

Análise temporal da cobertura do solo na zona de amortecimento de reserva biológica

Temporal analysis of soil cover in the buffer zone of biological reserve

RESUMO

A Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi abriga um importante remanescente florestal da Mata Atlântica, no interior do estado de São Paulo. Pela sua importância ecológica, foram criados instrumentos para a gestão ambiental e territorial da Unidade de Conservação, com a regulamentação do uso e ocupação do solo na sua Zona de Amortecimento (ZA), em 2004. O objetivo do presente trabalho foi analisar a evolução da cobertura das terras na região da ZA da Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, em Jundiá-SP, entre 1989 e 2010. Empregou-se nesse estudo a análise de imagens do satélite LANDSAT-TM5, com o auxílio dos softwares IDRISI e ILWIS. Os resultados mostraram que a ocupação urbana aumentou 37,47% e as áreas agropastoris e de reflorestamento diminuíram 36,62% e 72,22% respectivamente; enquanto as áreas de mata aumentaram 49,57%. Todavia, a importância relativa da área de mata na ZA variou de 46,60%, em 1989, a 69,71%, em 2010, levando-se a conclusão de que essa região foi favorecida pelas mudanças na cobertura do solo, no período avaliado, apesar da forte pressão pela expansão urbana no seu entorno.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto; gestão ambiental; unidade de conservação.

ABSTRACT

The Municipal Biological Reserve of Serra do Japi shelters an important forest remnant of Atlantic Rainforest in the state of São Paulo. For its ecological importance, were created instruments for environmental and territorial management of the Conservation Unit, with the regulation of the use and occupation of the land in its Buffer Zone (BZ) in 2004. The objective of this study was to analyze the evolution of the land cover in the BZ region of the Municipal Biological Reserve of Serra do Japi in Jundiá-SP, between 1989 and 2010. It was used in this study the image analysis of the satellite LANDSAT-TM5, with the help of software ILWIS and IDRISI. The results showed that urban occupation has increased 37.47% and the agro pastoral and reforestation areas have decreased 36.62% and 72.22% respectively, while forest areas have increased 49.57%. However, the relative importance of the forest area in BZ ranged from 46.60% in 1989 to 69.71% in 2010, leading to the conclusion that this region was favored by changes in land cover in the period evaluated, despite strong pressure for urban expansion in its surroundings.

KEYWORDS: Remote sensing; environmental management; conservation unit.

Felipe Hashimoto Fengler

Engenheiro Ambiental, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical – Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, Campinas, SP, Brasil
felipe_fengler@hotmail.com

Alexandre Marcos Silva

Ecólogo, Professor da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Sorocaba, Sorocaba, SP, Brasil
amsilva@sorocaba.unesp.br

Afonso Peche Filho

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Científico do Centro de Engenharia e Automação - IAC, Jundiá, SP, Brasil
peche@iac.sp.gov.br

Moisés Storino

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador Científico do Centro de Engenharia e Automação - IAC, Jundiá, SP, Brasil
storino@iac.sp.gov.br

Admilson Irio Ribeiro

Engenheiro Agrícola, Professor da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Sorocaba, Sorocaba, SP, Brasil
admilson@sorocaba.unesp.br

Gerson Araujo de Medeiros

Engenheiro Agrícola, Professor da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Sorocaba, Sorocaba, SP, Brasil
gerson@sorocaba.unesp.br

INTRODUÇÃO

A Serra do Japi é um remanescente florestal da Mata Atlântica no interior do Estado de São Paulo. A riqueza de sua biodiversidade está relacionada à sua localização em uma região ecotonal, ou seja, local de encontro de dois tipos de florestas da Mata Atlântica sendo uma característica da Serra do Mar e a outra referente à Mata Atlântica do interior paulista.

Devido à heterogeneidade da vegetação, à presença de um grande número de riachos e à topografia da região, tem-se como consequência uma grande quantidade de ecossistemas provenientes dos microclimas. A diversidade de microclimas e da vegetação abriga e alimenta a fauna, criando um equilíbrio delicado entre as várias formas de vida ali existentes (MORELLATO, 1992).

Sua importância na conservação da fauna silvestre estadual não se reduz apenas à preservação de populações locais das espécies presentes na área. Como um dos únicos remanescentes de floresta Atlântica do planalto paulista, ela é fundamental para o estabelecimento de corredores de fauna entre os blocos de mata preservados das serranias do litoral e do complexo Cantareira/Mantiqueira, e também na ligação com remanescentes menores e mais isolados do interior, como a Floresta Nacional do Ipanema (AMBIENTAL CONSULTING, 2008).

Considerando a crescente demanda de recursos hídricos do estado de São Paulo, a Serra do Japi se destaca como uma importante produtora de água pela presença de um grande número de nascentes em seu território.

Em consonância com a paisagem, a referida Serra se apresenta de grande importância para a região. Sua feição geomorfológica, a oeste do Planalto Atlântico, constitui um relevo montanhoso que se destaca na face

sudoeste do município propiciando uma cênica de rara beleza à população.

Sua localização entre áreas urbanas densamente povoadas, atividades ligadas à exploração de madeira e de minérios, e a ocupação por loteamentos obrigaram a administração pública a criar instrumentos para a preservação da Serra do Japi.

A partir da década de 60 se iniciaram as políticas públicas voltadas para a proteção do território. Na década de 70 a Administração Pública de Jundiá solicitou ao Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico (CONDEPHAAT) o desenvolvimento de estudos visando o tombamento do território, que ocorreu em 8 de março de 1983. Em 1984 parte das áreas urbana e rural dos municípios de Jundiá e Cabreúva foi decretada Área de Proteção Ambiental.

Em 1991 foi criada a Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, pela Lei Municipal 3.672 de 10/01/1991, a qual foi regulamentada em 1992, por meio da Lei Municipal 13.196 de 30/12/1992. Em 2004 foi criado o Sistema de Proteção das Áreas da Serra do Japi, pela Lei Municipal 417 de 29/12/2004, que definiu o seu território de gestão, além de regulamentar o uso e ocupação da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica.

