

LEVANTAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL ATRAVÉS DE
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Hilton Tadeu Zarate do Couto

Departamento de Silvicultura
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
Universidade de São Paulo (ESALQ-USP)

Adalberto Plínio da Silva

Arnaldo Salmeron

Edson Antônio Balloni

Natalio Felipe Koffler

Norival Nicolielo

Paulo Santana e Castro

Pedro Luiz Donzelli

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade de São Paulo (USP)

Mário Valério Filho

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
12.200 - São José dos Campos, SP, Brasil

Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade de São Paulo (USP)

RESUMO

A utilização conjunta de vários produtos fotográficos, obtidos por diferentes sensores (Câmara Área, Radar e Imageador), de mostrou ser de grande eficiência na caracterização e levantamento da cobertura florestal de uma área de 23.000 quilômetros quadrados, situada na região central do Estado de São Paulo. Na confecção do presente trabalho, verificou-se que cada tipo de material fotográfico analisado oferece uma maior ou menor eficiência na caracterização das diferentes formações vegetais, tendo-se em vista o nível do levantamento realizado.

1. INTRODUÇÃO

A aplicação de sensoriamento remoto em atividades florestais está aumentando gradativamente, tornando mais simples e rápido os trabalhos de levantamento dos recursos naturais.

A utilização de fotografias aéreas convencionais foi, até alguns anos atrás, a principal ferramenta para o mapeamento florestal. Mais recentemente, a disponibilidade de imagens de RADAR (Side Looking Airborne Radar - SLAR) obtidas pelo projeto RADAM e pelo satélite LANDSAT, recebidas e processadas pelo Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) tem apresentado novas dimensões no mapeamento da cobertura florestal.

Cada tipo de sensor remoto apresenta vantagens e limitações que fazem com que, frequentemente, seja necessária uma integração dos diferentes sistemas sensores, para que os recursos disponíveis sejam otimizados.

É o caso das fotografias aéreas convencionais relativamente fáceis de interpretar, fornecendo precisão de limites e riqueza de detalhes. Porém, o grande número de fotografias necessárias para examinar grandes áreas dificulta e onera a sua utilização.

Por outro lado, imagens obtidas por satélites e os mosaicos de radar, abrangem grandes áreas, diminuindo o material a manusear, mas a sua interpretação é mais difícil e menos precisa.

No presente trabalho, procurou-se desenvolver o mapeamento expedito de florestas naturais e de reflorestamento, através da análise integrada de fotografias aéreas, imagens de satélite e radar, de uma área aproximada de 23.000 km², situada na região central do estado de São Paulo, conforme Figura 1.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS

As áreas de estudo estão localizadas entre as latitudes 22⁰00 e 23⁰00 Sul e as longitudes 47⁰00 e 49⁰30' Oeste (Figura 1).

2.2 - IMAGENS DE RADAR

Utilizaram-se os mosaicos SF-22-Z-B e SF-23-Y-A do Projeto RADAM BRASIL [7] confeccionados a partir de imagens produzidas pelo Radar de Visada Lateral da "Good Year Mapping Systems GEMS-1000". O radar "GEMS-1000" é uma modificação do sistema APS-102, com abertura sintética, banda X, na escala 1:250.000.

2.3 - IMAGENS DE SATÉLITE

Foram utilizadas quatro imagens obtidas pelo satélite LANDSAT em novembro de 1976, na escala 1:250.000, canais 5 e 7. Trata-se de imagens das órbitas 178 (pontos 27 e 28) e 192 (pontos 27 e 28), segundo convenção utilizada no INPE, responsável pelo processamento.

2.4 - FOTOGRAFIAS AÉREAS

Foram utilizadas fotografias aéreas verticais, na escala 1:25.000; provenientes do Levantamento Aerofotográfico executado em 1972 para o Instituto Brasileiro do Café. Tratam-se de fotografias em preto e branco, com o formato de 23 cm x 23 cm.

2.5 - EQUIPAMENTO PARA INTERPRETAÇÃO

Para a interpretação das imagens, foi indispensável a utilização de lupas, luminárias, estereoscópio de espelhos, papel ultraphan e material de desenho.

2.6 - MAPAS

As folhas de Bauru e Campinas (IBGE, 1975) [2] serviram como base cartográfica para o trabalho de mapeamento. O Atlas do Inventário Florestal das Estações Experimentais do Instituto Florestal (Instituto Florestal, 1976, [5] serviu para auxiliar o estabelecimento do significado dos padrões das imagens.

