

SELEÇÃO DE BANDAS DO LANDSAT/TM PARA IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DE ÁREAS
AGRÍCOLAS NO MUNICÍPIO DE JURANDA-PR

ROSÂNGELA MARIA REGINALDO TENÓRIO¹
MAURÍCIO ALVES MOREIRA²

¹ FUNCEME: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
Caixa Postal - D 3221
60.325-002 - Fortaleza, Ce, Brasil
romarete@zeus.funceme.br

² Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal - 515
12.201 - São José dos Campos, Sp, Brasil

ABSTRACT - This work presents a spectral analysis of Landsat TM data aimed at selection the best band composition for identification and mapping of land use. A test area in Western Paraná State, Juranda County, was selected TM bands 1 to 7 less the six bands were used. Results were compared to area estimates from IBGE, from COAMO and from a similar study realized for the same County and the same year using visual interpretation utilizing bands 3,4 and 5.

1 - INTRODUÇÃO

Em 1798, as idéias de Malthus, suscitaram uma controvérsia entre os pensadores da época.

Em seu livro intitulado " An Essay on Population" (Ensaio sobre a população), obra que o tornou mundialmente famoso, Malthus defendeu a tese que a população universal aumenta em proporção geométrica, enquanto a proporção de alimentos cresce em proporção aritmética: O aumento populacional é sempre mais elevado que os dos meios de subsistência. Sustentou também que o problema da superpopulação só não se tornaria intolerável devido as guerras, as epidemias e a fome crônica, que dizimam periodicamente parte do excedente

demográfico.

Pergunto, será que se esses pensadores fossem vivos hoje, manteriam-se contra Malthus? Acredito que não.

Com bases nessas teorias, os estudiosos atuais desenvolvem grandes projetos, como por exemplo " os satélites", afim de conhecer a realidade do universo hoje.

A partir de 1972, com o lançamento dos satélites da série LANDSAT, com características de repetitividade, visão sinóptica e seu caráter multiespectral, deu-se um grande impulso à área de reconhecimento de culturas. Daí então, os estudiosos tem procurado desenvolver e aprimorar tecnologias para melhorar a

produtividade agrícola, bem como desenvolver tecnologias afim de possibilitar a previsão de safras das principais culturas, com confiabilidade preestabelecida, em tempo hábil, afim de que se possa economicamente, exportar o excedente da produção agrícola ou tomar decisões rápidas quanto à importação de determinados alimentos, insuficiente para o suprimento da população de um país.

Sendo assim, através da análise das informações enviadas pelos sensores instalados nesses satélites, o homem está tendo a capacidade de fazer uma avaliação dos recursos naturais existentes e somente assim monitorar e gerenciar esses recursos afim de dar condições de vida ao ser que habita este planeta.

*** Malthus, Thomas Robert - Sociólogo e Economista Inglês.**

2 - OBJETIVO

Este estudo tem como objetivo verificar quais as melhores combinações de bandas, utilizando as 6 bandas do satélite LANDSAT/TM, para identificar e mapear as culturas de soja, algodão e milho, levando em conta o critério multiespectral dos dados enviados no dia 20 de janeiro de 1991.

3 - PREFÁCIO

3.1 - SISTEMA LANDSAT

O primeiro satélite da série Landsat com finalidade de obter dados de sensoriamento remoto de recursos naturais foi lançado a partir de 1972.

A partir da análise dos dados enviados por este satélite os cientistas foram reformulando este satélite em termos de parâmetros, tais como, resolução espacial, faixas espectrais,

resoluções radiométricas.

Os três primeiros satélites da série Landsat, lançados respectivamente em 1972, 1975, e 1978, conduziam basicamente dois tipos de sensores: Um imageador multiespectral de varredura (MSS) de 4 canais e um sistema de televisão (RBV) de 3 canais.

O lançamento dos últimos satélites da série Landsat tem ocasionado um notável impulso do programa Landsat. Sua principal inovação consistiu em incorporar um novo sensor denominado Thematic Mapper (TM), diretamente destinado como seu nome indica para a cartografia.

