

LEVANTAMENTO DE ÁREAS REFLORESTADAS EM DOZE MUNICÍPIOS LOCALIZA  
DOS A NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, UTILIZANDO  
DADOS ORBITAIS DO LANDSAT

P. HERNANDEZ FILHO - Y.E. SHIMABUKURO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS  
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO  
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - S.P. - BRASIL

C.C. SANTANA  
INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL  
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - S.P. - BRASIL

RESUMO

Realizou-se um estudo em áreas reflorestadas, utilizando as imagens orbitais do LANDSAT, em doze municípios localizados a Nordeste do Estado de São Paulo. A área apresenta aproximadamente 776 440 ha correspondentes aos seguintes municípios: Mogi-Guaçu, Aguaí, Casa Branca, Tambaú, Santa Rosa do Viterbo, Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antonio, Serra Azul, São Simão, Ribeirão Preto, Cravinhos e Altinópolis. Com o uso de interpretação visual definiram-se as classes de povoamentos florestais artificiais, com ênfase em Pinus spp e Eucalyptus spp. Desenvolveu-se uma metodologia onde foram definidas a legenda, a chave de interpretação baseada nas características espectrais. A análise revelou que o gênero Pinus se separa do gênero Eucalyptus e que foram suficientes as imagens dos canais 5 e 7 para esse tipo de caracterização. A diferença relativa entre a área de reflorestamento, obtida através da interpretação visual, e a área reflorestada da verdade terrestre é de 2,50% para Eucalyptus e de 5,30% para Pinus. Os resultados mostram que os dados do LANDSAT podem ser usados, com eficiência, no levantamento de áreas reflorestadas principalmente considerando a capacidade de se obter informações atualizadas e contínuas dessas áreas.

## 1 - MATERIAL E MÉTODOS

### 1.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área está localizada a nordeste do Estado de São Paulo, formada pelos municípios de Mogi-Guaçu, Aguaí, Casa Branca e Tambaú, pertencentes à Divisão Administrativa de Campinas e pelos municípios de Santa Rita do Passa Quatro, Luiz Antônio, São Simão, Santa Rosa do Viterbo, Cravinhos, Serra Azul, Ribeirão Preto e Altinópolis, pertencentes à Divisão Administrativa de Ribeirão Preto (Figura I). Esta área é abrangida pela Folha SF-23 (Rio de Janeiro) da Carta do Brasil ao Milionésimo [ 1 ] encontrando-se entre os paralelos de 21<sup>00</sup> e 22<sup>00</sup> de Latitude Sul e 47<sup>00</sup> e 48<sup>00</sup> de Longitude Oeste; está contida na imagem de órbita nº 178 e ponto nº 27 (Figura II).

### 1.2 - DADOS ORBITAIS DO LANDSAT

As informações sobre o programa LANDSAT foram obtidas do Seminário de Sensoriamento Remoto IBGE/INPE, Instituto de Pesquisas Espaciais [ 2 ], Valério Filho et al [ 3 ] e Koffler [ 4 ]. Dados mais detalhados podem ser encontrados no Manual da NASA [ 5 ].

O satélite LANDSAT-2 possui dois sub sistemas sensores: o conjunto de três câmeras RBV (Return Beam Vidicon) e o imageador multiespectral MSS (Multiespectral Scanner Sub System).

O satélite tem órbita quase circular, síncrona com o sol, aproximadamente polar, e gira a uma latitude aproximada de 920 quilômetros. A terra é sensoriada de modo contínuo e cada imagem corresponde a uma área aproximada de 35000 quilômetros quadrados. Após 251 revoluções, o satélite volta a imagear o mesmo local, o que significa uma reciclagem de 18 dias.

