

ESTUDO PRELIMINAR SOBRE A APLICAÇÃO DE PROCESSAMENTO DIGITAL DE DADOS TM-LANDSAT  
NO MAPEAMENTO DE POMARES DE MAÇÃ EM FRAIBURGO, SC

José Roberto Provesi  
Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A.  
Secretaria da Agricultura e Abastecimento  
D-20, 88000 - Florianópolis, SC, Brasil

Dalton de Morisson Valeriano  
Thelma Krug  
Instituto de Pesquisas Espaciais  
Ministério da Ciência e Tecnologia  
Caixa Postal 515, 12201-São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Através da análise digital de dados TM-LANDSAT procurou-se avaliar a discriminabilidade de áreas maleícolas de outros usos da terra na região de Fraiburgo, SC. A verdade terrestre foi um aerolevante panchromático de setembro de 1979 (1:20000) e verificação de campo em janeiro de 1986 e analisou-se os dados TM-LANDSAT (221/79-A, dezembro de 1984, bandas TM: 2, 3, 4 e 7) no sistema IMAGE-100 (1:25000). A área de estudo foi aplicada uma classificação digital híbrida. A aplicação do algoritmo K-MÉDIAS (não supervisionado) obteve 8 classes espectrais. Estas foram divididas em 18 classes supervisionadas pelo algoritmo MAXVER abrangendo 8 classes informativas: PINUS, MATA, MAÇÃ, SOLO PREPARADO, PASTAGEM, ÁGUA, ÁREAS ALAGADAS e ÁREA URBANA. A análise da localização destas classes no espaço de atributos TM-3 x TM-4 indicou que as 3 classes supervisionadas de MAÇÃ apresentaram superposições com classes de MATA, PASTAGEM e ÁREAS ALAGADAS. Atribui-se estas confusões às diferenças de condução e de idade dos pomares (de 5 a 20 anos). Sugere-se uma abordagem multitemporal, explorando as características fenológicas da MAÇÃ, para melhor discriminá-la dos demais usos da terra.

ABSTRACT

An evaluation of the discriminability of apple orchards from other land uses in the county of Fraiburgo, SC, was attempted through digital analysis of TM-LANDSAT data. The ground truth was a panchromatic aerial survey acquired in September/79 (1:20000) and a ground verification realized in January/86; the TM-LANDSAT data (221/79A, December/84, bands TM: 2, 3, 4 and 7) were analysed in the Image-100 System (1:25000). A hybrid digital classification was employed in the study area. Eight spectral classes were obtained through the K-MEANS algorithm (non-supervised). These were further divided into eighteen supervised classes by the MAXVER algorithm, comprising eight informative classes: PINUS, FOREST, APPLE, PLOUGHED SOIL, PASTURE, WATER, WETLANDS and URBAN AREAS. The analysis of the classes localization in the space of attributes TM-3 x TM-4 indicated that the three supervised classes for APPLE overlapped with the FOREST, PASTURE and WETLANDS classes. These confusions were attributed to differences in the management of the orchards and the age of the apple parcels (from 5 to 20 years old). A multitemporal approach, which better explores the phenological characteristics of APPLE is suggested so as to better discriminate this class from other land-uses.

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura de clima temperado tem exigências específicas de condições climáticas que restringem a produção de maçãs a poucas áreas no Brasil. Este fato, aliado à utilização de técnicas inadequadas de trabalho e ao plantio de variedades de qualidade inferior, fez com que durante muito tempo o cultivo de macieiras fosse empírico e sem real importância econômica para o País; em consequência disto, volumosas importações anuais eram necessárias para atender à demanda contínua.

No Brasil, a cultura da macieira, que apresentou uma área ocupada de 2700 hectares em 1970, experimentou uma rápida expansão de área, estimando-se a existência de 27168 hectares de cultivo em 1984 e uma produção comercial próxima a 205.700 toneladas para a safra 1984/1985.

(CEPA).

Cerca de um terço da área do Estado de Santa Catarina é abrangida pelo Projeto de Fruticultura de Clima Temperado, que se instalou nas regiões do Planalto Catarinense e Vale do Rio do Peixe. A conjugação de fatores importantes, tais como a altitude, solo e clima, viabiliza, nestas áreas, o sucesso da exploração de diversas espécies frutícolas.

No Planalto Catarinense, onde a pecuária extensiva e a exploração extrativa da madeira eram as únicas opções, a fruticultura trouxe uma alternativa de renda aos proprietários rurais. No Vale do Rio do Peixe, as pequenas propriedades, com sua economia colonial típica, têm sua riqueza agrícola ativada pela alta den-

cidade econômica que a fruticultura proporciona.

Hoje, são o município de Fraiburgo é responsável pelo abastecimento de 500 milhões de maçãs por ano, o que corresponde a aproximadamente 4 maçãs por habitante brasileiro.

No Estado de Santa Catarina existem hoje cerca de 1.500 produtores de maçã. Nos últimos anos nenhuma outra cultura apresentou, no Brasil, tamanha expansão: mais de 900% de 1977 a 1985.

Assim sendo, a expansão da cultura da maçã no Estado é um fato patente e irreversível, que demanda uma pesquisa detalhada ao nível microrregional, para elaborar um zoneamento ecológico. Esse zoneamento envolve a organização de dados sobre os aspectos topográficos, microclimatológicos e socio-econômicos, bem como sobre a distribuição atual da cultura da maçã e outros usos da terra em um *Sistema Geográfico de Informação*.

A atualização da área ocupada pelo cultivo de maçã e demais usos da terra deverá ser realizada a partir de dados de sensoriamento remoto ao nível orbital, obtidos inicialmente pelo sensor TM-LANDSAT e processados digitalmente.

Este estudo se propõe a analisar preliminarmente o comportamento espectral observado nas bandas TM-2, TM-3, TM-4 e TM-7 das classes de uso da terra encontradas na região de Fraiburgo, abordando de forma detalhada as áreas maleícolas.

## 2. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### 2.1. DESCRIÇÃO

O Planalto Catarinense e o Vale do Rio do Peixe, localizados na porção média do Estado de Santa Catarina, abrangem três microrregiões homogêneas: Campos de Lages, Campos de Curitiba e Colonial do Rio do Peixe.

