

USO DE TÉCNICAS DE INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA NA DETERMINAÇÃO DE CLASSES
FUNCIONAIS DE USO DA TERRA NO VALE DO PARAÍBA

MADALENA NIERO E MAGDA ADELAIDE LOMBARDO

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO - CNPq
INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE
12.200 - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP, BRASIL

RESUMO

O objetivo deste estudo foi classificar automaticamente o uso da terra, no Vale do Paraíba, através da utilização de dados obtidos em fitas compatíveis com computador (CCT) proporcionadas pelo sistema LANDSAT. O município de Caçapava (SP) foi utilizado como área teste para o desenvolvimento da pesquisa. A interpretação foi efetuada, utilizando-se a opção de classificação "máxima verossimilhança" disponível no sistema Image-100. Foram analisadas classes de Uso da terra obtidas a partir da interpretação visual de imagens LANDSAT. A análise automática dos dados permitiu a obtenção das seguintes classes de uso da terra. Na área teste "Caçapava": indústria, solo nu, campos de arroz, cultivo de inverno, eucalipto novo, eucalipto antigo, pastagem e várzea. Erros de omissão e inclusão foram calculados para cada classe analisada.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho faz parte do Projeto Uso da Terra no Vale do Paraíba, desenvolvido pelo Grupo de Geografia do Departamento de Sensoriamento Remoto do INPE.

O objetivo desta fase do projeto é classificar o uso da terra no Vale do Paraíba, através da utilização de dados obtidos em fitas compatíveis com computador (CCT) proporcionados pelo sistema LANDSAT. Serão analisadas as classes de uso da terra levantadas a partir da interpretação visual de imagem LANDSAT [1].

Para a realização do trabalho escolheu-se a área teste de Caçapava (Figura 1) pelas seguintes razões:

- 1 - por dispor de dados de sensoriamento remoto, coletados através de aeronave e satélite, necessários para o desenvolvimento da pesquisa;
- 2 - por apresentar grande diversidade de uso da terra. Nesta região ocorre o maior número de padrões de uso da terra encontrados no Vale do Paraíba;
- 3 - por dispor de levantamento de classes de uso da terra espectralmente homogêneas que facilitam a interpretação automática.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - MATERIAIS

2.2.1 - FITAS CCT

Na realização do trabalho, analisou-se o conjunto de fitas CCT, referente à passagem de 11 de julho de 1973.

