

AValiação DE DADOS TM/LANDSAT E HRV/SPOT NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS
REFLORESTADAS NA REGIÃO DE MOGI-GUAÇU-SP

Pedro Hernandez Filho
David Chung Liang Lee
Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE
Ministério da Ciência e Tecnologia -MCT
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil
Sérgio Alberto de Oliveira Almeida
Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
Palácio do Desenvolvimento, 13º andar - 70057 - Brasília-DF
Facundo Salomon Recalde Ramos
Universidade Nacional de Assunção-Paraguai
Av. Tacurái Casí C. Corá - Assunção-Paraguai

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a avaliação de dados TM/LANDSAT e HRV/SPOT para fins de interpretação e mapeamento de áreas reflorestadas. A área de estudo está situada no município de Mogi-Guaçu e contém reflorestamento de Pinus e Eucalyptus spp., com diferentes idades e densidade de plantio. Foram analisados os dados TM e HRV pelos procedimentos de análise visual e digital, obtendo-se as classes Pinus-1, Pinus-2 e Euca, e as respectivas estimativas precisões de interpretação e mapeamento. Foram obtidas as melhores combinações de bandas para separar as classes através do programa seleção de atributos que utiliza a distância de separabilidade JM.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the TM/LANDSAT and HRV/SPOT data. The study area, Mogi-Guaçu - São Paulo State, is located at 44°00'-47°15'W and 22°05'-22°15'S. This area includes Pine and Eucalyptus plantations, with different ages and density canopy. Based on visual and digital analysis of TM/LANDSAT and HRV/SPOT data, the Pinus-1, Pinus-2 and Euca classes were defined. The interpretation and mapping accuracy of the classes were estimated. The combination bands were selected by JM distance algorithm.

1. INTRODUÇÃO

A atividade de reflorestamento no Brasil tem sido estimulada expressivamente nos últimos 20 anos, após a promulgação da lei dos incentivos fiscais em 1966, a qual permitiu que uma parcela de imposto a ser recolhida pelo Governo Federal fosse revertida em benefício do setor florestal. Com isto, as áreas reflorestadas atingiram cerca de 6.500.000ha em todo o País, o que possibilitou o fornecimento de matéria prima para a produção de celulose, papel, carvão vegetal, chapas, conglomerados, óleos vegetais, móveis, etc.

Por outro lado, a tecnologia de sensoriamento remoto, principalmente ao nível orbital, tem provado a sua eficiência no monitoramento, inventário e manejo florestal através de trabalhos desenvolvidos conjuntamente pelo Instituto de Pesquisas Espaciais e Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (Hernandez Filho et al., 1978; Hernandez Filho et al., 1980; Shimabukuro et al. 1981; Hernandez Filho et al., 1985. Com o lançamento de novos satélites, consituídos de sensores mais avançados como o TM/

LANDSAT e o HRV/SPOT, é importante e necessária a investigação de suas potencialidades no levantamento de áreas reflorestadas.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Mogi-Guaçu, SP, compreendida entre os meridianos de 47°00' e 47°15' de longitude e os paralelos 22°05' e 22°20' de latitude sul, e possui cerca de 4.000,00ha reflorestados com os gêneros Pinus, pertencentes ao Instituto Florestal de São Paulo (Fazenda Campininha), e Eucalyptus, da Champion Celulose e Papel (Horto Santa Terezinha).

As órbitas/pontos 220/75 do satélite LANDSAT e 714/394 do SPOT são aquelas que abrangem a área de estudo.

Informações complementares sobre solos, geologia, clima e vegetação podem ser encontradas no trabalho de Hernandez Filho e Shimabukuro (1978).

3. MATERIAL

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados do sensor TM/LANDSAT e HRV/SPOT mostrado na Tabela 1.

