

USO DO CLASSIFICADOR PELO MÉTODO DO PARALELEPÍEDO NA
CARACTERIZAÇÃO DE SETE UNIDADES PEDOLÓGICAS (PROCESSAMENTO DIGITAL)

José Eustáquio Rangel de Queiroz
Instituto de Pesquisas Espaciais
Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto
Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongô
58100 Campina Grande PB
BRASIL

Almedes Ferreira da Silva
Mestrando em Engenharia de Irrigação e Drenagem
Universidade Federal da Paraíba
Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongô
58100 Campina Grande PB
BRASIL

Maria José dos Santos
Departamento de Engenharia Agrícola
Universidade Federal da Paraíba
Av. Aprígio Veloso, 882 - Bodocongô
58100 Campina Grande PB
BRASIL

RESUMO

A partir de dados do Mapeador Temático (TM) do LANDSAT-5 relativos à região localizada entre as coordenadas 6045' e 6059' de latitude sul e 38006' e 38027' de longitude oeste de Greenwich, Estado da Paraíba, nas bandas 2, 3, 4 e 7, de terminou-se faixas de níveis de cinza que caracterizavam 07 (sete) unidades pedológicas presentes na cena. As faixas obtidas foram utilizadas como limites para um classificador pelo método do paralelepípedo, que forneceu ao final do processo o total de pontos classificados como pertencentes a cada uma das faixas consideradas, bem como cada uma das áreas associadas. Empregou-se em seguida uma técnica de expansão de contraste, a fim de aumentar a diferenciação visual entre os alvos, tendo todo o processo anteriormente seguido sido repetido.

ABSTRACT

In this paper a method for classifying pedological units is presented. Digital image processing and visual analysis techniques has been used. LANDSAT 5 Thematic Mapper images (bands 2, 3, 4 and 7) were employed. The area with coordinates $\mu = 6045'/6059'$ South and $\lambda = 38^{\circ}06'/38^{\circ}27'$ West was selected. Gray level slices were determined and used as limits for the parallelepiped method classifier. This procedure was repeated after performing contrast stretchings for visual differentiation increasing among targets. Results comparison is illustrated.

INTRODUÇÃO

O Mapeador Temático (Thematic Mapper - TM) pode ser encarado como um sensor derivado do Imageador Multiespectral (MultiSpectral Scanner MSS). Seu projeto e operação baseiam-se nos mesmos princípios do MSS; entretanto, o TM possui uma melhor resolução espacial e fidelidade geométrica, detalhamento radiométrico e informação espectral mais refinada que o MSS (QUEIROZ & BARROS, 1989).

Enquanto o MSS opera em quatro regiões espectrais, o TM atua em sete faixas do espectro eletromagnético visível e infravermelho, como pode ser visto no Quadro 1. A resolução espacial é cerca de 30m x 30m (aproximadamente 0,09 hectares ou 0,22 acres) para o TM, enquanto para o MSS o campo de visada instantâneo (IFOV) é

de aproximadamente 76m x 76m (CAMPBELL, 1987). (Apenas a banda 6 do TM apresenta uma resolução espacial mais baixa, 120m x 120m). Além disso, os valores digitais em imagens TM são representados numa gama mais ampla de valores de brilho ou níveis de cinza (256 níveis de cinza diferentes) do que em imagens MSS (que registra digitalmente em apenas 128 níveis de cinza diferentes (SWAIN e DAVIS, 1978).

O Quadro 2 faz uma associação das bandas com as porções correspondentes do espectro eletromagnético e mostra as principais aplicações dos dados associados à radiação registrada pelo TM para cada banda (USGS, 1984).