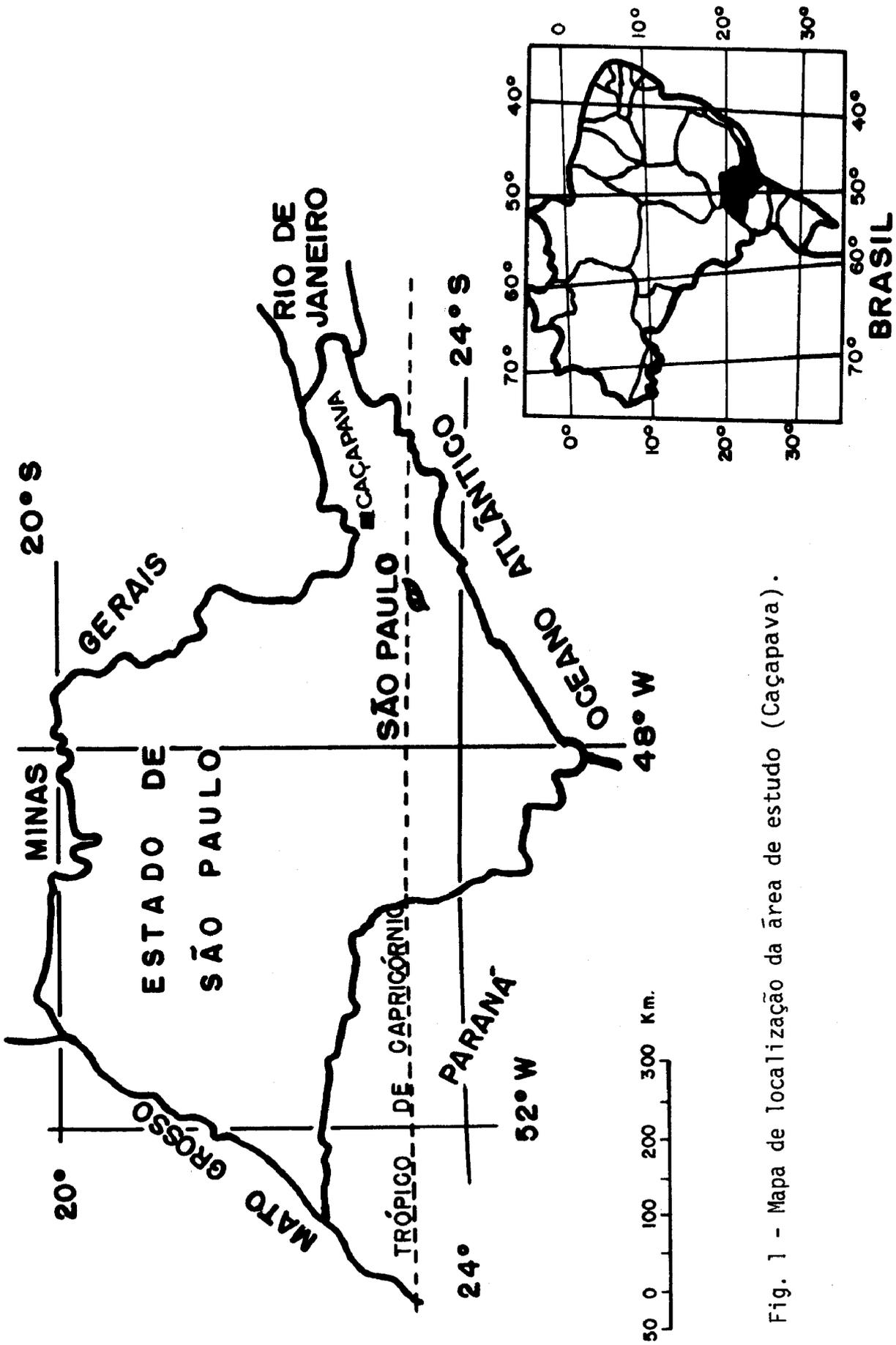


Fig. 1 - Mapa de localização da área de estudo (Caçapava).

2.2.2 - MAPAS

Para coleta das amostras das áreas de treinamento e das áreas testes relativas às classes de uso da terra analisadas, no vídeo do I-100, utilizaram-se os seguintes mapas:

- 1 - mapa de uso da terra obtido através da interpretação de fotografias aéreas convencionais na escala 1:25.000;
- 2 - mapa obtido a partir da interpretação visual de imagem LANDSAT na escala 1:250000.

2.2.3 - O SISTEMA I-100

A interpretação automática dos dados foi feita utilizando-se o Analisador Interativo de Imagens Multiespectrais (I-100).

2.3 - MÉTODO

A interpretação automática foi efetuada utilizando-se a técnica de classificação "máxima verossimilhança" disponível no sistema I-100.

Analisaram-se as classes de uso da terra, obtidas a partir da interpretação visual de imagens LANDSAT [1].

Estas classes foram obtidas visualmente, combinando-se valores de tons de cinza de zero a seis, nos canais 5 e 7. Os valores zero e seis correspondem a tons de cinza mais escuros e mais claros, respectivamente (Tabela 1).

As combinações de tons de cinza que definiram mais de uma classe funcional, bem como, as que apresentaram pequeno número de amostras não foram consideradas. No primeiro caso, isto se explica pelo fato da interpretação automática basear-se apenas em informações

espectrais. No segundo caso, houve dificuldade para a visualização dos dados relativos àquelas combinações.

TABELA 1

CLASSES DE USO DA TERRA RESULTANTES
DA COMBINAÇÃO DE RESPOSTAS NOS CANAIS 5 E 7

| CLASSES DE USO DA TERRA | | RESPOSTAS ESPECTRAIS | |
|-------------------------|---|----------------------|---|
| | | CANAL (S) | |
| | | 5 | 7 |
| Campos de arroz colhido | 1 | 0 | 0 |
| Campos de arroz colhido | 2 | 0 | 3 |
| Campos de arroz colhido | 3 | 0 | 4 |
| Campos de arroz colhido | 4 | 0 | 5 |
| Cultura de inverno | 1 | 0 | 1 |
| Cultura de inverno | 2 | 1 | 1 |
| Pastagem | 1 | 2 | 1 |
| Pastagem | 2 | 2 | 2 |
| Pastagem | 3 | 3 | 2 |
| Eucalipto antigo | | 1 | 0 |
| Eucalipto novo | | 4 | 0 |
| Indústria | | 2 | 5 |
| Várzea | | 3 | 1 |
| Solo Nu | | 4 | 2 |

No processo de seleção de amostras necessárias para a interpretação automática, inicialmente, foi obtida, no vídeo do I-100, a imagem que contém a área teste (Figura 2). A seguir, a área de estudo (Caçapava) (Figura 3) foi ampliada até a escala de 1:50.000 aproximadamente, através da utilização do *Programa Escala*.