Com relação aos satélites anteriores também de varredura multiespectral, este pertence a uma nova geração de sensores. Frente ao MSS seu antecessor, por exemplo, este difere muito, pois possui um maior número de detectores, que passou de 24 para 100, reduzindo-se assim o IFOV, aumentando os níveis de codificação e realizando uma varredura nas duas direções. Permitindo então, um melhoramento na resolução espacial, espectral e radiométrica: de 79 a 30m, de 4 a 7 bandas, e de 6 a 8 bites. No TM, cada oscilação do espelho possui 16 linhas de varredura, frente a 6 no MSS. Desta forma necessita-se de 16 detectores por banda, salvo a banda térmica (banda 6) que registra uma menor resolução de (120m) e só requer 4 detectores.

O incremento da resolução espacial e espectral que oferece o TM, facilita uma maior precisão para a cartografia temática, enquanto permite ampliar o range de aplicações operativas a partir de sensores espaciais. Neste sentido, o desenho do TM pretendeu melhorar as deficiências observadas nas imagens MSS, incorporando informação de 4 bandas do espectro não contempladas no MSS (azul, dois no infravermelho médio e uma no térmico), enquanto se substituíam as bandas 6 e 7 desse sensor - ambas em infravermelho próximo - por um só, sem

perder informação substancial.

Com essa nova configuração, o TM permite uma sensível melhora nas aplicações terrestres e marinhas sobre o sensor MSS: Detecção de turbidez e contaminantes na água (banda azul), exploração mineira (infravermelho médio), detecção de focos de calor (infravermelho médio e térmico), ademais de manter as aplicações antes assinaladas para o sensor MSS.

Nas Tabelas 1 e 2, estão contidas as faixas espectrais do Landsat MSS e TM

TABELA 1

FAIXAS ESPECTRAIS DO LANDSAT MSS

LANDSATS 1, 2, 3	LANDSATS 4 e 5	INTERVALO DE BANDA/ μm	NOME DA BANDA
4	1	0,5 a 0,6	(Verde - laranja)
5	2	0,6 a 0,7	(Laranja - vermelho)
6	3	0,7 a 0,8	(Infravermelho próximo)
7	4	0,8 a 1,1	(Infravermelho próximo)

TABELA 2

FAIXAS ESPECTRAIS DO LANDSAT TM

LANDSATS 4 E 5	INTERVALO DE BANDA (μm)	NOME DA BANDA
1	0,45 - 0,52	azul - verde
2	0,52 - 0,60	verde
3	0,63 - 0,69	vermelho
4	0,76 - 0,90	infrav. próximo
5	1,55 - 1,75	infrav. próximo - médio
6	10,40 - 12,50	infravermelho termal
7	2,08 - 2,35	infravermelho médio

3.2 - SISTEMA SITIM-150

O sistema de tratamento de imagens (SITIM) é um sistema destinado a extração de informações a partir de dados de sensoriamento remoto, obtidos principalmente por satélites. A extração de informações pode ser de forma qualitativa, através de observação de imagens realçadas pelo sistema, ou de forma quantitativa, através da utilização de procedimentos de classificação automática, cujas saídas, são imagens temáticas e tabelas de área associada a cada classe discriminada na imagem. ENGESPAÇO (1990).

3.3 - SELEÇÃO DE ATRIBUTOS

Com o propósito de avaliar as melhores bandas do TM na separabilidade das classes agrícolas, 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 imagens LANDSAT podem ser encontrados nos trabalhos de [Dutra (1982) e Li et al. (1982)].