Embora as imagens multiespectrais registra

QUADRO 1

Especificações dos sensores TM e MSS do LANDSAT

MAPEADOR TEMÁTICO (TM)		IMAGEADOR MULTIESPECTRAL (MSS)	
BANDA	λ (μm)	BANDA	λ (μm)
1 (Azul)	0,45 - 0,52	4 (Verde)	0,50 - 0,60
2 (Verde)	0,52 - 0,60	5 (Vermelho)	0,60 - 0,70
3 (Vermelho)	0,63 - 0,69	6 (Infravermelho próximo)	0,70 - 0,30
4 (Infravermelho próximo)	0,76 - 0,90	7 (Infravermelho próximo)	0,80 - 1,10
5 (Infravermelho médio)	1,55 - 1,75		
6 (Infravermelho Termal)	10,45 - 12,50		
7 (Infravermelho médio)	2,08 - 2,35		
Resolução Espacial	30m (Bandas 1-5 e 7) 120m (Banda 6)		80m
Níveis de quantização	8 bits (256 niv. de cinza)		7 bits (128 niv. de cinza)

QUADRO 2

Principais aplicações das bandas do TM

BANDA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
1 (Azul)	Mapeamento da água na zona costeira; diferenciação do solo/vegetação; diferenciação de pinus/deciduas.
2 (Verde)	Pico de reflectância verde para monitoração do vigor da vegetação.
3 (Vermelho)	Absorção de clorofila para discriminação da espécie de plantas.
4 (Inf. vermelho próximo)	Determinação da biomassa e delineamento de corpos d'água
5 (Inf. vermelho médio)	Indicação de umidade em plantas e solos; diferenciação de neve e nuvem; discriminação litológica.
6 (Inf. vermelho termal)	Análise do estresse hídrico da vegetação; discriminação da umidade do Solo; Mapeamento termal.
7 (Inf. vermelho médio)	Mapeamento hidrotermal.

das normalmente em fitas CCT (computer compatible tape) para uso em sistemas de processamento digital já tenham sido submetidas a operações de correção radiométrica e geométrica, para compensação de erros sistemáticos, surge frequentemente a necessidade de melhorar a qualidade visual da imagem, geralmente para a sua interpretação posterior.

Préprocessamento é uma tarefa que consiste num conjunto de operações que visam a preparação dos dados de imagem para análise subsequente. Dentre as três classes de operações de préprocessamento possíveis, há uma delas que consiste de processos executados a fim de realçar a aparência visual de uma imagem, denominada de realce de imagens (CAMPBELL, 1987).

Quando se fala em contraste no processamento digital, refere-se normalmente à faixa de níveis de cinza (valor de brilho) presentes em uma imagem. Um problema comum em sensoria-mento remoto é que a faixa de níveis de cinza registrada por um sensor não utiliza todo o potencial do meio de registro (por exemplo, filme fotográfico) ou do dispositivo de visualização (por exemplo, monitor de visualização colorido).

Realce de contraste é um processo que redistribui os valores de brilho da imagem para que se passa "casá-los" com a faixa disponível pelo sistema de processamento (QUEIROZ e BARROS, 1989).

Neste trabalho desenvolveu-se a análise numérica, tanto a nível de préprocessamento como de classificação de atributos de uma cena situada na região do semi-árido paraibano. Para tanto utilizou-se dados registrados pelo TM, nas bandas 2, 3, 4 e 7, de 18/11/85.

Pretende-se, pois, descrever sucintamente a metodologia utilizada, bem como comentar os resultados obtidos com a sua aplicação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Localização da Área de Estudo

A área de estudo localiza-se no Estado da Paraíba, aproximadamente entre as coordenadas 6045' e 6059' de Latitude Sul e 38006' e 38027' de Longitude Oeste de Greenwich, compreendendo o município de Nazarezinho, o sudoeste do município de Sousa, o extremo sul do município de Antenor Navarro, o nordeste de Cajazeiras, o noroeste de São José de Lagoa Tapada, o extremo norte de Carrapateiras e parte do extremo norte do município de São José de Piranhas (BRASIL, 1972). As imagens TM/LANDSAT-5 utilizadas neste estudo correspondem à órbita 216 e o ponto 65 (WRS 216.65).

Material Utilizado

Para realização deste trabalho, utilizou-se fitas CCT contendo imagens do TM7/LANDSAT-5 no formato digital BSQ (band sequential), obtidas durante a passagem do satélite de 18 de novembro de 1985. Estas foram manipuladas na escala 1:100.000, sendo as coordenadas da área em fita as seguintes: X₁=2333, Y₁=1266, X₂=3567 e Y₂=2197.

