

SEPARABILIDADE ESPECTRAL DE CULTURA DE VERÃO A PARTIR DE DADOS DIGITAIS DO SATÉLITE TM-LANDSAT

Sherry Chou Chen
Instituto de Pesquisas Espaciais
Ministério da Ciência e Tecnologia
Caixa Postal 515, 12201 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Para direcionar e aplicar melhor os dados de TM-LANDSAT nas estimativas de áreas cultivadas, é indispensável conhecer as separabilidades espectrais das culturas. Esta tarefa é relativamente trivial quando somente uma única cultura plantada em uma grande extensão de área é de interesse, como nos casos de soja e trigo. Porém, para estudar as separabilidades de multiculturas de verão de países tropicais, mais esforços devem ser dispendidos devido à heterogeneidade das respostas espectrais dos diversos alvos agrícolas no campo e à baixa possibilidade de utilizar a análise multitemporal. Neste trabalho foram estudadas as separabilidades espectrais de soja, algodão e milho usando dados digitais de TM de 19 de janeiro de 1985 no noroeste do Estado de Paraná. As características espectrais destes alvos foram analisadas juntamente com as de cana-de-açúcar e mata natural através das médias e variâncias das bandas 2, 4 e 5 calculadas usando os números digitais extraídos das CCT's. As separabilidades multispectrais dos alvos estudados foram avaliadas através das matrizes de classificação obtidas utilizando o classificador de máxima verossimilhança. Os resultados mostram que as três culturas de verão estudadas são separáveis espectralmente. As separabilidades baseadas nas percentagens de classificação correta das áreas testes foram de 99, 88 e 83% para a cultura de soja, algodão e milho respectivamente. Os erros de classificação encontrados nas áreas testes de algodão e milho foram causados principalmente pelas amostras de soja (S-20) e cana-de-açúcar (C-30), onde a influência do solo nas respostas espectrais das culturas foi maior.

ABSTRACT

The understanding of crop separabilities of LANDSAT-TM data are indispensable for users to apply satellite information efficiently on crop area estimations. This knowledge is relatively trivial to obtain when a single crop planted in a large geographic region is the only study target such as the cases of soybeans and wheat. However, to study multicrops in the summer of tropical countries more efforts are needed due to spectral heterogeneities of diverse vegetations presented in the field and the low possibility of using the multitemporal analysis due to cloud coverages. In this study, spectral separabilities of soybeans, cotton and corn were analyzed using digital data of LANDSAT-TM on 19/01/85 in a northwestern region of the Paraná State. Spectral characteristics of these crops were analyzed together with sugarcane and natural forest based on means and variances of TM bands 2, 4 and 5 calculated from digital numbers of CCTs. Multispectral separabilities of study target were analyzed through the classification matrix obtained using a maximum likelihood classifier. Study results show that the three studied summer crops were spectrally separable. The separabilities based on percentages of correct classification of test areas were 99, 88 and 83% for soybeans, cotton and corn respectively. Classification errors found in cotton and corn test areas were caused mainly by sampled fields of soybeans (S-20) and sugarcane (C-30) where the soil influence on crop spectral responses were pronounced.

1. INTRODUÇÃO

A discriminação das culturas de verão é muito mais complexa do que as de inverno, devido à heterogeneidade de respostas espectrais dos diversos alvos agrícolas na cena. Esta complexidade pode ser contornada usando a análise multitemporal. Porém, a indisponibilidade dos dados de satélite causada pela alta percentagem de cobertura de nuvem nas imagens durante o verão dificulta a sua aplicação. Por esta ra-

zão, a análise unitemporal ainda é mais viável, principalmente em países tropicais. Vários estudos foram realizados no INPE para classificar culturas utilizando dados digitais de LANDSAT (Tardin et alii, 1976, Mendonça et alii, 1980 e Chen et alii, 1982). Entretanto, pouca experiência foi adquirida sobre classifi-

cação de multiculturas (i.e., respostas espectrais de várias culturas para treinar o classificador). Como o conhecimento sobre as separabilidades das culturas é fundamental no processo de utilização de dados de sensoriamento remoto nas áreas agrícolas, neste estudo foram abordados os seguintes temas:

1) estudo das respostas espectrais das culturas de verão e 2) avaliação da separabilidade depectral das culturas usando dados untemporais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dentre as principais culturas de verão no Estado do Paraná, foram escolhidas como os alvos de interesse as culturas de soja, algodão e milho. Para representar estas culturas foram escolhidas duas áreas de estudo contidas na CCT-TM/LANDSAT obtida em 19/01/85. As coberturas vegetais na área 1 (Cianorte) foram soja, milho, cana-de-açúcar e mata natural, enquanto na área 2 (Goio-Erê) soja e algodão foram as culturas predominantes.