A medida JM é dada por:

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

onde:

$$\alpha = 1 (U_1 - U_2)^T \Sigma^{-1} (U_1 - U_2) + 1 \log \alpha \frac{|\det \Sigma|}{\sqrt{|\det \Sigma_1| |\det \Sigma_2|}}$$

e, U_1 = matriz das médias da classe 1;

U_2 = matriz das médias da classe 2;

()^T = matriz transposta;

()⁻¹ = matriz inversa;

$$\Sigma = 1/2 [\Sigma_1 + \Sigma_2]$$

Σ_1 = matriz de covariância da classe 1;

Σ_2 = matriz de covariância da classe 2;

$\det \Sigma$ = determinante da matriz de covariância da classe 1;

$\det \Sigma_2$ = determinante da matriz de covariância da classe 2.

Esta fórmula da distância JM assume valores que variam de 0 a 2 ; quanto mais próximo de 2 for o valor, maior será a separabilidade entre as classes.

Para se usar esse critério se Distância JM para a seleção de bandas tem-se que criar o artigo Maxver, com as determinadas classes que se quer analisar.

4 - MATERIAL E MÉTODO

4.1 - DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo é o município de Juranda, localizado na mesorregião 407 (oeste paranaense). Ocupa uma área de 31.940 ha (fonte IBGE-1987), numa altitude de 500 a 760 m. É cortado na sua região norte pelo paralelo 24° 20' de latitude sul (Figura 1). Limita-se ao norte com os municípios de Boa Esperança, Janiópoles e Goio-Erê, ao sul com Campina de Lagoa, ao leste com Mamborê e ao oeste com Ubiratã.

Está localizado na segunda principal bacia hidrográfica do estado, que é o rio Piquiri, apresentando um relevo pouco movimentado, tendo como suporte natural o solo do tipo latossolo roxo, latossolo vermelho escuro, terra roxa estruturada e solos litólicos.

O clima é subtropical úmido mesotermico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração de chuvas nos meses de

verão, sem estação seca definida. A precipitação média anual varia de 1600 a 1800 mm anuais. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22 C e dos meses frios é inferior a 18 C.

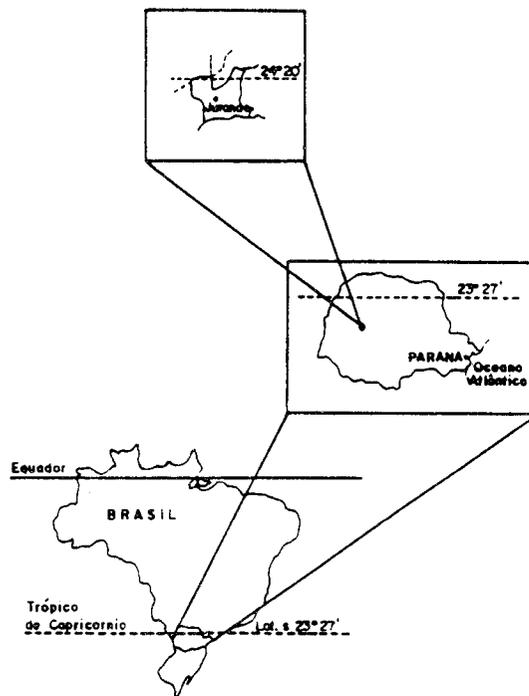


Fig.- Situação geográfica do município de Juranda-PR.

A escolha da área em estudo, deve-se ao fato de ser uma área onde o COAMO (Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda.), dispõe de fontes confiáveis de informações agropecuárias [Coppola e Fluminhan, (1991)]. Além de apresentar variabilidade de culturas de interesse nacional, bem como, da disponibilidade de dados do Landsat na época das culturas no campo.

Neste município, a soja, o milho e o algodão são as principais culturas exploradas e o seu período de plantação vai de segunda quinzena de outubro até a primeira quinzena de dezembro, e a colheita ocorre entre os meses de março a junho.

4.2 - DADOS ORBITAIS

Para a realização deste trabalho foram

utilizados os seguintes produtos do Satélite LANDSAT/TM como mostra a Tabela 3.