Um fator marcante nessas regiões é a ocupação intensiva do setor agropastoril, o que de certa forma é uma peculiaridade. Embora essas microrregiões apresentem baixa densidade demográfica quando comparadas com as outras microrregiões homogêneas, existe uma concentração levemente maior na área rural; a isso soma-se o fato de que a área explorada com culturas sobre a área total cultivável é de aproximadamente 82% e sobre a área aproveitável é de 21% (INCRA, 1978), o que demonstra a inclinação para explorar agricultura nessas áreas.

No Planalto Catarinense, o relevo que predomina é o ondulado. Dentro desta paisagem, observam-se declives longos, em centenas de metros, interrompidos pelas áreas planas dos solos hidromórficos. A altitude média da área varia de 850 a 950 metros. Entretanto, no Vale do Rio do Peixe e ao longo do Rio Uruguai, dentro da zona dos Campos de Lages, o relevo é fortemente ondulado, com declives superiores a 15%; localmente pode apresentar declives menos acentuados. O clima dominante no Planalto Catarinense é Cf(b) de Koeppen. A temperatura média anual varia de 160 a 190C e a precipitação anual de 1.480 mm a 2.460 mm. As geadas são frequen-

tes na estação fria, variando a intensidade de acordo com a situação topográfica local.

## 2.2. CARACTERIZAÇÃO

O município de Fraiburgo (50043' E, 50059'09'' O e 27000' N, 27008'37'' S), localizado no Vale do Rio do Peixe, apresenta um relevo levemente acidentado, com quotas de 900 a 1100 metros de altitudes. A área total do município é de 392 km<sup>2</sup>, da qual apenas 6,2 km<sup>2</sup> foram utilizados como área teste. A Figura 1 mostra a localização do município de Fraiburgo na imagem do TM-LANDSAT (órbita 221 ponto 79).

## 3. MATERIAIS

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- material cartográfico  
mapa cartográfico na escala de 1:100000, elaborado pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - Folha CURITIBANOS SG-22-Z-C-1 (1973).
- material aerofotográfico  
fotografias aéreas em preto e branco na escala de 1:20000, obtidas em setembro de 1978 (Cruzeiro Sul)
- estereoscópio de espelho marca Wild, modelo ST-4
- material de produto orbital  
imagem de satélite TM-LANDSAT, obtida em dezembro de 1984. (Fita compatível com o computador "CCT", órbita ponto 221/79A, bandas 2, 3, 4 e 7).
- analisador interativo de imagens multiespectrais, IMAGE-100 (I-100)

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. VERDADE TERRESTRE

Como a área em estudo apresenta uma ocupação espacial bem intensificada, a verdade terrestre é um instrumento muito importante na confirmação e complementação das classes obtidas a partir da fotointerpretação.

### 4.2. FOTOINTERPRETAÇÃO

Foram utilizadas tanto fotografias aéreas na escala de 1:20000 quanto imagem do satélite TM-LANDSAT na escala 1:25000 obtida no IMAGE-100, uma vez que os dados extraídos das distintas imagens se complementam.

A análise das fotografias aéreas em preto e branco foi feita utilizando um estereoscópio de espelho marca Wild, modelo ST-4, e técnicas convencionais de interpretação visual que permitem a obtenção das classes caracterizadas através de aspectos de tonalidade, textura, padrão e contexto.

No que diz respeito às imagens TM-LANDSAT, mediante a combinação de canais e filtros foi possível observar a distribuição espacial das distintas modalidades de uso ou ocupação da terra (florestas, pastagens e áreas agrícolas), mesmo nos pomares pequenos.

### 4.3. ESTABELECIMENTO DE LEGENDAS

As classes de uso da terra e cobertura do solo, obtidas através da interpretação das foto

grafias aéreas, foram agrupadas em dois níveis: o primeiro compatível com as classes potencialmente obtíveis com dados do TM-LANDSAT; o segundo, que atinge um grau de detalhamento mais facilmente observável com o uso de fotografias aéreas. A legenda proposta foi adaptada da apresentada por Anderson et alii (1976). A Tabela 1 apresenta o sistema de classificação de uso da terra para o mapa de verdade terrestre.

#### 4.4. MOSAICAGEM NÃO-CONTROLADA

As classes obtidas a partir da fotointerpretação foram transportadas para "overlays" individuais, ajustados para cada foto. Procurou-se o melhor ajuste para unir os respectivos "overlays", respeitando-se o contorno das classes e alguns pontos de controle obtidos da carta topográfica na escala de 1:100000.

#### 4.5. TRABALHO DE CAMPO

O trabalho de campo, realizado no mês de janeiro de 1986, foi uma ferramenta fundamental na confirmação das classes obtidas pela fotointerpretação. Foram levantados, juntamente com as empresas locais, dados sobre projetos já concluídos e sobre os que serão executados, e caracterizada a distribuição espacial dos pomares implantados e dos que serão implantados na região.

#### 4.6. ANÁLISE DIGITAL

A análise digital efetuada nos dados TM-LANDSAT baseia-se na classificação híbrida, conforme sugerido por Swain (1978), a qual é uma metodologia indicada para reconhecimento de padrões em imagens de sensoriamento remoto. Esta metodologia consiste em uma classificação supervisionada na qual a amostragem de treinamento é orientada por uma estratificação da cena em campos, com comportamentos espectrais similares realizadas por uma classificação prévia não-supervisionada. Com isto procura-se definir classes supervisionadas unimodais e com baixa variância para minimizar as superposições das assinaturas espectrais das classes definidas pelo treinamento.

O desenvolvimento metodológico abaixo descrito foi realizado em um módulo 7,5km x 7,5 km ampliado para a escala de 1:25000 no "display" do Sistema Image-100, cujas coordenadas TM-LANDSAT são:  $X_1=1833$ ,  $Y_1=1604$ ,  $X_2=2088$  e  $Y_2=1859$ .

