means of supervised automatic classification of RapidEye satellite image, and the land use conflicts were determined with the aid of Geographical Information Systems. As a conclusion, APA Tietê has a predominance of agricultural land uses, corresponding to 78.45% of total protected area. This area is in critical condition for biodiversity conservation, since 74.40% of APPs consist of conflicting land uses.

Keywords: Protected Areas of Sustainable Use; forestry law; Permanent Preservation Areas.

INTRODUÇÃO

Desde 1930, o Brasil vem instituindo políticas de proteção à natureza, sendo algumas influenciadas pelas experiências dos parques norte-americanos, que foram criados baseando-se em uma perspectiva dicotômica entre meio ambiente e sociedade. Essa perspectiva se fundamentava na visão de que, para a preservação da natureza, as áreas protegidas deveriam ser isoladas do contato humano. Como consequência desse modelo, muitos conflitos socioambientais surgiram na implementação das áreas protegidas (DE SOUZA & MILANEZ, 2015).

Em 2000, instituiu-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), por meio da Lei nº 9.985. Essa lei previu, após intensos debates que se desenvolveram ao longo de seu processo de criação, duas categorias distintas de Unidades de Conservação (UCs): as de proteção integral e as de uso sustentável. A criação das UCs de uso sustentável objetivou superar a visão preservacionista (DE SOUZA & MILANEZ, 2015), apoiando os meios de subsistência para as populações humanas e protegendo seus ecossistemas naturais (CORTINA-VILLAR *et al.*, 2012), a partir da oferta de outros modelos de área protegida, como as categorias semelhantes às Áreas de Proteção Ambiental (APAs).

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. Assim, podem ser consideradas mais próximas de um mecanismo de ordenamento do uso da terra do que de uma verdadeira área protegida (RYLANDS & BRANDON, 2005). Considerando que menos de 10% das APAs brasileiras possuem Plano de Manejo (WWF, 2012) — principal instrumento utilizado para orientar o ordenamento territorial —, a avaliação do conflito no uso da terra em Áreas de Preservação Permanente (APPs) pode fornecer resultados importantes para a gestão, uma vez que essas áreas 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, bem como de proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Para Gama *et al.* (2013), um mapa 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.

A análise do uso da terra é essencial ao planejamento ambiental, porque retrata as atividades humanas que podem impactar negativamente o ecossistema natural (SANTOS, 2004). Além disso, considerando que a maioria das decisões em planejamento baseia-se em dados econômicos (especialmente nas prioridades de destinação de recursos financeiros), quanto mais completo for o levantamento de informações sobre os bens e serviços ambientais, caracterizando a sua importância econômica no território, melhores serão os fundamentos para a elaboração de políticas públicas para alcançar um uso mais sustentável das paisagens (DE GROOT, 2006). Essa análise torna-se especialmente importante em áreas protegidas, pois elas fornecem inúmeros serviços ecossistêmicos, incluindo biodiversidade, proteção de recursos hídricos e estoque de carbono (DE-FRIES *et al.*, 2007).

A fim de auxiliar no planejamento e na gestão territorial, o entendimento dos componentes do ecossistema e das relações naturais é essencial. Para tanto, uma das abordagens holísticas mais importantes corresponde aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (LANG & BLASCHKE, 2009). Esses sistemas vêm sendo incorporados na fase inicial da criação das UCs, auxiliando na escolha das áreas a serem conservadas e na resolução de problemas, assim como subsidiando os diagnósticos ambientais, a elaboração de zoneamentos e a previsão de cenários futuros (TOPPA *et al.*, 2013). As geotecnologias, que englobam desde equipamentos a métodos, contribuem para o planejamento e gestão de UCs, até antes mesmo de sua criação. Ferramentas analíticas, como análise espacial, são instrumentos importantes para apoiar tal abordagem de gestão participativa (DE GROOT, 2006).

Nesse sentido, esta pesquisa teve como objetivo identificar os conflitos dos usos da terra em áreas fundamentais para a conservação da biodiversidade, adotando-se como referência a legislação florestal brasileira, de modo a fornecer subsídios para o planejamento e a gestão territorial da APA Tietê.