TABELA 1
PRODUTOS DO SATÉLITE LANDSAT E SPOT UTILIZADOS

SENSOR	Nº DE IDENTIFICAÇÃO	ÓRBITA/ PONTO QUADRANTE	DATA DA PASSAGEM	CANAL	ESCALA	APRESENTAÇÃO
TM	662571230036	220/75D	14.09.86	1,2,3,4,5,6 e 7	1:100.000	Papel PaB
TM	862671230036	220/75D	14.09.86	2(B),3(G),4(R)	1:100.000	Papel colorido
TM	13497C001/2/3	220/75	14.09.86	1,2,3,4,5,6 e 7	-	GCT
TM	86257-123043.0	220/75	14.09.86	2(B),3(G),4(R)	1:1.000.000	Transparência positiva colorida
HRV2	-	714/394	15.06.86	3(R),2(G),1(B)	1:100.000	Papel colorido

Para a identificação de acidentes geográficos, orientação de trabalho de campo e informações gerais sobre a área em estudo foram utilizados os dados da Carta do Brasil ao Milionésimo, folha Rio de Janeiro (IBGE, 1972); da Carta do Brasil, escala 1:50.000, folhas Conchal e Rio Capitinga (IBGE, 1973); de mapas das áreas de reflorestamento das fazendas Campininha e Horto Santa Terezinha.

Na análise digital de imagens multiespectrais foi utilizado o Sistema de Tratamento de Imagens (SITIM) o qual é destinado à extração de informações a partir de dados de sensoramento remoto, obtidas principalmente por dados de satélite. A análise digital é feita de modo qualitativo através do realçamento de imagens, ou de forma quantitativa utilizando procedimentos de classificação automática cujas saídas são imagens temáticas associadas às suas respectivas áreas.

Foi utilizado o equipamento ótico-mecânico, denominado PROCOM-2 cuja finalidade básica é ampliar imagens, na forma de transparências, e ajustar os resultados de sua interpretação em bases cartográficas. Este equipamento é composto de 2 lentes de projeção, o que permite ao intérprete um intervalo máximo de ampliação de 3 a 72 vezes a escala original. Informações mais detalhadas podem ser encontradas no Manual do PROCOM-2, Gregory Geoscience Limited, 1983.

4. MÉTODO

A metodologia aplicada no desenvolvimento do trabalho constou de coleta de dados auxiliares (campo e escritório), análise visual e digital de dados dos satélites LANDSAT, sensor TM e interpretação de dados do satélite SPOT, sensor HRV. Além disso, foi realizada uma estimativa de precisão de interpretação e mapeamento, trabalho de campo, análise final de dados.

4.1 - ANÁLISE VISUAL DE DADOS

As análises visuais de dados dos satélites LANDSAT e SPOT basearam-se nos critérios clássicos de fotointerpretação, onde são considerados os elementos, como tonalidade, textura fotográfica e forma (Santos et al., 1981).

A Tonalidade é a propriedade que diz respeito a tons de cinza da unidade analisada, sendo classificada em tons de cinza muito escuros (CME), cinza-escuro (CE), cinza-médio (CM), cinza-claro (CC) e cinza muito claro (CMC).

A Textura Fotográfica é a propriedade que define a variação de tons de cinza na unidade estudada, sendo classificada em:

- Lisa : pequena variação dos tons de cinza.
- Média : média variação dos tons de cinza.
- Grosseira : grande variação dos tons de cinza.

A Forma é a propriedade que diz respeito à geometria da unidade analisada, sendo classificada em:

- Poligonal : quando os seus limites definem um polígono.
- Irregular : quando os seus limites não definem um polígono.

As classes florestais de interesse foram analisadas, nas imagens TM, canais 1, 2, 3, 4, 5 e 7, escala 1:100.000. Além disso, foi também feita uma análise na transparência da com posição colorida TM, canais 2, 3, 4, escala 1:100.000, acoplada com o sistema PROCOM-2, a qual foi ampliada para 1:50.000.

Na imagem fotográfica HRV, composição infravermelha colorida, 1:100.000, as classes florestais foram analisadas pelo mesmo critério considerado para o produto TM. No caso particular do elemento tonalidade, foi feita uma comparação deste com os padrões apresentados na tabela de Munsell, apresentada por Smith (1968).

