

Fotografias aéreas e imagens Quickbird como suporte na gestão de Unidades de Conservação da Mata Atlântica

Luciana Spinelli Araujo¹
Gerd Sparovek¹
Ricardo Ribeiro Rodrigues¹
João Roberto dos Santos²

¹ Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP
Caixa Postal 9 - 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil
LSARAUJO@esalq.usp.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
jroberto@ltid.inpe.br

Abstract. This work is part of a project for space and temporal analysis of the bamboo in the Atlantic Forest. The objective is to argue the applicability of multitemporal analysis of aerial photos as subsidy for the rising of information on the vegetation dynamics of PEI. Additionally, the preliminary results of the use of high-resolution image Quickbird will be discussed in the recognition of patterns of different succession stadiums of the forest in the area of PEI.

Palavras-chave: aerial photo, Quickbird, Atlantic Forest, bamboo, fotografias aéreas, Quickbird, Mata Atlântica, bambu.

1. Introdução

O Estado de São Paulo possui o maior número de Unidades de Conservação no Domínio da Mata Atlântica (Capobianco, 2001), destacando-se o *continuum* ecológico formado pelos Parques Estaduais de Intervalos, Carlos Botelho, Alto Ribeira, Jacupiranga e a Estação Ecológica de Xitué, que somam cerca de 320 mil hectares (IF, 2005).

No caso do Parque Estadual Intervalos (PEI), com a etapa de diagnóstico para execução do Plano de Gestão e Manejo da Unidade, algumas discussões vêm sendo realizadas acerca da ocorrência de extensas áreas de floresta dominadas por bambus, que podem influenciar negativamente o caráter natural da vegetação. Apesar da existência do Parque, a região de Intervalos ainda necessita de dados detalhados e atualizados dos recursos naturais visando tanto ações preventivas como corretivas para o seu planejamento e gestão. O PEI possui um histórico de perturbações antrópicas relacionado às antigas atividades de roça-de-toco, na fase anterior à criação do parque, e o levantamento desses dados é de suma importância para o entendimento da dinâmica da vegetação e material base para as discussões em Planos de Manejo de Unidades de Conservação. De acordo com alguns autores, as clareiras abertas por perturbações antrópicas poderiam ser ambientes propícios para a colonização de bambus, interferindo no desenvolvimento de espécies pioneiras e, conseqüentemente, na diversidade da vegetação. Apesar da entrada de novos sensores e do avanço em técnicas de processamento, as fotografias aéreas continuam sendo a base de levantamentos históricos para a identificação e mapeamento do uso da terra, possibilitando a detecção das transformações de ocupação do solo ao longo de um período.

Este trabalho é parte de um projeto para análise espacial e temporal das florestas com bambu na Mata Atlântica, tendo aqui o objetivo de discutir a aplicabilidade de análise multitemporal de fotografias aéreas em uma área amostral do PEI como subsídio para o levantamento de informações sobre a dinâmica da vegetação do Parque. Adicionalmente,

serão discutidos os resultados preliminares do uso de imagem de alta-resolução Quickbird no reconhecimento de padrões de diferentes estádios sucessionais da floresta na área do PEI.

2. Área de Estudo

O PEI localiza-se na região sul do Estado de São Paulo, entre as coordenadas geográficas 24°12' a 24°32' de latitude sul e 48°03' a 48°32' de longitude oeste, totalizando 41.704,27 ha. Intervalos apresenta como cobertura vegetal predominante a Floresta Ombrófila Densa, genericamente denominada de Mata Atlântica (Fundação Florestal, 1998), caracterizando-se pela alta concentração do palmito juçara (*Euterpe edulis* Martius) e por problemas de exploração ilegal dessa espécie. De acordo com Haemig (2006), nesse local os bambus são abundantes, incluindo espécies de *Guadua*, *Chusquea* e *Merostachys*. O Parque apresenta um ambiente serrano, abarcando trechos de relevo muito movimentado na escarpa propriamente dita em sua porção ao sul e, no norte da unidade, apresenta amplitudes topográficas mais baixas e declividade mais suave (Campos, 2001).

Administrado atualmente pela Fundação Florestal, o Parque possui um histórico de ocupação, com documentação iniciada na década de 50, após a implantação de um projeto agropecuário que não foi bem sucedido, época em que a Companhia responsável perdeu as terras, aproximadamente 10.000 ha, para o Banco do Estado de São Paulo (BANESPA). Durante a administração pelo BANESPA foram incluídas novas propriedades e o estabelecimento de infra-estrutura, ocorrendo o beneficiamento e até exportação de palmito. Na década de 80 foi decretada a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra do Mar, abarcando Intervalos, o que norteou a formação do Parque em 1995 (Fundação Florestal, 1998).

