

Transformação por Componentes Principais e por Decorrelação de Bandas Aplicadas à Caracterização de Feições da Paisagem do Nordeste Paraense¹

ORLANDO DOS SANTOS WATRIN¹

MARIO VALÉRIO FILHO²

JOÃO ROBERTO DOS SANTOS²

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental - CPATU
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n°. Cx. Postal 48, 66.095-100. Belém (PA)

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Departamento de Sensoriamento Remoto - DSR
Av. dos Astronautas, 1758. Cx. Postal 515, 12.210-012. São José dos Campos (SP)

Abstract. As a support to the land use change studies in the Amazon, this work deals with the use of transformations of principal components and band decorrelation, for a spectral characterization features in the landscape of Igarapé-Açu, Pará, Brazil. A study module of 16 km x 13 km was selected from Landsat/TM image in order to apply the spectral rotation, considering six bands of reflective spectra the TM sensor. For a principal components analysis the three first images were used, while for a transformation of band decorrelation the TM 3-4-5 bands were considered, using the file obtained in spectral rotation process. Through products generated by these techniques it was obtained photographic products that were qualitatively evaluated in the field and in the laboratory, in order to observe the agreement between enhanced spectral characteristics with vegetation cover and land use patterns observed on the field. It was noticed that, in general, the products obtained for both techniques have a significant performance to detect and discriminate the features of interest. However, the color composition obtained for principal component analysis showed a better comparative performance, because there is a formation of pure spectral and strongly saturated colors to enhance land use features.

Keywords : Image Enhancement, Land Use/Cover, Slash-and-Burn Agriculture, Amazonian Region.

1. Introdução

As imagens multiespectrais normalmente apresentam uma certa redundância entre bandas adjacentes, fato este indesejável, pois, em composições coloridas, diminui a eficiência de exposição das cores. A Transformação por Componentes Principais tem como função principal determinar a extensão de correlação entre bandas de uma mesma imagem e removê-la através de uma transformação matemática apropriada.

Tal técnica de transformação envolve uma rotação e uma translação num hipotético espaço de atributos espectrais, produzindo novas variáveis conhecidas como componentes ou eixos. Desta forma, o conteúdo de informação de uma imagem é redistribuído de tal maneira que a primeira imagem formada concentrará a maior parte da variância total e portanto o maior contraste. A medida em que vão sendo geradas novas imagens sem nenhuma correlação entre si, as feições

espectrais serão progressivamente menos significantes (Schowengerdt, 1983; Richards, 1986).

A Transformação por Componentes Principais vem sendo, em geral, empregada para reduzir a dimensionalidade dos dados, porém, devido às suas particularidades como técnica poderosa no realce de imagens, tem motivado aplicações na área de recursos naturais e na detecção de mudanças ocorridas na cobertura do solo. Dentre essas aplicações citam-se os trabalhos de Ringrose e Large (1983) como apoio a levantamentos ecológicos em ambientes tropicais úmidos; Lee et al. (1990) para monitoramento de áreas reflorestadas com *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp.; e Shimabukuro et al. (1991) como técnica auxiliar na detecção de áreas atingidas pelo fogo em ambiente de cerrado.

A Decorrelação de Bandas como técnica de realce alternativa visa, em linhas gerais, minimizar os

¹ Trabalho desenvolvido com apoio do Projeto "Vegetação Secundária como Vegetação de Pousio na Paisagem Agrícola da Amazônia Oriental : Função e Possibilidade de Manipulação", do Programa SHIFT (Convênio CNPq/IBAMA/DLR, Brasil-Alemanha).

problemas de perda das características espectrais originais dos alvos observados nas imagens componentes principais, restituindo as relações das cores originais para efeito de interpretação. Conforme Gillespie et al. (1986), as imagens produzidas pelo realce por decorrelação permitem a interpretação das feições a partir da associação dos componentes espectrais dos alvos com o valor digital apresentado pelo pixel correspondente.

Em tal transformação, a distribuição circular do espaço de atributos sofre uma rotação inversa à sofrida pelos eixos das principais componentes, para que volte a ficar orientada, segundo o sistema de coordenadas da imagem original (Abrams, 1984; Gillespie et al., 1986). O realce por Decorrelação de Bandas por também estar baseado na técnica de rotação espectral, produz, conseqüentemente, imagens também não correlacionadas entre si, porém com a particularidade de ser mais indicada para o caso de tripletes de banda.