MATERIAL E MÉTODOS

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 (datum WGS84). A APA Tietê possui aproximadamente 46 mil hectares, 40 mil habitantes (IBGE, 2010) e foi criada pelo Decreto Estadual nº 20.959, de 8 de junho de 1983. Possui 88% da unidade territorial localizada no município de Tietê, e o restante localizado no município de Jumirim (Figura 1).

Mapeamento do 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

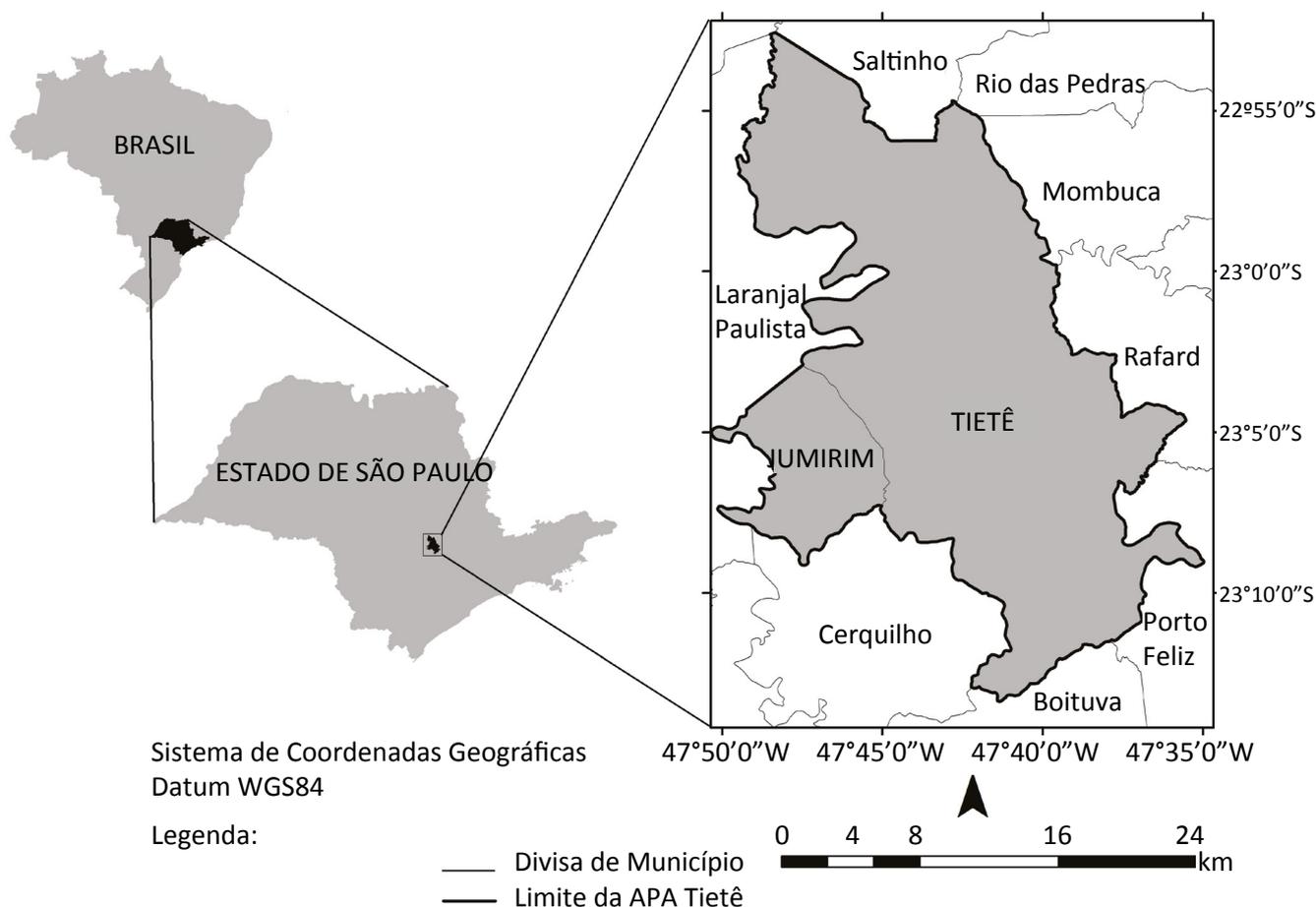


Figura 1 – Localização da Área de Proteção Ambiental Tietê.

com base em um mosaico de imagens do satélite RapidEye do ano de 2011, com as bandas espectrais R5G4B3, produzido com auxílio do *software* ARCGIS 10.2 (2013 ESRI), por equalização (*Histogram Match*).