Apesar da existência dos mecanismos de proteção, previstos na legislação, Mattos (2006) destaca que as pressões caracterizadas pela demanda de cunho urbano, pela administração pública e pela iniciativa privada avolumam fatores indesejáveis para as áreas ambientalmente protegidas. A supressão da fauna silvestre, a ocupação por loteamentos irregulares e clandestinos, a alteração da quantidade e qualidade dos corpos d'água, a insuficiência do gerenciamento dos resíduos sólidos e a fragmentação das áreas ambientalmente protegidas podem

afetar de forma significativa a Serra do Japi.

Neste contexto, é crucial o estudo da dinâmica espacial e temporal para a avaliação das mudanças no uso e ocupação do território de áreas protegidas pela legislação ambiental, além do entendimento da forma como os fatores históricos, jurídicos, políticos, administrativos e sociais influenciam tais mudanças.

A tecnologia de informação conhecida como Sistema de Informação Geográfica (SIG) possibilita o aprofundamento nas mais diversas áreas do conhecimento, permitindo a visualização e modelagem espacial e temporal de diversas variáveis, sejam ambientais, econômicas ou sociais. Atualmente essa tecnologia é disponibilizada a um baixo custo e com interfaces amigáveis, tornando-a acessível à grande parte da população (CÂMARA e FELGUEIRAS, 2002).

Partindo da premissa básica de que é possível utilizar o SIG no entendimento da evolução espaço-temporal do uso e ocupação do solo na Serra do Japi, o presente trabalho apresenta como objetivo analisar as alterações da cobertura do solo na região da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi no município de Jundiá - SP utilizando Sistemas de Informação Geográfica, no período de 1989 a 2010.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo constitui a Zona de Amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi (ZA), situada no município de Jundiá, estado de São Paulo, entre as coordenadas 23°00' e 23°38'S, 46°75' e 47°00'O (Figura 1).

A região é delimitada pela Rodovia dos Bandeirantes, Rodovia Dom Gabriel Paulino Bueno Couto e pela Avenida Antônio Piccinato, sendo subdividida em Zona de



Figura 1. Localização de área de estudo dentro do limite municipal, estadual e nacional. Fonte: (IBGE, 2003 apud MATTOS, 2006).

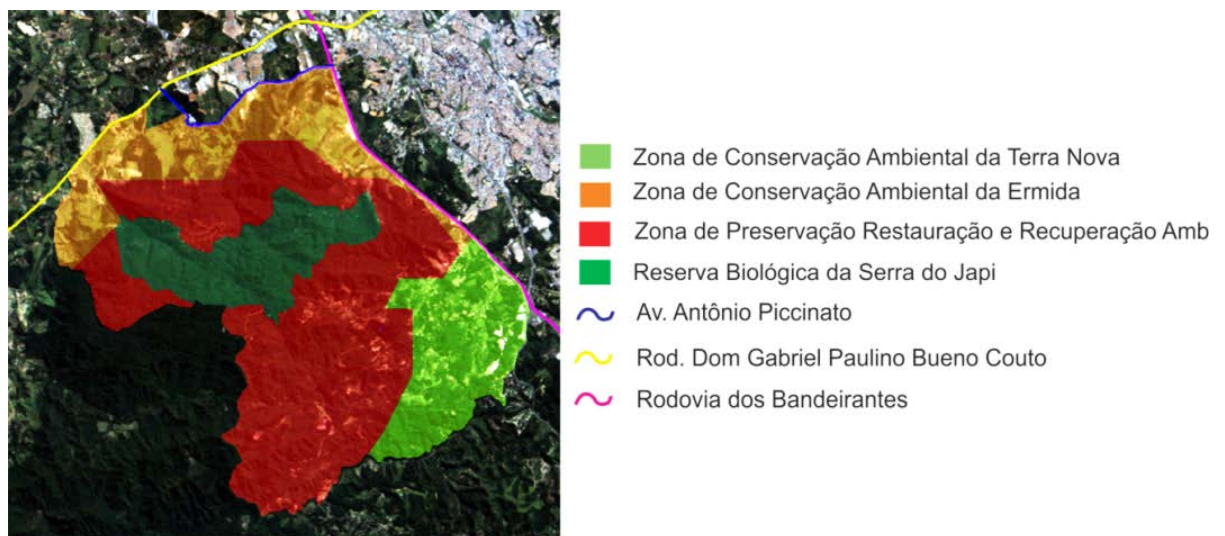


Figura 2. Divisão da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi em 2010.

Conservação Ambiental da Terra Nova, Zona de Conservação Ambiental da Ermida e Zona de Preservação, Restauração e Recuperação Ambiental (Figura 2).

Sua hidrografia é constituída pelos Rios Tietê, Jundiuvira, Guapeva e Jundiá fazendo parte da zona hidrográfica do Médio Tietê Superior.

A área possui altitude média de 762 m, máxima de 1.290,6

m e mínima de 673,6 m apresentando clima fortemente estacional, com uma estação quente e chuvosa e outra seca e fria.

O clima das partes baixas da Serra do Japi, pela classificação de Koppen, corresponde ao mesotérmico úmido sem estiagem (Cfa), com temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C. Nas partes altas da serra o clima corresponde ao Cfb, com

temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C (RODRIGUES, 1986).

Levantamentos de informações e análises

Foram utilizados dados digitais do satélite LANDSAT-5, sensor TM, obtidos junto ao sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2011), sendo

adquiridas duas cenas, correspondentes às datas 14/08/1989 e 24/08/2010, na órbita 219, ponto 76.

Para mapear o território da Zona de Amortecimento foram utilizadas informações contidas no documento “Plano de Manejo da Reserva Biológica da Serra do Japi”, referente à Zona de Amortecimento e Corredores Ecológicos (AMBIENTAL CONSULTING, 2008).

Realizou-se o georreferenciamento dos dados no programa IDRISI[®] pelo processo de reamostragem, empregando-se como referência espacial o software GOOGLE EARTH[®].

