

USO DE CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS NA CLASSIFICAÇÃO DIGITAL DE ÁREAS URBANAS

Valéria Maria Barros de Andrade* y Madalena Niero Pereira*

RESUMO

A classificação digital de imagens de áreas urbanas tem apresentado decréscimo de precisão com o aumento de resolução espacial dos dados orbitais. Isto porque as áreas urbanas, sendo altamente heterogêneas e complexas, apresentam maior variabilidade espectral entre os "pixels" de uma mesma classe, nas imagens de alta resolução. O objetivo deste trabalho é fazer uso de características texturais, resultantes da variabilidade espectral característica de áreas urbanas, para identificação de áreas urbanizadas. Como área teste foi escolhida a cidade de São José dos Campos, por ser uma área intensamente estudada, apresentando grande quantidade de material para posterior comparação dos resultados. A área de estudo foi analisada a partir do algoritmo MAXVER, usando-se atributos espectrais associados à bandas adicionais denominadas "bandas de textura", que representam uma medida da variabilidade espectral em torno de cada pixel de imagem. Os resultados obtidos mostraram melhor desempenho da classificação realizada quando comparado com aqueles decorrentes da utilização de apenas atributos espectrais.

INTRODUÇÃO

A nova geração de sistemas sensores a bordo de satélites, com capacidade de produzir dados de alta resolução, vêm ampliando o uso dessas imagens em estudos urbanos.

As imagens com resoluções mais altas transmitem maiores detalhes da estrutura espacial da cena, a partir do que se pode extrair maiores informações à respeito da cena. Mas em se tratando da análise digital dessas imagens, os algoritmos atuais ainda não estão significativamente fundamentados nessa característica.

A maioria dos algoritmos de classificação implementados nos sistemas de tratamento de imagens se baseiam nas características espectrais da imagem, partindo da suposição de que os pixels de uma mesma classe possuem características espectrais semelhantes; o que nem sempre é verificado, principalmente em se tratando de áreas urbanas.

As áreas urbanas, por serem bastante heterogêneas, terão pixels com grande variabilidade espectral, fazendo com que as classes ocupem áreas no espaço de atributos aumentando assim, a sobreposição entre elas. Essa sobreposição aumenta a probabilidade de erro na classificação.

Uma característica que passa a ser importante nas imagens de alta resolução é a textura. Textura pode ser vista como a distribuição espacial dos tons de cinza presentes em uma imagem. Diferentes padrões de textura são formados por diferentes arranjos dos mesmos tons de cinza. Visualmente a textura pode ser descrita em termos de rugosidade, finura, suavidade, etc., mas ainda é grande a dificuldade em se definir quantitativamente a textura presente em uma região de imagem, o que explica o uso infrequente dessa característica na análise digital de imagens.

O objetivo do trabalho é verificar o resultado obtido com a utilização de características texturais na identificação de áreas urbanas em imagens TM LANDSAT, através de processamento digital.

APRESENTAÇÃO DA ÁREA TESTE

Na realização deste trabalho foi escolhida como área teste a cidade de São José dos Campos, localizada à 23°10' de latitude sul e 45°50' de longitude oeste de Greenwich, no estado de São Paulo. A área é abrangida pela imagem TM referente à órbita 219/76 E. Neste estudo foi utilizado dado TM sob a forma de CCT relativo à passagem de 7 de novembro de 1985. Dentro do perímetro urbano da cidade

Manuscrito recebido por el editor en enero, 1989; revisado en abril, 1989

*Ministério da Ciência e Tecnologia, MCT, Instituto de Pesquisas Espaciais, INPE, Caixa Postal 515 - 12201, São José dos Campos, SP, Brasil.

de São José dos Campos foi analisada uma área de 512 x 512 pixels, ou seja uma área de aproximadamente 236 km². Esta área foi escolhida pelo fato de ser uma área intensamente estudada apresentando grande quantidade de material que pode servir como verdade terrestre para a verificação dos resultados.