TABELA 3

DADOS DO LANDSAT TM UTILIZADOS PARA INTERPRETAÇÃO VISUAL E ANÁLISE DIGITAL

órbita/ponto	Escala	Bandas							Tipo	Data	
		1	2	3	4	5	6	7			
223. 77 B	1:50.000	n	n	n	s	s	s	n	n	papel	20/01/91
223. 77 B	1:100.000	n	s	s	s	n	n	n	n	papel	20/01/91
223. 77 b		s	s	s	s	s	s	s	s	CCT	20/01/92

S = SIM N = NÃO

4.3 - DADOS AUXILIARES

Para identificação de informações gerais sobre a área em estudo, foram utilizadas as cartas topográficas na escala de 1:100.000. Folhas de Mamborê-PR, de nº SG-22-V-A-III e Ubiratã-PR, de nº SG-22-V-A-VI, IBGE/DSG (1973).

4.4 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

A interpretação visual da imagem do satélite LANDSAT, baseou-se nos critérios clássicos de fotointerpretação, onde são considerados os elementos, como tonalidade, textura fotográfica e forma [Santos et al., (1981)].

A tonalidade diz respeito aos tons de cinza da unidade analisada, sendo classificadas em tons de cinzas muito escuro (ME), 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 de tons de cinza

- Média: média variação dos tons de cinza

- Grosseira: grande variação de tons de cinza

A forma é a propriedade que diz respeito a 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 agrícolas, (soja, algodão, milho), mata natural e pastagem foram identificadas e mapeadas na imagem fotográfica em composição colorida do TM/LANDSAT, nas bandas 2,3,4, escala 1:100.000, considerando os elementos, os quais foram posteriormente delimitados em "overlay", papel terkron que foi fixado sobre a imagem fotográfica. Além disso foram delimitadas área do município, estradas, rios, área urbana, para facilitar os ajustes da base cartográfica.

O resultado da interpretação temática, na escala 1:100.000 foi confrontada com o mapa de [Coppola e Fluminhan (1991)], na escala 1:50.000.

Para o cálculo de áreas tanto do município em estudo como também os temas interpretados foi usado um programa do sitim chamado CAREAV.

4.5 - ANÁLISE DIGITAL

A técnica de realçamento digital através de processamento automático tem a função de preparar uma imagem para facilitar a interpretação visual a fim de explorar com mais recursos toda a informação contida nesta, além de facilitar a extração de informações de interesse e/ou relacioná-las com parâmetros estatísticos para otimizar a análise em termos de eficiência, tempo e custos.

4.5.1 - DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para delimitar à área de estudo foi usado uma rotina do SITIM que se chama delimitação de áreas. O que foi feito para todas as bandas do LANDSAT/TM. Como a imagem toda não cabia na UVI, foi dividida em dois módulos, que são: PT1 e PT2. O primeiro módulo vai de X1=0 a X2=626, Y1=0 a Y2 1011 e o segundo de X1=627 a X2=1252, Y1=0 a Y2=1011.

4.5.2 - AQUISIÇÃO DAS ESTATÍSTICAS DE TREINAMENTO (arquivo MAXVER)

Para a aquisição das estatísticas de treinamento foi criado o artigo Maxver. Para se criar o arquivo Maxver inicializa-se a sessão em todas as bandas, no caso 1, 2, 3, 4, 5, 7. No estudo em questão foram escolhidas 8 classes que são: Soja, Milho, Algodão, Soja1, soja2, Mata Natural, Pastagem e Solo Exposto. Faz-se a análise dessas amostras, no qual o sistema analisa o percentual da amostra pertencer ou não a classe considerada, quanto mais próximo de 100% melhor a amostra. Pode-se subtrair a amostra caso esta não atenda o requisito acima.

4.5.3 - AQUISIÇÃO DA MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO

A matriz de classificação serve para se ter uma idéia da precisão do arquivo com relação às classes analisadas.

Para que este arquivo seja aplicável é necessário se adquirir uma matriz de classificação, que tem que satisfazer as seguintes condições:

desempenho médio: > ou = 90.00

abstenção média: < ou = 1.00

confusão média : < ou = 10.00

4.5.4 - SELEÇÃO DE ATRIBUTOS

A seleção de atributos serve para minimizar a utilização de número de bandas do Landsat TM que consiste em selecionar as três melhores combinações de bandas de um conjunto constituído por

várias (no caso do Landsat TM =7) bandas espectrais. Neste estudo utilizou-se duas abordagens: método intuitivo e distância J-M.