3. Metodologia

A primeira etapa do trabalho foi focada na análise visual das fotografias aéreas em papel com o auxílio de estereoscópio de espelhos, visando principalmente o reconhecimento de padrões para identificação dos alvos da área de trabalho e definição das classes para a interpretação. Para isso, foi realizado um levantamento das fotografias aéreas disponíveis da área, sendo selecionados para a etapa de interpretação os anos de 1962, 1973, 1981 e 2000 (escalas entre 1:25.000 e 1:35.000), principalmente por cobrirem o período compreendido entre as décadas anteriores e posteriores à criação do PEI. Foi então definida uma área amostral, considerando principalmente as informações da bibliografia do Parque e de dados levantados em entrevistas com antigos moradores da região, como de uso intensivo entre os anos de 1950 a 1970.

Após essa análise inicial, foi gerado o mosaico faixa a faixa dessas fotografias, considerando apenas sua área útil, em formato digital. O georeferenciamento das faixas, tendo como base o mosaico georeferenciado de fotografias aéreas referente ao ano de 2000, bem como a geração do mosaico final de cada ano e a interpretação visual desses mosaicos foram realizados no *software Spring 4.2*.

A interpretação foi iniciada pelo ano de 1962, que por ser o material mais antigo disponível, foi utilizado como base. Cada polígono dessa interpretação foi associado a uma das classes definidas anteriormente. O resultado dessa interpretação foi sobreposto ao mosaico de 1973 e realizada a análise dos polígonos demarcados de 1962 em relação ao mosaico de 1973, além da inclusão de novos polígonos. A mesma metodologia foi utilizada para a interpretação das fotografias de 1981 e 2000.

A imagem Quickbird adquirida, modo *Ortho Ready Standard*, com 5 bandas espectrais – 1 PAN, resolução de 0,6m e 4 MS (azul, verde, vermelho e infra-vermelho-próximo), resolução de 2,4m, é um produto georeferenciado mas que necessita de uma etapa de ortoreificação, com o intuito de minimizar os efeitos de deslocamento do relevo. O processo

foi realizado pelo Modelo Racional Polinomial no *software Envi 4.0*, onde os dados de entrada compreendem a imagem com respectivos coeficientes polinomiais (RPC's), o Modelo Digital de Elevação (MDE) e o arquivo com os pontos de apoio, este último facultativo. Para esta etapa de análise exploratória da imagem, a ortoretificação foi realizada considerando apenas os arquivos RPC's e o MDE do *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM* (NASA, 2006), alterado da resolução de 3" para 1" ou em torno de 30m (Valeriano, 2004), face à disponibilidade do dado e inexistência de folhas da carta topográfica na escala mais compatível com o projeto.

4. Resultados

De acordo com dados levantados junto aos antigos moradores da região e na literatura, as atividades de roça foram mais intensas e recorrentes nas áreas entre a Sede Administrativa e a Base do Carmo, onde também ocorreu extração intensa de palmito, principalmente no início dessa atividade. Com base nessas informações foi selecionada uma área amostral de aproximadamente 3700 ha, englobando a região entre essas duas Bases (**Figura 1**). Segundo Silva e Leonel (2001), a região da Sede, área de maior ocupação do Parque, situada a cerca de 700m de altitude, abriga hoje uma mata de aproximadamente 35 anos, onde foram desenvolvidos no passado diversos tipos de culturas. Nessa área encontram-se trechos extensos de florestas em estádios diferentes de sucessão, resultantes de ocupação para a prática de agricultura por períodos de tempo variáveis, ou de cortes seletivos e extração de palmito (Mantovani, 2001). Já a Base do Carmo situa-se a 10km da região da Sede, também a uma altitude de 700m, dando acesso a trechos da mata onde a influência antrópica foi mínima ou nula (Silva e Leonel, 2001).