CARACTERIZAÇÃO DA TEXTURA DA IMAGEM

A textura ainda é um conceito abstrato, não existindo uma definição precisa nem uma abordagem matemática formal para que se possa caracterizá-la quantitativamente. Os métodos para caracterização de textura encontrados na literatura, geralmente são baseados na intuição e percepção de cada autor (Irons e Petersen, 1981). Levantamentos bibliográficos sobre este assunto são encontrados em Gool *et al.*, (1985), Haralick (1979) e Wezka *et al.*, (1976).

A maior parte dos trabalhos a respeito de análise de textura de imagens caracteriza a distribuição espacial dos tons de cinza ao longo de um segmento de imagem contendo um só tipo de textura. Sendo assim, a textura desse segmento é caracterizada através de um conjunto de medidas, a fim de identificar, dentre várias classes, aquela a qual o segmento irá pertencer.

No caso das imagens usadas em estudos urbanos, geralmente estão presentes várias classes de uso do solo; cada uma com suas características próprias tanto de textura quanto espectrais, sendo importante para esses estudos um mapeamento detalhado dessas classes. Para isto, é necessário que se faça uma classificação ponto a ponto da imagem.

A necessidade de se fazer uma classificação ponto a ponto levou a se tentar uma caracterização simplificada, da distribuição espacial dos tons de cinza, dos pontos que constituem uma *pequena vizinhança* ao redor de *cada* ponto de imagem. Essa pequena vizinhança será aqui chamada de janela da imagem.

A opção de se trabalhar com janelas pequenas se deve a duas razões principais. A primeira delas refere-se ao tempo computacional. Devido ao grande número de pontos que compõe uma imagem é necessário que se tente reduzir ao máximo o volume de cálculos referentes a cada janela de imagem tomada. Janelas com maior número de pontos levarão mais tempo para serem processadas. A segunda razão está relacionada ao problema de bordas. Quanto maior o tamanho da janela maior será o alargamento das bordas. Como pontos de borda tendem a ter uma ausência de classificação, ou o que é mais grave, uma classificação errônea, um aumento no número desses pontos irá diminuir o desempenho de classificação.

Neste trabalho optou-se por janelas de tamanho 5 x 5 ponto, uma vez que o tamanho 3 x 3 se mostrou insuficiente para caracterizar o padrão de textura observado nas áreas

urbanas.

Como medidas da textura presente na vizinhança selecionada foram consideradas as seguintes propriedades locais ou atributos de textura exemplificados abaixo para janelas 3 x 3 e que podem ser calculadas de maneira análoga, para o caso 5 x 5:

Diferença absoluta média entre os valores de dois pontos adjacentes nas direções horizontal e vertical,

$$f1 = 1/12 \sum_{(x,y) \in D} |x - y|,$$

a	-	b	-	c
d	-	e	-	f
g	-	h	-	i

onde:

$$D = ((a,b), (b,c), (d,e), (e,f), (g,h), (h,i), (a,d), (d,g), (b,e), (e,h), (c,f), (f,i)).$$

Varição total mínima nas quatro direções,

$$f2 = MIN(1/6(\sum_{(x,y) \in H} |x - y|), 1/6(\sum_{(x,y) \in V} |x - y|),$$

$$1/4(\sum_{(x,y) \in D_1} |x - y|), 1/4(\sum_{(x,y) \in D_2} |x - y|),$$

a	b	c
d	e	f
g	h	i

onde:

$$H = ((a,b), (a,d), (b,c), (b,e), (c,f), (d,e)),$$

$$V = ((d,g), (e,f), (e,h), (f,i), (g,h), (h,i)),$$

$$D_1 = ((a,e), (e,i), (b,f), (d,h)),$$

$$D_2 = ((c,e), (e,g), (b,d), (f,h)).$$

Embora outros tipos de atributos tais como, desvio padrão, valor máximo, valor mínimo, diferença entre os valores máximo e mínimo e variação total mínima nas direções horizontal e vertical, tenham sido testados, os atributos descritos acima foram os que apresentaram melhor resultado na identificação das classes.