4.5.4.1 - MÉTODO INTUITIVO

Inicialmente escolheu-se as seguintes combinações de bandas 3 a 3.

A. bandas 3,4,5

B. bandas 2,3,4

C. bandas 2,5,7

D. bandas 1,2,3

E. bandas 3,5,7

F. bandas 4,5,7

4.5.4.2 - MÉTODO DE JEFERSON E MATUZITA (DISTÂNCIA J-M)

Este método, descrito anteriormente item 3.3, nos dá as combinações que maximizam a distancia JM média e mínima das classes em estudo.

Conforme este método as melhores combinações 3 a 3 que maximizam a distância JM média foram: 2,4,5; 3,4,5 e 2,3,5, na ordem decrescente e as que maximizam a distancia JM mínima são: 2,4,5; 4,5,7 e 2,4,7, na ordem decrescente.

4.5.5 - CLASSIFICAÇÃO PROPRIAMENTE DITA

Na fase de classificação não é necessária a participação interativa analista x sistema.

Este sistema de classificação tem capacidade de classificar até 20 classes diferentes e adquirir até 100 amostras.

Para a classificação da área em estudo foi usado o mesmo pacote estatístico de treinamento para todas as

combinações, com a finalidade de dar o mesmo tratamento para todas as combinações de modo que, as diferenças observadas sejam referentes a contribuição de cada banda individualmente.

Estes dados foram analisados em termos de classificação correta, onde se utilizou dados da matriz de classificação e das combinações utilizadas.

Os dados da matriz de classificação foram transformados em números de pontos afim de calcular a percentagem de classificação correta tanto de classes individuais como global. Com a finalidade de se ter uma idéia do desempenho médio do pacote de treinamento.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - INTERPRETAÇÃO VISUAL

Na análise visual dos dados do TM, considerando os elementos de fotointerpretação, foram definidas as seguintes legendas com suas respectivas áreas de ocupação.

soja15.471 ha

milho3.139 ha

algodão.....6.852 ha

pasto.....1.999 ha

mata.....829 ha

Para diferenciar as culturas na área em estudo, confeccionou-se um mapa temático, no qual as culturas apresentam-se em cores diferentes.

5.2 - ANÁLISE DIGITAL

5.2.1 - TREINAMENTO

A análise digital dos dados TM da área em estudo, foi realizada, levando em consideração informações contidas no mapa de [Coppola e Fluminhan (1991)], cujo município estava contido dentro da área do qual o COAMO (Cooperativa Agropecuária Mourãoense) havia feito levantamento de campo. Com base nesses dados, foram definidas 8 classes, que serviram para obter as amostras de treinamento para a utilização do algoritmo de classificação MAXVER .

na Tabela 4 tem-se as classes com os determinados números de pontos.

TABELA 4

CLASSES COM NÚMERO DE PONTOS AMOSTRADO PARA O TREINAMENTO

CLASSES	AMOSTRAS	PONTOS
1 mata	11	1086
2 pasto	9	1543
3 soja	21	5363
4 milho	10	1202
5 algodão	9	1749
6 soja 1	9	2014
7 soja 2	9	1709
8 s.exp	9	432

Na Tabela 5 está contido a matriz de classificação.