Os "overlays" de interpretação visual das classes florestais da área em questão foram fixados no sistema PROCOM-2, sendo todas as informações transferidas para a base cartográfica do IBGE (1972), escala 1:50.000.

4.2 - ANÁLISE DIGITAL

A utilização de técnicas de análise digital através de processadores automáticos tem a função de preparar uma imagem para facilitar a interpretação visual da cena, explorar com mais recursos toda a informação contida nesta, extrair informações de interesse e/ou relacioná-las com parâmetros estatísticos a fim de otimizar a análise em termos de eficiência, tempo e custos (Menezes, 1986).

Neste trabalho, no procedimento de análise digital de imagens foram utilizadas imagens TM/LANDSAT, geradas em fitas compatíveis com o computador (CCTs) utilizando o sistema SITIM.

a) Seleção de Bandas

Com o propósito de avaliar as melhores bandas TM na separabilidade das classes florestais, foi utilizado o critério de Distância JM que apresenta algumas vantagens em relação a outros modelos, segundo Swain e King (1973). Pormenores sobre o uso de critérios de seleção de atributos de imagem LANDSAT podem ser encontrados nos trabalhos de Dutra (1982) e Ii et al. (1982).

A medida JM \bar{e} dada por:

$$JM = 2(1 - e^{-\alpha}), \quad (1)$$

onde:

$$\alpha = \frac{1}{8} (U_1 - U_2)^T \Sigma^{-1} (U_1 - U_2) + \frac{1}{2} \log \alpha \left[\frac{\det \Sigma}{\sqrt{\det \Sigma_1 \cdot \det \Sigma_2}} \right];$$

- e, U_1 = matriz das m \bar{e} dias da classe 1;
 U_2 = matriz das m \bar{e} dias da classe 2;
 $()^T$ = matriz transposta;
 $()^{-1}$ = matriz inversa;
 $\Sigma = \frac{1}{2} |\Sigma_1 + \Sigma_2|$;
 Σ_1 = matriz de covari \bar{a} ncia da classe 1;
 Σ_2 = matriz de covari \bar{a} ncia da classe 2;
 $\det \Sigma_1$ = determinante da matriz de covari \bar{a} ncia da classe 1;
 $\det \Sigma_2$ = determinante da matriz de covari \bar{a} ncia da classe 2.

Esta f \bar{o} rmla da dist \bar{a} ncia JM assume valores que variam de 0 a 2; quanto mais pr \bar{o} ximo de 2 for o valor, maior ser \bar{a} a separabilidade entre as classes.

As bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 de TM foram analisadas no sistema SITIM, que as ampliou para a escala 1:50.000 na \bar{a} rea em quest \bar{a} o, e mostradas no visualizador de imagens. Posteriormente foram adquiridas amostras de cada classe, utilizando o cursor instalado no console de an \bar{a} lise de imagens. Deste modo foi poss \bar{i} vel, atr \bar{a} v \bar{e} s do programa sele \bar{c} o de atributos, determinar os 3 melhores subconjuntos de bandas que maximizam a dist \bar{a} ncia JM m \bar{e} dia e m \bar{i} nima para um dado par de classes.

b) Classifica \bar{c} o

O procedimento de classifica \bar{c} o de imagens tanto LANDSAT como TM foi desencadeado, inicialmente, utilizando o sistema MAXVER (Velasco et al., 1978) o qual est \bar{a} dispon \bar{i} vel no SITIM. Esta classifica \bar{c} o \bar{e} realizada ponto a ponto nas imagens utilizando o m \bar{e} todo de m \bar{a} xima verossimilhan \bar{c} a.

O m \bar{e} todo divide-se em duas fase distintas: a de treinamento, a qual o analista escolhe as classes e determina os par \bar{a} metros destas (m \bar{e} dia e covari \bar{a} ncia), e a classifica \bar{c} o propriamente dita.