As amostras, de cada classe, foram selecionadas de modo a serem representativas das classes de uso da terra em estudo. Neste passo, utilizou-se como "verdade terrestre", o mapa de uso da terra obtido através da interpretação visual de imagens LANDSAT.

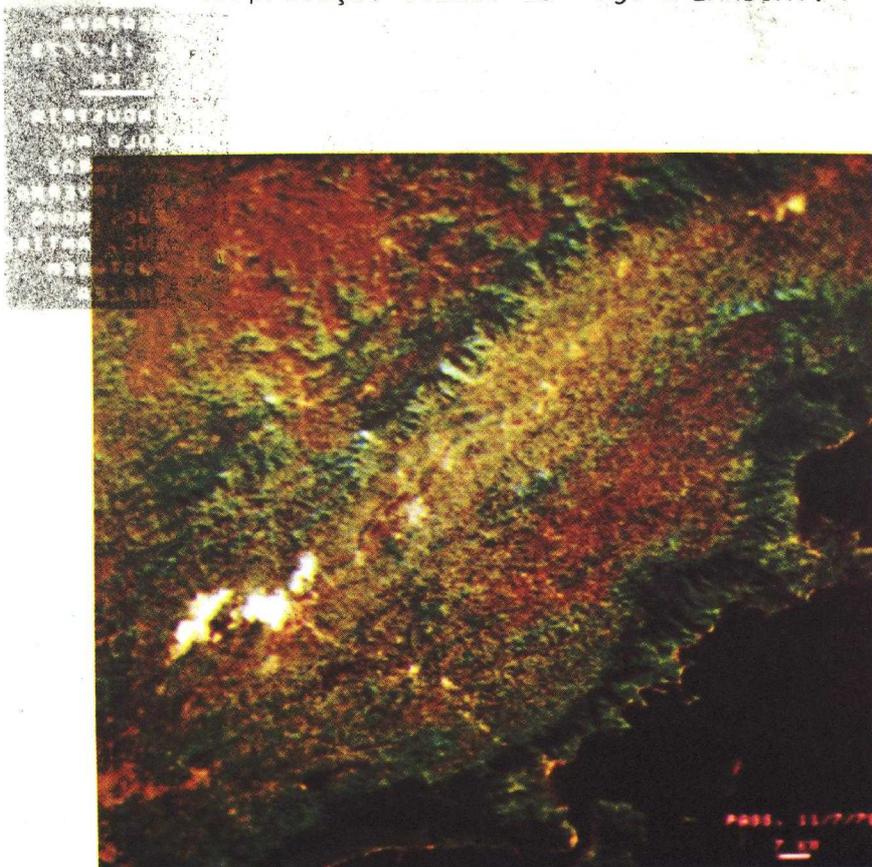


Fig. 2 - Imagem que contém a área de estudo obtida no vídeo do Sistema I-100.