TABELA 5

MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO

	N	1	2	3	4	5	6	7	8
1 mata	4.5	95.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0
2 pasto	4.8	0.0	94.2	0.0	0.9	0.1	0.0	0.0	0.0
3 soja	3.5	0.0	0.0	80.9	0.0	0.0	12.5	3.1	0.0
4 milho	4.3	0.0	0.1	0.0	94.6	0.8	0.0	0.0	0.2
5 algodão	3.8	0.0	0.2	0.0	2.8	92.3	0.0	0.8	0.1
6 soja 1	2.7	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	77.0	11.7	0.0
7 soja 2	4.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.2	3.6	87.2	0.0
8 solo	6.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	92.4

Desempenho médio : 86.20

Abstenção média : 3.85

Confusão média : 9.95

O resultado inferior as condições estabelecidas na classificação (MAXVER) tanto do desempenho médio como da confusão média e da abstenção, deve-se ao fato de termos mais de uma classe

para determinados temas, como é o caso da soja, o que faz com que haja confusão entre ela própria.

A Tabela 6 mostra a matriz de classificação transformada e número de pontos.

TABELA 6
MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO TRANSFORMADA EM NÚMERO DE PONTOS

CLASSES	1	2	3	4	5	6	7	8	TOTAL
MATA	1034	-	-	-	1	-	2	-	1037
PASTO	-	1454	-	14	2	-	-	-	1470
SOJA	-	-	4339	-	-	670	166	-	5175
MILHO	-	1	-	5073	43	-	-	11	5128
ALGODÃO	-	4	-	49	1614	-	14	2	1683
SOJA 1	-	-	175	-	-	1551	236	-	1962
SOJA 2	-	-	85	-	3	62	1490	-	1640
SOLO	-	-	-	3	1	-	-	-	399
TOTAL	1034	1459	4599	5139	1664	2283	1908	412	18498

Considerando as 6 classes conjuntamente, podemos ver na Tabela 7 a percentagem de classificação correta (PCC) para as combinações e culturas analisadas.

TABELA 7
PERCENTAGEM DE CLASSIFICAÇÃO CORRETA (PCC %)

COMBINAÇÕES DE BANDAS	PCC (%)					
	SOJA	ALGODÃO	MILHO	MATA	PASTO	GLOBAL
2,4,5	102.06	146.09	105.13	120.63	61.03	110.71
3,4,5	96.83	158.35	84.42	113.39	60.53	108.27
2,3,5	102.97	150.18	142.08	119.42	90.55	118.35
2,3,4	107.23	144.63	121.38	118.21	88.54	116.86
2,5,7	106.65	142.00	158.33	118.21	83.54	119.65
4,5,7	112.21	119.38	145.27	149.58	63.03	115.24
1,2,3	113.83	149.15	160.88	131.48	97.55	126.97
3,5,7	99.61	171.92	117.87	109.77	83.04	115.09

Como pode ser observado, na

classificação correta global, as melhores combinações de bandas são 2,4,5 e 3,4,5. Embora que para se analisar os temas individualmente as melhores combinações são as seguintes:

Cultura da soja.....bandas 2,4,5

Cultura do algodão.....bandas 4,5,7

Cultura do milho.....bandas 2,4,5

Mata Natural.....bandas 3,4,5

Pastagem.....bandas 1,2,3

5.2.2 - SELEÇÃO DE ATRIBUTOS

A Tabela 8 mostra a relação da seleção das melhores combinações de bandas TM, pela ordenação de maximização das médias das distâncias JM utilizando o sistema SITIM.