2.7 - ESTABELECIMENTO DOS PADRÕES DE IMAGEM

Com base nos mapas contidos no Atlas do Inventário Florestal [5], que serviu de "Verdade Terrestre", pois continham dados importantes, como espécie e época de plantio, comparou-se as características das diferentes imagens, tendo sido obtidos os seguintes padrões:

a) Mosaico de Radar

Pinus spp.: em tons cinza muito escuro, quase preto. Pode-se confundir com sombras, mas a textura grosseira observada por meio de lupas diferencia o Pinus da sombra, a qual apresenta textura muito fina, totalmente negra, facilmente identificada na imagem. Superfícies d'água são negras, porém, seu formato característico permite fácil identificação.

Eucalyptus spp.: em tons cinza muito claro. Confunde-se com mata natural, capoeiras e outros tipos de vegetação, exceto Pinus. Poder-se-ia separá-lo através da análise profunda de toda imagem, quanto à presença de sombras (o que o diferencia de culturas); presença de carregadores ou formas geométricas (que diferenciam de floresta natural), mas o trabalho é exaustivo e impreciso, já que o padrão observado ocorre em quase toda área estudada.

Floresta Natural: em tons cinza-claro. Confunde-se com outros tipos de vegetação, exceto Pinus.

b) Imagens LANDSAT

As imagens LANDSAT caracterizam-se por apresentarem as coberturas arbóreas em geral, em tons cinza muito escuro no canal 5 (faixa 0,6 a 0,7 micrômetros do espectro visível) e tons cinza mais claros no canal 7 (faixa 0,8 a 1,1 micrômetros do infravermelho próximo).

c) Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas apresentam os seguintes padrões de imagem, para as diferentes coberturas florestais analisadas (Instituto Florestal, 1974) [3].

Mata: Textura média e grossa
Tonalidade média e escura
Porte da vegetação: alta
Telhado: desuniforme

Capoeira: Textura fina e média
Tonalidade média
Porte médio
Telhado uniforme ou desuniforme.

Reflorestamento: Textura fina a média
Tonalidade média a escura intensa
Porte médio a alto
Telhado uniforme

2.8 - INTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS LANDSAT

Através das imagens LANDSAT, do canal 5, foram separadas as áreas de tonalidade muito escura, que englobam as categorias de mata, capoeira de porte médio e alto e os reflorestamentos, indiscriminadamente. Confirmou-se essas interpretações através da comparação com o padrão apresentado pelo canal 7 (áreas mais claras).

2.9 - INTERPRETAÇÃO DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

As imagens aerofotográficas foram úteis na separação de áreas de mata e/ou capoeira das reflorestadas, dentro das coberturas florestais indiscriminadas, previamente separadas nas imagens LANDSAT. Como a época das fotografias aéreas (1972) está um pouco de fasada da época das imagens LANDSAT e RADAR (1976), as áreas adicionais que constam da interpretação das imagens LANDSAT, não classificadas como florestas naturais nas fotos aéreas, foram consideradas como reflorestamentos efetuados no período 1972-1976.

2.10 - INTERPRETAÇÃO DO MOSAICO DE RADAR

O mosaico de radar constituiu a base fundamental do presente trabalho, proporcionando os padrões que permitiram a separação final das classes Pinus spp e Eucalyptus spp.

2.11 - DETERMINAÇÃO DAS ÁREAS

As áreas das diferentes categorias (Pinus, Eucalyptus, e Mata/Capoeira, etc.) foram determinadas por meio de uma grade de pontos dimensionada em função da menor categoria amostrada.

Essa grade foi dimensionada a partir da fórmula:

$$N = \frac{(100 - p) 38.400}{E^2 p}$$

onde:

N = número de quadrículas

p = porcentagem da menor categoria (estimativa)

E = erro relativo de amostragem.

Considerando $p = 2\%$ para a menor categoria e um erro relativo de 5% , temos:

$$N = \frac{(100 - 2) 38.400}{5^2 \times 2} = 77.000 \text{ pontos}$$

O que representa para cada ponto, uma área aproximada de 30 ha. Assim, utilizou-se uma malha de 2 mm de lado.

3. RESULTADOS

As Tabelas 1 e 2 resumem os valores encontrados para as diferentes categorias levantadas.