Na fase de treinamento, onde o analista fornece amostras para o sistema, este fornece elementos para uma previs \bar{a} o dos resultados da classifica \bar{c} o, fruto dos par \bar{a} metros obtidos, havendo a possibilidade de alter \bar{a} -los adicionando-as ou subtraindo-as. O treinamento pode ser interrompido a qualquer momento e ser recome \bar{c} ado a partir do exame feito pelo analista. Na f \bar{a}

se de classifica \bar{c} o n \bar{a} o \bar{e} necess \bar{a} ria a participa \bar{c} o interativa analista x sistema.

Como resultado da classifica \bar{c} o foram obtidos par \bar{a} metros estat \bar{i} sticos para cada classe, tais como m \bar{e} dia e matriz de covari \bar{a} ncia, al \bar{e} m da imagem classificada apresentada no visualizador, reproduzida atr \bar{a} v \bar{e} s de "slides" e filmes em papel.

4.3 - ESTIMATIVA DA PRECIS \bar{A} O DE INTERPRETA \bar{C} AO E MAPEAMENTO

As tr \bar{e} s interpreta \bar{c} oes (2 visuais: TM/LANDSAT e HRV/SPOT; 1 digital: TM/LANDSAT) foram transferidas para uma base cartogr \bar{a} fica, 1:50.000, do IBGE (1973) com o aux \bar{i} lio do equipamento PROCOM-2. A transfer \bar{e} ncia da interpreta \bar{c} o visual das imagens TM foi feita a partir da an \bar{a} lise da transpar \bar{e} ncia positiva 1:1.000.000. Os resultados das interpreta \bar{c} oes visuais das imagens MSS e HRV foram transferidas das informa \bar{c} oes contidas nos respectivos "overlays". Os resultados das an \bar{a} lises digitais foram transferidas a partir dos diapositivos obtidos do visualizador do SITIM.

Nas interpreta \bar{c} oes ajustadas \bar{a} base cartogr \bar{a} fica foi colocada numa grade com 300 quadr \bar{i} culas de 2 x 2cm, equivalente a 1 x 1km no campo. Posteriormente, foram contabilizadas as quadr \bar{i} culas que apresentavam cada classe, permitindo do por um procedimento aleat \bar{o} rio a defini \bar{c} o do n \bar{u} mero de unidades a serem observadas no campo. Com a finalidade de diminuir a dimens \bar{a} o da amostra no campo foi feita uma nova divis \bar{a} o de 10 x 10 unidades em cada quadr \bar{i} cula de 2 x 2cm o que resultou numa unidade de 2 x 2cm, equivalente a 100 x 100m no campo.

O n \bar{u} mero de amostras para estimar a precis \bar{a} o de classifica \bar{c} o das unidades mapeadas foi definido considerando o procedimento utilizado por Genreden (1976).

O n \bar{u} mero de amostras (x) escolhido para cada classe, em cada interpreta \bar{c} o, foi de 60 quando se desejava uma precis \bar{a} o de classifica \bar{c} o (q) de 0,95. Para isso, o n \bar{i} vel de probabilidade est \bar{a} situado entre 0,5472 e 0,0461, conforme indica a Tabela 2. A precis \bar{a} o de interpreta \bar{c} o e a de mapeamento foram estimadas a partir do modelo proposto por Kalensky e Wightman (1976), onde \bar{e} calculada a precis \bar{a} o de classifica \bar{c} o da classe i(pi):

$$pi(\%) = \frac{T_i}{A_i} \times 100, \quad (2)$$

onde:

T_i = n \bar{u} mero de pontos da classe i classificados;

A_i = n \bar{u} mero total de pontos da classe i.

$$K(\%) = \frac{\sum Ni}{N} \times 100, \quad (3)$$

onde:

K = precis \bar{a} o de interpreta \bar{c} o geral;

$\sum Ni$ = n \bar{u} mero de pontos classificados corretamente em todas as classes;

N = n \bar{u} mero total de pontos de todas as classes.