O imageador é um sensor ótico-mecânico de varredura contínua, operando na faixa do espectro eletromagnético de 0,5 a 1,1 micrômetros, obtendo imagens de superfície da Terra em quatro bandas espectrais, simultaneamente:

<u>Canal</u>	<u>Faixa (Micrômetros)</u>	<u>Cor</u>
4	0,5 a 0,6	(verde-laranja)
5	0,6 a 0,7	(laranja-vermelho)
6	0,7 a 0,8	(vermelho-infravermelho próximo)
7	0,8 a 1,1	(infravermelho-próximo)

Os sinais recebidos pelo satélite são transmitidos, via telemetria, para uma estação rastreadora que grava os dados em fita magnética. Na estação de processamento de imagem, essa fita é transformada em produtos que são imagens em papel ou transparência e fitas CCT (fitas compatíveis com o computador).

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes produtos do LANDSAT-2.

### 1.3 - IMAGENS

Foram utilizadas as seguintes imagens (Tabela I)

TABELA I

IMAGENS UTILIZADAS NA INTERPRETAÇÃO

Nº IDENTIFICAÇÃO	ÓRBITA E PONTO	DATA	CANAIS	TIPO DE APRESENTAÇÃO	ESCALA
275229-122642	178/27	18/08/75	5 e 7	papel	1:250.000
277038-121315	178/27	07/02/77	5 e 7	papel	1:250.000
277182-120610	178/27	01/07/77	5 e 7	papel	1:250.000
277182-120610	178/27	01/07/77	5 e 7	papel	1:500.000

1.4 - MAPAS, CARTAS E PROJETOS

Para a identificação de acidentes geográficos, orientação de trabalho de campo e informações gerais sobre a área de estudo foram utilizados:

- . Carta do Brasil ao Milionésimo [ 1 ]
- . Carta do Brasil - escala 1:50000 [ 6 ]
- . Mapas de áreas reflorestadas fornecidas pelo Instituto Florestal de São Paulo e companhias particulares.
- . Projetos de reflorestamento fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.

## 1.5 - METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da metodologia deste trabalho foram definidas as seguintes etapas: coleta de dados, interpretação preliminar, trabalho de campo e interpretação final.

### 1.5.1 - Coleta de Dados

Nesta fase, procurou-se levantar os dados gerais da área. Foram utilizadas as cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE [ 6 ] , na escala de 1:50 000, com o objetivo de localizar os limites inter municipais na imagem do LANDSAT.

Foram utilizados os projetos de reflorestamentos da área de estudo, cadastrados no Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, com a finalidade de comparar as áreas desses projetos com os resultados alcançados através da interpretação das imagens.

### 1.5.2 - Interpretação Preliminar

Esta etapa foi realizada utilizando-se a imagem de 01/07/77, canais 5 e 7, nas escalas de 1:500 000 e 1:250 000, sendo delimitados os municípios da área de estudo. Para as identificações e a caracterização das classes foram considerados os aspectos espectrais, temporais e espaciais. Nesta imagem, foram consideradas a tonalidade e textura, além dos aspectos geométricos para a definição das áreas reflorestadas. Foram utilizadas as imagens de 17/08/75 e 07/02/77, canais 5 e 7 para definir algumas áreas cujos limites não estão nítidos na imagem de 01/07/77.

Algumas áreas que apresentaram dúvidas na sua caracterização foram relacionadas e marcadas nas cartas topográficas do I.B.G.E., na escala 1:50 000 [ 6 ] . Assim, foi possível a realização do

roteiro do trabalho de campo.

### 1.5.3 - Trabalho de Campo

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de eliminar as dúvidas levantadas na fase de interpretação preliminar. Com o auxílio das fichas de campo, foram anotadas informações sobre limites, a localização e os gêneros das áreas reflorestadas em cada ponto levantado.

### 1.5.4 - Interpretação Final

Após o trabalho de campo foi realizado a interpretação final. Foram reformulados os limites de algumas áreas, de acordo com as informações obtidas no campo. Posteriormente, foi confeccionado um mapa que mostra as áreas reflorestadas na área de estudo. Assim, foi possível o cálculo das áreas das classes, bem como a determinação da diferença relativa das áreas reflorestadas.

## 2 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Com a metodologia desenvolvida foi possível: o estabelecimento da legenda, da chave de interpretação, do mapa das áreas reflorestadas, da tabela das áreas ocupadas pelas classes da legenda e da tabela indicadora de ocorrência da medida de área.