TABELA 1

ÁREAS CALCULADAS DE Pinus spp, Eucalyptus spp E MATA/CAPOEIRA
NA REGIÃO DE BAURU (FOLHA SE-22-Z-B)

CATEGORIAS	ÁREA (ha)	%
<u>Pinus</u> spp	32.225	1,89
<u>Eucalyptus</u> spp	67.775	3,98
Mata/Capoeira	50.225	2,95
Outros	1.594.525	91,18
TOTAL	1.699.750	100,00

TABELA 2

DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS INTERPRETADAS EM PARTE DA
REGIÃO DE CAMPINAS (FOLHA SF-23-Y-A)

CATEGORIAS	ÁREA (ha)	%
<u>Pinus</u> spp	12.500	2,01
<u>Eucalyptus</u> spp	29.000	4,66
Vegetação Natural	57.188	9,19
Culturas perenes e semi-perenes	11.750	1,88
Outras	511.456	82,26
TOTAL	621.894	100,00

A distribuição espacial do levantamento encontra-se em anexo, na forma de dois mapas na escala 1:250.000, correspondentes à base cartográfica utilizadas (Figuras 2 e 3).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho executado evidenciou a importância da integração dos diferentes tipos de imagens utilizadas para possibilitar os resultados alcançados.

Foi possível estabelecer uma metodologia para avaliação da cobertura florestal (natural ou artificial) de grandes áreas com economia de tempo e custos reduzidos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] DMITRIEV, Y.A. Determining the porcentage of different areas as soils maps and certain other maps. *Soviet Soil Science*, 2 (8): 964 - 972, 1965.
- [2] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Folha Topográfica de Bauru e Campinas* (SF-22-Z-B e SF-23-Y-A) Escala 1:250.000. Rio de Janeiro, 1975.
- [3] INSTITUTO FLORESTAL. Levantamento da cobertura vegetal natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. (Boletim Técnico, 11), 1974.
- [4] ———. Zoneamento econômico florestal do Estado de São Paulo. São Paulo, 1975. (Boletim Técnico, 17).
- [5] ———. Inventário florestal das estações experimentais do Instituto Florestal "fase 1" - cadastramento dos plantios. São Paulo, 1976. (Boletim Técnico, 23). Texto e Atlas.
- [6] MORAIN, S.A.; SIMONETT, D.S. *Vegetation Analysis with Radar Imagery*. Laurence, Kansas Center for Research Inc. Engineering Science Division, 1966. (Report, 61-9), 1966.
- [7] PROJETO RADAMBRASIL. *Mosaico de Radar SF-22-Z-B e SF-23-Y-A*. Rio de Janeiro, 1976.