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. Equação 1:

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

Em 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.

O índice *kappa* foi calculado com os dados obtidos em checagem em campo, com auxílio de um receptor GPS Mobile Mapper 6 da Ashtech (MELLO *et al.*, 2014;

Análise do conflito no uso da terra nas APPs

Para a verificação do conflito de uso da terra, limitamos a análise às Áreas de Preservação Permanente (APPs) definidas pela legislação ambiental brasileira, uma vez que são fundamentais para a conservação da biodiversidade por possuírem importantes funções ambientais.

A Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, foi utilizada como referência para a delimitação de APPs definidas no artigo 4º da referida lei, e as 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 (BRASIL, 2012).

OLIVEIRA *et al.*, 2008; FUSHITA, 2006). A camada de malha viária utilizada nessa etapa foi extraída de cartas topográficas do Instituto 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).

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 a corpos d'águas continentais (IBGE, 2006) e uma relacionada a solo exposto. Além disso, foram organizados os dados de ocupação para cada classe disponível no censo agropecuário realizado pelo IBGE (2011).

Para a definição das APPs relacionadas aos cursos d'águas e nascentes, foi utilizada como referência a rede hidrográfica representada nas cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000. Devido às limitações de escala e georreferenciamento, para essa delimitação, foi realizado um ajuste geométrico com a imagem RapidEye, de modo que a hidrografia, e consequentemente as APPs, representassem a realidade espacial da imagem satélite.

Das nove classes de uso da terra estipuladas neste 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. Somente a classe relativa a fragmentos florestais de Mata Atlântica foi considerada como de uso adequado da terra. A classe corpos d'água continental não se aplica a essa análise, pois representa um dos recursos que se quer preservar.

O mapa de conflito do uso da terra na APA Tietê foi produzido por meio da sobreposição e interseção entre os ma-

pas de uso da terra e o de APPs. Todas as análises espaciais foram realizadas com o auxílio do software ArcGIS 10.2.

RESULTADOS

Uso da terra da APA Tietê

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).

Nas áreas de mineração da APA Tietê, de acordo com o levantamento realizado em 2001 pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), são extraídos: areia, calcário dolomítico e argila para cerâmica.

Em checagem realizada em campo, observou-se que a classe áreas urbanizadas é 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 (Figura 2). 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).

As classes cultura temporária e pastagem foram as de maior ocorrência, 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 às 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 de Mata Atlântica, 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 1).

Conflito no uso da terra nas APPs

As APPs de curso d'água e nascentes abrangeram 4.039,79 ha (96,72% da área total de APPs) e 137,63 ha (3,28% da área total de APPs), respectivamente. 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 correspondem a 74,38 ha. Para fins de análise, quando nós avaliamos as APPs como um todo, essas áreas foram contabilizadas somente uma vez, resultando em uma área total de APPs de 4.176,13 ha, representando 9,04% da APA Tietê.

Cultura temporária (1.355,37 ha; 32,46% do total de APP), pastagem (845,44 ha; 20,24%) e cultura permanente (727,31 ha; 17,42%) foram as classes de maior conflito, totalizando mais de 70% de uso conflituoso. Os fragmentos de mata ciliar correspondem a 996,08 ha (23,85%) de cobertura das APPs da APA Tietê (Figura 3). Considerando todas as classes analisadas, foi observado que aproximadamente 74% da área de APPs de curso d'água e 72% da área de proteção de nascentes apresentam conflito em relação aos objetivos previstos no Código Florestal. A APA Tietê possui 74% das suas APPs (corpos d'água e nascentes) com algum tipo de conflito em relação ao uso e cobertura da terra (Figura 4).