A partir do cálculo destes atributos de textura para cada janela referente a um ponto de imagem, podem ser geradas, a partir de uma banda espectral de imagem, duas novas bandas (bandas de textura). As bandas de textura podem ser usadas, em conjunto com as bandas espectrais, na classificação dos dados. Neste trabalho, foi utilizada a banda 3 do TM na geração das bandas de textura.

CLASSIFICAÇÃO

A classificação digital da imagem este foi feita a partir da utilização do algoritmo de máxima verossimilhança (MAX-VER), implementado no SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens), com diferentes combinações de bandas espectrais e de textura. As combinações de bandas testadas foram as seguintes:

- 1) bandas 3, 4 e 5 do TM
- 2) bandas 3, 4 do TM e 3T1
- 3) bandas 3 do TM, 3T1 e 3T2

3T1 representa a banda de textura obtida a partir do cálculo do atributo f1 para a banda 3 do TM e 3T2 a banda de textura obtida a partir do cálculo do atributo f2 para a banda 3 do TM.

Foram selecionadas áreas de treinamento relativas às classes: residencial, industrial, loteamento, solo preparado, área agrícola, pastagem e vegetação natural/artificial. Estas classes foram posteriormente reagrupadas em duas únicas classes: urbana e não urbana.

Para avaliação do efeito da adição de atributos de textura na classificação, foram comparados os resultados obtidos nas classificações feitas usando-se as combinações de bandas relacionadas acima. Na análise dos resultados, foi utilizada como verdade terrestre, o mapa de uso da terra do município de São José dos Campos, obtido a partir de fotografias aéreas na escala de 1:25 000 referentes à agosto de 1985.

A verificação do desempenho de classificação foi feita através do registro do mapa de uso da terra com os dispositivos, obtidos do visualizador do SITIM, reproduzindo as imagens classificadas. Para se fazer o registro foi utilizado o equipamento PROCON-2. Através de amostragem aleatória simples, foram montadas matrizes de classificação. Estas matrizes foram obtidas apenas a título de informação qualitativa a respeito dos desempenhos de classificação. Isto porque, no processo de obtenção dessas matrizes, foram introduzidos muitos erros, uma vez que não se conseguiu um perfeito registro da imagem com o mapa, devido à falta de correção geométrica da imagem. Foram obtidas ainda, as matrizes de classificação para áreas de treinamento, sendo para isto usado um programa específico implementado no SITIM.

Visando avaliar a classificação em termos de melhor desempenho na identificação de áreas urbanas, foram consideradas apenas as classes urbana e não urbana, sendo computados como pontos pertencentes à classe não urbana também os pontos com ausência de classificação.

Tabela 1 Matrizes de classificação de amostras testes e áreas de treinamento usando bandas 3, 4 e 5 TM.

CLASSES	ÁREAS DE TREINAMENTO		AMOSTRAS TESTE	
	1	2	1	2
1. Urbana	76,5	23,5	94,1	5,9
2. Não urbana	3,0	97,0	54,8	45,2
	DM = 83,9 % CM = 16,1 %		DM = 70,8 % CM = 29,2 %	

Tabela 2 Matrizes de classificação de amostras testes e áreas de treinamento usando bandas 3, 4 TM e 3T2.

CLASSES	ÁREAS DE TREINAMENTO		AMOSTRAS TESTE	
	1	2	1	2
1. Urbana	96,1	3,9	91,2	8,8
2. Não urbana	0,2	99,8	33,9	66,1
	DM = 97,5 % CM = 2,5 %		DM = 79,2 % CM = 20,8 %	

Tabela 3 Matrizes de classificação de amostras testes e áreas de treinamento usando bandas 3 TM, 3T1 e 3T2.