#### 4.7. CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA

Utilizou-se o algoritmo de "cluster" K-MÉDIA (Dutra, 1983) implementado no Sistema I-100 para a execução desta etapa. O universo para busca e identificação determinística das nuvens de adensamento populacional foi extraído da imagem através de amostragem supervisionada, na qual se procurou coletar assinaturas espectrais de todas as categorias presentes na área de estudo.

Procurou-se definir oito classes não-supervisionadas em função do número máximo de representação temática permitido pelo Sistema

I-100. A Tabela 2 apresenta para as classes não-supervisionadas os valores de média amostral ( $\bar{x}$ ), desvio padrão amostral (s) e coeficiente de variação (CV) nas bandas do TM-LANDSAT analisadas, bem como as respectivas correspondências com as classes informativas obtidas após comparação visual do mapa resultante da análise não-supervisionada e com o mapa de verdade terrestre.

#### 4.8. CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

De posse do módulo de estudo classificado pela etapa anterior e com apoio do mapa de verdade terrestre, definiu-se através de amostragem supervisionada uma classe para as principais correspondências de classe informativa com classe não supervisionada. As coletas destas amostras foram feitas em campos homogêneos classificados para manter as suas unimodalidades e, conseqüentemente, as classes por elas definidas.

Estas amostras supervisionadas foram utilizadas como treinamento para o algoritmo MAX-VER (Velasco et alii, 1978) que define estatisticamente as assinaturas espectrais das classes a serem reconhecidas e classifica a área de estudo de acordo com o critério de máxima verossimilhança.

Obtiveram-se com este procedimento 15 classes supervisionadas às quais foram adicionadas 3 classes cujas áreas de treinamento foram extraídas de campos não categorizados no procedimento não-supervisionado. A Tabela 3 apresenta as classes supervisionadas, suas classes de origem, os valores de média amostral ( $\bar{x}$ ), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (CV). As classes supervisionadas foram agrupadas em suas classes informativas para representação temática final, conforme descrito na Tabela 4. O mapa final está apresentado na Figura 2.

#### 4.9. INTERVALOS DE PREVISÃO

Buscou-se estabelecer a amplitude de variação dos valores digitais para as 18 classes supervisionadas, através da construção de intervalos de previsão, adotando-se nível de significância de 1% ou 0,01. Estes limites foram construídos a partir dos valores das médias amostrais obtidas para cada classe, nas bandas TM-3 e TM-4, em amostras de tamanho n ( $n>30$ ).

Embora intervalos de previsão sejam semelhantes a intervalos de confiança, ressalta-se aqui a diferença conceitual entre eles. Um intervalo de confiança representa uma inferência sobre um parâmetro e pretende cobrir, na sua amplitude, o valor do parâmetro, com determinada probabilidade. Um intervalo de previsão, por outro lado, representa a amplitude de variação dos valores que podem ser assumidos por uma variável aleatória (aqui designada por X, onde X= valor digital do pixel em determinada classe), também com probabilidade especificada.

Entendeu-se que para a construção dos limites do intervalo de previsão dos valores digitais da classe  $X_i$ , a variância do valor digital de um novo pixel deveria conter duas componentes. a saber:

- (a) variância da distribuição amostral de  $\bar{X}_i$  ;  
 (b) variância da distribuição de  $X_i$ .

Assim, denominando-se  $X_{i(\text{nov})}$  o valor digital de um novo pixel que poderia ser retirado da população referente à classe supervisionada  $i$ , tem-se que a variância deste valor digital é dada por:

$$\sigma^2(X_{i(\text{nov})}) = \sigma^2(\bar{X}_i) + \sigma^2(X_i)$$

$$i=1, 2, \dots, 18$$

Como o valor de  $\sigma^2(X_i)$  é desconhecido, e como  $n_i > 30$  para cada classe  $i$ , utilizou-se o valor de  $s_i$  como estimador de  $\sigma_i$ , fazendo com que

$$\tilde{\sigma}^2(X_{i(\text{nov})}) = s^2(\bar{X}_i) + s^2(X_i)$$

onde

$$s^2(\bar{X}_i) = s_i^2 / n_i$$

Desta forma, o intervalo de previsão para  $X_{i(\text{nov})}$  pode ser expresso por:

$$\bar{X}_i - z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\tilde{\sigma}^2(X_{i(\text{nov})})} \leq X_{i(\text{nov})} \leq$$

$$\bar{X}_i + z_{\alpha/2} \cdot \sqrt{\tilde{\sigma}^2(X_{i(\text{nov})})}$$

onde

$\bar{X}_i$  = média amostral da classe  $i$ ;

$s_i$  = variância amostral da classe  $i$ ;

$z_{\alpha/2}$  = valor da normal padrão para nível de significância  $\alpha$  (no caso, como  $\alpha=0,01$ ,  $z_{\alpha/2} = 2,645$ );

$n_i$  = número de pixels classificados na amostra retirada da classe  $i$ .

Os intervalos de previsão, construídos a partir dos valores constantes na Tabela 5, para as bandas TM-3 e TM-4 e apresentados na Figura 4, representam o intervalo onde se espera que 99% dos valores digitais de cada classe ocorra.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao se comparar o mapa obtido pela classificação digital de dados TM-LANDSAT e o mapa de verdade terrestre observou-se que a identificação de algumas classes foi bastante satisfatória. Tal é o caso das classes água, área urbana, pinus, solo preparado e pasto limpo; por outro lado observou-se grandes confusões entre algumas classes, principalmente entre as classes de maçã e outras tão distintas quanto matas, pastagens e áreas alagadas.

Para uma rápida análise do comportamento espectral das classes informativas determinadas na análise digital, foram extraídos os histogramas das áreas atribuídas a cada classe na imagem classificada. A Figura 3 apresenta esses histogramas para as quatro bandas TM-LANDSAT analisadas.

Na Figura 3 pode-se observar uma semelhança entre o comportamento espectral das classes nos pares de bandas (TM-2 e TM-3) e

(TM-4 e TM-7).

Nota-se também que de uma maneira geral, há uma dispersão maior entre as classes nas bandas TM-3 e TM-4, enquanto que nas demais bandas as classes tendem a ocupar o mesmo intervalo no espaço de 0 a 255 de contagem digital.