As áreas de interesse, correspondentes aos polígonos da Zona de Amortecimento, Zonas de Conservação Ambiental da Ermida e Terra Nova, Zona de Preservação, Restauração e Recuperação Ambiental e Reserva Biológica, foram mapeadas e ajustadas por meio do programa ILWIS[®], versão 3.3.

Reduziu-se a dimensão das cenas através do comando “OVERLAY” do software IDRISI[®], delimitando a região compreendida ao norte pela Rod. Dom Gabriel Paulino Bueno Couto, a leste a Rod. dos Bandeirantes e a oeste e sul pelo limite da zona de amortecimento. Realizou-se o processo de realce, em todas as bandas, nas duas datas, por meio do aumento linear de contraste, denominado “STRETCH”.

Analisou-se a ocupação do solo com o auxílio do programa GOOGLE EARTH[®], para a definição das classes de cobertura. Na definição das classes e das legendas utilizaram-se as diretrizes propostas no “Manual Técnico de Uso da Terra” (IBGE, 2006).

Foram definidas sete classes para as cenas de 1989 e 2010: classe “Áreas urbanas”, correspondendo às áreas ocupadas por construções e residências; classe “Áreas agropastoris”, correspondendo às áreas ocupadas por pastagens e culturas agrícolas;

classe “Reflorestamento”, correspondendo às áreas ocupadas por plantio ou formação de maciços com espécies florestais exóticas, como pinus e eucalipto; classe “Mata”, correspondendo a áreas ocupadas por vegetação natural em estágio médio e maduro de desenvolvimento; classe “Corpos d’água”, correspondendo aos córregos e lagos; classe “Solos expostos”, correspondendo às áreas de mineração e áreas degradadas; classe “Sombra”, correspondendo às áreas sombreadas em função do relevo e da posição do Sol no momento de captura da imagem.

Para a definição das bandas da composição colorida utilizou-se como referência Moreira (2007). Nesse aspecto, foram escolhidas as bandas 3 (vermelho), 4 (infravermelho-próximo) e 5 (infravermelho-médio) por apresentarem as informações espectrais necessárias para a realização do estudo.

Para a obtenção da composição colorida optou-se pela utilização da banda 3 na saída do azul, da banda 5 na saída do verde e da banda 4 na saída do vermelho, gerando um melhor contraste.

Utilizando o programa IDRISI[®] realizou-se o cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada “NDVI” para minimizar as diferenças nas condições de iluminação da cena e ressaltar a assinatura espectral dos alvos, facilitando a separação do padrão espectral das classes de cobertura do solo. O índice é calculado através da razão espectral das bandas do vermelho e do infravermelho próximo, da seguinte forma:

$$NDVI = \frac{Banda\ 4 - Banda\ 3}{Banda\ 4 + Banda\ 3} \quad (1)$$

Onde:

Banda 3 – Resposta espectral da banda do vermelho (μm);

Banda 4 – Resposta espectral da banda do infravermelho próximo (μm).

Aplicou-se a análise de componentes principais para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 utilizando o programa IDRISI[®], com o objetivo de realçar as feições comuns às bandas.

Segundo Eastman (1998) a análise de componentes principais (PCA) consiste na transformação de um conjunto de bandas de imagem em um novo conjunto de imagens, conhecidas como componentes, que estão descorrelacionadas umas com as outras e que são ordenadas em termos da variância do conjunto de bandas original.

As primeiras duas ou três componentes explicam virtualmente toda a variabilidade original nos valores de refletância e as últimas componentes tendem a ser dominadas por efeitos de ruído.

Foi realizada a normalização dos dados de NDVI e Principais Componentes entre 0 e 255 por meio do aumento linear de contraste, denominado “STRETCH”.

Na escolha do classificador utilizou-se como referência Iwai (2003), com a adoção da abordagem supervisionada pelo método da máxima verossimilhança (MAXVER), baseada na teoria de probabilidade Bayesiana.

Através da interpretação visual da composição colorida foram selecionadas amostras referentes a cada classe de cobertura do solo. Realizou-se a comparação da assinatura espectral de cada classe de cobertura nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, no NDVI e nos principais componentes 1 e 2 para a seleção das bandas utilizadas no processo de classificação das cenas. Foram empregadas as bandas 4, 5 e 7, o segundo componente principal e o NDVI.

A inclusão do conhecimento prévio no procedimento de classificação foi realizada conforme Eastman (1998). Determinou-se a frequência relativa com a qual cada classe de cobertura do solo mudou com relação a cada uma das outras classes, entre 1989 e 2010.

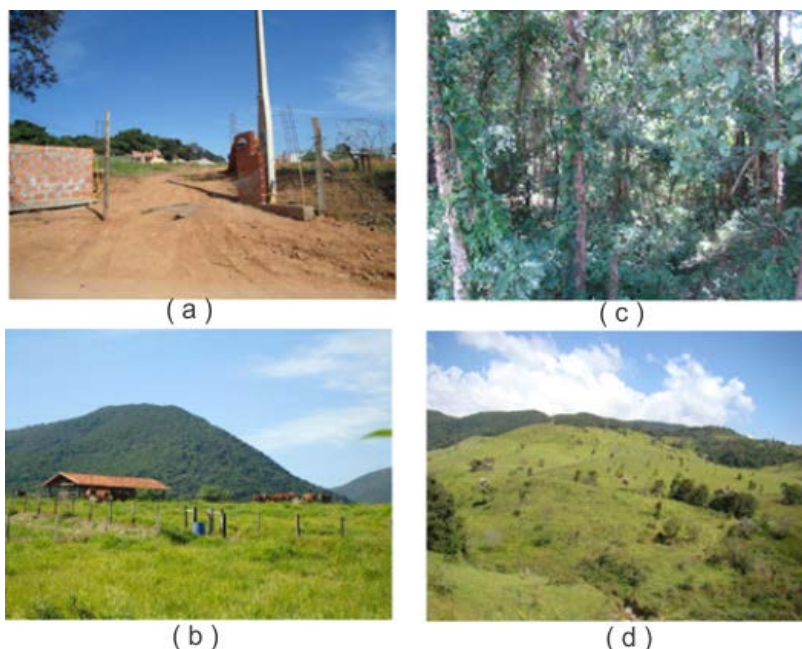


Figura 3. Imagens de uso e ocupação. (a) ponto n° 10, ocupação urbana; (b) ponto n° 6, pastagem; (c) ponto n° 17, vegetação natural; (d) ponto n° 18, pastagem.