### 2.2 - LEGENDA

A análise visual das imagens aliada às informações de campo permitiram o estabelecimento de duas classes de reflorestamento, que são apresentadas na legenda abaixo.

Pinus - idade do plantio, espécie, espaçamento, desbastes e alturas variáveis.

Eucalyptus - idade do plantio, espécie, espaçamento, desbastes e alturas variáveis.

### 2.3 - CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

A chave de interpretação foi baseada nos aspectos espectrais das imagens dos canais 5 e 7, conforme apresentada na Tabela II.

#### TABELA II

##### CHAVE DE INTERPRETAÇÃO

CLASSE	CANAL 5	CANAL 7
Pinus	Cinza Escuro	Cinza Médio a Escuro
Eucalyptus	Cinza Escuro	Cinza Claro a Médio

Como pode ser verificado pela chave de interpretação, somente utilizando o canal 5 foi difícil a discriminação entre Pinus e Eucalyptus. Este canal foi excelente para separar estas duas classes de reflorestamento de outros alvos existentes que não apresentam vegetação de parte arbórea tão exuberante. Porém, analisando o canal 7, foi possível separar estas duas classes de reflorestamento. Esta chave foi obtida analisando somente o comportamento espectral das classes. Foram também analisados os aspectos temporais, isto é, utilizando imagens de datas diferentes, bem como os aspectos espaciais que são as formas geométricas apresentadas pelos alvos nas imagens.

O mapeamento das classes utilizadas na interpretação visual é mostrado na Figura III. Nesta figura, verifica-se duas concentrações de áreas reflorestadas. Uma delas localizada nos municípios de Casa Branca, Aguaí e Mogi-Guaçu e outra nos municípios de São Simão, Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro. Esta tendência de alta diversidade de áreas reflorestadas, nestes municípios, é provocada pela localização das fabricas de celulose e papel de Champion e Guataparã (esta última em fase de instalação).

Foram calculadas as percentagens de ocorrência das áreas reflorestadas, por municípios, na área de estudo. Estes dados são mostrados na Tabela III.

Pela Tabela III verifica-se que os municípios mais reflorestados são Mogi-Guaçu, Casa Branca, São Simão e Santa Rita do Passa Quatro. Estes quatro municípios apresentaram também os maiores percentagens de ocorrência. Nota-se que o município de Cravinhos apresenta a menor porcentagem de ocorrência, bem como a mais baixa área de reflorestamento. A área de estudo apresentou cerca de 63982,75 ha equivalente a uma percentagem de ocorrência de 8,24.

Após o mapeamento das classes foram calculadas as áreas reflorestadas com os gêneros Pinus spp e Eucalyptus spp. A Tabela IV apresenta as áreas reflorestadas com o gênero Eucalyptus, determinadas através de interpretação visual das imagens, bem como a diferença relativa entre estas e os dados de verdade terrestre. Verificou-se que os mais baixos índices de diferença relativa foram obtidas nos municípios de Ribeirão Preto (+ 1,27), Altinópolis (+1,41), Mogi-Guaçu (+1,52) e Santa Rita do Passa Quatro (+1,82). Estes valores foram obtidos porque as áreas reflorestadas destes municípios são extensas e bem definidas. Nota-se que o município de Serra Azul (+12,99) apresenta o mais alto índice de diferença relativa. Esta grande diferença relativa apresentada foi provocada pela difícil definição, na imagem, de algumas áreas reflorestadas de pequenas extensões.