TABELA 8

VALORES DAS DISTÂNCIAS J-M MÉDIA E MÍNIMA PELA MAXIMIZAÇÃO DAS MÉDIAS SISTEMA SITIM - 8 CLASSES

NO	COMBINAÇÕES	DISTANCIA JM MÉDIA	DISTANCIA JM MÍNIMA	MÍNIMA ENTRE AS CLASSES
1	1 - 2 3 4 5 7	1.370832	0.987080	SOJA1 - SOJA
2	1 2 - 4 5 7	1.367447	0.996936	SOJA1 - SOJA
3	1 2 3 4 5 -	1.366080	0.976726	SOJA1 - SOJA
4	1 - 2 - 4 5 7	1.363752	0.982939	SOJA1 - SOJA
5	1 - 2 3 4 5 -	1.363551	0.961725	SOJA1 - SOJA
6	- - 3 4 5 7	1.361082	0.952429	SOJA1 - SOJA
7	1 - 2 - 4 5 -	1.351138	0.955916	SOJA1 - SOJA
8	- - 3 4 5 -	1.345458	0.760781	ALGODÃO - MILHO
9	1 - 2 3 - 5 -	1.337712	0.557804	SOJA1 - SOJA
10	- - 3 - 5 -	1.311112	0.482105	ALGODÃO - MILHO
11	- - - 4 5 -	1.303821	0.543673	ALGODÃO - MILHO
12	1 - 2 - 4 - -	1.283292	0.756427	SOJA1 - SOJA
13	- - - 4 - -	1.115872	0.232702	ALGODÃO - MILHO
14	- - 3 - - -	1.038494	0.136868	SOJA2 - SOJA1
15	- - - - 7	1.005719	0.215541	SOJA1 - SOJA

Verifica-se que, pela combinação 5 a 5, os canais que contribuíram menos na separabilidade das classes foram 1,3,7. A melhor combinação de 3 canais foi a 2,4,5.

5.2.3 - RESULTADOS DA CLASSIFICAÇÃO

Para se ter uma idéia, transformou-se os dados da Tabela 5 em percentagem de classificação correta, tomando como base os dados obtidos na interpretação visual, isto é, os dados de interpretação visual foram considerados como verdade terrestre.

Como pode-se observar houve superestimativa no resultado global em todas as combinações. Porém, se analisar-mos as classes separadamente, veremos que o pasto natural foi subestimado em todas as combinações, enquanto a soja foi subestimada na combinação 3,4,5, o algodão foi superestimado em todas as combinações, e a que se aproximou da realidade terrestre foi a combinação 4,5,7, onde ouve contribuição da banda 7 ao invés da 2, o milho foi subestimado na combinação 3,4,5.

A Tabela 9 mostra o resultado da classificação digital (MAXVER), em todas as combinações.

TABELA 9

RESULTADO DA CLASSIFICAÇÃO DIGITAL (MAXVER)

CLASSES		AREA (HECTARE)					
BANDAS	SOJA	ALGODÃO	MILHO	MATA	PASTO	SOLO	
2,4,5	15790	10010	3300	1000	1220	760	
3,4,5	14980	10850	2650	940	1210	670	
2,3,5	15930	10290	4460	990	1810	830	
2,3,4	16590	9910	3810	980	1710	710	
2,5,7	16500	9730	4970	980	1670	1050	
4,5,7	17360	8180	4560	1240	1260	860	
1,2,3	17610	10220	5050	1090	1950	860	
3,5,7	15410	11780	3700	910	1160	890	

As Tabelas 10,11 e 12 mostram os resultados da interpretação visual em comparação com as estimativas da COAMO e IBGE/SEAB.

TABELA 10

ÁREA DE SOJA OBTIDA ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL EM COMPARAÇÃO COM ESTIMATIVAS DA COAMO E IBGE/SEAB

MUNICÍPIO	AREA (HECTARE)				DIFERENÇAS	
	OBTIDA	ESTIMATIVA	ESTIMATIVA	DO	(1/2)	(1/3)
	(1)	DA	COAMO (2)			
JURANDA	15471	13900	16700		11%	7%

TABELA 11

ÁREA DE MILHO OBTIDA ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL EM COMPARAÇÃO COM ESTIMATIVAS DO COAMO E IBGE/SEAB

MUNICÍPIO	AREA (HECTARE)				DIFERENÇAS	
	OBTIDA	ESTIMATIVA	ESTIMATIVA	DO	(1/2)	(1/3)
	(1)	DA	COAMO (2)			
JURANDA	3139	4200	3500		25%	10%

TABELA 12

ÁREA DE ALGODÃO OBTIDA ATRAVÉS DA INTERPRETAÇÃO VISUAL EM COMPARAÇÃO COM ESTIMATIVAS DA COAMO E IBGE/SEAB

MUNICÍPIO	AREA (HECTARE)				DIFERENÇAS	
	OBTIDA	ESTIMATIVA	ESTIMATIVA	DO	(1/2)	(1/3)
	(1)	DA	COAMO (2)			
JURANDA	6852	7700	6500		11%	0.5%

6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, conclue-se que:

- Para o ano safra 1990/91 o período de implantação das culturas estudadas foi muito longo. Isto, de modo geral, causou uma variação no comportamento espectral destas culturas, quando observadas nos dados orbitais na data de da 20/01/91.