O processamento digital das imagens utilizadas foi realizado no Sistema de Tratamento de Imagens versão 110 (SITIM-110) disponível no Laboratório Associado de Sensoriamento Remoto de Campina Grande (LASR-CG).

Metodologia da Análise -- O desenvolvimento metodológico deste trabalho ocorreu em duas etapas, a saber:

i) identificação das unidades de mapeamento a partir de análise visual, com base na localização de cada uma delas no Mapa de Solos a nível de Reconhecimento de Alta Intensidade, escala 1:100.000, desenvolvido pelo Projeto PB-37;

ii) análise numérica das unidades, envolvendo algoritmos de leitura de pixels, de modificação histogramática e de classificação (Método do Fatiamento de Níveis de Cinza e do Paralelepípedo).

O procedimento utilizado para realizar as duas etapas acima comentadas pode ser descrito como segue:

i) Confrontação da imagem em tela com o Mapa de Solos.

Nesta fase, selecionou-se uma unidade de mapeamento do Mapa de Solos (PB-37) e fez-se a sua identificação a nível da imagem. Em seguida posicionou-se um cursor retangular sobre a área da tela contendo a unidade em estudo e anotou-se as suas coordenadas.

ii) Leitura de níveis de cinza da unidade identificada.

Empregando o algoritmo Leitura de Pixels do SITIM "varreu-se" a unidade identificada lendo os níveis de cinza dos pixels que a compõem, a fim de determinar os limites inferior e superior que a caracterizam. Esses limites foram posteriormente empregados no processo de classificação pelo Método do Paralelepípedo (Parallelepiped Classification).

iii) Leitura de níveis de cinza na vizinhança da unidade identificada.

Aplicou-se o mesmo procedimento do item anterior para a vizinhança de cada unidade de mapeamento estudada; de acordo com as características radiométricas dos alvos que compõem essa vizinhança, pode-se dividi-la em três, quatro ou cinco faixas de níveis de cinza. Leu-se os limites inferior e superior que definem cada uma dessas faixas. Esses valores foram posteriormente utilizados no processo de Fatiamento de Níveis de Cinza (Density Slicing) da porção da imagem que abrangia a unidade de mapeamento e sua vizinhança imediata.

iv) Classificação da unidade de mapeamento pelo Método do Paralelepípedo.

Dispondo dos limites inferior e superior da faixa de níveis de cinza que caracterizava a unidade de mapeamento estudada, "entregou-se" esses dados ao algoritmo de classificação pelo Método do Paralelepípedo, que associou aos pixels da imagem confinados àqueles limites uma cor específica. O resultado visual foi uma apresentação gráfica colorida com fronteiras acompanhando os limites do contorno da unidade

de mapeamento trabalhada. O algoritmo, além deste resultado qualitativo, informa sobre o número total de pontos da imagem agrupados como pertencentes àquela faixa de níveis de cinza, bem como a área da região classificada (em km²).

v) Fatiamento de níveis de cinza da região abrangendo a unidade de mapeamento estudada e vizinhança.

A partir dos limites inferiores e superiores determinados nas etapas ii e iii, conseguiu-se associar uma cor específica a cada faixa confinada em cada um deles mediante o emprego do algoritmo de Fatiamento de Níveis de Cinza. O resultado foi uma representação gráfica em quatro, cinco ou seis cores "simulando" o mapeamento da unidade estudada e dos alvos existentes na sua vizinhança.

vi) Realce de detalhes da imagem através da Expansão de Contraste (Contrast Stretch).

Operações de realce são normalmente aplicadas às imagens visando aumentar o contraste entre as diversas feições da cena, facilitando o processo de interpretação visual e/ou processos posteriores de classificação (LILLESAND & KIEFER, 1979).

Nesta fase empregou-se uma técnica de realce bastante comum e simples, a expansão de contraste. A técnica consiste em redistribuir a faixa de níveis de cinza de uma imagem de acordo com uma função matemática linear ou não-linear, a fim de acentuar as diferenças de contraste existentes entre feições de interesse. As funções matemáticas (tabelas) utilizadas foram todas lineares. As novas faixas de níveis de cinza podem, assim, ser facilmente determinadas e as etapas anteriores convenientemente repetidas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 ilustra os resultados da aplicação da metodologia descrita no item anterior para 07 (sete) unidades pedológicas.