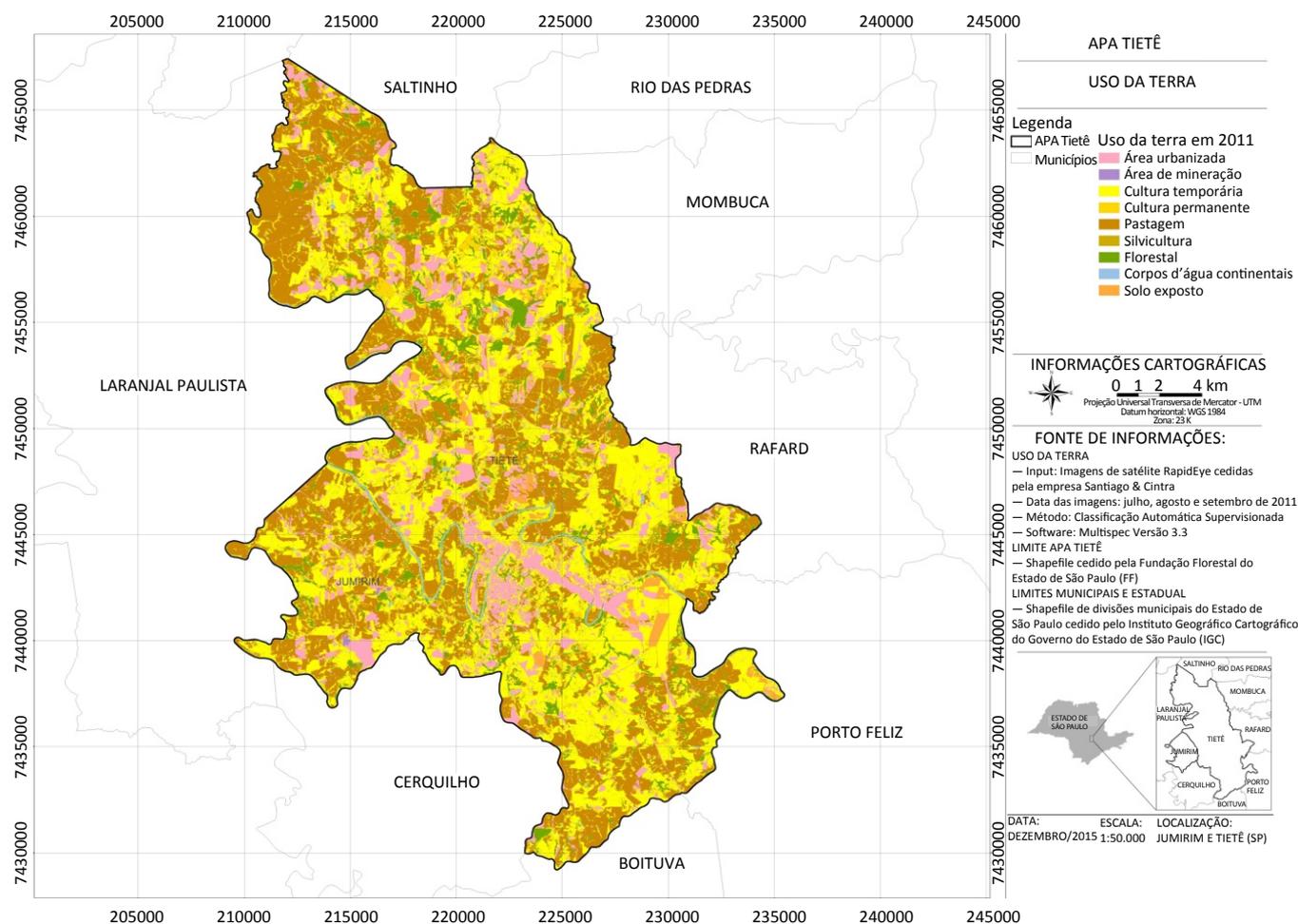


Figura 2 – Uso e cobertura da terra na Área de Proteção Ambiental Tietê.

Tabela 1 – Classes de uso da terra mapeadas na Área de Proteção Ambiental Tietê.

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

DISCUSSÃO

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 extensão territorial 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 à degradação da qualidade de água, à salinização e à perda de fertilidade dessas áreas (FOLEY *et al.*, 2005).