- O grande problema na identificação e mapeamento das culturas foi, sem dúvida, a não disponibilidade de mais de uma passagem do satélite livre de

cobertura de nuvens o que impossibilitou o uso do critério multitemporal.

- A cultura da soja foi a única que apresentou maior vigor vegetativo. Conseqüentemente, foi a de mais fácil identificação e mapeamento nos dados do Landsat TM. Mesmo assim, observa, nas imagens das bandas 3, 4 e 5, que a cultura da soja apresenta diferentes comportamentos espectrais o que é conseqüência de diferentes estágios fenológicos e, em alguns casos, de infestação de ervas daninhas. Fato este, constatado a nível de campo.

- Para a interpretação visual, o uso de imagens das bandas (2, 3 e 4) e (3, 4 e 5) foram semelhantes em termos espectrais para identificar e mapear os alvos de ocupação do solo. Entretanto, a combinação 3, 4 e 5 foi mais adequada para detectar as diferenças de resposta espectral dentro de um mesma cultura agrícola. Para um estudo visando detectar ataque de pragas, doenças, estágio fenológico ou infestação de ervas daninhas o uso de informações da banda 5 é de suma importância.

- Considerando todas as classes analisadas, em termos de classificação correta, as melhores combinações foram (2, 4, 5) e (3, 4, 5), porém para classes individuais, as melhores combinações foram: 2, 4 e 5 para a cultura da soja; 4, 5 e 7 para a cultura do algodão e; 2, 4 e 5 para a cultura do milho.

- No caso do algodão, a utilização de informações espectrais da banda 7 foram muito significativas.

- De modo geral, houve superestimativa de área na maioria das combinações de bandas espectrais estudadas. Somente duas combinações (3, 4, 5 e 3, 5, 7), substituiu a área da culturas de soja e do milho.

- A cultura do algodão foi superestimada em todas as combinações, porém a combinação que mais se aproximou a área classificada com aquela obtida na interpretação visual foi a combinação 4, 5 e 7.

- A seleção das melhores combinações de bandas espectrais pelo método de Distância J-M é muito útil, pois minimiza o tempo computacional tendo em vista que não é necessário classificar várias combinações para determinar àquelas que mostraram melhores desempenho de classificação. No método intuitivo, além do tempo chegou-se aos mesmos resultados obtidos com o método de Distância J-M.

- Recomenda-se, no caso de haver disponibilidade de dados orbitais, que se faça estudos desta natureza levando em consideração o critério temporal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento. *Aptidão Agrícola das Terras do Paraná*. Brasília. BINAGRI, 1981.

Dutra, L.V. *Extração de Atributos Espaciais em Imagens Multiespectrais*. Dissertação de Mestrado. INPE/CNPq - São José dos Campos, 1982. (INPE-2315-T DL/078).

ENGESPAÇO. *SISTEMA SITIM-150: Manual do Usuário*. São José dos Campos, 1990.

IBGE/DSG. *Cartas Topográficas, escala 1:100.000, Folhas de Mamborê de no SG-22-V-A-III e Ubiratã de no SG-22-V-A-VI*, 1973.

Moacir, C.; Ener, S.F. *Mapeamento das culturas de soja, milho e algodão através da interpretação visual de dados ao Landsat/TM, safra 1990/91, na região de Campo Mourão-PR.*, 1991. p.8.

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)

Swain, P.H.; King, R.C. *Two effective feature selection criteria for multispectral remote sensing*. W. Lafayette. Purdue university (LARS Information note 042673). 1973.