Seja a unidade V1 (Tabela 1), confinada às coordenadas da tela (310,001) e (495,095). A leitura de pixels na banda 3 (0,63-0,69µm - nível vermelho) sem realce resultou na aquisição da faixa de níveis de cinza limitada em 66 e 84, que definiu os limites do paralelepípedo. Segundo o algoritmo de classificação pelo método do paralelepípedo, foram agrupados como pertencentes a essa faixa de níveis de cinza 9.792 pixels, sendo a área classificada igual a 8,813 km². Esta área da imagem em tela foi dividida em 06 (seis) fatias de níveis de cinza, caracterizando alvos como água, área urbana e unidades de mapeamento, incluindo V1.

Os resultados com a imagem realçada mostra a redistribuição dos limites mínimo (024) e máximo (156) dos níveis de cinza da imagem original para os valores 0 (nível mínimo possível) e 255 (máximo permitido pelo sistema), respectivamente. Percebe-se claramente o efeito da expansão do contraste comparando a largura de cada fatia na imagem original e realçada. Os resultados da classificação da unidade realçada

mostram que a expansão de contraste não alterou a área classificada.

Em algumas das unidades percebe-se ligeiras diferenças no total de pontos classificados, bem como na área, quando se compara os valores obtidos para as imagens original e realçada. É que o processo de expansão em alguns casos retira (ou inclui) da faixa de níveis de cinza realçados alguns dos pixels originalmente a ela pertencentes, redistribuindo-os nas faixas adjacentes. Entretanto, tais discrepâncias são tão insignificantes, que podem ser desprezadas.

O procedimento de análise da Tabela 1 feito com a unidade de mapeamento V1 na banda 3 pode ser estendido para todas as outras unidades da tabela.

Outro comentário que pode ser feito a partir da análise da Tabela 1 refere-se ao número de faixas definido no fatiamento de níveis de cinza das regiões nas quais estão confinadas cada uma das unidades de mapeamento estudadas. No caso da unidade Ae, definiu-se apenas quatro fatias. Como o objetivo do fatiamento de níveis de cinza neste caso era apenas o de destacar a visualização da unidade de mapeamento estudada junto à sua vizinhança e como a unidade Ae estudada quase que totalmente "imersa" numa outra unidade de grandes dimensões (NC1), tornou-se desnecessário definir 06 (seis) fatias "destacando-a" dos alvos vizinhos. Raciocínio similar vale para os outros casos em que foram definidas menos de 06 (seis) fatias.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL, Ministério da Agricultura, Levantamento Exploratório-Reconhecimento do Estado da Paraíba, Convenio MA/CONTAP/USAID/BRASIL, Boletim Técnico número 15, Série Pedologia número (8): 3-76, 1972.
- CAMPBELL, J. B., Introduction to Remote Sensing, The Guilford Press, 11-16, 137-142, 1987.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W. Remote Sensing and Image Interpretation, New York, John Wiley and Sons, 562-565, 1979.
- QUEIROZ, J.E.R. de; BARROS, M.A. Processamento Digital de Imagens Multiespectrais I, Campana Grande, LASR, 12, 33-41, 1989.
- SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M. Remote Sensing: The Quantitative Approach, McGraw-Hill, mc., 127-133, 1978.
- UNITED STATES, GEOLOGICAL SURVEY; NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION USGS/NOAA, LANDSAT 4 Data Users Handbook, 4-1, 1984.

TABELA 1
 RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA DAS UNIDADES PEDOLÓGICAS