Esta apresentação gráfica tem o inconveniente de aglutinar as classes obtidas pelo procedimento supervisionado por ser extraída das respectivas representações temáticas.

Para se analisar cada classe supervisionada, os intervalos de previsão para cada uma delas foram plotados na Figura 4, referentes às bandas TM-3 e TM-4, selecionadas por apresentarem a melhor dispersão entre as classes identificadas. Neste gráfico, o valor amostral ( $x_i$ ), assim como a amplitude do intervalo de previsão de cada classe supervisionada são apresentados para as bandas TM-3 (linhas verticais) e TM-4 (linhas horizontais).

A construção dos intervalos de previsão dos valores digitais das classes supervisionadas, apresentada na Figura 4 mostra que a classe MAÇÃ tem alta probabilidade (0,99) de não se confundir com as classes ÁGUA 1, ÁGUA 2, ÁREA URBANA, ÁREA ALAGADA, SOLO PREPARADO 2, SOLO EXPOSTO e PINUS.

Nota-se também que dentre as classes com cobertura vegetal expressiva, apenas PINUS, PASTO LIMPO e MAÇÃ 2 se distinguem das demais classes, com uma leve proximidade entre as duas últimas.

Já as classes MAÇÃ 1 e MAÇÃ 3 tendem a se confundir muito com classes de Pastagens nativas (ÁREA ALAGADA, PASTO SUJO e PASTO LIMPO) e com classes Florestais (MATA 1, MATA 2 e MATA 3), respectivamente.

Esta concentração das classes com cobertura vegetal pode ser atribuída à intensa atividade biológica das plantas no período analisado (dezembro), atenuando, desta forma, a reflectância destas coberturas na faixa espectral do vermelho (TM-3) e aumentando-a na faixa do infravermelho próximo (TM-4).

A distinção da classe PINUS se deve à menor reflectância de sua copa na faixa do TM-4 do que a observada em plantas folhosas.

Pode-se deduzir que a classe MAÇÃ-3 corresponde à pomares com baixa exposição de solo, dada a sua semelhança com classes Florestais, enquanto que MAÇÃ 1, por confundir-se com classes de Pastagens, deve-se referir aos pomares em formação que apresentam grande proporção de exposição do solo ou cobertura herbácea existente entre as linhas.

## 6. CONCLUSÃO

A cena estudada foi obtida num período posterior a uma considerável precipitação pluviométrica, fazendo com que as classes ÁREA URBANA e PASTAGENS se diferenciassem bem, prejudicando, entretanto, a classe MAÇÃ. Sugere-se, neste estudo, que uma análise multitemporal seja adotada, explorando os estágios fenológicos da macieira.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.R.; HARDY, E.E.; ROACH, J.T.; WITNER, R.E. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. *U.S. geologic survey, paper*, nº 964, 1976.
- DUTRA, L.V. "Programa KMED2F. FTN": arquivo de documentação de software do L.T.D.I./D.S.C. - INPE. São José dos Campos, INPE, junho 1983 .
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Zoneamento Agrário, 1ª fase . Brasília, 1978. 140p.
- REVISTA DO CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS. Santa Maria, RS, Univer. Federal de Santa Maria, V.2, nº 1/2, jan/jun. 1972. 1ª parte.
- SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. *Remote sensing: the quantitative approach*. New York, NY, McGraw Hill, 1978.
- VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. Sistema MAXVER: Manual do usuário. São José dos Campos, INPE, julho 1978. (INPE - 1315 - NTI/110).

## AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos aos companheiros Adriana Abrahao e Moacir Godoy Jr pela contribuição efetiva na elaboração do programa para construção dos histrogramas apresentados neste trabalho.