Diante disso, além do diagnóstico fornecido neste estudo, relacionado à área ocupada pelos usos agro-

pecuários, é evidente a necessidade de se estudar e promover programas de conscientização voltados ao manejo e às práticas agrícolas adotadas. Segundo Bertolini e Lombardi 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 por remanescentes de Mata Atlântica. Esse valor corresponde a menos da metade da porcentagem encontrada

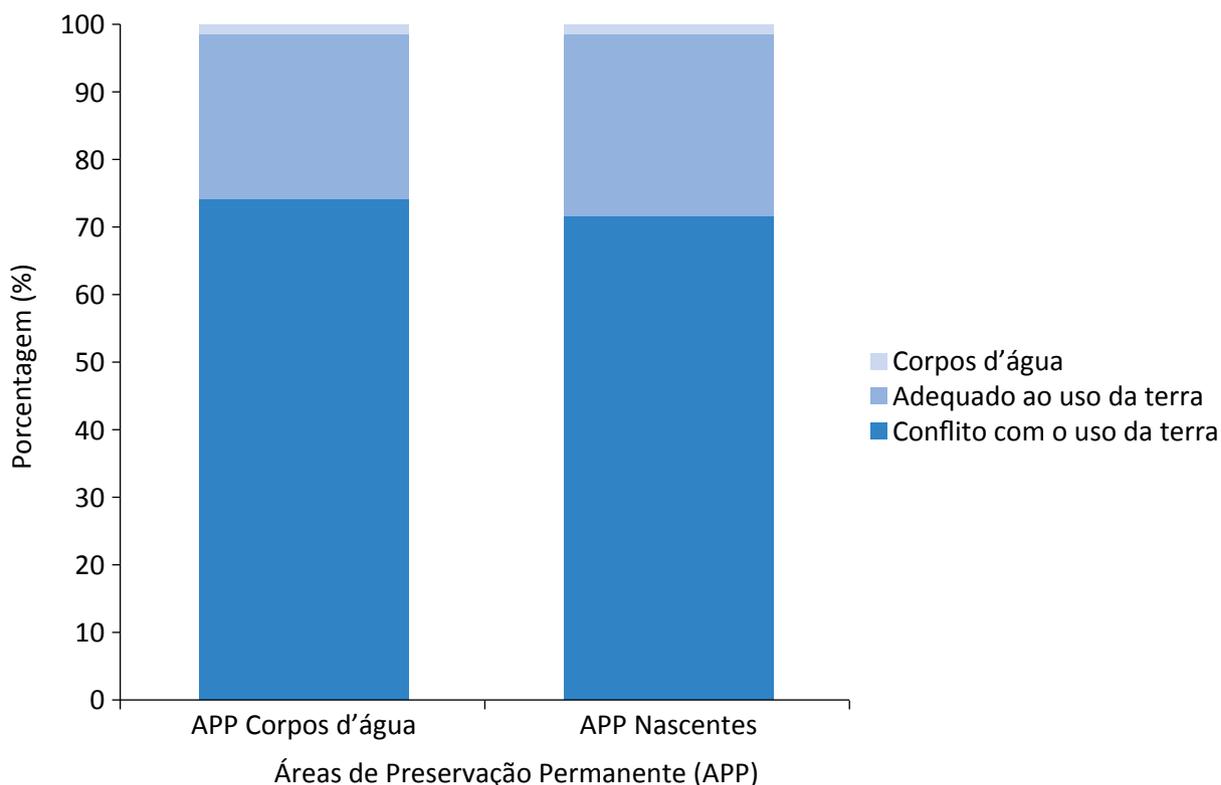


Figura 3 – Distribuição percentual de áreas em conflito e em situação adequada de cobertura e uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente associadas aos corpos d'água e às nascentes na Área de Proteção Ambiental Tietê.

para o Estado de São Paulo, de 13,94% (ou 3.457.301 ha) (RODRIGUES & BONONI, 2008). Esse dado é bem inferior aos 11,73% remanescentes de vegetação original de Mata Atlântica em todo o território brasileiro (RIBEIRO *et al.*, 2009). Ademais, a porcentagem encontrada é inferior quando comparada com outras APAs no Estado de São Paulo: 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. Caso certa paisagem possua resultado superior a esse limiar, a diversidade de espécies alfa é determinada predomi-

nantemente em função da perda de *habitat*, enquanto, 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