Em estudo da vegetação de restinga, Oliveira-Galvão (1991) verificou que a fotointerpretação do produto formado a partir da Transformação por Decorrelação mostrou-se eficiente no discernimento das diferentes unidades fitofisionômicas presentes neste ambiente. Adicionalmente, alguns resultados para a caracterização de formações vegetais com o uso de imagens realçadas por essa técnica podem ser encontrados em Rothery (1987).

Neste contexto, este trabalho visa aplicar e avaliar as técnicas de Transformação por Componentes Principais e por Decorrelação de Bandas como ferramentas auxiliares na detecção de feições da cobertura vegetal e uso da terra, considerando-se uma área selecionada na microrregião Bragantina, Estado do Pará.

2. Material e Métodos

A área de estudo está inserida no município de Igarapé-Açu que encontra-se localizado no nordeste do Estado do Pará, na microrregião Bragantina, entre as latitudes 0° 55' e 1° 20' S, e as longitudes 47° 20' e 47° 50' WGr. (Figura 1). Baseado na relação entre o posicionamento geográfico da área de interesse e o mapa de localização das imagens do sensor TM/Landsat, foi selecionada a imagem Órbita/Ponto 223/061, Quadrante "B", de 13/06/1991. Assim, a partir dessa imagem selecionou-se um módulo teste bem representativo dentro do município, de 512 x 472 pixels (aproximadamente 16 km x 13 km) através do Sistema Iterativo de Tratamento de Imagens-SITIM, que também foi empregado em toda a fase de processamento dos dados digitais TM, considerando a escala 1 : 50.000.

A implementação da Transformação por Componentes Principais foi realizada através da função Rotação Espectral, utilizando-se as seis bandas do espectro refletido do sensor TM (TM 1 a 5 e 7), visando a obtenção de um menor conjunto de bandas, sem nenhuma redundância de informações e ainda concentrando a quase totalidade da variância da imagem (Singh e Harrison, 1985). Assim, as três primeiras componentes de saída ou CP's, representando as novas bandas geradas, foram associadas respectivamente aos canais R, G e B para a formação da composição colorida. Salienta-se que na aplicação desta transformação optou-se pelo processamento em que o realce é realizado mantendo as razões entre variâncias, objetivando aumentar ao máximo o contraste de cores entre as feições espectrais presentes no módulo teste.

Com base no arquivo gerado anteriormente pela técnica de rotação espectral do subconjunto de bandas TM utilizado, foi realizada a operação Decorrelação de Bandas, considerando-se apenas o triplete de bandas TM 3-4-5, que é o mais recomendado para estudos de uso da terra. As três novas bandas obtidas foram então arranjadas de modo que formassem composições coloridas do tipo 1D-R/ 2D-G/ 3D-B. Gillespie et al. (1986) enfatizam que devido as características próprias das bandas decorrelacionadas, a análise pelo fotointérprete da composição colorida formada fica favorecida na medida em que podem ser feitas inferências relativas ao comportamento espectral dos alvos.

Com a aplicação daquelas técnicas, foi feito o registro fotográfico dos produtos gerados, e através de ampliações fotográficas em papel aproximadamente na escala 1:50.000, foram avaliados em trabalho de campo. No trabalho de campo buscou-se correlacionar as feições espectrais presentes na imagem TM/Landsat com padrões da cobertura vegetal e uso da terra observados na paisagem. A seguir, em laboratório, os produtos fotográficos em "slide" foram analisados visualmente através do projetor e ampliador óptico PROCOM-2, com base nos dados e informações coletados no campo, e nos atributos de cor, tonalidade, textura, limite e forma apresentados pelos alvos de interesse, permitindo assim, a criação de uma legenda temática.

Visando a análise comparativa e a avaliação qualitativas das composições coloridas formadas pelas técnicas em estudo, foram extraídas informações referentes ao potencial de detecção e discriminação das feições de interesse, presentes no módulo teste. Assim, a partir de tal análise, foi realizada a seleção daqueles produtos que se mostraram como os mais adequados para subsidiar ao tipo de mapeamento proposto neste trabalho.