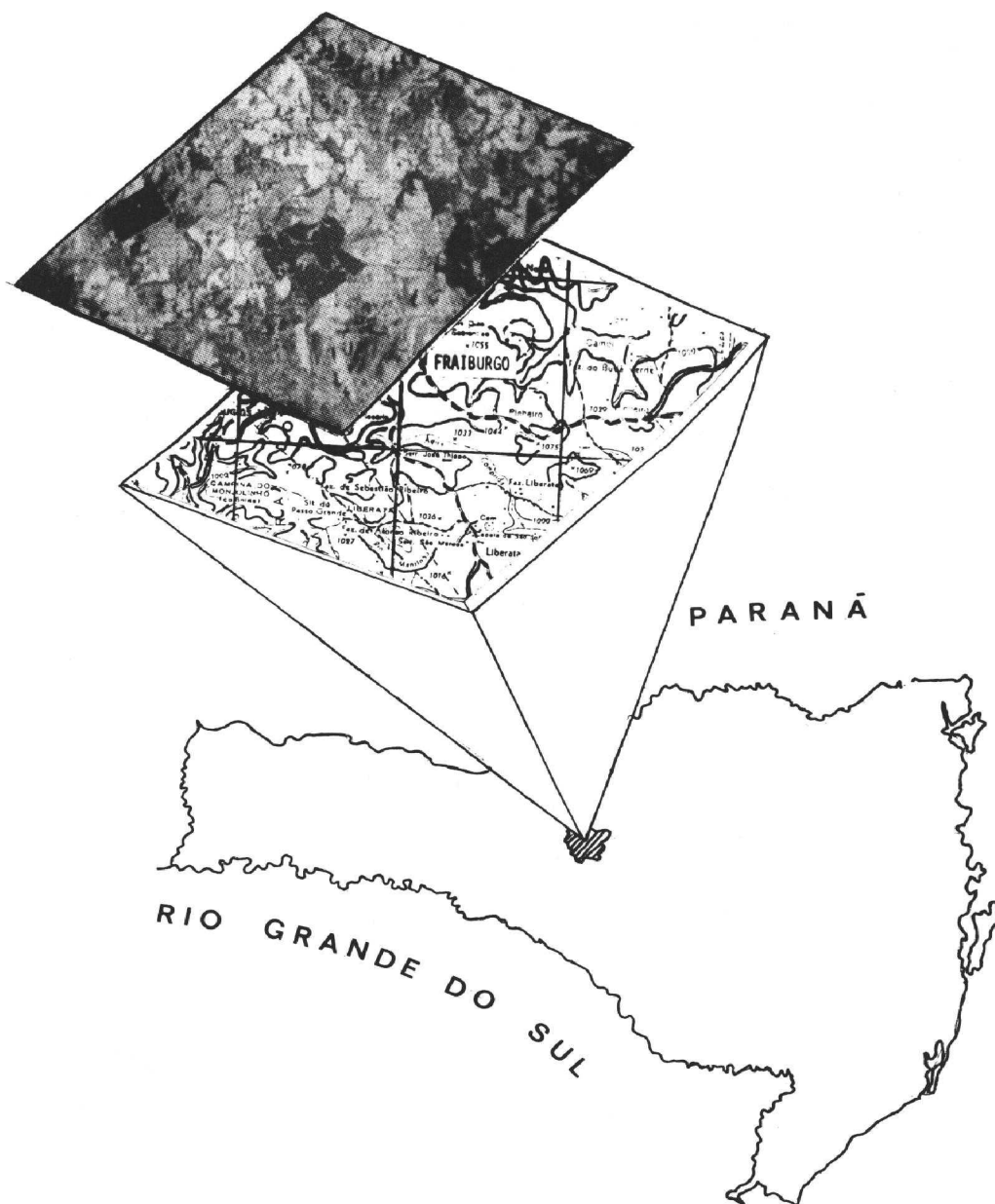
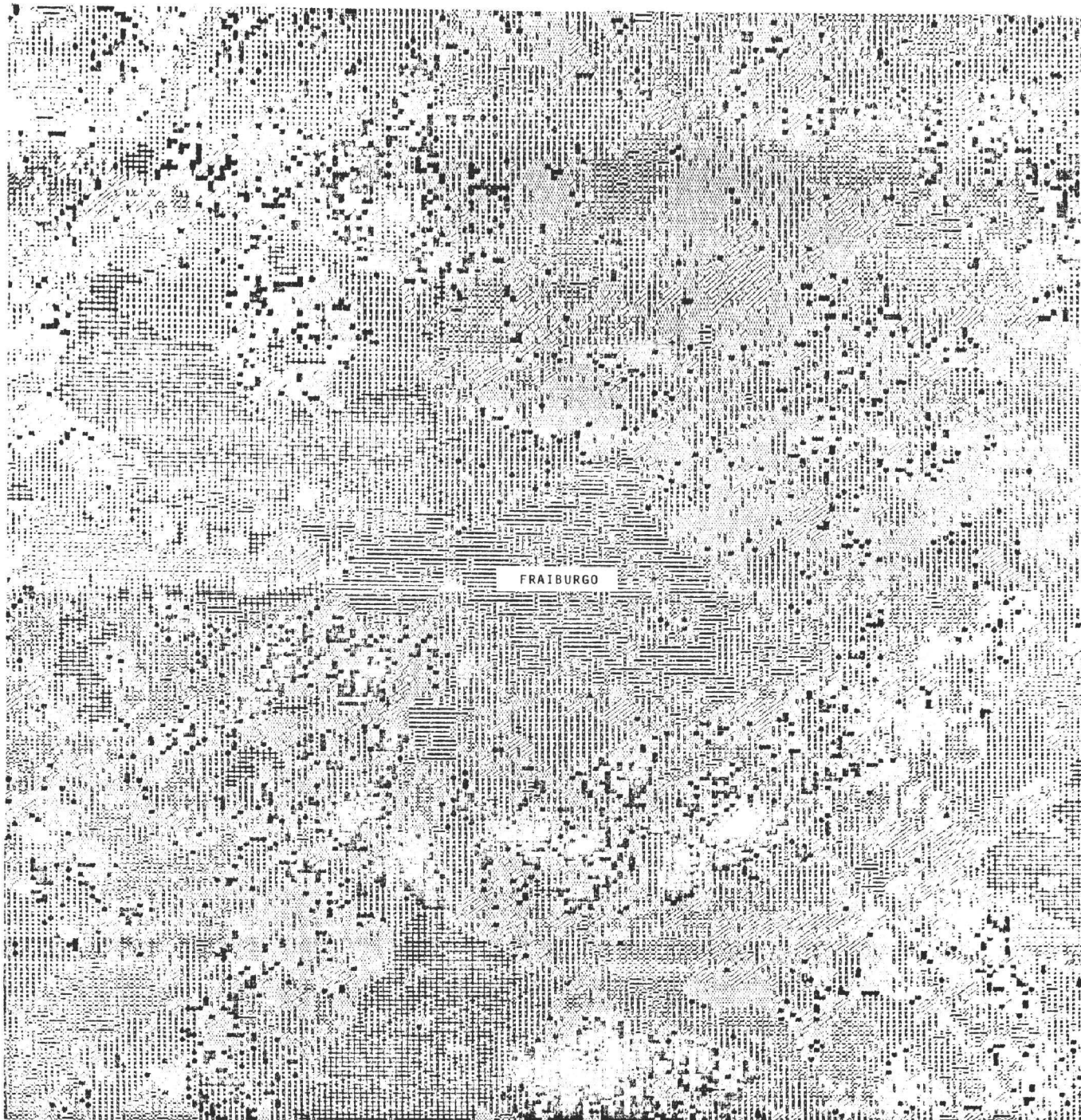


Fig. 1. Localização da área de estudo na imagem do TM-LANDSAT (órbita 221/79)