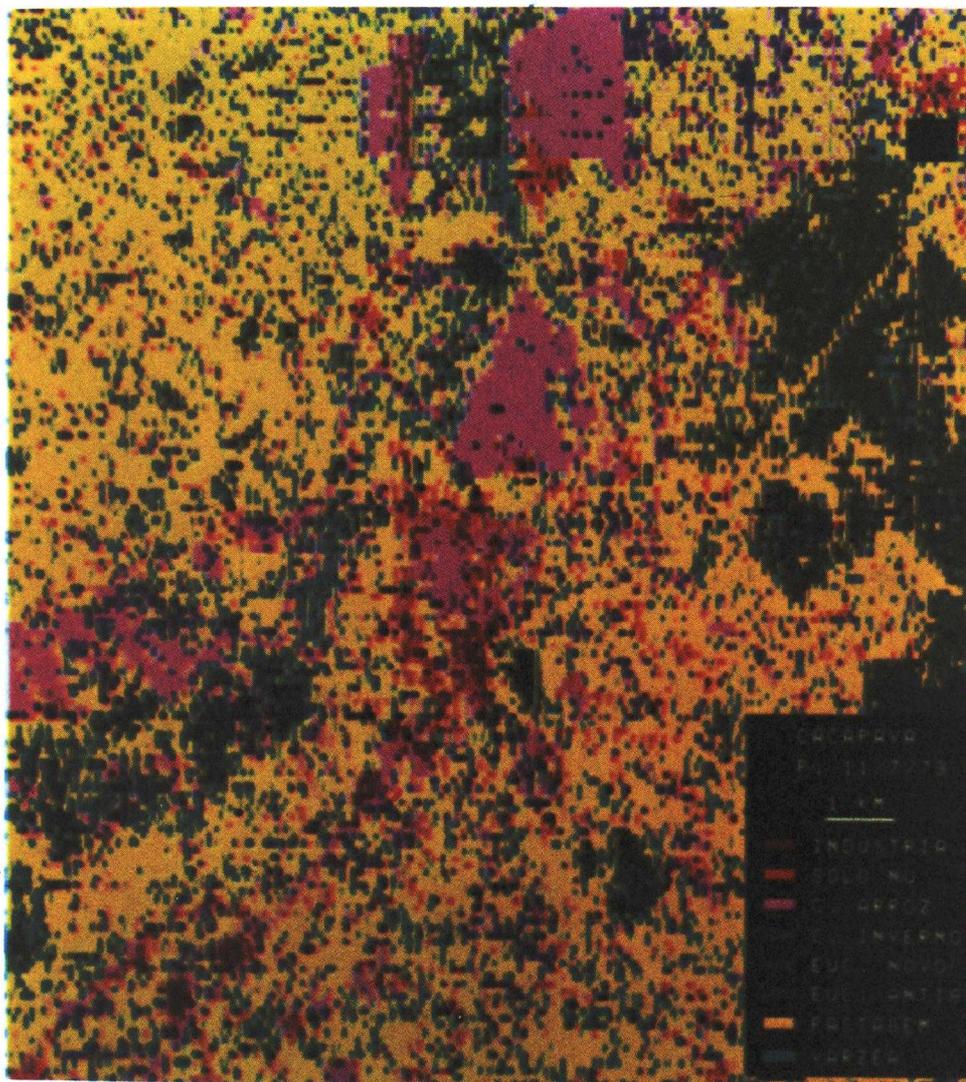


Fig. 3 - Área de estudo ampliada no vídeo do Sistema I-100.

Estas amostras foram divididas em áreas de treinamento e áreas testes (Tabela 2). As áreas de treinamento forneceram informações espectrais necessárias à classificação dos dados. As áreas testes foram utilizadas para determinar a precisão da classificação realizada.

Para avaliar a precisão da classificação foram calculados os erros de omissão e inclusão relativos a cada classe [2].

O erro de inclusão que diz respeito a "pixels", erroneamente classificados como pertencente à classe analisada, é expresso pela razão:

$$\frac{\left[\begin{array}{l} \text{nº de "pixels" pertencentes às demais classes classificadas} \\ \text{erroneamente como elemento da classe analisada} \end{array} \right]}{\left[\begin{array}{l} \text{nº total de "pixels" pertencentes às áreas testes} \end{array} \right]} - \left[\begin{array}{l} \text{nº de "pixels" pertencentes à área teste da classe analisada} \end{array} \right] \times 100$$

TABELA 2

DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS

| CLASSES | NÚMERO DE "PIXELS" | |
|--------------------|----------------------|--------------|
| | ÁREAS DE TREINAMENTO | ÁREAS TESTES |
| Indústria | 260 | 1132 |
| Solo nu | 36 | 201 |
| Campos de arroz | 820 | 4458 |
| Cultivo de inverno | 196 | 1012 |
| Eucalipto novo | 300 | 1592 |
| Eucalipto antigo | 300 | 1540 |
| Pastagem | 660 | 3421 |
| Várzea | 600 | 3128 |

Os erros de omissão foram calculados a partir do número de "pixels" que não foram classificados dentro da área teste analisada. O erro de omissão é obtido pela razão:

$$\frac{\text{nº de "pixels" não classificados como pertencentes à área teste da classe analisada}}{\text{nº de "pixels" pertencente à área teste da classe analisada}} \times 100$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interpretação automática foi baseada apenas em informações espectrais dos dados. Outros critérios adotados em interpretação visual, como forma, textura e relação com outros aspectos não puderam ser utilizados.

As classes analisadas, a partir da interpretação automática, foram:

- indústria,
- solo nu,
- campos de arroz 1,
- campos de arroz 2,
- campos de arroz 3,
- campos de arroz 4,
- cultivo de inverno 1,
- cultivo de inverno 2,
- eucalipto novo,
- eucalipto antigo,
- pastagem 1,
- pastagem 2,
- pastagem 3,
- várzea.