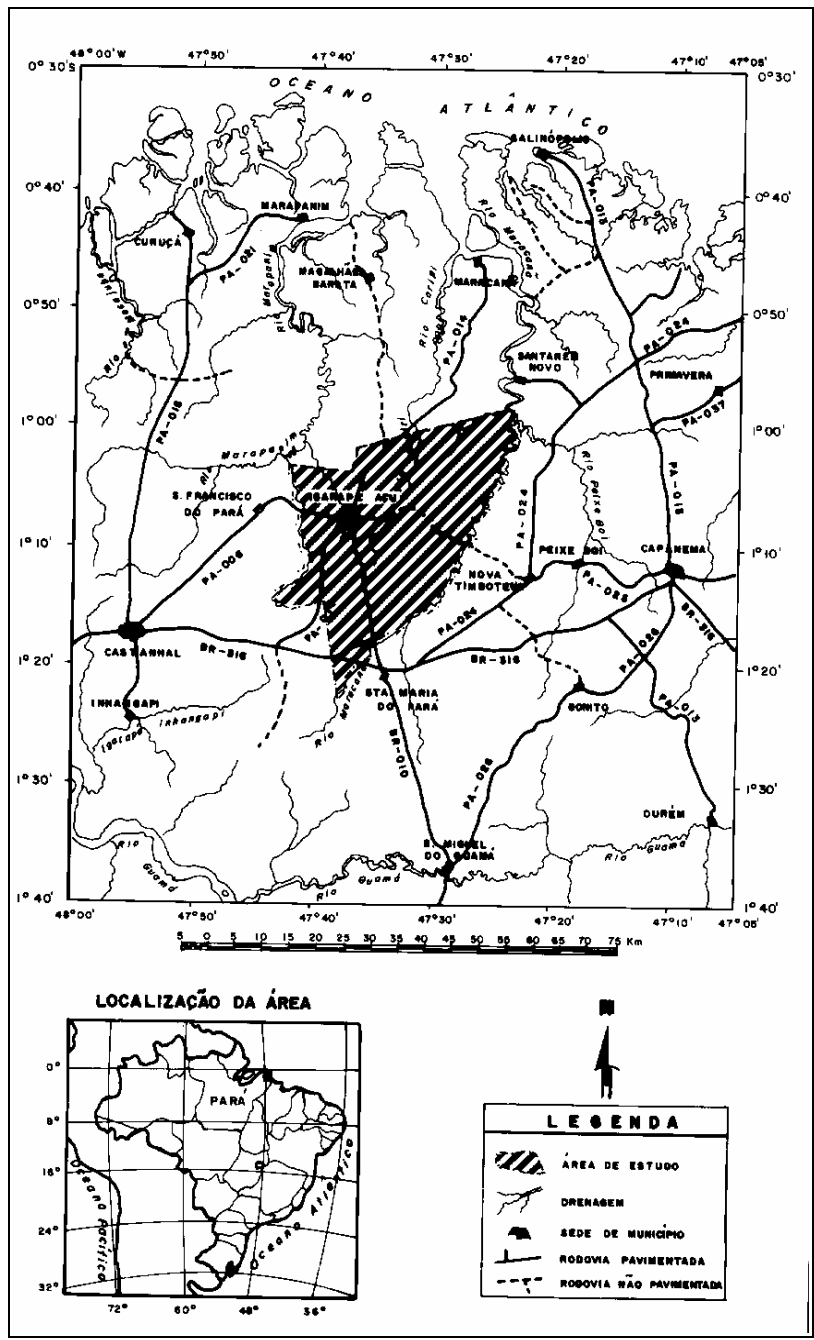


Fig. 1 - Localização da área de estudo.

3. Resultados e Discussão

Através da fotointerpretação das composições coloridas realçadas e das verificações de campo realizadas na área de estudo, foi gerada uma legenda formada por quatro classes de cobertura vegetal e cinco de uso da terra. Para a cobertura vegetal foram definidas as classes floresta ombrófila densa (em geral matas de igapó e várzea), e três estádios de sucessão secundária (avanzado, intermediário e inicial); enquanto para o uso

da terra, as classes cultura anual/semiperene, cultura perene, solo exposto, pasto limpo e pasto sujo. Informações mais detalhadas sobre as características das classes mapeadas podem ser encontradas em Watrin (1994).