Tabela 1. Classes de qualidade do índice Kappa (LANDIS; KOCH, 1977)

Faixa de valores de Kappa	Qualidade
< 0,0	Péssima
0,0 - 0,2	Ruim
0,2 - 0,4	Razoável
0,4 - 0,6	Boa
0,6 - 0,8	Muito Boa
0,8 – 1,0	Excelente

Utilizou-se como referência o trabalho de Bueno (2008) para a determinação das probabilidades futuras, através da cadeia de Markov. O classificador foi alimentado com os resultados obtidos, gerando os mapas de cobertura do solo de 1989 e 2010.

A avaliação da precisão dos mapas obtidos no processo de classificação supervisionada foi realizada com o auxílio do programa GOOGLE EARTH® e visitas ao campo. A concordância entre a realidade local e a carta temática foi avaliada pelo índice “Kappa” (MOREIRA, 2007).

Foram coletados 42 pontos aleatórios para a determinação das coordenadas geográficas utilizando um GPS da marca *Eagle*, modelo

Explorer, sendo alguns apresentados na Figura 3.

O valor obtido através do índice “Kappa” foi comparado e interpretado com a classificação proposta por Landis e Koch (1977) (Tabela 1), permitindo confirmar a interpretação das diferentes formas de cobertura do solo na região estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a etapa de georreferenciamento obteve-se um erro médio quadrático de 11,7m para a cena de 2010, e de 13,1m para a cena de 1989. Estes valores são considerados aceitáveis para imagens obtidas através do

LANDSAT-5, sensor TM (EASTMAN, 2003).

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os gráficos das assinaturas espectrais das amostras selecionadas para as classes de cobertura. As classes de cobertura “Reflorestamento” e “Mata” foram subdivididas nas subclasses: “Reflorestamento 1” e “Reflorestamento 2”; “Mata 1” e “Mata2”; em função dos diferentes padrões espectrais observados na interpretação da composição colorida.

Nota-se na Figura 4, na região do visível (b1, b2 e b3), a existência de quatro padrões espectrais distintos, não sendo possível diferenciar “Corpos d’água” das “Áreas agropastoris” e as classes

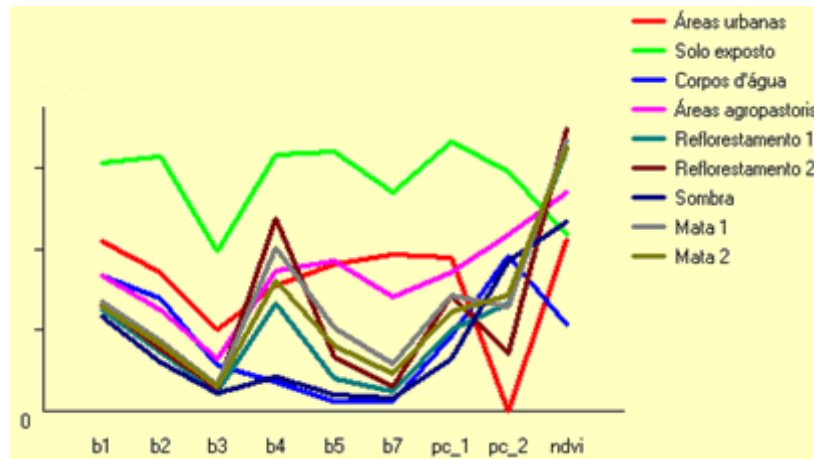


Figura 4. Assinatura espectral das amostras selecionadas para a imagem de 1989, sendo que b1, b2, b3, b4, b5 e b7 correspondem as bandas 1; 2, 3, 4, 5 e 7 respectivamente; pc_1 corresponde ao principal componente 1; e pc_2 corresponde ao principal componente 2.

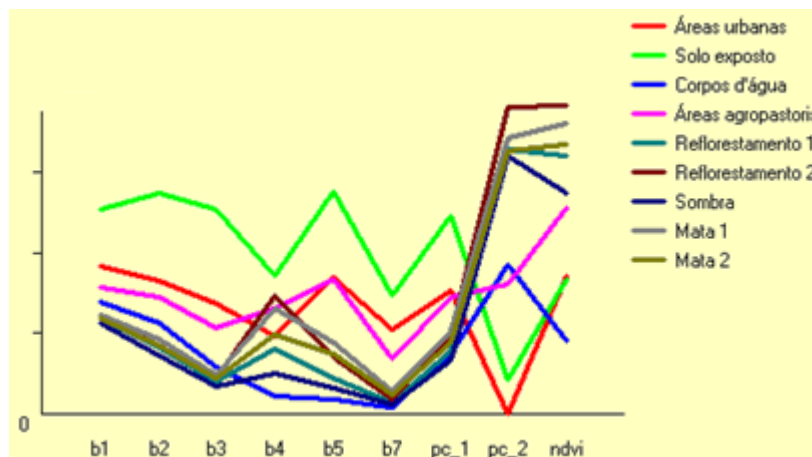


Figura 5. Assinatura espectral das amostras selecionadas para a imagem de 2010, sendo que b1, b2, b3, b4, b5 e b7 correspondem as bandas 1; 2, 3, 4, 5 e 7 respectivamente; pc_1 corresponde ao principal componente 1; e pc_2 corresponde ao principal componente 2.

correspondentes a “Mata”, “Reflorestamento” e “Sombra”. A diferenciação entre as classes de “Mata” e “Reflorestamento” ocorre nas bandas 4, 5 e 7. Na banda 4 o padrão espectral das “Áreas agropastoris” e da “Mata” são similares, porém se diferenciam nas bandas 5 e 7. O NDVI mostra diferenças na assinatura espectral dos “Corpos d’água” e “Sombra”.