A precisão de mapeamento da classe i (M_i) é:

$$M_i (\%) = \frac{N_i}{N_i + E_i} \times 100, \quad (4)$$

onde:

N_i = número de pontos classificados corretamente na classe i ;

E_i = número de pontos errados na classe i (soma dos erros de inclusão e omissão).

A precisão de mapeamento geral (%) é:

$$M(\%) = \frac{\sum W_i \cdot M_i}{\sum W_i} \cdot 100, \quad (5)$$

onde:

$$W_i = \frac{N_i}{N} = \text{peso da classe } i.$$

TABELA 2

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO VISUAL DAS CLASSES UTILIZANDO A IMAGEM TM/LANDSAT

CANAL	ELEMENTO	CLASSE		
		PINUS-1	PINUS-2	EUCA
1	Tonalidade	Cinza-escuro	Cinza-escuro	Cinza-escuro a médio
	Textura	Lisa	Lisa	Lisa a média
	Forma	Poligonal	Poligonal	Poligonal
2	Tonalidade	Cinza-escuro	Cinza-escuro	Cinza-escuro a médio
	Textura	Lisa	Lisa	Média
	Forma	Poligonal	Poligonal	Poligonal
3	Tonalidade	Cinza bem escuro	Cinza bem escuro	Cinza-escuro a bem escuro
	Textura	Lisa	Lisa	Média
	Forma	Poligonal	Poligonal	Poligonal
4	Tonalidade	Cinza-médio	Cinza-escuro	Cinza bem claro a médio
	Textura	Lisa	Lisa	Média
	Forma	Poligonal	Poligonal	Irregular e Poligonal
5	Tonalidade	Cinza bem escuro	Cinza bem escuro	Cinza-médio a bem escuro
	Textura	Lisa	Lisa	Média
	Forma	Poligonal	Poligonal	Poligonal
6	Tonalidade	Cinza-médio	Cinza-médio	Cinza-médio
	Textura	Média	Média	Média
	Forma	Poligonal a irregular	Poligonal a irregular	Poligonal a irregular
7	Tonalidade	Cinza bem escuro	Cinza bem escuro	Cinza bem escuro
	Textura	Lisa	Lisa	Lisa
	Forma	Poligonal	Poligonal	Poligonal

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados alcançados durante o processo de interpretação visual foram a chave de interpretação para os produtos TM/LANDSAT e HRV/SPOT apresentados em papel, legenda, mapas e tabelas as quais indicam a estimativa de precisão de classificação e mapeamento. Na análise digital de dados TM/LANDSAT, foram obtidos pelo pro-

grama seleção de atributos as distâncias de separabilidade de classes JM de várias combinações de canais do TM, tabelas que indicam precisão de mapeamento de interpretação das classes.

5.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Na análise visual dos dados MSS, TM e SPOT, considerando os elementos de fotointerpretação, foram definidas as seguintes legendas:

Pinus - 1: reflorestamento com o gênero Pinus, constituído das espécies *P. elliotti* e *P. oocarpa*, com idade que varia de 7 a 30 anos e com porcentagem de desbaste entre 0 e 5%.

Pinus - 2: reflorestamento com o gênero Pinus, incluindo as espécies *P. taeda*, *P. caribaeae hondurensis*, com idade entre 7 e 30 anos e porcentagem de desbaste entre 0 a 5%.

Euca - : reflorestamento com o gênero *Eucalyptus*, composto das espécies *E. grandis*, *E. saligna* e *E. urophylla*, com os plantios de 1ª e 2ª rotação.

A análise visual dos dados TM permitiu a seguinte chave de interpretação a qual é mostrada na Tabela 2.

A análise visual dos dados SPOT permitiu a elaboração da chave de interpretação observada na Tabela 3.