Considerando o atributo de cor/tonalidade, foi observado que em ambas as transformações avaliadas as classes de cobertura vegetal foram definidas em diferentes intensidades de tons de verde, com as classes

floresta ombrófila densa e sucessão secundária inicial, exibindo o tom mais escuro e mais claro, respectivamente. Foi observado um comportamento diferenciado apenas para a classe floresta ombrófila densa, no caso da técnica de decorrelação de bandas, que apresentou a cor marrom escuro.

As classes referentes ao uso da terra apresentaram-se, em geral, sob tons de vermelho e azul, ou ainda a combinação de ambos em diferentes proporções. As classes onde a taxa de exposição do terreno é significativa, tais como cultura anual/ semiperene e solo exposto, foram definidas sempre em tons de vermelho, enquanto aquelas onde já aparece uma parcela significativa de fitomassa, como no caso do pasto sujo, foram associadas a tons de azul.

Para a Transformação por Componentes Principais, dentre as novas bandas ou componentes principais formadas, foram selecionadas as três primeiras para efeito das análises, as quais apresentaram uma variância acumulada de 98,39% do total (Figura 2), sendo as características estatísticas das imagens formadas apresentadas na Tabela 1. Salienta-se que a primeira componente principal formada fornece indicações fundamentalmente das diferenças entre os grupamentos com estrutura de características florestais (floresta primária e estádios de sucessão secundária), daqueles inseridos no contexto agrícola (culturas, pastagem e solo exposto). As duas outras componentes principais, concentram as informações responsáveis pela definição de classes dentro de um mesmo grupamento (cobertura vegetal ou uso da terra).

Para a formação da composição colorida que permitisse melhor visualização do conjunto das feições de interesse, os resultados mais satisfatórios foram obtidos quando as três primeiras imagens componentes principais foram associadas respectivamente às cores vermelho, verde e azul (Figura 3). Tal produto foi caracterizado por apresentar grande contraste entre cores, proporcionando uma maior separabilidade entre todas as feições detectadas.

Considerando as características da área de estudo, a maior contribuição desta técnica de realce refere-se à capacidade da mesma de criar nuances de cores, de modo a particularizar classes de uso da terra espectralmente próximas. Tal desempenho está ligado ao fato de que os produtos gerados por tal transformação apresentam somente cores espectrais puras e intensamente saturadas, facilitando substancialmente a individualização das diferentes feições espectrais de interesse.

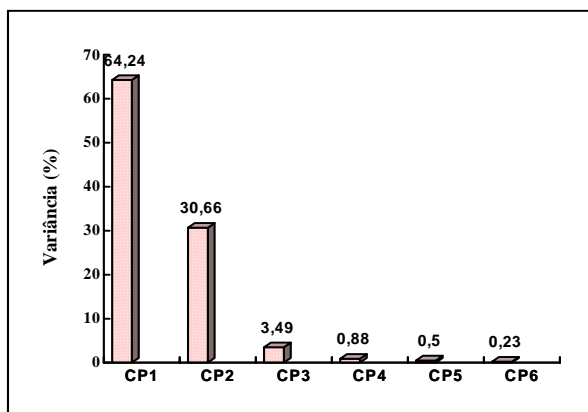


Fig. 2 - Representação gráfica da variância percentual definida para as bandas componentes principais (CP) através do subconjunto de bandas TM 1 a 5 e 7.

Lee et al. (1990) salientam que embora a análise por componentes principais seja uma técnica poderosa no realce e redução de dados multiespectrais, deve ser usada somente, como neste caso, com um bom conhecimento das características da área de estudo para evitar conclusões errôneas.

No caso da Transformação por Decorrelação de Bandas Espectrais, as três imagens decorrelacionadas obtidas (1D-2D-3D) foram associadas às diferentes e possíveis combinações de cores, sendo a melhor a composição colorida apresentada pela combinação 1D-R/ 2D-G/ 3D-B (Figura 4). Tal combinação proporcionou, através de inspeção visual, a separabilidade dos diferentes alvos presentes no módulo teste, devido ao equilíbrio na saturação e intensidade das cores formadas.

Esta transformação proporcionou além do contraste entre as diferentes feições identificadas, a manutenção das relações existentes entre os alvos e seus respectivos comportamentos espectrais nas bandas formadas. Tal característica observada no produto realçado, facilitou as inferências na definição dos alvos a partir da análise visual, conforme enfatizado por Gillespie et al. (1986).