As amostras referentes às “Áreas urbanas”, “Áreas agropastoris” e “Solos expostos” apresentam assinaturas espectrais distintas no Principal Componente 2. Todavia, a resolução espacial das cenas e a presença de áreas urbanas

pouco consolidadas, como chácaras, pesqueiros e loteamentos; impossibilitou a seleção de amostras referentes às “Áreas urbanas” na região da Zona de Amortecimento. Nesse caso, foram selecionadas amostras de áreas consolidadas localizadas na região de entorno da Zona de Amortecimento.

No processo de classificação essas áreas foram erroneamente classificadas como “Áreas agropastoris” sendo necessária a delimitação manual das “Áreas urbanas” através da interpretação da imagem e edição vetorial no programa ILWIS®.

Na Figura 5 observam-se cinco padrões espectrais distintos na região do visível, não sendo possível diferenciar “Mata” de “Reflorestamento”. As bandas 4, 5 e 7 apresentaram comportamento similar ao da Figura 4. Já o NDVI mostra diferenças na assinatura espectral da maioria das classes, não diferenciando as “Áreas urbanas” e “Solo exposto”.

No principal componente 2 observam-se diferenças na assinatura espectral das “Áreas urbanas”, “Áreas agropastoris” e “Solos expostos”, porém no processo de classificação as “Áreas urbanas” foram erroneamente

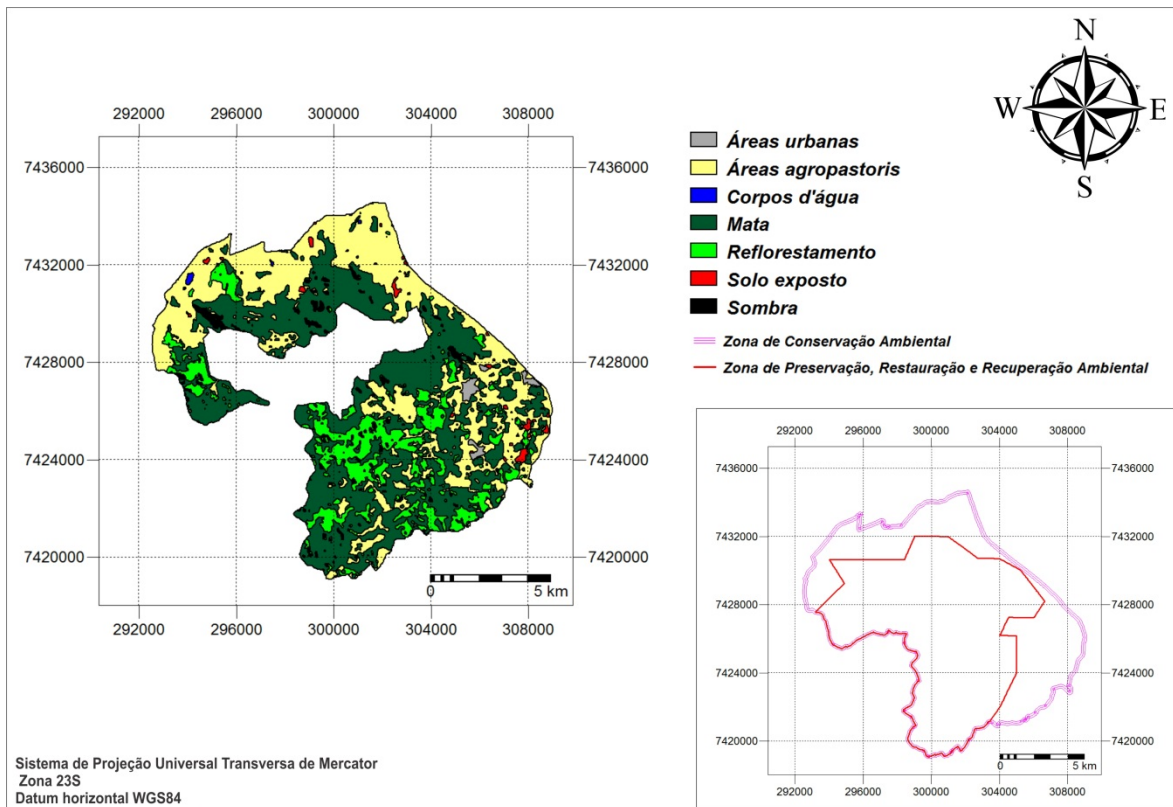


Figura 6. Cobertura do solo da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi em 1989.