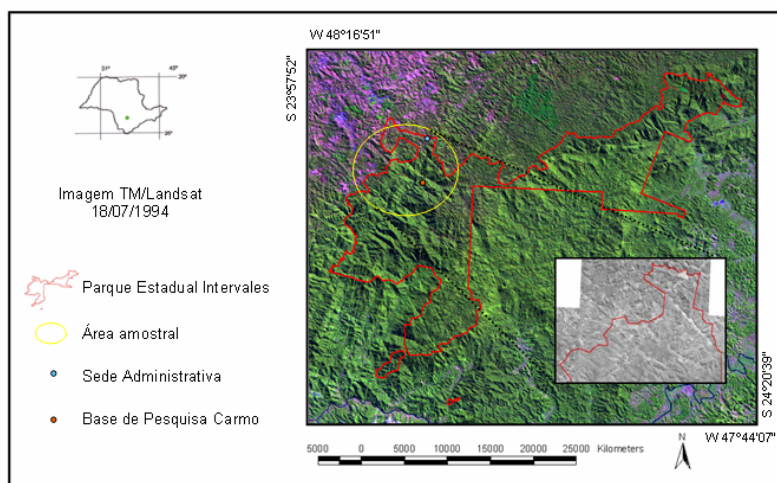



















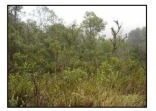









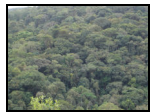


Fig. 1. Localização do Parque Estadual Intervales, com detalhe da área amostral no mosaico de fotografias de 1962.

Como comentado, a interpretação digital foi realizada ano a ano com base em 5 classes pré-estabelecidas, considerando padrões de análise de fotografias como tonalidade, textura e cor para cada data descritos na **Tabela 1**, resultando em mapas temáticos dos 4 anos apresentados na **Figura 2**, com respectivas áreas por classe incluídas na **Tabela 2**.

TABELA 1: Classes e padrões empregados na etapa de interpretação das fotografias aéreas de 1962, 1973, 1981 e 2000, com respectivas características em campo em 2006.

classe	descrição	1962	1973	1981	2000	campo / 2006
0	corpos d'água.					
1	vegetação rasteira ou ausência de vegetação.					
2	vegetação de baixo porte/ (~1 m).					
3	vegetação de médio porte, sem textura de floresta contínua (~3-4 m).					
4	floresta com cicatrizes visíveis de diferentes níveis de perturbação.					
5	floresta sem sinais de cicatrizes de processos de perturbação.					