De posse dos resultados das fotointerpretações realizadas, foi verificado que, no geral, ambos os produtos avaliados atuaram realçando o conjunto das feições de interesse e facilitando a análise visual das composições coloridas formadas. Vale salientar, entretanto, que quando tais produtos foram submetidos a uma análise comparativa qualitativa, aquele gerado pela Transformação por Componentes Principais exibiu o melhor desempenho global.

A Transformação por Componentes Principais devido ao bom controle de campo, proporcionado pelo levantamento do histórico de uso da terra, maximizou a

extração de informação a partir da composição colorida formada, pela presença de cores primárias e secundárias com significativo contraste entre si. Tal composição teve maior contribuição no realce de feições de uso da

terra, feições estas, como por exemplo cultura anual/semiperene e solo exposto, mais difíceis de serem individualizadas no produto realçado pela Decorrelação de Bandas Espectrais.

TABELA 1 - Dados estatísticos para as bandas TM 1 a 5 e 7, a partir da aplicação da técnica de Rotação Espectral.

Média

BANDA	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
MÉDIA	9,44	9,10	10,38	77,77	64,48	13,82

Matriz de Covariância

BANDA	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
TM 1	14,75					
TM 2	10,91	11,06				
TM 3	20,75	18,12	36,30			
TM 4	-4,19	3,33	-12,09	126,56		
TM 5	41,58	36,72	64,67	12,88	197,71	
TM 7	19,34	16,38	31,76	-7,47	79,66	39,50

Matriz de Coeficientes de Correlação

BANDA	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
TM 1	1,00					
TM 2	0,85	1,00				
TM 3	0,90	0,90	1,00			
TM 4	-0,10	0,09	-0,18	1,00		
TM 5	0,77	0,78	0,76	0,14	1,00	
TM 7	0,82	0,78	0,84	-0,11	0,90	1,00

Auto-Valores

BANDA	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6
Auto-Valor	273,69	130,63	14,87	3,77	2,11	1,00
Variância (%)	64,24	30,66	3,49	0,88	0,50	0,23

Matriz de Autovetores

BANDA	TM 1	TM 2	TM 3	TM 4	TM 5	TM 7
CP 1	0,192	0,170	0,302	0,087	0,843	0,353
CP 2	-0,076	-0,012	-0,165	0,974	0,032	-0,128
CP 3	0,381	0,388	0,691	0,170	-0,443	0,031
CP 4	-0,062	-0,137	-0,149	0,099	-0,302	0,924
CP 5	0,899	-0,182	-0,397	-0,003	-0,011	-0,034
CP 6	-0,030	0,877	-0,473	-0,064	-0,016	0,053

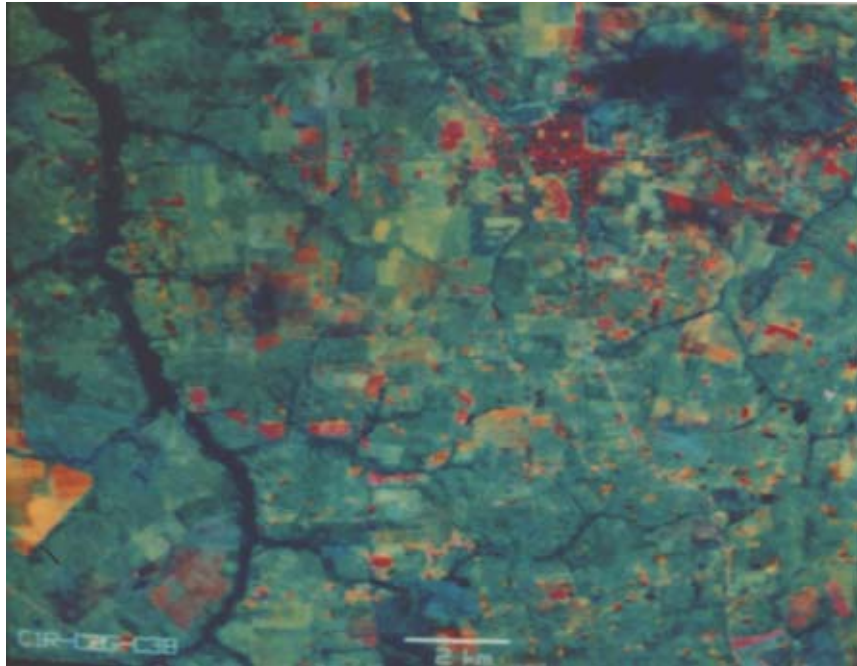


Fig. 3 - Composição colorida obtida para as três primeiras componentes principais (CP) através do subconjunto de bandas TM 1 a 5 e 7. CP1-R/ CP2-G/ CP3-B.