2.1 - CARACTERIZAÇÃO DE RESPOSTAS ESPECTRAIS DE CULTURA A PARTIR DA DADOS DIGITAIS TM-LANDSAT

A primeira etapa no estudo de respostas espectrais das culturas foi a definição das classes espectrais de cada cultura através do algoritmo de agrupamento k-médias. Após o agrupamento foi selecionado visualmente na tela do sistema de tratamento de imagem um talhão de treinamento para cada classe espectral de vegetação. Os "pixels" no centro de área de treinamento foram extraídos usando o cursor. Após, informações espectrais tais como média e variância das bandas 2, 4 e 5 do sensor TM foram obtidas através do programa MAXVER. Posteriormente, os vetores das médias e as matrizes de covariâncias foram usados para treinar o classificador MAXVER (treinamento local) cuja regra de decisão é baseada na máxima verossimilhança gaussiana. Para caracterizar as respostas espectrais das culturas foram utilizados os resultados da classificação MAXVER visualizados na tela do sistema, informações de campo e da matriz de classificação das áreas testes (i.e. os talhões que não foram usados para treinar o classificador). Com isso foram confirmadas as representatividades espectrais das culturas analisadas.

2.2 - SEPARABILIDADE ESPECTRAL DE SOJA, MILHO E ALGODÃO

No estudo da separabilidade das culturas as classes espectrais definidas para Cianorte e Goio-Erê foram incorporadas num pacote designado "áreas de treinamento conjugadas". Assim sendo, as separabilidades de soja, milho e algodão puderam ser avaliadas através da classificação MAXVER. Embora a distância J-M constitua uma medida de separabilidade, a sua aplicação não é adequada para a avaliação de separabilidade deste estudo, pois sua amplitude vá-

ria de 0 a 2 e não fornece uma idéia da significância de uma pequena diferença quando dois valores são comparados. As separabilidades foram testadas através das matrizes de classificação das 11 áreas testes de Cianorte e 15 de Goio-Erê. Com as percentagens de classificação correta das classes espectrais da matriz, numa média ponderada, levando em consideração o tamanho da amostra, foi calculada para cada cobertura vegetal. As médias ponderadas e os erros de classificação serviram como os indicadores da separabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à heterogeneidade de variedades e data de plantio na região foram detectadas, após agrupamento, várias classes espectrais para cada cobertura de vegetação. Das dezesseis classes espectrais obtidas para Cianorte seis foram de soja, sete de cana-de-açúcar, duas de milho e uma da mata natural. Para região de Goio-Erê as classes espectrais obtidas foram três da soja, quatro do algodão e uma da mata natural. A Tabela 1 mostra as estatísticas básicas das classes espectrais através dos números digitais das CCTs referentes às bandas 2, 4 e 5 do TM-LANDSAT. Os dados digitais das outras bandas do sensor TM não foram usados na análise devido à redundância das informações (Chen et alii, 1986). De maneira geral, nas três bandas estudadas os maiores contrastes em respostas espectrais das cinco classes avaliadas (i.e., soja, milho, algodão, cana-de-açúcar e mata natural) foram obtidos para as bandas 4 e 5. Os baixos números digitais do milho na banda 4 foram coerentes com a informação de campo; os talhões de milho encontravam-se em estágio de senescência e já não possuíam fitomassas verdes no dia da passagem do satélite (19/01/85). Para representar os diferentes estágios de desenvolvimento das culturas na região, vários talhões que não possuíam cobertura vegetal de 100% também foram amostrados; por exemplo, os talhões 10 e 30 da cana-de-açúcar de Cianorte (C-10 e C-30) e soja 3 e soja 20 de Goio-Erê. Consequentemente as respostas espectrais destes talhões foram compostas pelas respostas de solo e vegetação. Está influência de resposta do solo nos talhões que não possuíam 100% de cobertura vegetal foi o principal fator de confusão entre a cana e o milho de Cianorte (Tabela 2) e da soja e do algodão de Goio-Erê (Tabela 3). As médias ponderadas de classificação correta das áreas testes, usando as estatísticas de treinamento local para Cianorte, foram 99,25, 83,80, 92,20 e 100% para soja, milho, cana-de-açúcar e mata natural respectivamente. Na área de estudo de Goio-Erê as médias ponderadas foram 96,67% para a soja, 88,15% para o algodão e 99,10% para a mata natural. Aplicando as estatísticas das áreas de treinamento conjugadas nas áreas testes de Cianorte e Goio-Erê verificou-se que a soja, o milho e o algodão mantiveram as mesmas exatidões de classificação de treinamento local, enquanto que a cana-de-açúcar baixou de 92,20 para 85,41% (Tabela 4 e 5). As respostas espectrais das áreas testes 1 e 3 da cana que possuíam