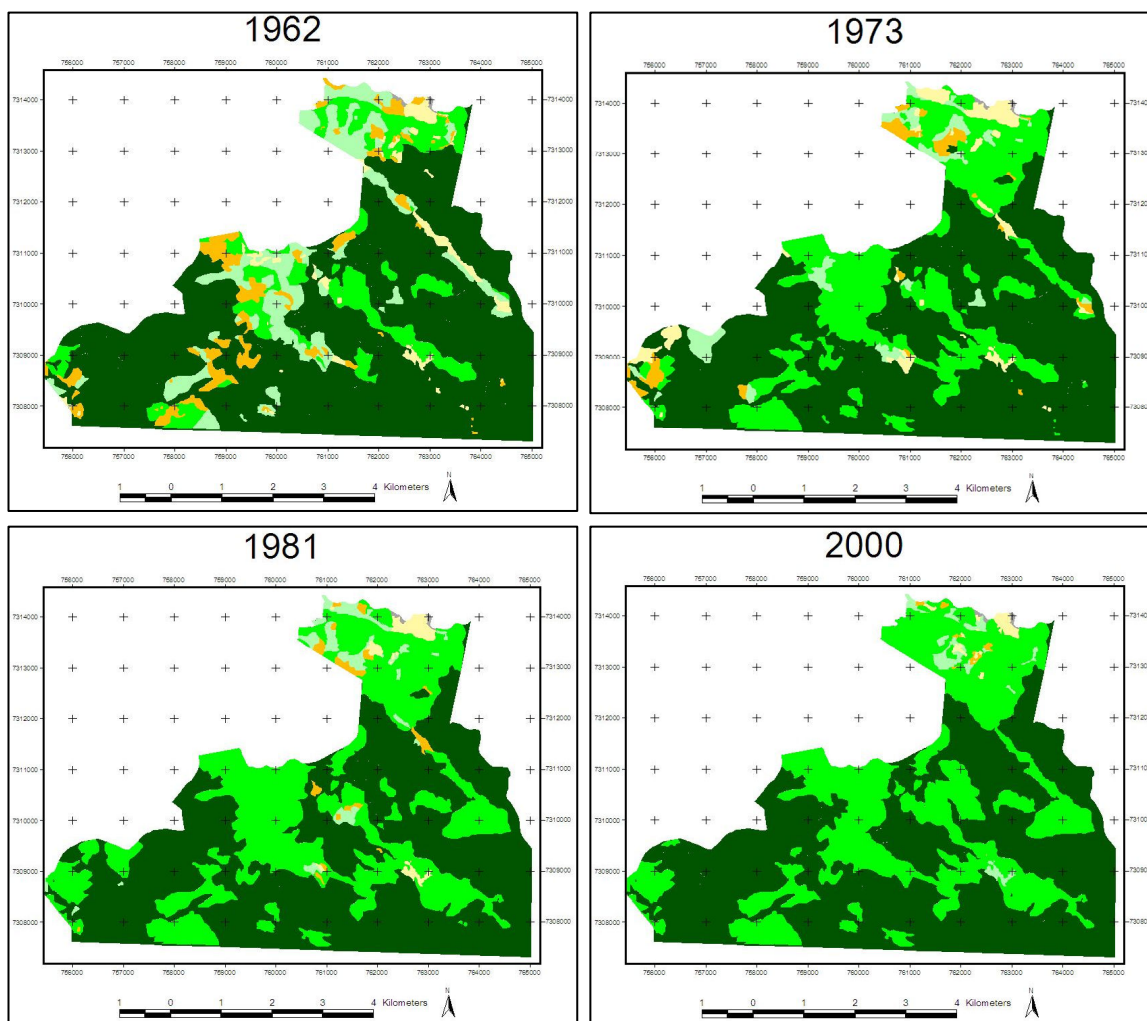


Fig. 2. Mapas de uso da terra da área amostral gerados com base nos mosaicos das fotografias aéreas de 1962, 1973, 1981 e 2000, considerando a legenda da Tabela 2.

TABELA 2: Classes de uso da terra, com as respectivas áreas por ano analisado.

classe	Área (*)			
	1962	1973	1981	2000
0	4,51 (0,12%)	4,51 (0,12%)	4,51 (0,12%)	4,51 (0,12%)
1	95,44 (2,56%)	116,66 (3,13%)	47,32 (1,27%)	23,33 (0,63%)
2	212,10 (5,69%)	77,74 (2,09%)	40,83 (1,10%)	8,63 (0,23%)
3	386,80 (10,39%)	133,83 (3,59%)	92,54 (2,48%)	52,90 (1,42%)
4	450,27 (12,09%)	1018,87 (27,36%)	1328,68 (35,67%)	1383,27 (37,14%)
5	2575,48 (69,15%)	2372,99 (63,71%)	2210,72 (59,35%)	2251,96 (60,46%)

(*) Área em hectares e em porcentagem.

A análise multitemporal mostrou-se como a principal fonte de informação sobre a evolução deste processo histórico no Parque, sendo coerente com os poucos dados de literatura e com as informações de antigos moradores. As classes 1 e 2 nas fotografias de 1962

e 1973 referem-se aos antigos roçados, com menor área no mosaico de 1981, época em que os antigos moradores haviam direcionado as atividades para a exploração do palmito com o funcionamento da fábrica. Na análise de 2000, após a criação do Parque, as classes 1 e 2 referem-se às áreas de maior uso atual, próximas da Sede Administrativa, com construções de pousadas e escritórios, enquanto que as áreas de classe 5, com características de floresta mais preservada, localizam-se geralmente em topos de morros, devido às dificuldades de acesso no passado. Os dados demonstraram uma evolução de área com cobertura de porte florestal no período analisado, sendo ainda nítidas e extensas na análise de 2000 as cicatrizes na vegetação causadas por processos antrópicos do passado. Os dados preliminares de levantamento em campo para a caracterização da vegetação que vêm sendo realizados na etapa atual do projeto demonstram, porém, o desdobramento da classe 4, referente às áreas atuais de floresta perturbadas, em aproximadamente 3 sub-classes, com diferentes níveis de perturbação. Na análise detalhada da fotografia aérea de 2000 é possível identificar algumas diferenciações nessa classe 4, o que não foi possível nos mosaicos dos outros anos. Porém, como observado em campo, nessas sub-classes podem ou não ocorrer a presença dominante de bambu, o que não foi possível inferir nas análises, inclusive da fotografia mais recente.