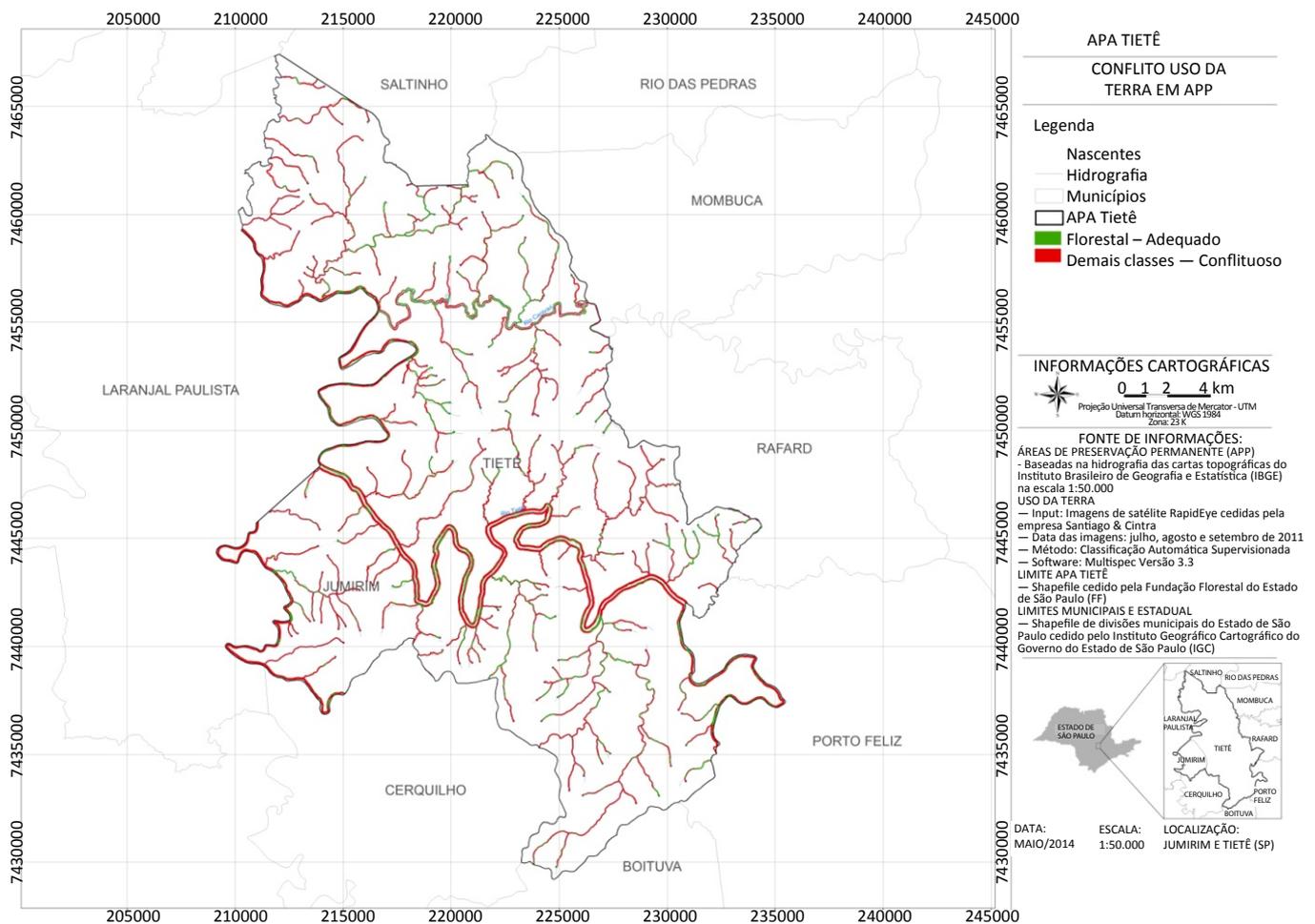


Figura 4 – Conflito do uso da terra nas Áreas de Preservação Permanente da Área de Proteção Ambiental Tietê.

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, tem aumentado o número de estudos mostrando que o valor total de usos multifuncionais de paisagens naturais e seminaturais é, na maioria dos casos, economicamente mais vantajoso que o valor de sistemas convertidos (ex., plantações em florestas tropicais, fazendas de camarões em mangues) (DE GROOT, 2006).

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. Isso se deve ao fato de que o sensor remoto não registra a atividade diretamente, mas sim as características da superfície da terra que retratam o revestimento do solo. As atividades propriamente ditas precisam ser interpretadas e correlacionadas às coberturas a partir de 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'água continentais) e só pode ser definida a partir de 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.