TABELA III

INDICAÇÃO DA PORCENTAGEM DE OCORRÊNCIAS DE REFLORESTAMENTO

MUNICÍPIO	ÁREA DOS MUNICÍPIOS (ha)	ÁREA DE REFLORESTAMENTO (ha)	(%)
Mogi-Guaçu	96 000,00	11 762,00	12,25
Aguaí	43 500,00	2 437,50	5,60
Casa Branca	87 200,00	9 967,25	11,43
Santa Rosa do Viterbo	28 900,00	1 387,50	4,80
Tambaú	58 700,00	2 150,00	3,66
Santa Rita do Passa Quatro	75 600,00	8 287,50	10,90
São Simão	63 400,00	9 614,75	15,17
Luiz Antônio	63 900,00	2 937,50	4,60
Serra Azul	27 900,00	3.150,00	11,29
Cravinhos	31 300,00	600,00	1,92
Altinópolis	94 300,00	7 401,25	7,85
Ribeirão Preto	105 700,00	4 387,50	4,15
Área de Estudo	776 400,00	63 987,75	8,24

TABELA IV

INDICAÇÃO DA ACURÁCIA E AVALIAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS COM EUCALIPTO, POR MUNICÍPIO, ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL

MUNICÍPIO	ÁREA DE VERDADE TERRE (ha)	ÁREA DE EUCALIPTO DA INTER- PRETAÇÃO VISUAL (ha)	DIFERENÇA RELA- TIVA (%)
Mogi-Guaçu	9 182,18	9 322,00	+ 1,52
Aguaí	2 313,22	2 437,50	+ 5,37
Casa Branca	8 696,68	9 236,00	+ 6,20
Santa Rosa do Viterbo	1 339,57	1 387,50	+ 3,58
Tambaú	2 030,43	2 087,50	+ 2,81
Santa Rita do Passa Quatro	8 139,36	8 287,50	+ 1,82
São Simão	9 688,50	9 404,75	- 2,93
Luiz Antônio	2 800,40	2 937,50	+ 4,90
Serra Azul	2 787,74	3 150,00	+ 12,99
Cravinhos	500,00	543,75	+ 8,75
Altinópolis	7 155,34	7 256,25	+ 1,41
Ribeirão Preto	4 233,75	4 387,50	+ 1,21

TABELA V

INDICAÇÃO DA ACURÁCIA E AVALIAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS COM  
PINUS, POR MUNICÍPIO, ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL

MUNICÍPIO	ÁREA DE VERDADE TERRES TRE (ha)	ÁREA DE PINUS DA INTERPRE TAÇÃO VISUAL (ha)	DIFERENÇA RELA TIVA (%)
Mogi-Guaçu	2 547,46	2 440,00	-4,22
Aguaí	-	-	-
Casa Branca	777,83	731,25	-5,99
Tambaú	68,75	62,50	-5,00
Santa Rosa do Viterbo	-	-	-
Santa Rita do Passa Quatro	-	-	-
São Simão	267,50	210,00	-21,50
Serra Azul	-	-	-
Luiz Antônio	-	-	-
Cravinhos	50,00	56,25	+12,50
Altinópolis	137,50	145,00	-5,45
Ribeirão Preto	-	-	-

A Tabela V apresenta as áreas reflorestadas com Pinus, determinadas através da interpretação visual das imagens, bem como a diferença relativa entre estes e os dados de verdade terrestre. Verificou-se que o mais alto índice de diferença relativa foi encontrado no município de São Simão (-21,50). Este valor obtido foi provocado pela difícil caracterização de pequenos talhões (7 e 8 ha) plantados com o gênero Pinus neste município. O município de Mogi-Guaçu foi o mais reflorestado da área de estudo com o gênero Pinus (2440,00 ha); e como apresenta extensas áreas de reflorestamento, ficaram bem evidentes os seus limites.

A Tabela VI mostra a acurácia da medida de áreas reflorestadas com os gêneros Pinus e Eucalyptus. As áreas obtidas através da interpretação visual das imagens, foram maiores que as encontradas na verdade terrestre. Este aumento foi provocado por computar-se áreas ocupadas pelos aceiros e carregadores, juntamente com as áreas reflorestadas. As áreas ocupadas por Pinus, calculadas através da interpretação visual, foram menores que as de verdade terrestre. Este fato ocorre pela dificuldade de se caracterizar pequenas áreas reflorestadas com Pinus.