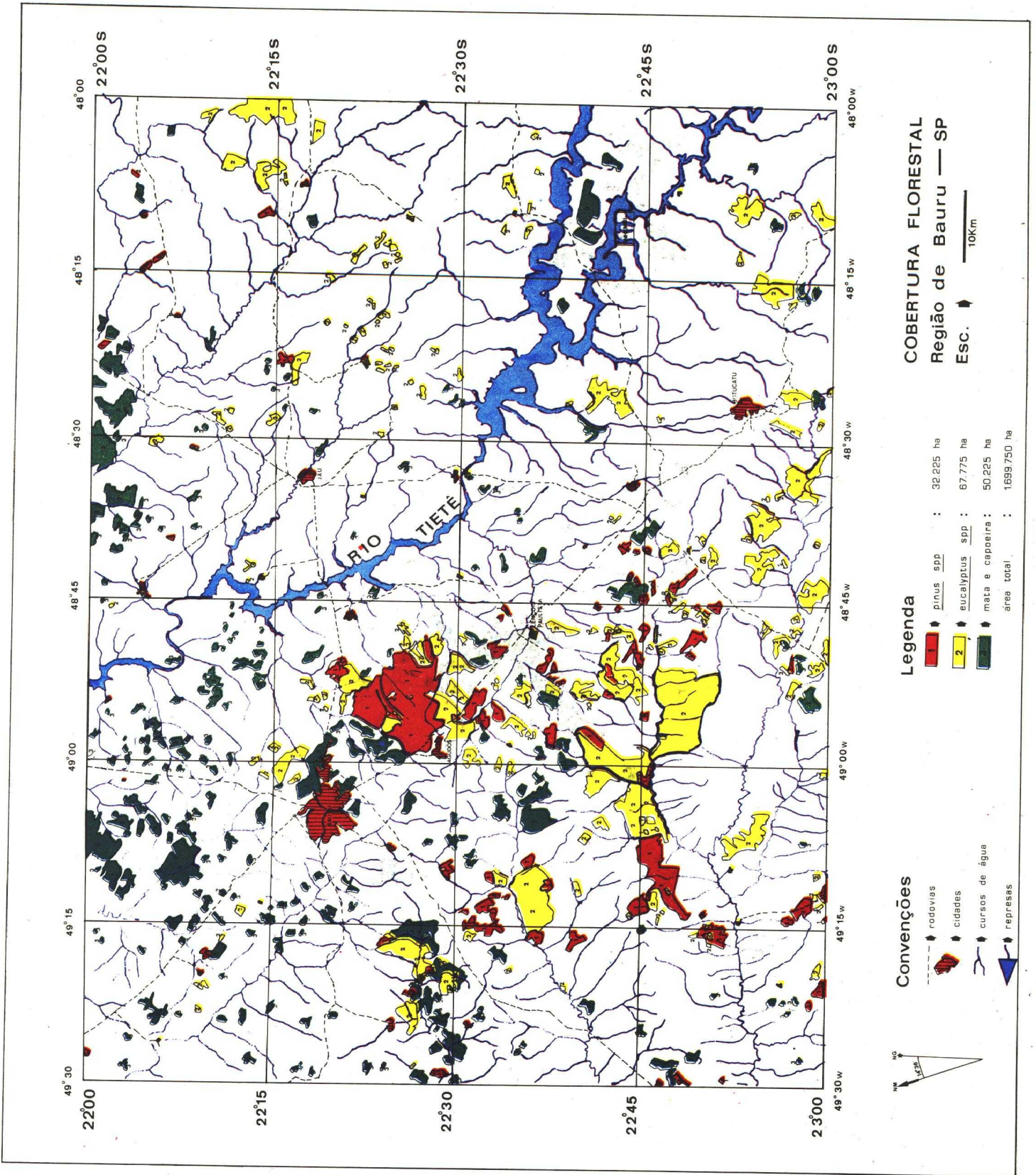
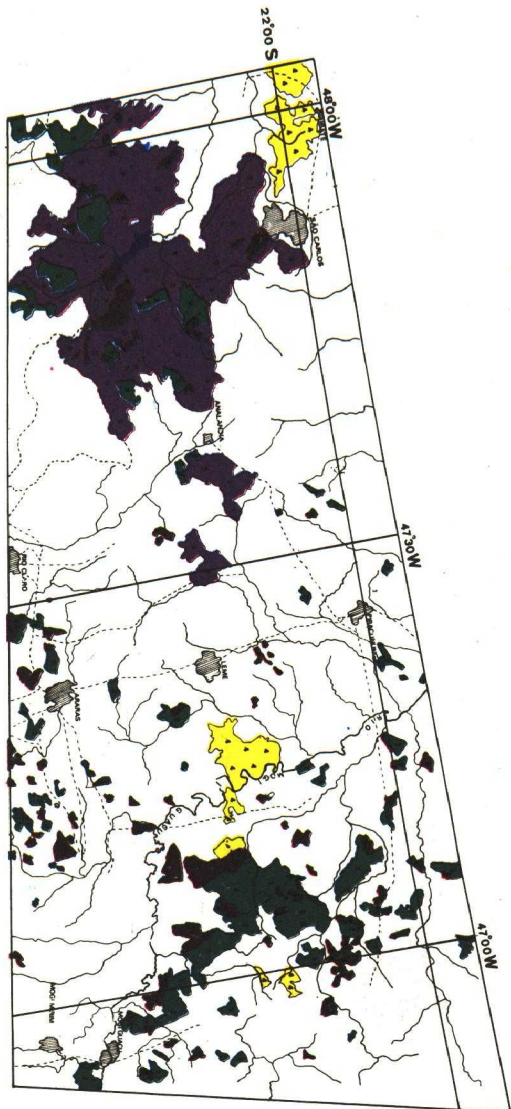


Figura 1



MAPAMENTO DA GOVERNIA VERMILH. REGIÃO DE CAMPINAS

LEGENDA

- ÁREAS REFORRESTADAS COM PINUS - 12.500 ha
- ÁREAS REFORRESTADAS COM EUCALIPTO - 28.000 ha
- VERTICÍDIO NATURAL, TIPO CERENHO - CAMPO CERENHO - 57.188 ha
- CULTIVOS PERENES E SEM PERENES - 11.700 ha

ESCALA - 10KM



CONVENIÊNCIAS

- ESTRAZAS
- CIÓDROS
- RÍOS
- REZENHA

Figura 2