CLASSES	ÁREAS DE TREINAMENTO		AMOSTRAS TESTE	
	1	2	1	2
1. Urbana	95,7	4,3	98,5	1,5
2. Não urbana	0,2	99,8	33,9	66,1
	DM = 97,2 % CM = 2,8 %		DM = 83,1 % CM = 16,9 %	

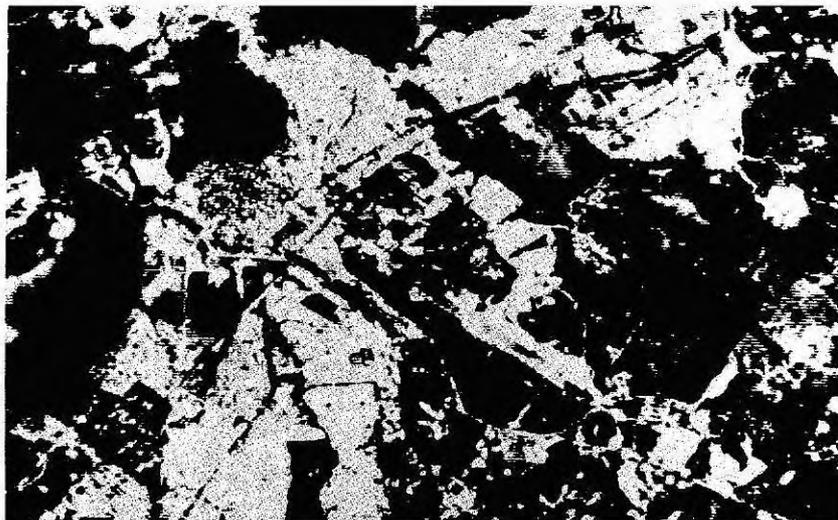


Fig. 1 Imagem de São José Dos Campos
Banda 3 TM/Landsat.

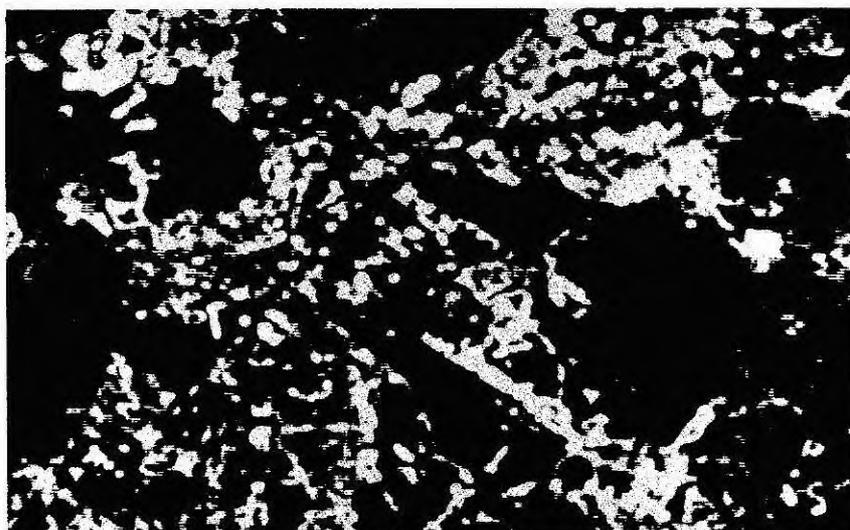


Fig. 2 Banda de textura (3T1), obtida à partir da banda 3 - Atributo F1.