UNI- DADE	COORDENA DAS DA IMAGEM NA TELA	BANDA	NÍVEIS DE CINZA LI- MITES.		CLASSIFICAÇÃO PARALELEPIPEDO	FATIAMENTO DE NÍVEIS DE CINZA							
			INF.	SUP.		T. PTOS	AREA(km ²)	1	2	3	4	5	6
V ₁	X ₁ = 310 Y ₁ = 001 X ₂ = 495 Y ₂ = 095	2	ORIGINAL	046	055	09.789	23,700	031-032	033-045	046-055	056-063	064-074	075-099
		3	REALÇADA	056	090	09.677	28,372	000-003	004-055	056-090	091-120	121-160	161-255
			ORIGINAL	066	084	09.792	28,709	024-038	039-047	048-065	066-084	085-092	093-156
			REALÇADA	080	116	09.792	28,709	000-027	028-044	045-079	080-116	117-131	132-255
4	X ₂ = 495 Y ₂ = 095	ORIGINAL	053	076	10.500	30,784	015-044	045-057	058-076	077-091	092-100	101-134	
		REALÇADA	092	131	10.500	30,784	000-062	063-091	092-131	132-163	164-182	183-255	
		ORIGINAL	045	067	09.646	28,281	005-021	022-044	045-067	063-082	083-112	113-155	
		REALÇADA	068	105	09.667	28,342	000-027	028-067	068-105	106-131	132-182	183-255	
SS ₁	X ₁ = 264 Y ₁ = 001 X ₂ = 492 Y ₂ = 131	ORIGINAL	056	099	09.513	27,890	032-034	035-045	046-055	056-099	100-105	-	
		REALÇADA	093	234	09.523	27,920	000-007	008-045	046-080	081-233	234-255	-	
		ORIGINAL	083	165	05.213	15,284	026-030	039-047	048-065	066-082	083-165	-	
		REALÇADA	104	255	05.213	15,284	000-022	023-033	039-071	072-103	104-255	-	
4	X ₂ = 492 Y ₂ = 131	ORIGINAL	077	090	11.086	32,502	011-044	045-057	058-076	077-090	091-163	-	
		REALÇADA	110	135	11.114	32,595	000-055	056-077	078-109	110-135	136-255	-	
		ORIGINAL	070	155	11.426	33,499	005-021	022-044	045-069	070-155	-	-	
		REALÇADA	110	255	11.185	32,793	000-027	028-071	072-105	106-109	110-255	-	
7	X ₁ = 000 Y ₁ = 208 X ₂ = 183 Y ₂ = 487	ORIGINAL	064	097	01.028	3,113	024-034	035-045	046-063	064-097	-	-	
		REALÇADA	139	255	01.036	3,037	000-035	036-073	074-138	139-255	-	-	
		ORIGINAL	090	152	02.737	8,024	019-033	034-066	067-089	090-152	-	-	
		REALÇADA	136	255	02.739	8,024	000-027	028-090	091-135	136-255	-	-	
4	X ₂ = 183 Y ₂ = 487	ORIGINAL	093	147	01.943	5,696	009-030	031-072	073-092	093-147	-	-	
		REALÇADA	155	255	01.943	5,696	000-039	040-116	117-154	155-255	-	-	
		ORIGINAL	085	130	02.282	6,690	001-019	020-055	056-084	085-130	-	-	
		REALÇADA	166	255	02.285	6,699	000-036	037-106	107-166	167-255	-	-	