aproximadamente 60% de cobertura vegetal confundiram espectralmente com o milho de Cianorte, o algodão 2 e a mata natural de Goio-Erê. Estes baixos desempenhos de classificação contribuíram para a diminuição da média ponderada para a classe cana-de-açúcar. É interessante notar que o talhão C-30 referente à cana soca com as linhas de plantio bem visíveis na imagem de satélite e dificilmente confundidos com outras coberturas através da interpretação visual. Entretanto, na classificação digital 15,5% dos "pixels" da área teste de milho e 6,6% da Mata 2 foram classificados como C-30 (Tabelas 4 e 5), mostrando a limitação do classificador MAXVER que utiliza somente a informação espectral no processo de treinamento. Com o desenvolvimento de um classificador contextual, estes tipos de erros poderão ser diminuídos ou eliminados. O principal fator que causou erro de classificação do algodão foi a semelhança da sua resposta espectral com a amostra de soja-20. Os erros de classificação, na maioria das vezes, foram encontrados nas áreas de treinamento e de testes que não atingiram o auge do desenvolvimento vegetativo. As três culturas de verão (soja, milho e algodão) foram separáveis espectralmente usando os dados digitais de 19/01/85. As estatísticas espectrais derivadas das 24 áreas de treinamento classificaram corretamente 99,4% da soja, 88,19% do algodão e 83,7% do milho.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados deste estudo pode-se chegar as seguintes conclusões:

- Espectralmente a soja, o milho e o algodão foram separáveis usando dados digitais das bandas 2, 4 e 5 do TM-LANDSAT de 19/01/85.
- Os erros de classificação foram encontrados principalmente nas áreas de treinamento ou de testes onde a influência do solo nas respostas espectrais das culturas foi maior.
- Os erros de classificação entre C-30, milho e mata natural poderão ser diminuídos ou eliminados através do uso de um classificador contextual.
- No ano safra de 1985 uma parte significativa de soja foi colhida na segunda quinzena de fevereiro. Isto significa que para discriminar soja, milho e algodão através da análise unitemporal seria mais apropriada uma passagem obtida no período que varia da segunda quinzena de janeiro à primeira quinzena de fevereiro.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHEN, S.C.; LIMA, A.M.; MOREIRA, M.A. *Estudo comparativo da classificação automática de trigo obtida por vários classificadores*. II Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Brasília, DF, 10 a 14 de maio de 1982.

CHEN, S.C. BATISTA, G.T.; TARDIN, A.T. *LANDSAT TM band combinations for crop discrimination*. Proc. The International Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environment Management. ISPRS Commission VII Enschede 25-29 Aug. 1986. 211-214.

MENDONÇA, F.J.; LEE, D.C.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; TARDIN, A.T.; NOVAES, R.A.; CHEN, S.C. *Utilização de dados do LANDSAT para inventário da cana-de-açúcar do Estado de São Paulo*. Jan. 1980. INPE-1668-NTE/157.