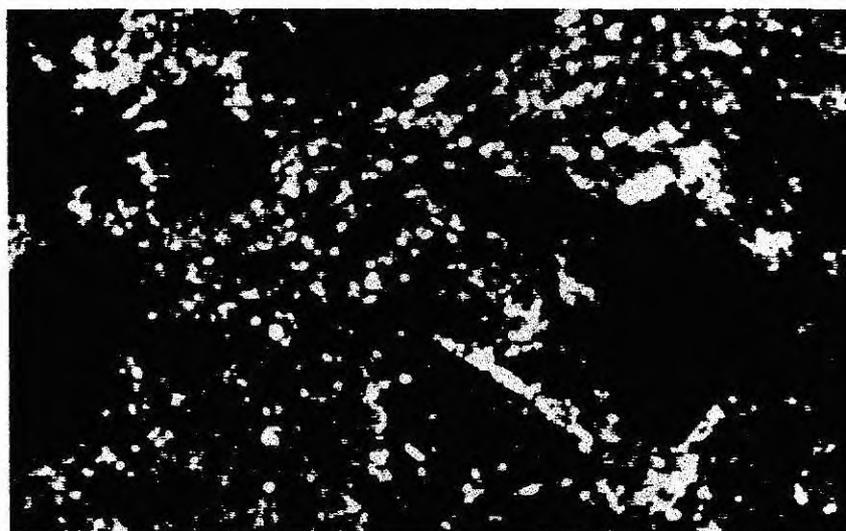


Fig. 3 Banda de textura (3T2), obtida à partir da banda 3 - Atributo F2.

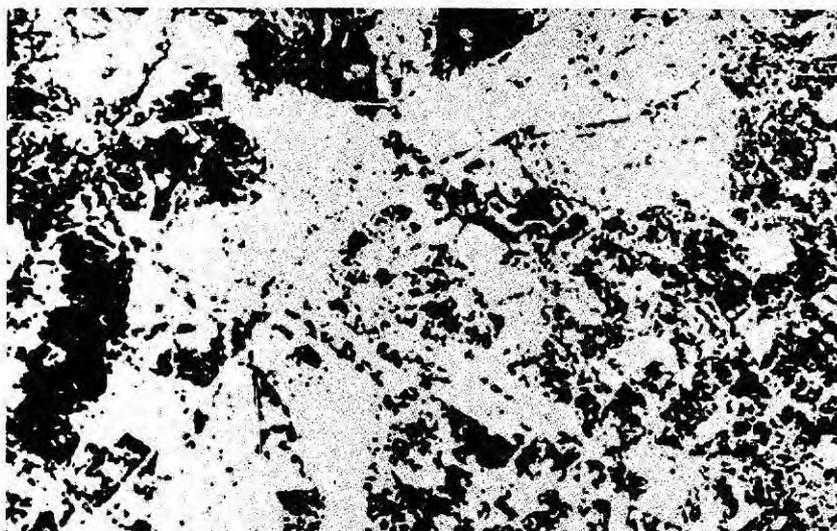


Fig. 4 Classificação supervisionada da área teste, usando três bandas espectrais (TM 3, 4 e 5). Classe urbana - Branco.

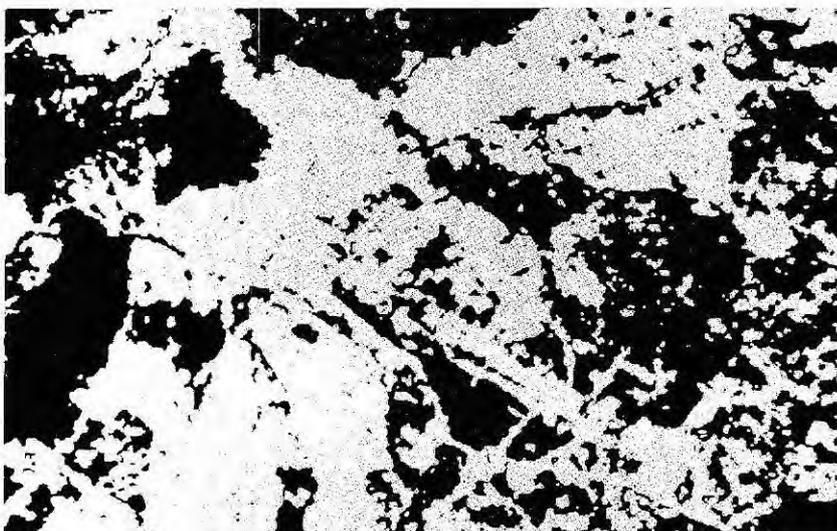


Fig. 5 Classificação supervisionada da área teste, usando duas bandas espectrais e uma de textura (3, 4 TM e 3T2). Classe urbana - Branco.