Apesar da situação crítica das APPs em relação a sua cobertura por vegetação ciliar, a APA Tietê possui 2.054 ha de fragmentos de Mata Atlântica fora de APP. Esse dado, aliado ao fato de não haver nenhuma outra categoria de UC em seu território (WWF, 2012), é um indicativo de que esses fragmentos de Mata Atlântica da APA Tietê ocorrem, preferencialmente, pela obrigatoriedade de constituição de Reserva Legal (RL). Entretanto neste trabalho não foi possível averi-

guar 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, ou ainda, por meio dos dados fornecidos pelos proprietários rurais no Cadastro Ambiental Rural. 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 na 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 74,4% 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 pagas 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 para a efetividade dos serviços ecossistêmicos essenciais — como a regulação do ciclo hidrológico da água (TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2010) — e que a APA Tietê

possui uma verdadeira “ilha de produtividade” de água potável subterrânea, — ou seja, um grande aquífero com produtividade 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 pela deficiência da cobertura florestal associada aos corpos d’água. 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, Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais pelos rios Tietê e Paraná. O atual projeto prevê ampliar a extensão navegável em mais de 200 quilômetros, in-

cluindo 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 nessa hidrovia.

Assim sendo, algumas alternativas de programas e subsídios podem ser exploradas, de forma a cessar a perda de floresta e o estímulo à 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 do engajamento das 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.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A APA Tietê, apesar de apresentar uma heterogeneidade espacial complexa, possui predominância de usos agropecuários da terra, correspondendo a 78,45% de sua área total. Além disso, conclui-se que a APA Tietê se encontra em estado crítico para conservação da biodiversidade, uma vez que 74,4% das APPs hídricas são compostas por usos da terra conflituosos, o que poderá comprometer os objetivos conservacionistas da área protegida.

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. Além disso, a análise proposta pode ser utilizada como um modelo de diagnóstico em APAs terrestres, visto que a espacialização da legislação e o cruzamento de dados do uso e cobertura da terra permitem avaliar o ordenamento territorial, subsidiando a gestão das áreas protegidas na elaboração de programas para a resolução de possíveis conflitos legais.

Os resultados observados nesta pesquisa mostraram a importância do uso de geotecnologias para a caracterização e análise espacial, e o seu papel fundamental no mapeamento de locais de maior relevância para a gestão da UC para o estabelecimento de prioridades para dirimir os conflitos entre o uso da terra e a conservação de APPs. Nesse contexto, o presente artigo apresentou subsídios significativos para auxiliar os tomadores de decisão no planejamento ambiental estratégico da APA Tietê, com a finalidade de integrar as dimensões socioeconômicas e ambientais para o uso mais sustentável da paisagem.

Assim, o trabalho destaca a necessidade de investir em políticas públicas, que, de modo geral, fomentem estratégias a fim de que os ganhos socioeconômicos ocorram em médio e curto prazo, porém, de forma a garantir a manutenção de ecossistemas em longo prazo e que sejam correspondentes com os propósitos da UC, respeitando os ordenamentos territoriais estabelecidos pela legislação ambiental.

AGRADECIMENTOS

À Santiago & Cintra Consultoria, pela cessão da imagem de satélite RapidEye. À Alezi Teodolini pelo empréstimo do GPS.