As categorias de uso da terra que aparecem subdivididas, correspondem àquelas que apresentaram diferentes combinações de respostas espectrais nos canais 5 e 7.

A seguir, estas áreas foram reagrupadas em classes funcionais como mostra a Figura 4.

A Tabela 3 mostra a distribuição de "pixels" resultantes da análise. As linhas de matriz referem-se aos "pixels classificados corretamente ou incorretamente nas classes definidas na primeira coluna. Os "pixels" classificados corretamente correspondem aos elementos da diagonal da matriz.

Os resultados obtidos serviriam de base para o cálculo das porcentagens de erros resultantes deste tipo de classificação (Tabela 4).

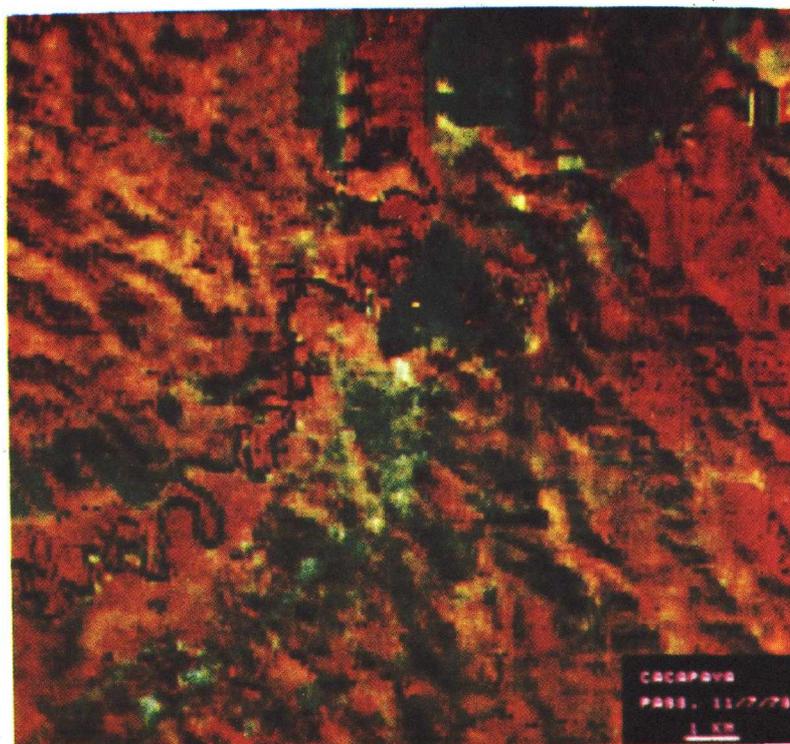


Fig. 4 - Classes de uso da terra obtidas através da classificação de "máxima verossimilhança".

TABELA 3

DISTRIBUIÇÃO DE "PIXELS" NA CLASSIFICAÇÃO

| | Indústria | Solo nu | Campos de arroz | Cultivo de inverno | Eucalipto novo | Eucalipto antigo | Pastagem | Várzea |
|--------------------|-----------|---------|-----------------|--------------------|----------------|------------------|----------|--------|
| Indústria | 679 | 30 | 246 | | | | 59 | 12 |
| Solo nu | 157 | 30 | 4 | | | 7 | 181 | 11 |
| Campos de arroz | 91 | 14 | 3.892 | 381 | | 1 | 16 | 22 |
| Cultura de inverno | 30 | | 102 | 275 | | | 155 | 6 |
| Eucalipto novo | | | | | 1.323 | 410 | | 31 |
| Eucalipto antigo | | | | 4 | 134 | 543 | | 375 |
| Pastagem | 120 | 110 | 130 | 347 | 45 | 361 | 2.911 | 2.338 |
| Várzea | 2 | 6 | 24 | 2 | 25 | 200 | 84 | 280 |

TABELA 4

MÉDIA DOS ERROS DE OMISSÃO E INCLUSÃO

| CLASSES | MÉDIA DOS ERROS (%) |
|--------------------|---------------------|
| Indústria | 21 |
| Solo Nu | 43,5 |
| Campos de arroz | 8,5 |
| Cultivo de inverno | 37,5 |
| Eucalipto novo | 10 |
| Eucalipto antigo | 34 |
| Pastagem | 20,5 |
| Várzea | 47 |

Os erros associados à classe indústria são decorrentes da pequena separabilidade espectral, existente entre esta classe e solo nu. Isto se explica pelo fato de ter sido considerada, na análise dos dados, somente a variável tons de cinza. Estas duas classes apresentam grande similaridade espectral nos canais 4 e 5 como mostra a Tabela 5. Ambas as classes apresentam grande porcentagem de solo exposto, determinando alta reflectância no canal 5. As áreas industriais estavam em fase de construção na época da passagem do satélite, apresentando-se terraplenadas.