TABELA 3

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO DAS CLASSES UTILIZANDO A COMPOSIÇÃO INFRAVERMELHA COLORIDA HRV/SPOT

CLASSE	PINUS-1	PINUS-2	EUCA
Tonalidade	5.3YR1.6/3.4 "deep brown"	5.3YR1.6/3.4 "dark brown"	9.8R5.4/14.5 "vivid reddish orange" a 4.6YR3.5/7.6 "strong brown"
Textura	Lisa	Lisa	Média
Forma	Poligonal	Poligonal	Poligonal

Os elementos de textura e forma têm características semelhantes às apresentadas nos produtos TM. Todavia, a tonalidade tem um comportamento particular na composição infravermelha colorida (1, 2 e 3) do HRV/SPOT. As tonalidades desta imagem foram comparadas com a tabela de Munsell, que apresenta para as classes Pinus-1 e Pinus-2 variações da cor marrom e para a classe Euca variações das cores laranja e marrom. Este comportamento da classe Euca é fruto dos vários estágios vegetativos do reflorestamento de *Eucalyptus*.

5.2 - SELEÇÃO DAS MELHORES COMBINAÇÕES DE BANDAS

Utilizando o sistema SITIM foi selecionado pelo critério seleção de atributos, que uti-

liza a medida de separabilidade de classes denominada JM, as melhores combinações de bandas TM. Para isso, foi realizada uma classificação supervisionada utilizando o algoritmo MAXVER, onde foram estabelecidas as classes Pinus-1 (*P. elliottii* e *P. oocarpa*), Pinus-2 (*P. taeda*, *P. caribae* e *P. bahamensis*), Euca-1 (*E. saligna*, *E. grandis* e *E. urophylla*, com idade até 2 anos na 1ª e 2ª rotação) e Euca-2 (*E. saligna*, *E. grandis* e *E. urophylla*, com idade mais de 2 anos na 1ª e 2ª rotação).

A Tabela 4 mostra a relação da seleção das melhores combinações de bandas TM, pela ordenação de maximização das médias da distância JM utilizando o sistema SITIM.

Foi utilizada a banda 6 nesta análise, não se preocupando com o significado físico do dado.

Os canais estão relacionados até o máximo 3 por qualquer combinação.

Verifica-se que, pela combinação 6 a 6, os canais que contribuíram menos na separabilidade das classes foram 1, 2, 3. A melhor combinação de três canais foi a 4, 5 e 6, com valor de distância JM média entre as classes de 1,990543 e uma distância JM mínima de 1,949422 entre as classes Pinus-2 e Pinus-2. A melhor combinação de três canais, não considerando a banda 6, foi a 3, 4 e 5, o que coincide com o resultado obtido por Santiago et al. (1986).

TABELA 4
VALORES DAS DISTÂNCIAS JM MÉDIA E MÍNIMA
ORDENADAS PELA MAXIMIZAÇÃO DAS MÉDIAS
SISTEMA - 4 CLASSES - TM

Nº	COMBINAÇÃO DE CANAIS	DISTÂNCIA JM - MÉDIA	DISTÂNCIA JM - MÍNIMA	MÍNIMA ENTRE AS CLASSES
1	- 2 3 4 5 6 7	1,994221	1,968577	P ₂ - P ₁
2	1 - 3 4 5 6 7	1,994032	1,967929	P ₂ - P ₁
3	1 2 - 4 5 6 7	1,993733	1,965691	P ₂ - P ₁
4	- - 3 4 5 6 7	1,993651	1,966330	P ₂ - P ₁
5	- 2 - 4 5 6 7	1,993360	1,964096	P ₂ - P ₁
6	- 2 3 4 5 6 -	1,993255	1,963630	P ₂ - P ₁
7	- - 3 4 5 6 -	1,992552	1,960728	P ₂ - P ₁
8	- - - 4 5 6 7	1,992318	1,959250	P ₂ - P ₁
9	- 2 - 4 5 6 -	1,992036	1,956854	P ₂ - P ₁
10	- - - 4 5 6 -	1,990543	1,949422	P ₂ - P ₁
11	- - 3 4 5 - -	1,985281	1,919366	P ₂ - P ₁
12	- - - 4 - 6 7	1,984115	1,924773	P ₂ - P ₁
13	- - - 4 5 - -	1,981445	1,897988	P ₂ - P ₁
14	- - - 4 - - 7	1,970784	1,851638	P ₂ - P ₁
15	- - 3 4 - - -	1,961787	1,862594	P ₂ - P ₁
16	- - - 4 - - -	1,927316	1,790397	E ₂ - P ₁
17	- - - - 5 - -	1,539819	1,046421	E ₂ - E ₁
18	- - - - - 7	0,920765	0,428331	E ₂ - P ₁