-  MATA
-  ÁREA ALAGADA
-  MAÇÃ
-  PINUS
-  AGUA
-  ÁREA URBANA
-  PASTAGEM
-  SOLO EXPOSTO

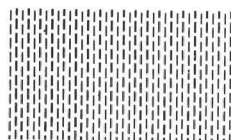


Fig. 2 Mapa temático obtido de processamento digital de dados TM-LANDSAT



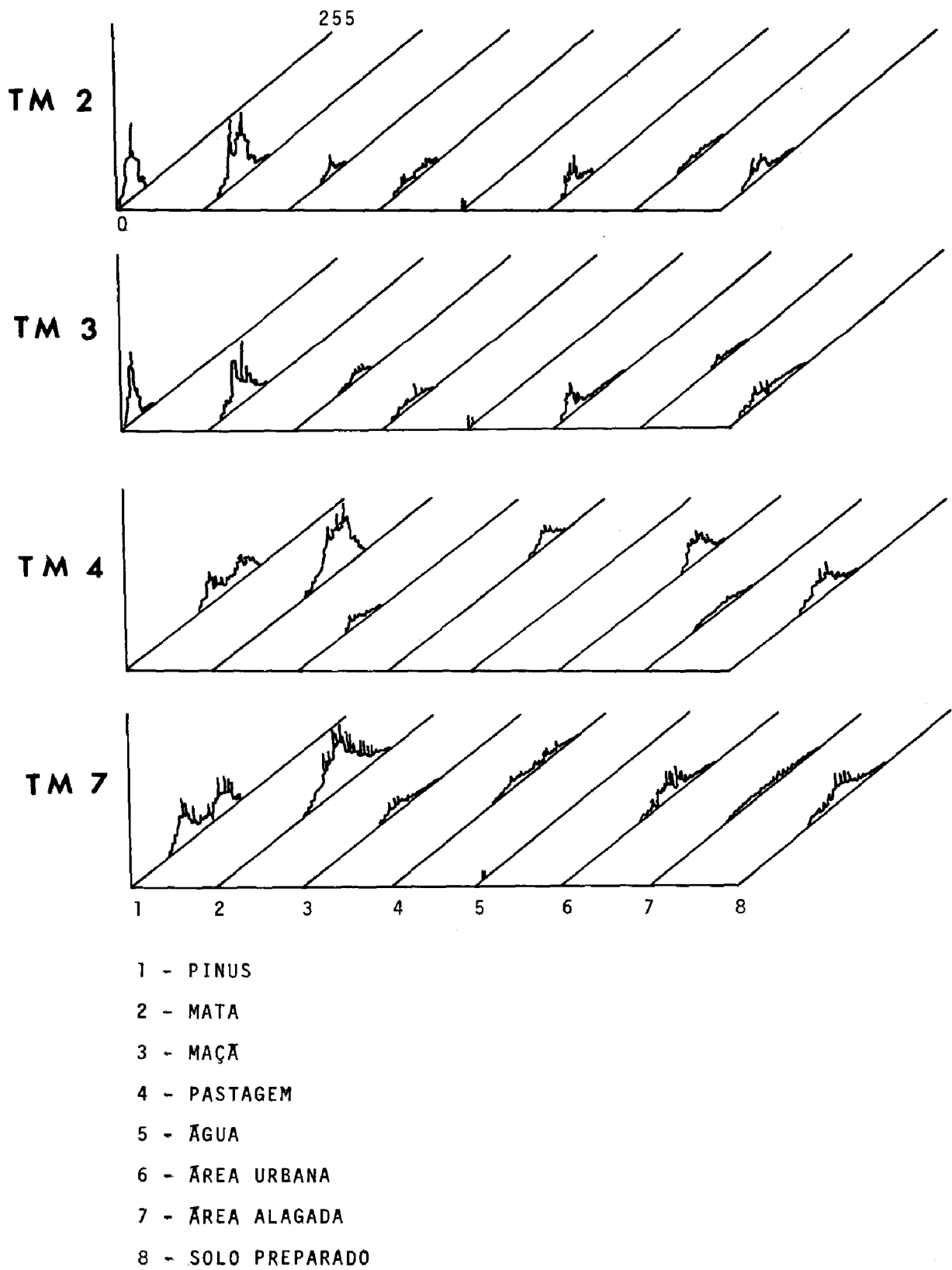


Fig. 3. Histogramas das classes informativas



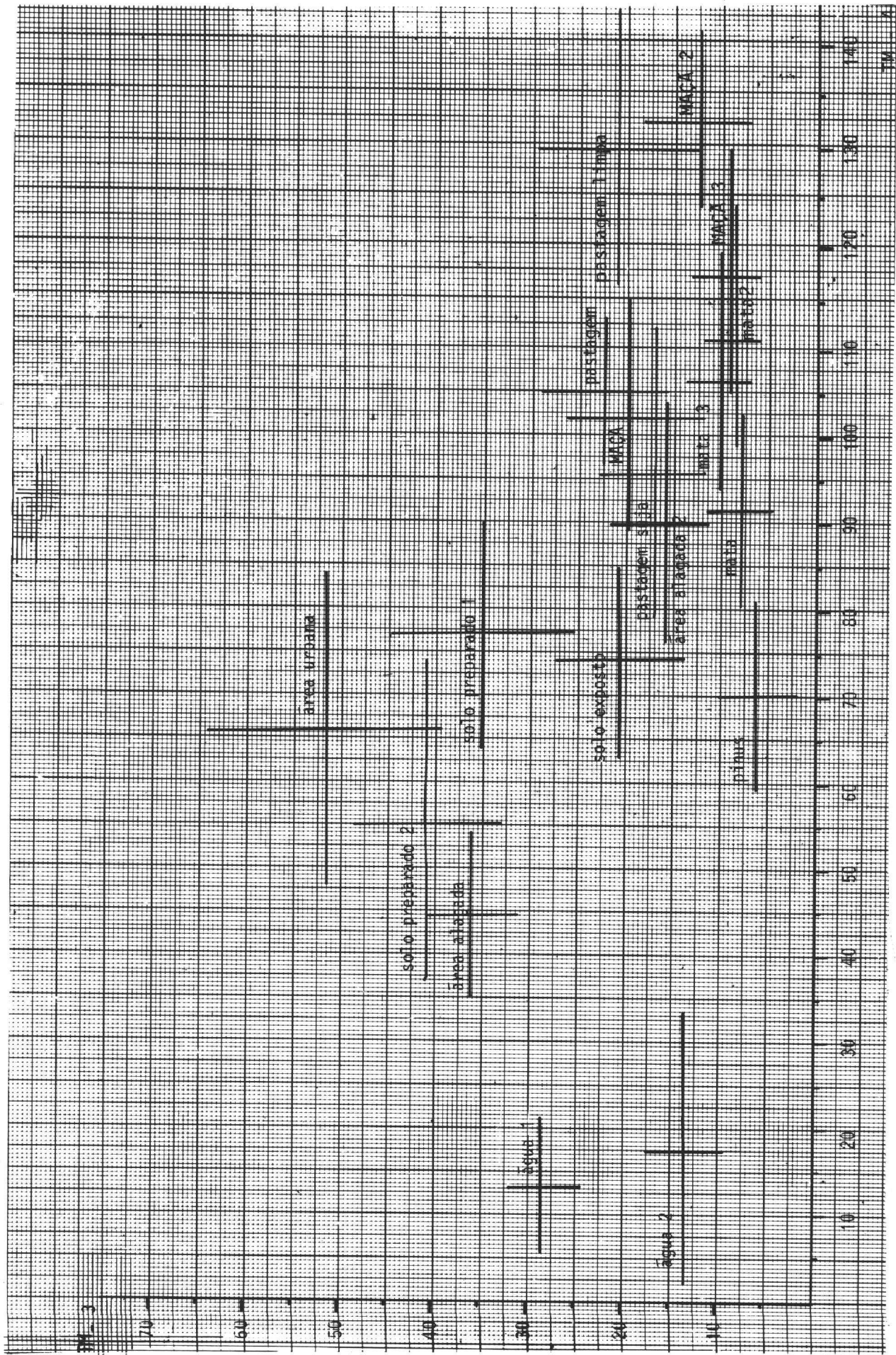


Fig.4 Intervalo de Previsão de 99% para os valores digitais das 18 classes supervisionadas nas bandas TM-3 e TM-4.

NÍVEL I	NÍVEL II
1 - ÁREA URBANA	1.1 - RESIDENCIAL 1.2 - INDUSTRIAL 1.3 - NÚCLEO RURAL
2 - ÁREA AGRÍCOLA	2.1 - POMARES 2.1.1 - POMARES ADULTO 2.1.2 - POMARES NOVOS 2.2 - CULTURA TEMPORÁRIA 2.3 - SOLO PREPARADO 2.4 - CULTURA IRRIGADA
3 - PASTAGEM	3.1 - LIMPA 3.2 - SUJA
4 - ÁREA FLORESTAL	4.1 - REFLORESTAMENTO 4.2 - NATURAL 4.3 - CAPOEIRA 4.4 - MACEGA
5 - BANHADO	5.1 - ÁREA ALAGADA
6 - ÁGUA	6.1 - REPRESAS E LAGOAS

TABELA 1  
 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO DA TERRA PARA O MAPA DE VERDADE TERRESTRE

C L A S S E								
	1	2	3	4	5	6	7	8
$\bar{x}_2$	26,11	37,89	38,96	43,09	40,89	30,89	49,13	36,37
$\bar{x}_3$	21,77	37,24	52,55	39,49	41,13	25,47	66,68	37,00
$\bar{x}_4$	73,99	99,08	51,59	137,28	14,83	118,68	67,20	80,47
$\bar{x}_7$	45,82	111,66	78,54	114,75	13,96	89,51	103,32	86,74
$s_2$	2,2	2,8	1,8	2,0	5,0	3,4	5,8	3,2
$s_3$	1,9	5,3	4,9	4,1	6,3	3,2	9,3	5,8
$s_4$	9,5	9,8	6,2	15,3	6,6	11,4	7,0	8,7
$s_7$	9,8	7,9	6,1	12,7	12,8	9,5	9,4	10,1
$CV_2$	8,32	7,48	4,71	4,66	12,40	11,08	11,85	8,92
$CV_3$	8,59	14,30	9,50	10,47	15,38	12,77	13,99	15,78
$CV_4$	12,88	9,98	12,11	11,17	31,26	9,64	10,49	10,85
$CV_7$	21,34	7,10	7,86	8,80	91,46	11,44	9,12	11,62

C L A S S E S I N F O R M A T I V A S							