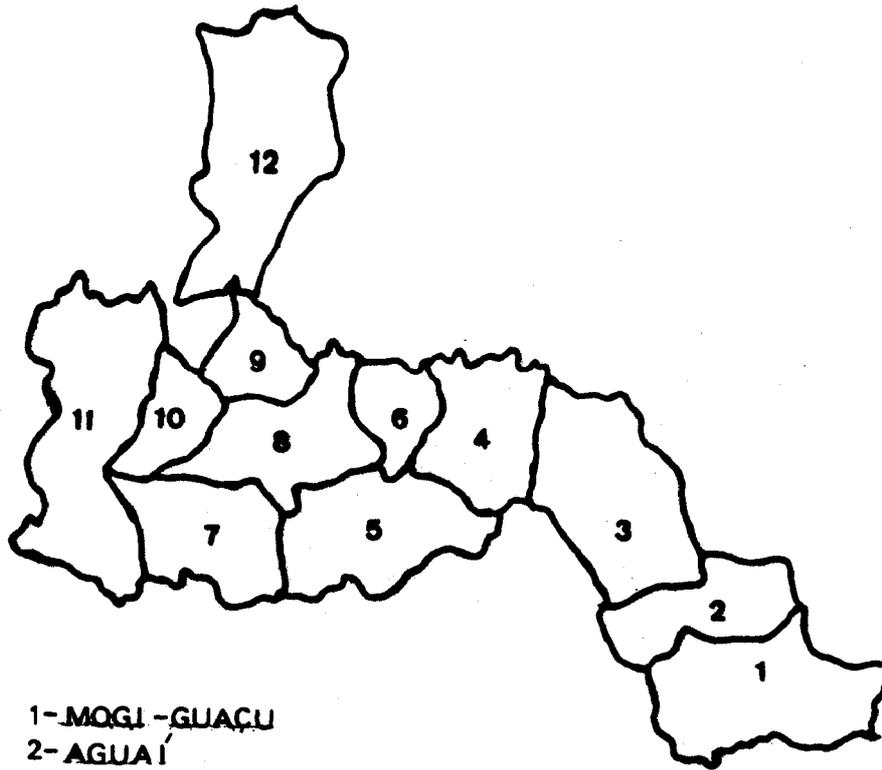
TABELA VI

INDICAÇÃO DA ACURÁCIA E AVALIAÇÃO DE ÁREAS REFLORESTADAS COM  
PINUS E EUCALIPTO NA ÁREA DE ESTUDO

CLASSE	ÁREA DE VERDADE TERRESTRE	ÁREA DE REFLORESTAMENTO DA INTERPRETAÇÃO VISUAL (ha)	DIFERENÇA RELATIVA (%)
Eucalyptus	58 867,77	60 337,75	+ 2.50
Pinus	3 849,04	3 645,00	+ 5,30

## BIBLIOGRAFIA

- [ 1 ] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).  
Carta do Brasil ao Milionésimo. Rio de Janeiro, 1972.
- [ 2 ] Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Seminário de Sensoriamento Remoto IBGE/INPE. São José dos Campos, Jan., 1975.
- [ 3 ] Valério Filho, M.; Higa, N.T.; Carvalho, V.C. Avaliação das imagens orbitais (LANDSAT-1) como base para levantamento de solos. São José dos Campos, Jul., 1976. (INPE-912-TPT/030).
- [ 4 ] Koffler, N.F. Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo de padrão de drenagem em solos originários do arenito Bauru. São José dos Campos, INPE, Jun., 1976. (INPE-898-TPT/029).
- [ 5 ] Nasa. Data User Handbook-ERTS. Beltimore, Goddard Space Flight Center, 1972.
- [ 6 ] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).  
Carta do Brasil. Rio de Janeiro, Escala 1:50000, 1973.