5.3 - CLASSIFICAÇÃO

Para a classificação dos dados TM feita no SITIM, foi considerado o conjunto de bandas 3, 4, 5 e 7, pois apresentou a maior distância JM média entre as classes. Nesta análise não foi considerada a banda 6, por apresentar um sig

nificado físico diferente em relação às outras. Assim, as áreas reflorestadas foram classificadas em Pinus-1, Pinus-2 e Euca e posteriormente apresentadas no visualizador do SITIM e reproduzidas em cópias fotográficas formatizadas em papel e diapositivos.

5.4 - TRABALHO DE CAMPO

Esta atividade foi realizada com a finalidade de verificar o significado das interpretações das imagens TM/LANDSAT (visual e digital) e HRV/SPOT (visual). Foi classificada a classe Outros, além das classes Pinus-1, Pinus-2 e Euca, com a finalidade de utilizar o modelo de estimativa da precisão de interpretação e mapeamento, conforme citado em Kalensky e Wightman (1976).

Com isto, baseando-se também na Tabela 2, definiram-se 60 amostras, por classe e por interpretação, para alcançar 95% de probabilidade de não ocorrer erro nos resultados.

5.5 - PRECISÃO DE INTERPRETAÇÃO E MAPEAMENTO

As observações realizadas no trabalho de campo permitiram compará-las com os resultados da interpretação e, assim, proceder a estimativa da precisão de classificação e mapeamento para cada classe, em cada produto utilizado.

A estimativa de precisão de interpretação e de mapeamento das classes obtidas na análise visual e digital dos dados TM e HRV observado na Tabela 5.

TABELA 5
PRECISÃO DE INTERPRETAÇÃO E MAPEAMENTO

CLASSE	HRV-SPOT		TM-LANDSAT			
	VISUAL		VISUAL		DIGITAL	
	PIG%	PMG%	PIG%	PMG%	PIG%	PMG%
Pinus-1	96,7	86,6	96,7	82,8	93,3	60,8
Pinus-2	95,0	93,4	90,0	88,5	48,3	46,7
EUCA	95,0	90,5	95,0	90,5	80,0	78,7
Outros	86,7	80,0	86,7	80,0	96,7	78,4
Geral	93,3	87,8	92,1	85,5	79,6	68,5

PIG = Precisão de interpretação geral.
PMG = Precisão de mapeamento geral.

Verifica-se que a precisão de interpretação geral, pelo método visual para os produtos TM (93,3) e HRV (92,1) foi praticamente a mesma. Por outro lado, a precisão de interpretação geral pelo método digital para o produto TM (79,6) apresentou uma performance inferior ao método visual.

6. CONCLUSÃO

A análise visual de dados do TM e HRV permitiu a separabilidade das áreas reflorestadas com os gêneros Pinus e Eucalyptus em três classes onde foram consideradas as variações por idade, espécie e rotação do povoamento. A classe Euca reuniu todas espécies de Eucalyptus e estágios vegetativos do reflorestamento, enquanto as classes Pinus-1 (*P. elliottii* e *P. oocarpa*) e Pinus-2 (*P. patula*, *P. caribae* e *P. hondurensis* e *P. taeda*) agruparam diferentes espécies, independentemente da idade e porcentagem de desbaste.

Ainda na análise visual das imagens, as precisões de mapeamento geral das classes foram 85,5 (TM) e 87,8 (HRV), o que mostrou um desempenho levemente superior para os dados do satélite SPOT.

A análise digital dos dados MSS e TM permitiu a separabilidade das mesmas classes conseguidas na interpretação visual. A precisão de mapeamento geral foi 68,5 (TM).