PINUS MATA	MAÇA ÁREA ALAGADA PASTAGEM (LIMPA) PASTAGEM (SUJA)	SOLO (PREPARADO) ÁREA URBANA	PASTAGEM (SUJA) MAÇA	ÁGUA	MATA MAÇA	ÁREA (URBANA) SOLO (EXPOSTO)	SOLO (PREPARADO) ÁREA ALAGADA 2

TABELA 2  
PARÂMETROS DA CLASSIFICAÇÃO NÃO-SUPERVISIONADA

CLASSES NÃO-SUPERVISIONADAS	CLASSES SUPERVISIONADAS	$\bar{x}_2$	$\bar{x}_3$	$\bar{x}_4$	$\bar{x}_7$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_7$	$CV_2$	$CV_3$	$CV_4$	$CV_7$
1	PINUS	25,47	20,82	76,56	41,60	1,39	1,37	4,41	4,44	5,46	6,62	6,08	10,68
1	MATA	28,75	23,14	94,52	72,07	1,14	1,22	4,46	4,14	3,96	5,31	4,72	5,75
2	MAÇA	34,85	34,47	105,17	107,07	1,20	2,66	5,04	3,21	3,46	7,73	4,79	3,08
2	PASTAGEM	38,73	38,05	108,19	114,56	2,24	2,70	3,24	14,42	5,78	7,12	3,00	10,84
2	ALAGADO	38,06	52,09	46,05	72,34	1,23	1,90	3,79	3,54	3,23	3,66	8,24	4,90
2	PASTAGEM LIMPA	41,87	36,72	134,24	134,11	2,67	3,34	5,52	10,76	6,37	9,10	4,12	8,02
3	ÁREA ALAGADA	34,24	31,06	92,90	98,84	2,12	1,94	5,31	5,60	6,21	6,25	5,71	5,66
3	SOLO PREPARADO-2	41,29	56,86	56,64	89,52	1,22	3,13	7,12	6,06	2,95	5,51	12,57	6,77
4	MAÇA-2	33,08	28,32	137,31	105,81	1,30	2,16	3,47	3,97	3,92	7,64	2,53	3,75
4	PASTAGEM SUJA	33,74	32,53	98,81	97,61	1,39	2,24	6,29	7,74	4,12	6,90	6,37	7,93
5	ÁGUA-1	45,03	43,75	13,59	7,44	1,59	1,50	3,24	3,99	3,53	3,42	23,90	53,64
6	MATA-2	29,56	23,63	115,65	8,21	0,76	1,00	4,88	3,60	2,57	4,25	4,22	4,44
6	MAÇA-3	30,20	25,07	121,50	95,58	1,64	1,53	4,76	2,94	5,46	6,12	3,92	3,07
7	ÁREA URBANA	49,95	68,45	68,90	106,52	3,57	4,88	7,63	11,53	7,16	7,13	11,07	10,82
8	SOLO EXPOSTO	35,47	36,11	76,64	85,21	0,91	2,69	4,41	4,05	2,56	7,45	5,75	4,75
	MATA-3	31,02	25,56	110,45	92,36	1,20	1,23	5,24	5,74	3,85	4,83	4,75	6,22
	SOLO PREPARADO 1	41,88	51,00	79,72	115,22	2,62	3,71	5,12	6,77	6,27	7,27	6,42	5,87
	ÁGUA-2	31,00	27,80	17,70	17,18	1,92	1,60	6,10	16,97	6,20	5,78	34,47	98,78