- 1-MOGI-GUAÇU
- 2-AGUAÍ
- 3-CASA BRANCA
- 4-TAMBAÚ
- 5-SANTA RITA DO PASSA QUATRO
- 6-SANTA ROSA DO VITERBO
- 7-LUIZ ANTÔNIO
- 8-SÃO SIMÃO
- 9-SERRA AZUL
- 10-CRAVINHOS
- 11-RIBEIRÃO PRETO
- 12-ALTINÓPOLIS

Figura I

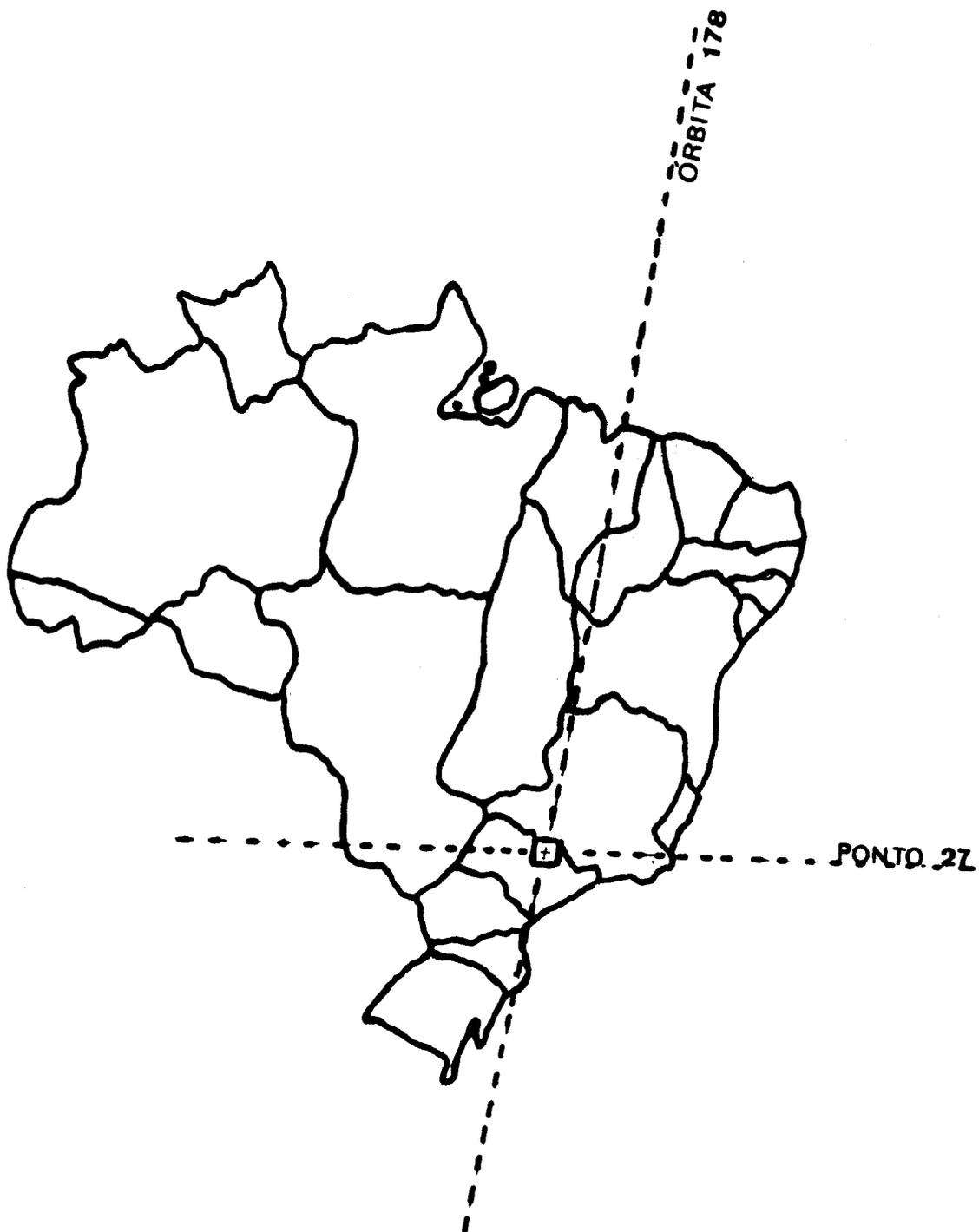
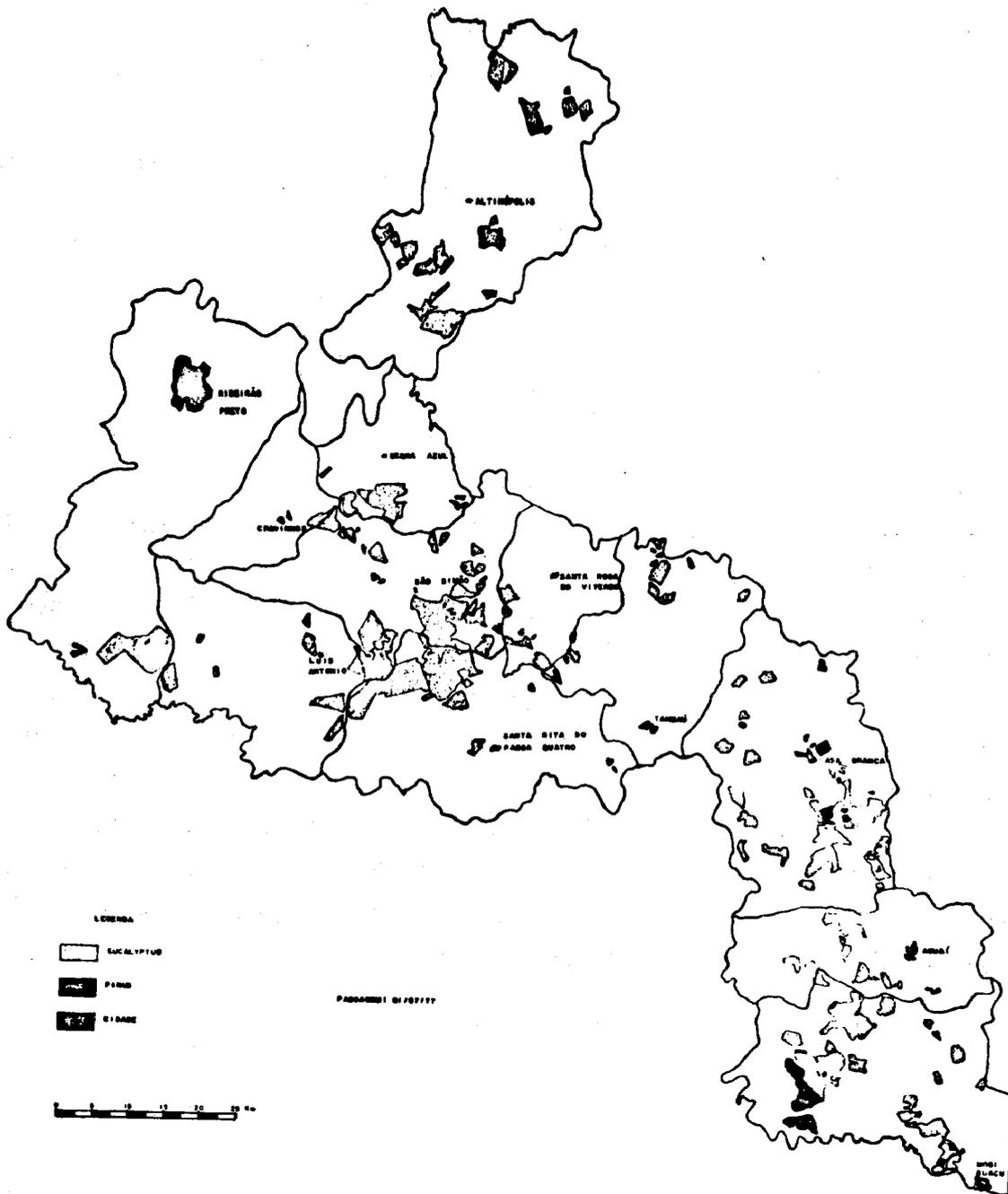


Figura II



INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS ÁREAS REFORESTADAS DE DOZE MUNICÍPIOS LOCALIZADOS NO NORDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO UTILIZANDO-SE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT

Figura III