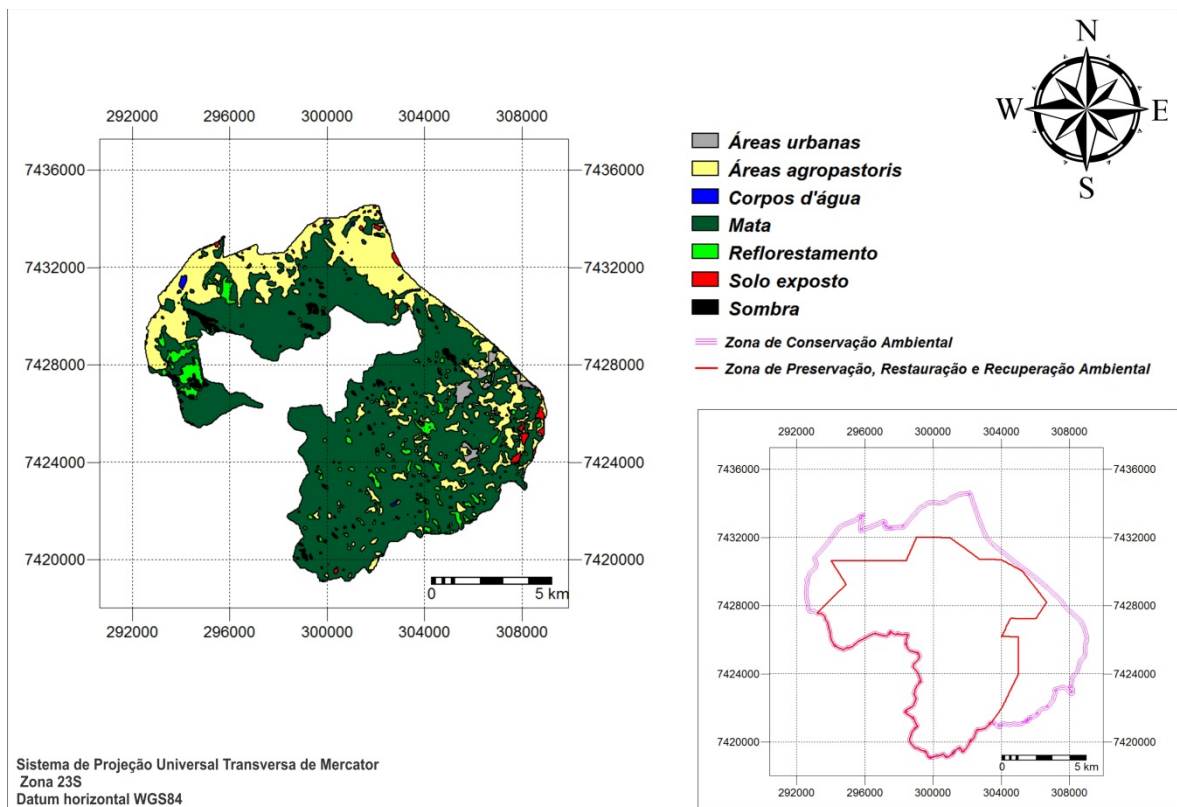


Figura 7. Cobertura do solo da Zona de Amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi em 2010.

Tabela 2. Distribuição da cobertura do solo e percentual de ocorrência (%) nos anos de 1989 e 2010 na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi.

Classe de Cobertura do solo	Área (ha)		%	
	1989	2010	1989	2010
<i>Áreas agropastoris</i>	4240,34	2687,32	35,50	22,50
<i>Áreas urbanas</i>	97,19	133,61	0,81	1,12
<i>Corpos d'água</i>	17,44	25,89	0,15	0,22
<i>Mata</i>	5567,41	8327,38	46,60	69,71
<i>Reflorestamento</i>	1688,69	469,06	14,14	3,93
<i>Solo exposto</i>	99,62	105,91	0,83	0,89
<i>Sombra</i>	235,56	197,08	1,97	1,65
<i>Total</i>	11946,25	11946,25	100,00	100,00

classificadas, sendo necessária sua delimitação manual.

Para a validação do modelo de cobertura do solo obteve-se o valor do índice Kappa de 0,77, o qual representa uma qualidade “muito boa” segundo Landis e Koch (1997).

As Figuras 6 e 7 apresentam o modelo da cobertura do solo na região da Zona de Amortecimento, nos anos de 1989 e 2010 respectivamente. A área das classes de cobertura e a porcentagem da Zona de Amortecimento ocupada por cada classe são apresentadas na Tabela 2. Observa-se a predominância da classe “Mata” nos anos estudados. Em 1989 as áreas de “Mata” ocupavam 46,60% da área total, já em 2010 passaram a ocupar 69,71% da ZA. A classe com a segunda maior ocupação corresponde às “Áreas agropastoris”, ocupando 35,50% da Zona de Amortecimento em 1989 e 22,50% em 2010.

A Tabela 2 mostra a diminuição da importância relativa do “Reflorestamento” na ZA, de 14,14% em 1989 para 3,93% em 2010. As pequenas variações nas

classes “Sombra” e “Corpos d’água” sugerem que a classificação foi adequada.

Os solos expostos apresentaram um aumento de 6,31% no período avaliado, porém esse valor é de pouca expressão em relação ao território total da ZA, correspondendo a 0,06%. Já as áreas urbanas apresentaram um aumento de 37,47%, entre 1989 e 2010, todavia essa ocupação representa uma pequena importância relativa na área da ZA, correspondendo a 0,81% em 1989 e 1,12% em 2010.

Os dados apresentados sugerem uma tendência de regeneração da vegetação natural, entre 1989 e 2010, com a substituição das “Áreas agropastoris” e do “Reflorestamento” pela vegetação natural. Nesse período, a área referente ao reflorestamento somada às atividades agropastoris foi reduzida de 5929,03 ha para 3156,38 ha, correspondendo a uma diminuição de 46,76%. Essa área foi parcialmente substituída pela “Mata”, a qual variou de 5567,41 ha a 8327,38 ha, no período de 1989 e

2010, correspondendo a um aumento de 49,57%.

A Figura 8 mostra a evolução da área de mata entre 1989 e 2010. Nessa Figura a classe “Mata Remanescente” representa as regiões onde a floresta natural se manteve entre 1989 e 2010; a classe “Mata Regenerante” representa as regiões onde ocorreu o restabelecimento da vegetação natural e a classe “Áreas desmatadas” representa as regiões onde a vegetação natural foi substituída por outras classes de uso e ocupação do solo.

Nota-se que as áreas de restabelecimento da vegetação natural e as áreas desmatadas se concentram na porção sudeste da Zona de Amortecimento. As áreas de mata remanescente se concentram próximas à região norte e leste da Reserva Biológica e na região sul da Zona de Amortecimento.

Cerca de 277,19 ha da área ocupada pela mata, em 1989, foi retirada. Contudo, a regeneração da área de mata alcançou 3037,16 ha, no período de 1989 a 2010.

Apesar dessa regeneração da vegetação natural, o processo não ocorreu com a mesma intensidade em todas as regiões da Zona de Amortecimento. Na região norte a pressão urbana dos bairros adjacentes, Jardim do Aeroporto e Eloy Chaves, aliada a presença de atividades agropastoris consolidadas podem explicar a menor incidência de áreas regeneradas.