TABELA 3  
PARÂMETROS DA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

$\bar{x}_j$  = média amostral na banda j do TM-LANDSAT

$s_j$  = desvio padrão amostral na banda j do TM-LANDSAT

$CV_j$  = coeficiente de variação na banda j do TM-LANDSAT onde j = 2, 3, 4 e 7









CLASSE SUPERVISIONADA	CLASSE INFORMATIVA	REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA
P I N U S	P I N U S	
M A T A M A T A 2 M A T A 3	M A T A	
M A Ç Ã M A Ç Ã 2 M A Ç Ã 3	M A Ç Ã	
PASTAGEM LIMPA PASTAGEM SUJA	P A S T A G E M	
Ã G U A 1 Ã G U A 2	Ã G U A	
ÃREA URBANA	ÃREA URBANA	
ÃREA ALAGADA	ÃREA ALAGADA	
SOLO PREPARADO 1 SOLO PREPARADO 2	SOLO PREPARADO	

TABELA 4  
CORRESPONDÊNCIA ENTRE CLASSE SUPERVISIONADA E CLASSE INFORMATIVA

CLASSES SUPERVISIONADAS	TM	$\bar{x}_1$	$s_1^2$	$c_{x_1}^2$	$n_1$	$\sigma(X_1(\text{novos}))$	$Z_{\alpha/2, \sigma(X_1)}$	INTERVALO DE PREVISÃO
PINUS	3	20,82	1,90	0,01319	144	1,3831	3,6583	17,161
	4	72,56	19,48	0,13530	144	4,4283	11,7129	60,847
MATA	3	23,14	1,51	0,01388	108	1,2365	3,2652	19,874
	4	54,52	19,57	0,18480	108	4,4884	11,8745	82,645
MAÇÃ	3	34,47	7,11	0,09875	72	2,6849	7,1016	27,368
	4	105,17	25,45	0,35350	72	5,0797	13,4358	91,734
PASTAGEM	3	38,05	7,34	0,05037	144	2,7186	7,1908	30,859
	4	108,13	10,54	0,07315	144	3,2578	8,6168	95,573
ÁREA ALAGADA	3	52,09	3,64	0,03370	108	1,9167	5,0696	47,020
	4	46,05	14,43	0,13361	108	3,8162	10,0939	35,956
PASTAGEM LIMPA	3	36,72	11,78	0,10350	108	3,3591	8,8848	27,853
	4	134,24	30,53	0,28270	108	5,5509	14,6822	119,557
ÁREA ALAGADA 2	3	31,06	3,78	0,03500	108	1,9532	5,1662	25,873
	4	92,90	28,22	0,26130	108	5,3368	14,1158	78,784
SOLO PREPARADO 2	3	56,86	9,84	0,10690	92	3,1539	8,3420	48,518
	4	56,64	50,73	0,55140	92	7,1611	18,9411	37,698
MAÇÃ 2	3	28,32	4,69	0,06514	72	2,1806	5,7678	22,552
	4	137,31	12,10	0,16810	72	3,5026	9,2643	128,045
PASTAGEM SUJA	3	32,53	5,05	0,07010	72	2,2627	5,9850	26,545
	4	98,81	39,66	0,55080	72	6,3412	16,7725	82,037
ÁGUA 1	3	43,75	2,25	0,07030	32	1,5233	4,0290	39,721
	4	13,59	10,55	0,32960	32	3,2984	8,7244	4,865
MATA 2	3	23,63	1,01	0,01460	72	1,0119	2,6766	20,953
	4	115,65	23,84	0,33110	72	4,9164	13,0039	102,646
MAÇÃ 3	3	25,07	2,36	0,02180	108	1,5433	4,0821	20,987
	4	121,50	22,73	0,21050	108	4,7896	12,6685	108,631
ÁREA URBANA	3	68,45	23,88	0,39800	60	4,9191	13,0111	55,438
	4	68,90	58,22	0,97030	60	7,6985	20,3493	48,550
SOLO EXPOSTO	3	36,11	7,24	0,10050	72	2,7093	7,1662	28,943
	4	76,64	19,48	0,27050	72	4,4441	11,7548	64,885
MATA 3	3	25,56	1,53	0,01090	140	1,2413	3,2833	22,276
	4	110,45	27,55	0,19680	140	5,2675	13,9326	96,517
SOLO PREPARADO 1	3	51,00	13,78	0,12760	108	3,7293	9,8639	41,136
	4	79,72	26,27	0,24320	108	5,1491	13,6194	66,100
ÁGUA 2	3	27,80	2,59	0,04326	60	1,6196	4,2839	23,516
	4	17,70	37,24	0,29500	60	6,1266	16,2048	1,495

TABELA 5  
INTERVALO DE PREVISÃO PARA AS 18 CLASSES SUPERVISIONADAS NAS BANDAS TM-3 E TM-4