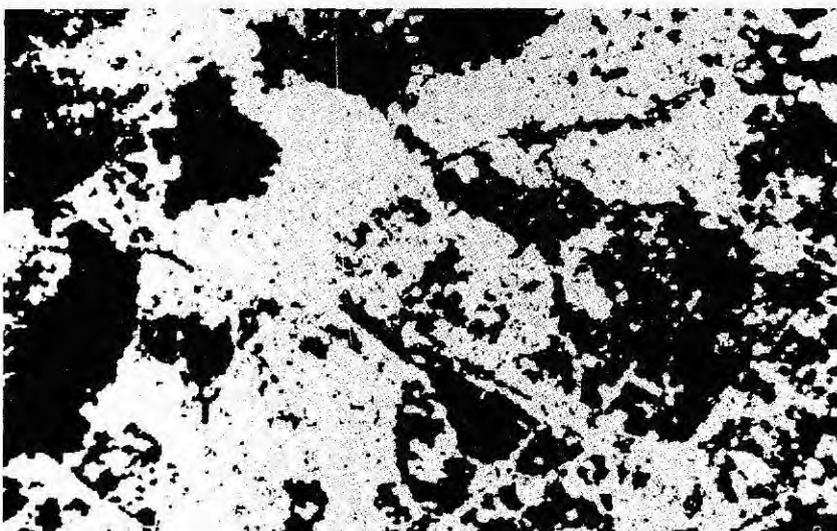


Fig. 6 Classificação supervisionada da área teste, usando uma banda espectral e duas de textura (3 TM, 3T1 e 3T2). Classes urbana - Branco.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

As matrizes de classificação obtidas para amostras teste e áreas de treinamento são apresentadas nas Tabelas 1 a 3. Através da análise destes dados, pode-se verificar que a adição de atributos texturais, na classificação digital da imagem teste, resultou em um melhor desempenho na identificação das áreas urbanizadas.

As Figuras 1, 2 e 3 mostram, respectivamente, a banda 3 original da imagem de São José dos Campos e as bandas de textura usadas na classificação. Na análise visual das Figuras 2 e 3 nota-se uma detecção de bordas. Isto é um fator negativo neste processo de obtenção de atributos de textura, pois a presença dessas bordas prejudica o desempenho de classificação, já que as bordas tendem a ser atribuídas à classe urbana.

As classificações feitas, usando-se as diferentes combinações de bandas mencionadas no item anterior, são mostradas nas Figuras 4 a 6. A avaliação qualitativa destas imagens classificadas mostra uma melhor definição das áreas urbanizadas quando foram usados atributos de textura. Na classificação com base nos atributos puramente espectrais, pode-se verificar um maior espalhamento, por toda a imagem, de pontos atribuídos à classe urbana.

REFERÊNCIAS

- Connors, R. W., Harlow, C. A., 1982, A theoretical comparison of texture algorithms, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-2(3), 204-222.
- Gool, L. V., Dewaele, P., and Oosterlinck, A., 1985, Texture analysis anno 1983. *Computer vision, Graphics and Image Proc.* 29, 336-357.
- Haralick, R. M., Shanmugam, K., and Dinstein, I., 1973, Textural features for image classification. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, SMI-3(6), 610-621.
- Haralick, R. M., 1979, Statistical and structural approaches to texture, *Proc. of the IEEE*, 67(5), 786-804.
- Irons, J. R., and Petersen, G. W., 1981, Texture transforms of remote sensing data. *Rem. Sens. Env.* 11, 359-370.
- Weszka, J. S., Dyer, C. R., and Rosenfeld, A., 1976, A comparative study of texture measures for terrain classification, *IEEE Trans. Systems. Man and Cybernetics*. SMC-6(4), 269-285.