A distância JM média mostrou que a melhor combinação de 3 canais do TM para a separabilidade das classes foram 3, 4 e 5 com (1,9696).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUTRA, L.V. *Extração de Atributos Espaciais em Imagens Multiespectrais*. Dissertação de Mestrado. INPE/CNPq - São José dos Campos, 1982. (INPE-2315-TDL/078).
- GERENDEN, J.L. von. *A methodology for producing small scale rural land use maps in semi-arid developing countries using orbital imagery*. London, University of Sheffield, december, 1976.
- GREGORY GEOSCIENCE LIMITED. *PROCOP-2. Instruction for use: Ottawa, Ontário, Canadá*, 1983.
- HERNANDEZ FILHO, P.; LEE, D.C.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; ASSIS, O.R.; MEDEIROS, J.S. *Relatório das Atividades do Projeto IBDF/INPE (Subprojeto reflorestamento) de 1982 a 1984*. São José dos Campos, Jan, 1985. (INPE-3396-RTR/067).
- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. *Estabelecimento de Metodologia para Avaliação de Povoamentos Florestais Artificiais, utilizando-se dados de LANDSAT*. São José dos Campos, Jun., 1978. (INPE-1271-TPT/089).
- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E.; MEDEIROS, J.S.; SANTANA, C.C. de; ALVES, E.C.M. *Relatório das Atividades do Projeto IBDF/INPE (Subprojeto Reflorestamento), durante o ano de 1979*. São José dos Campos, janeiro de 1980. (INPE-1664-RPE/104).
- HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E.; SANTANA, C.C. *Relatório das Atividades do Projeto IBDF/INPE (Subprojeto Reflorestamento durante o ano de 1978)*. São José dos Campos, INPE, dez. 1978 (INPE-1408-NTE/141).
- Ii, F.A.M.; DUTRA, L.V.; MENDES, C.L. "Comparação entre os métodos de Entropia e Jeffreys-Matusita em problemas de seleção de atributos". IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2. Brasília, 1982. *Anais*. INPE/CNPq p.621-627.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Carta do Brasil ao Milionésimo*. Rio de Janeiro, 1972.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Carta do Brasil, escala 1:50.000*. Rio de Janeiro, 1973.
- KALENSKY, Z.; WIGHTMAN, JM. *Automatic forest mapping using remotely sensed data*. Forest Management Institute, Department of Environment Ottawa, Ontário, Canada, 1976.
- MENESES, P.R. *Avaliação e seleção de bandas do sensor Thematic Mapper do LANDSAT 5 para discriminação de rochas carbonáticas do Grupo Bambuí como subsídio ao mapeamento de semi-detalhe*. Tese de doutoramento. USP/Instituto de Geociências. São Paulo, 1986. 233p.
- SANTIAGO, R.H.; MEDEIROS, J.S. de; SANTOS, J.R. *Seleção de canais TM/LANDSAT para avaliação de Áreas de Reflorestamento no Estado do Mato Grosso do Sul*. IN: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Gramado, agosto de 1986. *Anais*. INPE/MCT.
- SANTOS, J.R.; HERNANDEZ FILHO, P.; SHIMABUKURO, Y.E. *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicação em vegetação*. São José dos Campos, agosto de 1981. (INPE-2215-MD/010).
- SHIMABUKURO, Y.E.; HERNANDEZ FILHO, P.; MEDEIROS, J.S.; ASSIS, O.R. de. *Relatório das atividades do projeto IBDF/INPE (Subprojeto Reflorestamento) durante o ano de 1980*. São José dos Campos, julho de 1981 (INPE-2187-RTR/001).
- SMITH, J.T. *Manual of color aerial photography*. American Society of photogrammetry. Falls Church. Virginia, 1968.
- SWAIN, P.H.; KING, R.C. *Two effective feature select on criteria for multispectral remote sensing*. W. Lafayette. Purdue University (LARS Information note 042673). 1973.
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema Maxver*. São José dos Campos, INPE, Jul., 1978 (INPE-1315-NTI/110).