A alta porcentagem de erros da classe solo nu (Tabela 4) pode ser explicada pelo fato de ter sido utilizado pequeno número de "pixels" como área de treinamento. Outro aspecto é que a maioria dos "pixels" pertencentes a esta área foram classificados como pastagem (Tabela 3). Ambas as classes possuem maior reflectância no canal 7,

como pode ser visto na Tabela 5. Isto se explica pelo fato da classe solo nu apresentar-se com solos claros e pouco úmidos, e determinados campos de pastagem possuírem densa cobertura de gramíneas.

TABELA 5

RESPOSTAS ESPECTRAIS DAS CLASSES

DE USO DA TERRA UTILIZANDO-SE 4 CANAIS (RESOLUÇÃO 256 TONS DE CINZA).

| CLASSES | CANAL (S) | | | |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Indústria | 55,26 | 55,22 | 44,36 | 46,91 |
| Solo Nu | 49,31 | 44,58 | 47,17 | 63,50 |
| Campos de arroz | 42,38 | 32,20 | 24,64 | 17,06 |
| Cultura de inverno | 35,59 | 23,60 | 21,87 | 19,36 |
| Eucalipto novo | 30,32 | 15,86 | 44,82 | 83,68 |
| Eucalipto antigo | 31,80 | 17,69 | 38,65 | 64,41 |
| Pastagem | 36,91 | 29,93 | 33,37 | 44,44 |
| Varzea | 35,70 | 21,31 | 39,25 | 62,78 |

A classe campo de arroz apresenta maior superposição com a classe cultivo de inverno (Tabela 3). Estas classes têm alta absorção no canal 7, por se localizarem na várzea, área de grande umidade. Outro aspecto é que nesta época do ano estas áreas estão sendo preparadas para o plantio e, portanto, apresentam-se como solos expostos.

A classe cultivo de inverno apresenta alta porcentagem de erro (Tabela 4) devido ao pequeno número de amostras selecionadas. A dificuldade de seleção de amostras está relacionada ao tamanho muito pequeno dos campos preparados para o cultivo de inverno, quando se considera a resolução do satélite LANDSAT.

A classe eucalipto novo se diferencia das demais pela alta reflectância no canal 7 (Tabela 5).

Os erros associados à classe eucalipto antigo são explicados pela grande superposição desta área com as classes eucalipto novo e várzea (Tabela 3). Quando se considera as classes eucalipto antigo e eucalipto novo tem-se elevada similaridade espectral nos canais 4 e 5 (Tabela 5).

A classe pastagem apresentou superposição espectral com todas as demais classes (Tabela 3). Pode-se explicar este fato pela grande heterogeneidade desta classe, com diferentes densidades de cobertura de gramíneas, que resultam, conseqüentemente, em grande variação espectral.

A grande superposição entre as classes pastagem e várzea pode ser observada na Tabela 3. Este fato está associado à presença de matas na várzea e densa cobertura de gramíneas em determinados campos de pastagem.

De modo geral, as classes analisadas apresentaram superposição com as áreas urbanas, estradas e rios. Embora estas áreas não tenham sido analisadas, o sistema I-100 classifica todos os pontos da imagem. Os "pixels" são classificados na área que apresentam maior similaridade espectral.

Os resultados obtidos através da análise dos dados foram condicionados pelos seguintes fatores:

- a) resolução do satélite;
- b) a interpretação automática basear-se apenas em informações espectrais;
- c) complexidade espectral das classes de Uso da terra.

BIBLIOGRAFIA

- [1] NOVO, E.M.L.M. *Análise Comparativa entre Fotografias Aéreas Convencionais e Imagens do LANDSAT para Fim de Levantamento do Uso da terra.* São José dos Campos, INPE, Agosto - 1978. (INPE-1337-NTI/113).
- [2] NIERO, M. *Utilização de Dados Orbitais do LANDSAT-1 na classificação de uso do solo urbano de São José dos Campos.* São José dos Campos, INPE, Julho - 1978. (INPE-1295-TPT/093).