UNI DADE	COORDENADAS DA IMAGEM NA TELA	BANDA	NÍVEIS DE CINZA LI- MITES.		CLASSIFICAÇÃO PARALELEPÍPEDO	FATIAMENTO DE NÍVEIS DE CINZA							
			INF.	SUP.		T. P.TOS.	ÁREA (km ²)	1	2	3	4	5	6
NC ₁	X ₁ = 005 Y ₁ = 235 X ₂ = 152 Y ₂ = 457	2	ORIGINAL REALÇADA	40 78	49 122	16,876 16,876	49,042 49,042	24-37 01-63	38-39 64-77	40-49 78-122	50-59 123-171	60-67 172-210	68-76 211-255
		3	ORIGINAL REALÇADA	53 72	70 114	16,457 16,490	48,249 48,346	23-45 00-53	46-55 54-71	56-70 72-114	71-94 115-167	95-102 168-186	103-128 187-255
		4	ORIGINAL REALÇADA	54 89	72 128	16,439 16,543	48,197 48,502	09-45 00-73	46-56 74-88	57-72 89-128	73-88 129-160	89-105 161-194	106-135 195-255
		7	ORIGINAL REALÇADA	40 86	62 135	16,618 16,597	48,722 48,660	01-39 01-84	40-62 85-137	63-97 138-211	98-108 212-235	109-117 236-255	- -
		2	ORIGINAL	36	45	2,448	2,900	26-35	36-45	46-56	57-80	-	-
		3	REALÇADA ORIGINAL	43 48	90 64	2,451 2,587	2,803 2,959	00-42 24-32	43-90 33-47	91-142 48-64	143-255 65-81	- 82-92	- 93-128
		4	REALÇADA ORIGINAL	59 35	98 69	2,578 2,596	2,949 2,969	00-15 03-34	16-57 35-60	58-99 70-88	100-41 89-99	42-168 100-119	169-255 120-157
Re ₃	X ₁ = 214 Y ₁ = 188 X ₂ = 321 Y ₂ = 238	4	REALÇADA	45	104	2,568	2,937	00-43	44-104	05-137	138-156	157-190	191-255
		7	ORIGINAL REALÇADA	33 81	59 143	2,570 2,583	2,939 2,954	00-19 00-46	20-32 47-80	33-59 81-143	60-76 144-184	77-90 185-218	91-106 219-255
		2	ORIGINAL REALÇADA	41 44	48 87	1,215 1,215	1,389 1,389	32-37 00-27	38-40 28-43	41-48 44-87	49-56 98-130	57-66 131-184	67-79 185-255
		3	ORIGINAL REALÇADA	51 100	64 120	1,221 1,221	1,396 1,396	00-32 00-63	33-50 64-99	51-61 100-120	62-79 121-156	80-117 157-231	118-129 232-255
		4	ORIGINAL REALÇADA	51 92	65 136	1,248 1,244	1,427 1,423	00-41 00-56	42-50 57-92	51-65 93-136	66-83 137-179	84-96 180-211	97-110 212-255
		7	ORIGINAL REALÇADA	51 100	61 120	1,222 1,207	1,398 1,381	00-32 00-63	33-50 64-99	51-61 100-120	62-79 121-156	80-117 157-231	118-129 232-255
		Re ₅	X ₁ = 017 Y ₁ = 173 X ₂ = 063 Y ₂ = 240	2	ORIGINAL REALÇADA	41 44	48 87	1,215 1,215	1,389 1,389	32-37 00-27	38-40 28-43	41-48 44-87	49-56 98-130
3	ORIGINAL REALÇADA			51 100	64 120	1,221 1,221	1,396 1,396	00-32 00-63	33-50 64-99	51-61 100-120	62-79 121-156	80-117 157-231	118-129 232-255
4	ORIGINAL REALÇADA			51 92	65 136	1,248 1,244	1,427 1,423	00-41 00-56	42-50 57-92	51-65 93-136	66-83 137-179	84-96 180-211	97-110 212-255
7	ORIGINAL REALÇADA			51 100	61 120	1,222 1,207	1,398 1,381	00-32 00-63	33-50 64-99	51-61 100-120	62-79 121-156	80-117 157-231	118-129 232-255

CONTINUAÇÃO DA TABELA 1

UNI- DADE	COORDENA DAS DA IMAGEM NA TELA	BANDA	NÍVEIS DE CINZA LI- MITES		CLASSIFICAÇÃO PARALELEPÍPEDO		FATIAMENTO DE NÍVEIS DE CINZA							
			INF.	SUP.	T.PTOS.	ÁREA(km ²)	1	2	3	4	5	6		
Re ₆	X ₁ = 040 Y ₁ = 239	2	ORIGINAL	46	60	8.257	23.995	35-36	37-45	46-60	61-70	-	-	-
			REALÇADA	74	182	8.257	23.995	00-07	08-73	74-132	183-255	-	-	-
	3	ORIGINAL	72	120	6.637	19.290	32-36	37-54	55-71	72-120	-	-	-	
		REALÇADA	114	255	6.638	19.290	00-11	12-63	64-113	114-255	-	-	-	
	4	ORIGINAL	72	96	7.811	22.699	33-48	49-58	59-71	72-96	97-128	-	-	
		REALÇADA	104	170	7.811	22.699	00-40	41-67	68-73	74-170	171-259	-	-	
	7	ORIGINAL	61	115	7.445	21.635	06-25	26-44	45-60	61-115	-	-	-	
		REALÇADA	127	255	7.446	21.635	00-44	45-89	90-126	127-255	-	-	-	