TARDIN, A.T.; PALESTINO, C.V.B.; SONNEBURG, C.R.R. *Levantamento de áreas com café e trigo no noroeste do Paraná por análise automática de dados do satélite LANDSAT*. INPE-815-NTE/065.

TABELA 1
CARACTERÍSTICAS ESPECTRAIS OBTIDAS A PARTIR DOS DADOS DIGITAIS TM-LANDSAT
REFERENTES A 19/01/85

ÁREA DE ESTUDO	TIPO DE COBERTURA	CLASSE ESPECTRAL	Nº"PIXEL"	NÚMERO DIGITAL DE BANDAS TM-LANDSAT					
				2		4		5	
				\bar{X}	σ^2	\bar{X}	σ^2	\bar{X}	σ^2
Cianorte	Soja	S11	140	32,11	0,27	175,36	7,36	120,58	8,33
Cianorte	Soja	S15	140	32,44	0,60	139,91	10,45	112,47	13,93
Cianorte	Soja	S20	140	29,79	1,36	140,01	31,94	98,52	8,49
Cianorte	Soja	S8	36	34,33	1,28	154,17	41,36	112,19	12,05
Cianorte	Soja	S30	140	29,34	0,45	159,54	16,33	115,49	12,21
Cianorte	Soja	S	36	43,67	6,06	146,78	36,17	105,06	29,11
Goio-Erê	Soja	S1	60	39,27	1,26	124,77	5,98	108,33	4,18
Goio-Erê	Soja	S2	196	32,94	2,50	165,89	16,97	119,72	11,15
Goio-Erê	Soja	S3	100	32,22	0,39	135,36	46,51	110,32	29,58
Goio-Erê	Algodão	A1	100	36,07	0,73	147,35	16,45	92,65	4,51
Goio-Erê	Algodão	A2	100	33,73	1,00	124,04	49,84	85,40	7,00
Goio-Erê	Algodão	A3	100	36,87	1,03	160,11	14,20	101,20	3,13
Goio-Erê	Algodão	A4	100	36,74	0,97	133,23	14,76	93,66	3,36
Goio-Erê	Mata	MA2	140	28,33	0,98	96,81	42,22	60,76	15,21
Cianorte	Mata	MA1	484	24,48	0,78	92,36	24,30	58,09	12,52
Cianorte	Cana	C10	36	34,00	1,17	96,53	18,64	70,78	6,01
Cianorte	Cana	C6	36	31,64	0,79	130,92	6,13	67,22	6,62
Cianorte	Cana	C4A	36	28,56	0,91	100,44	7,03	51,47	4,36
Cianorte	Cana	C40	36	30,39	0,96	122,58	30,13	61,11	3,27
Cianorte	Cana	C4	36	27,94	0,89	105,58	21,74	47,50	3,08
Cianorte	Cana	C30	36	30,17	1,42	75,39	18,68	55,08	15,80
Cianorte	Cana	C5	36	34,61	1,63	139,78	24,67	78,39	4,90
Cianorte	Milho	M1	140	30,70	0,88	85,58	8,26	67,34	10,24
Cianorte	Milho	M2	84	29,67	0,37	71,43	5,63	63,02	3,71

TABELA 2
DADOS SUMARIADOS DA MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DAS 11 ÁREAS TESTES DA ÁREA DE
ESTUDO DE CIANORTE USANDO AS ESTATÍSTICAS DE TREINAMENTO LOCAL

ÁREA TESTE	Nº"PIXEL"	% DE "PIXELS" NÃO CLASSIFICADOS	% CLASSIFICADOS CORRETA	% ERRO
Soja 1	100	0	100,0	0
Soja 2	100	0	100,0	0
Soja 3	196	1,5	98,5	0
Soja 4	140	0	100,0	0
Soja 5	140	1,4	98,6	0
Mata	140	0	100,0	0
Cana 1	252	5,2	84,9	9,9 (M1)*
Cana 2	324	2,8	97,2	0
Cana 3	324	4,9	89,6	5,5 (M1)
Cana 4	252	3,6	96,4	0
Milho	252	0	83,8	0,8 (C10), 15,5(C30)
Média Ponderada	Soja ~ 99,2%, mata ~ 100%, cana ~ 92,2% Milho ~ 83,8%			

* Classe sujeita à confusão.