Simultaneamente às interpretações das fotografias aéreas, foram realizadas análises exploratórias da imagem de alta-resolução Quickbird, com o intuito de discriminar alvos de interesse para a etapa seguinte de classificação digital. A imagem, com área de 80 km², inclui a área amostral e trecho do entorno do Parque. As primeiras avaliações quanto ao uso desse dado no reconhecimento temático nessa área indicaram a possibilidade de mapeamento de diferentes estádios sucessionais da floresta e de áreas degradadas, informação semelhante àquela encontrada com a fotografia de 2000. Porém, as análises preliminares demonstram uma visível vantagem da imagem Quickbird na discriminação dessas áreas perturbadas, devendo-se considerar também as características espectrais da imagem (**Figura 3**), o que possibilitará a realização de classificações digitais a partir das informações do levantamento histórico e de dados de campo, inclusive quanto à ocorrência de bambus.



Fig. 3. Transecto de área de floresta com domínio de bambu (A-B), em destaque na imagem Quickbird (composição R4G3B2) e na foto, e sem domínio de bambu (B-C), com respectivos perfis na banda 4.

As próximas etapas incluem o levantamento em campo de pontos de apoio para inclusão no processo de ortoretificação da imagem e avaliação do Modelo Rigoroso, a partir das considerações em Araujo et. al (2006) sobre as dificuldades deste tipo de levantamento em área florestal. Os dados de campo também serão integrados a fim de adicionar informações para o processo de classificação da imagem.

5. Conclusões

Os resultados demonstraram que a análise temporal de fotografias aéreas da área amostral possibilitou o mapeamento da evolução de área de vegetação ocupada e das alterações no uso

do solo neste período, sendo coerentes com as informações levantadas na literatura e junto aos antigos moradores. Frente à escassez de informações referentes ao PEI no período compreendido entre as décadas anteriores à sua criação, esses dados vêm sendo extremamente relevantes para o entendimento da dinâmica dessas áreas e para a definição da metodologia para a interpretação do restante do Parque, fornecendo subsídios para as discussões do Plano de Gestão e Manejo em andamento.

Os resultados preliminares da análise da imagem Quickbird demonstram as possibilidades do uso desses dados de alta-resolução como ferramenta para levantamentos detalhados em áreas protegidas, essenciais nesses planos de gestão e manejo, direcionando o trabalho a adequar as metodologias existentes de análise de imagens de alta-resolução para áreas florestais. Este trabalho é parte de um projeto que visa o entendimento da dinâmica das florestas com bambus da Mata Atlântica e que vem sendo complementado com dados de campo para a caracterização da vegetação quanto à estrutura e ocorrência de bambus no PEI, agregando informações para o processo de classificação da imagem Quickbird.

Agradecimentos: os autores agradecem o apoio da FAPESP (Proc. 03/12485-7, 04/13047-6 e 1999/09635-0).

Referências

- Araujo, L.S.; Sparovek, G.; Albuquerque, P.C.G.; Rodrigues, R.R. Imagens de alta-resolução no reconhecimento de feições florestais no Parque Estadual de Carlos Botelho/SP. In: VII Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados à Engenharia Florestal. **Anais**. Curitiba, 17 a 19 de outubro de 2006. CD-ROM.
- Campos, F.P. O Parque Estadual Intervales e o serviço de áreas naturais protegidas. In: **Intervales**. Leonel, C. (Ed). Fundação Florestal. São Paulo, 2001. 240 p.
- Capobianco, J.P.R. (org). **Dossiê Mata Atlântica 2001**. São Paulo: Instituto Socioambiental. Brasília : Rede de ONGs da Mata Atlântica, mai. 2001. 15 p.
- Fundação Florestal. **Parque Estadual Intervales: Plano de Gestão Ambiental – Fase 1**. São Paulo, 1998. 231 p.
- Haemig, P.D. Pássaros e Mamíferos Associados ao Bambu na Mata Atlântica. **Ecologia.Info** #5. <<http://www.ecologia.info/bambu.htm>>. acesso em: abr. 2006.
- Instituto Florestal (IF). <<http://www.iflorestsp.br/>>. acesso em: nov. 2005.
- Mantovani, W. A Paisagem Dinâmica. In: **Intervales**. Leonel, C. (Ed). Fundação Florestal. São Paulo, 2001. 240 p.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). **Shuttle Radar Topography Mission**. 2006. <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>>. acesso em: mai. 2006.
- Silva, A.N.; Leonel, C. Pesquisas científicas e manejo em Intervales. In: **Intervales**. Leonel, C. (Ed). Fundação Florestal. São Paulo, 2001. 240 p.
- Valeriano, M.M. **Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2004. 72 p. (INPE-10550-RPQ/756). Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>>. acesso em: ago. 2006.