A região de divisa entre a Rod. dos Bandeirantes e a Zona de Amortecimento também apresenta um processo de regeneração de menor intensidade. Os impactos da operação da Rodovia tais como incêndios, concentração de enxurrada e poluição, podem explicar a maior dificuldade no

no processo de regeneração, principalmente na região próxima a Reserva Biológica da Serra do Japi. A diminuição das atividades de silvicultura e agropecuária pode ter favorecido o restabelecimento da mata natural.

As alterações na Zona de Amortecimento podem ser atribuídas à intervenção política da prefeitura do município, por meio da Lei complementar municipal n.º 417. As exigências legais podem ter contribuído para a diminuição da atividade antrópica na região e consequentemente para o restabelecimento da floresta natural.

Existem diferentes restrições entre as áreas que

A Tabela 3 mostra a área das classes de cobertura na ZPRRA e a importância relativa de cada classe. Essa região constitui a parte mais preservada da Zona de Amortecimento, com a predominância da classe “Matas” no período analisado, atingindo 4444,79 ha (63,44% da ZPRRA) em 1989, e 6161,35 ha (87,94% da ZPRRA) em 2010. As áreas agropastoris e de reflorestamentos constituem as outras classes mais representativas, observando-se um padrão de decréscimo semelhante entre as duas classes, nos anos de 1989 a 2010.

As alterações entre 1989 e 2010 na Zona Proteção Restauração e Recuperação Ambiental são

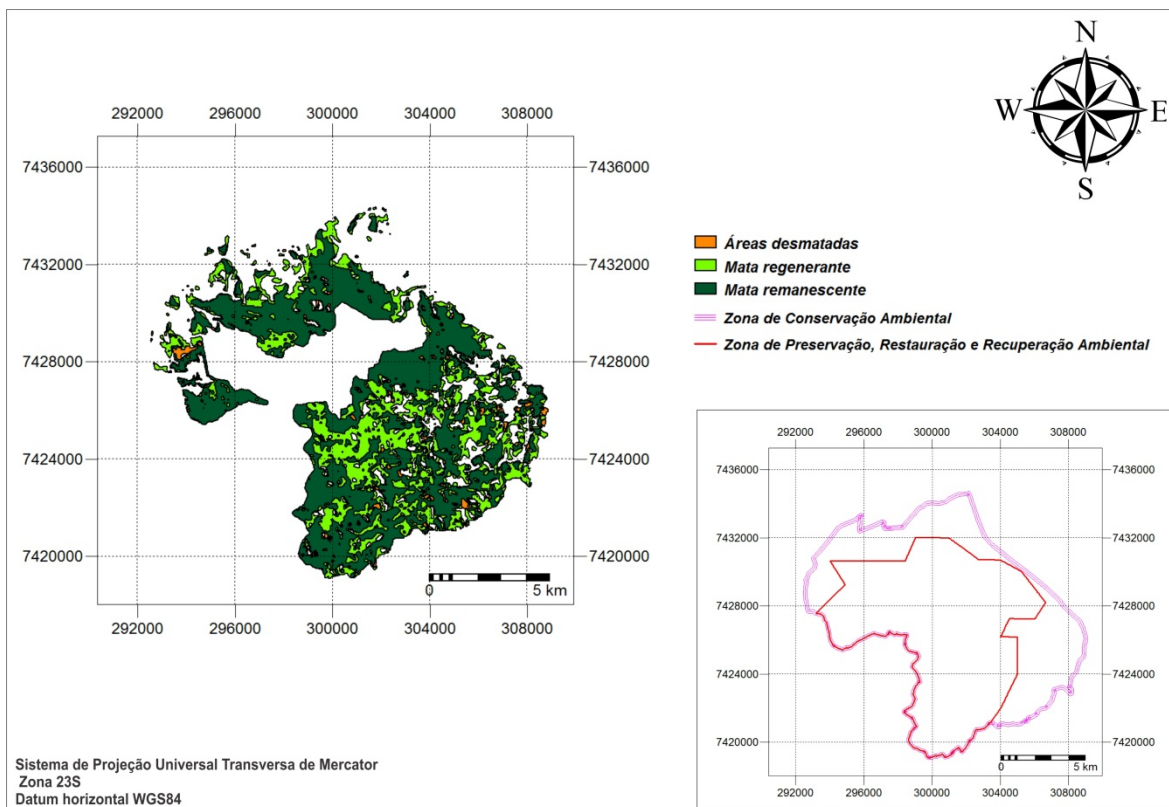


Figura 8. Evolução das áreas de mata entre 1989 e 2010 na Zona de Amortecimento da Reserva Biológica da Serra do Japi.

restabelecimento da vegetação natural.

Mesmo com uma maior concentração de “Áreas urbanas” e “Áreas desmatadas” na porção sudeste da Zona de Amortecimento, observa-se uma maior intensidade

constituem a Zona de Amortecimento. Na Zona de Preservação, Restauração e Recuperação Ambiental (ZPRRA) o processo de ocupação e uso do solo é mais restrito, o que pode explicar a maior regeneração observada.

positivas para a Unidade de Conservação (UC). O restabelecimento da vegetação natural e a diminuição das ocupações antrópicas, contribuíram para a formação de uma zona tampão ao redor da UC, prevenindo-

Tabela 3. Distribuição da cobertura do solo e percentual de ocorrência (%) em relação a área total da Zona de Preservação, Restauração e Recuperação Ambiental (ZPPRA) da Serra do Japi nos anos de 1989 e 2010.

Classe de Cobertura do solo	Áreas (ha)		%	
	1989	2010	1989	2010
<i>Áreas agropastoris</i>	1075,42	344,62	15,35	4,92
<i>Áreas urbanas</i>	10,16	11,33	0,15	0,16
<i>Corpos d'água</i>	1,89	3,14	0,03	0,04
<i>Mata</i>	4444,79	6161,37	63,44	87,94
<i>Reflorestamento</i>	1236,80	286,90	17,65	4,09
<i>Solo exposto</i>	12,86	10,43	0,18	0,15
<i>Sombra</i>	224,77	188,90	3,21	2,70
<i>Total</i>	7006,69	7006,69	100,00	100,00

Tabela 4. Distribuição da cobertura do solo e percentual de ocorrência (%) em relação a área total das Zonas de Conservação Ambiental (ZCAs) da Reserva Biológica da Serra do Japi nos anos de 1989 e 2010.