TABELA 3
DADOS SUMARIADOS DA MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DAS 15 ÁREAS TESTES DA ÁREA DE
ESTUDO DE GOIO-ERÊ USANDO AS ESTATÍSTICAS DE TREINAMENTO LOCAL

ÁREA TESTE	Nº"PIXEL"	% DE "PIXELS" NÃO CLASSIFICADOS	% CLASSIFICADOS CORRETA	% ERRO
Soja 1	100	5,0	95,0	0
Soja 2	100	15,0	85,0	0
Soja 3	100	0	100,0	0
Soja 4	100	0	100,0	0
Soja 5	100	0	100,0	0
Soja 6	100	0	100,0	0
Mata 1	100	0	100,0	0
Mata 2	60	0	100,0	0
Mata 3	60	1,7	96,7	1,7 (A3)*
Algodão 1	60	11,7	88,3	0
Algodão 2	100	13,0	84,0	3,0 (S3)
Algodão 3	36	0	88,9	11,1 (S3)
Algodão 4	36	0	84,4	5,6 (S3)
Algodão 5	396	2,0	90,7	7,3 (S3)
Algodão 6	100	1,0	99,0	0
Média Ponderada	Soja ~96,7%, mata ~99,1%, algodão ~ 88,2%			

* Classe sujeita à confusão.

TABELA 4
DADOS SUMARIADOS DA MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DAS 11 ÁREAS TESTES DA ÁREA DE ESTUDO DA CIANORTE USANDO AS ESTATÍSTICAS DE TREINAMENTO CONJUGADO

ÁREA TESTE	Nº"PIXEL "	% "PIXELS" NÃO CLASSIFICADOS	% CLASSIFICADOS CORRETA	% ERRO
Soja 1	100	0	100	0
Soja 2	100	0	100	0
Soja 3	196	1,5	98,5	0
Soja 4	140	0	100	0
Soja 5	140	0,7	99,3	0
Mata	140	0	100	0
Cana 1	252	2,4	63,1	0,4 (A2)*, 24,6(MA2), 9,5(M1)
Cana 2	324	1,9	94,7	1,9 (A2), 1,5 (MA2)
Cana 3	324	0	84,3	4,6(A2), 5,6(MA2), 5,2(M1), 0,3(M2)
Cana 4	252	0	97,2	2,8(MA2)
Milho	252	0	83,7	0,8(C10), 15,5 (C30)
Média Ponderada	Soja ~ 99,4%, mata ~ 100%, Cana ~ 85,4%, milho ~ 83,7%			

* Classe sujeita à confusão.

TABELA 5
DADOS SUMARIADOS DA MATRIZ DE CLASSIFICAÇÃO DAS 15 ÁREAS TESTES DA ÁREA DE ESTUDO DE GOIO-ERÊ USANDO AS ESTATÍSTICAS DE TREINAMENTO CONJUGADO

ÁREA TESTE	Nº"PIXELS"	% "PIXELS" NÃO CLASSIFICADOS	% CLASSIFICADOS CORRETA	% ERRO
Soja 1	100	3,0	97,0	0
Soja 2	100	0	100	0
Soja 3	100	0	100	0
Soja 4	100	0	100	0
Soja 5	100	0	100	0
Soja 6	100	0	100	0
Mata 1	100	0	100	0
Mata 2	60	0	93,4	6,6(C30)*
Mata 3	60	0	85,0	3,3(A2), 1,7(C4A), 3,3(C6) 1,7(C10), 5,0(C40)
Algodão 1	60	11,7	88,3	0
Algodão 2	100	5,0	80,0	14,0(S20), 1,0(C5)
Algodão 3	36	0	91,6	8,3 (S20)
Algodão 4	36	0	91,6	5,6(S20), 2,8(S)
Algodão 5	396	1,0	87,4	1,0(S3), 10,1(S20), 0,5(S)
Algodão 6	100	1,0	97,0	1,0(S20), 1,0(C5)
Média Ponderada	Soja ~ 99,5%, mata ~ 94,1%, algodão ~ 88,1 %			

* Classe sujeita à confusão.