REFERÊNCIAS

- ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, v. 71, p. 355-366, 1994.
- BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. Embasamento técnico do programa estadual de microbacias hidrográficas. In: LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (Coords.). *Manual técnico de manejo e conservação de solo e água*. São Paulo: CATI, 1994. v. 1. 65p.
- BIEHL, L.; LANDGREBE, D. MultiSpec – a tool for multispectral – hyperspectral image data analysis. *Computers e Geosciences*, n. 28, p. 1153-1159, 2002.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 2 mar. 2017.
- BRASIL. Portal Brasil. Infraestrutura. *Obras na Hidrovia Tietê-Paraná recebem R\$ 134 milhões*. 2013. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2013/10/obras-na-hidrovia-tiete-parana-recebem-r-134-milhoes>>. Acesso em: 3 fev. 2014.
- CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA (CEPAGRI). *Clima dos Municípios Paulistas*: a classificação climática de Koeppen para o Estado de São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>>. Acesso em: 20 dez. 2013.
- CONGALTON, R. G.; GREEN, K. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. New York: Lewis Publishers, 1998.
- CORTINA-VILLAR, S.; PLASCENCIA-VARGAS, H.; VACA, R.; SCHROTH, G.; ZEPEDA, Y.; SOTO-PINTO, L.; NAHED-TORAL, J. Resolving the conflict between ecosystem protection and land use in protected areas of the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Environmental Management*, v. 49, p. 649-662, 2012.
- 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.
- 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*, v. 75, p. 175-186, 2006.
- DE SOUZA, L. R. C.; MILANEZ, B. Conflitos socioambientais e áreas protegidas no Brasil: algumas reflexões. *Revista de Geografia*, v. 5, n. 1, p. 43-47, 2015.
- DEFRIES, R.; HANSEN, A.; TURNER, B. L.; REID, R.; LIU, J. Land use change around protected areas: management to balance human needs and ecological function. *Ecological Applications*, v. 17, n. 4, p. 1031-1038, 2007.
- 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*, n. 62, v. 4, 2010.
- FERREIRA, L. M. R.; IRITANI, M. A.; HIDEO-ODA, G. Proteção de aquífero no município de Tietê, SP. Águas Subterrâneas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 14., Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, 2., 2005. *Anais...* 2005.
- FOLEY, J. A. et al. Global consequences of land use. *Science*, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.
- FUSHITA, A. T. *Análise da fragmentação de áreas de vegetação natural e seminatural do município de Santa Cruz da Conceição, São Paulo, Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

GAMA, V. F.; MARTENSEN, A.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M.; RIBEIRO, M. C. Site selection for restoration planning: a protocol with landscape and legislation based alternatives. *Natureza & Conservação*, v. 11, n. 2, p. 158-169, 2013.

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

_____. *Censo populacional*. IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 23 out. 2012.

_____. *Manual Técnico de Uso da Terra*. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

JACINTHO, L. R. 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*. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

KRONKA, F. J. N. *et al. Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto Florestal, 2005. 199p.

LANG, S.; BLASCHKE, T. *Análise da paisagem com SIG*. Trad. Hermann Kux. São Paulo: Oficina dos Textos, 2009. 424p.

LINDENMAYER, D. et al. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. *Ecology Letters*, v. 11, p. 78-91, 2008.

MATSON, P. A.; PARTON, W. J.; POWER, A. G.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science*, v. 277, n. 5325, 1997.

MELLO, K.; PETRI, L.; LEITE, E. C.; TOPPA, R. H. Cenários ambientais para o ordenamento territorial de áreas de preservação permanente no município de Sorocaba, SP. *Revista Árvore*, v. 38, p. 309-317, 2014.

METZGER, J. P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. *Natureza & Conservação*, v. 4, n. 2, p. 11-23, 2006.

_____. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, v. 71, n. 3-1, p. 445-463, 1999.

NASCIMENTO, M. C. N.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio Alegre. *Ciência Florestal*, v. 15, n. 2, 2005.

OLIVEIRA, F. S. de; SOARES, V. P.; PEZZOPANE, J. E. M.; GLERIANI, J. M.; LIMA, G. S.; SILVA, E.; RIBEIRO, C. A. A. S.; OLIVEIRA, A. M. S. 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*, v. 32, n. 5, p. 899-908, 2008.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 142, p. 1141-1153, 2009.

RODRIGUES, R. R.; BONONI, V. L. R. (Orgs.). *Diretrizes para conservação e restauração da biodiversidade no Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Botânica, 2008. 248p.

ROSNER, B. *Fundamentals of Biostatistics*. Boston: Duxbury Press, 2006. 876p.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. *Megadiversidade*, v. 1, n. 1, 2005.

SANTOS, R. F. dos. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

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*, v. 11, n. 34, p. 131-144, 2010.

TOPPA, R. H.; MELLO, K.; MORAES, M. C. P. Planejamento de Unidades de Conservação e Geotecnologias: aspectos históricos e aplicações técnicas. In: PIRARELLI, J. A.; FRANCISCO, M. R. (Orgs.). *Conservação da Biodiversidade: dos conceitos às ações*. Rio de Janeiro: Technical Books, 2013. v. 1. p. 195-215.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, 2010.

WORLD WILDLIFE FUND (WWF). *Observatório de Unidades de Conservação (UCs)*. 2012. Disponível em: <<http://observatorio.wwf.org.br/relatorios/>>. Acesso em: 10 dez. 2015.