Classe de Cobertura do solo	Áreas (ha)		%	
	1989	2010	1989	2010
<i>Áreas agropastoris</i>	3164,92	2342,70	64,07	47,43
<i>Áreas urbanas</i>	87,03	122,28	1,76	2,48
<i>Corpos d'água</i>	15,55	22,75	0,31	0,46
<i>Mata</i>	1122,62	2166,01	22,73	43,85
<i>Reflorestamento</i>	451,89	182,16	9,15	3,69
<i>Solo exposto</i>	86,76	95,48	1,76	1,93
<i>Sombra</i>	10,79	8,18	0,22	0,17
<i>Total</i>	4939,56	4939,56	100,00	100,00

a dos impactos causados pela ocupação humana.

A Tabela 4 mostra a área das classes de cobertura nas Zonas de Conservação Ambiental (ZCA) e a sua porcentagem de ocupação para

cada classe. Observa-se a predominância das atividades agropastoris, as quais atingiram uma área de 3164,92 ha em 1989 e 2342,70 ha em 2010. A segunda classe com maior percentual de

ocupação é a "Mata", que variou de 1122,62 ha, em 1989, para 2166,01 ha, em 2010, o que representa uma elevação de 92,94%.

A substituição das áreas "Agropastoris" e de

“Reflorestamento” pelas áreas de “Mata” ocorreu com maior intensidade na região sul e de forma menos acentuada nas regiões norte e nordeste. A ocupação urbana é bem superior em relação aquela observada na Zona de Preservação, Restauração e Recuperação Ambiental. Os dados revelam que as áreas urbanas expandiram de 87,03 ha em 1989 para 122,28 ha em 2010, o que equivale a uma variação de 40,50%.

Apesar do restabelecimento da vegetação natural nas Zonas de Conservação Ambiental, o processo é menos intenso do que o observado na ZPPRA, pois as exigências legais menos restritas promovem uma maior pressão na região, pela expectativa de ocupação urbana e manutenção das atividades agropastoris.

A região norte da ZCA, denominada Zona de Conservação Ambiental da Ermida, apresenta as áreas agropastoris que fazem divisa com a Reserva Biológica, nas regiões nordeste e noroeste, locais em que a Unidade de Conservação fica susceptível aos impactos negativos oriundos das atividades humanas.

CONCLUSÕES

Os métodos aplicados e os resultados obtidos possibilitaram o estudo da cobertura do solo, por meio da análise comparativa das imagens de satélite de 1989 e 2010.

A classificação mostrou-se adequada para as finalidades deste trabalho, o que permitiu a determinação da variação da cobertura do solo.

Os resultados mostram diferenças evolutivas após duas décadas de ocupação, concluindo-se que a Unidade de Conservação foi favorecida pelo aumento das áreas de mata, na ordem de 50%.

Demonstra-se a importância da implementação de políticas públicas na gestão ambiental municipal.

Apesar dos aspectos positivos observados, as áreas

noroeste e nordeste da Reserva Biológica se apresentam ameaçadas pelas atividades antrópicas relacionadas com a produção agropecuária.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro de Engenharia e Automação do Instituto Agrônomo – IAC pela concessão de bolsa de estágio ao primeiro autor, o que possibilitou a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

AMBIENTAL CONSULTING. **Plano de Manejo:** Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi. Prefeitura de Jundiáí. 2008.

Disponível em:

<[http://www.jundiai.sp.gov.br/pmjsite/biblio.nsf/V03.01/smpm_serra/\\$file/ManejoRebio.pdf](http://www.jundiai.sp.gov.br/pmjsite/biblio.nsf/V03.01/smpm_serra/$file/ManejoRebio.pdf)>. Acesso em: 02 de Junho de 2011.

BUENO, F. **Cadeias de Markov:**

Práticas e Aplicações. Aranguá, Santa Catarina. 2008. Disponível em:

<<http://www.inf.unioeste.br/~rogerio/Cadeias-Markov2.pdf>>. Acesso em 30 de Setembro de 2010.

CÂMARA, G. FELGUEIRAS, C. A.

Análise Espacial e

Geoprocessamento: análise espacial de dados geográficos. São José dos campos: INPE, 2002. Disponível em:

<

<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 02 de Junho de 2011.

EASTMAN, J. R. Idrisi Kilimanjaro – User’s manual. Clark University – USA, 2003.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2ª edição, Rio de Janeiro. 2006. Disponível em

<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ManuaisdeGeociencias/Man>

[ual%20Tecnico%20de%20Uso%20da%20Terra.pdf](#)>. Acesso em: 02 de Junho de 2011.

INPE. **Catálogo de Imagens.** Brasil. 2011. Disponível em:<

<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>.

Acesso em: 21 de setembro de 2011.

LANDIS, J.R. KOCH, G.G. **The measurement of observer agreement for categorical data.**

Biometrics, v.33, p.159-174, 1977.

MATTOS, E. C. A. **Dinâmica espaço-tempo do uso e ocupação das terras na região de entorno à área urbana de Jundiáí/SP:** implicações futuras

na reserva biológica da serra do japi. 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de

Geociências, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2006.

IWAI, O. K. **Mapeamento do solo urbano do município de São Bernardo do Campo. Através de imagens de satélites.** 2003. 116 f. Dissertação (Mestrado em

Engenharia e Transportes) – Departamento de Engenharia de transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MORELLATO, L.P.C. Introdução. In: Morellato, L.P.C. (org) **História**

natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no sudeste do Brasil. Editora da Unicamp, Campinas. 1992.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3ª edição - Viçosa: UFV, 307 p., 2007.

RODRIGUES, R.R. **Levantamento florístico e fitossociológico das matas da Serra do Japi, Jundiáí, SP.**

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1986.

Recebido em: out/2011

Aprovado em: nov/2012