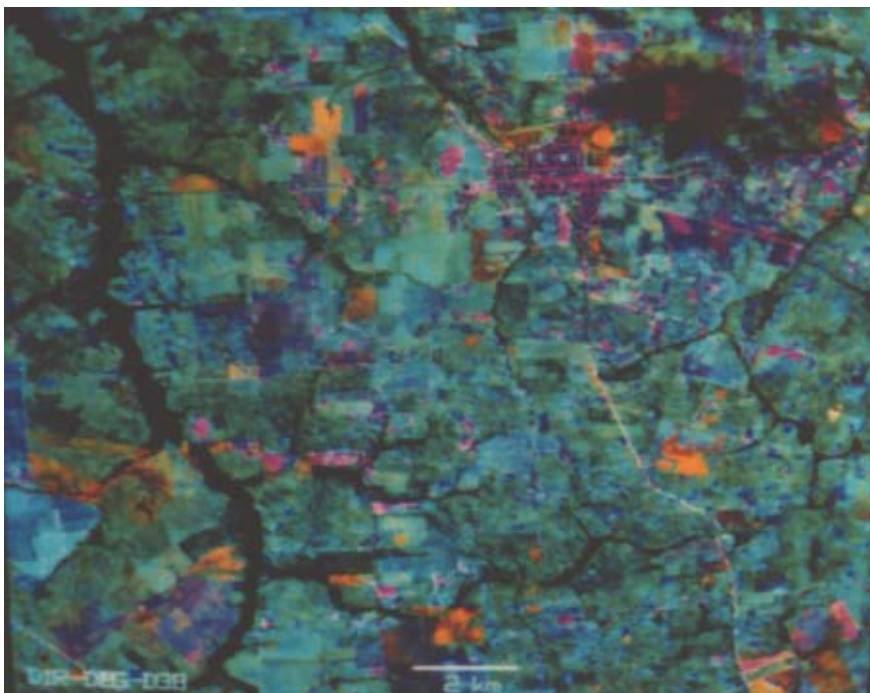


Fig. 4 - Composição colorida formada pelas bandas decorrelacionadas através do subconjunto de bandas TM 3-4-5. 1 D-R/ 2 D-G/ 3 D-B.

4. Conclusões

A partir da análise do desempenho das técnicas de realce selecionadas para caracterização de feições espectrais da cobertura vegetal e uso da terra no

município de Igarapé-Açu, PA, seguem-se algumas considerações mais relevantes.

- Os produtos obtidos por ambas as técnicas apresentam um desempenho significativo na detecção e discriminação das feições de interesse, proporcionando

cores contrastantes e limites entre padrões espectrais bem definidos.

- O produto gerado pela transformação por componentes principais foi caracterizado por apresentar cores espectrais puras e intensamente saturadas, facilitando a individualização das diferentes feições espectrais, inclusive criando nuances de cores, de modo a particularizar classes de uso da terra espectralmente próximas.
- Para a transformação por decorrelação, verificou-se que o produto formado apresentou bom desempenho na detecção e discriminação das feições de interesse, sendo caracterizado geralmente pelo equilíbrio na saturação e intensidade das cores formadas.
- A composição obtida pela transformação por componentes principais exibiu um melhor desempenho comparativo, pois houve a formação de cores com significativo contraste entre si também para realçar feições de uso da terra, sendo assim, mais recomendada para a caracterização de feições presentes na paisagem em áreas similares à de estudo, desde que se tenha um bom controle de campo.

Referências Bibliográficas

Abrams, M. Landsat-4 Thematic Mapper and Thematic Mapper Simulator Data for a Porphyry Copper Deposit. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, 50 (8) : 1171-1173, Aug. 1984.

Gillespie, A. R.; Kahle, A. B.; Walker, R. E. Color Enhancement of Highly Correlated Images. I. Decorrelation and IHS Contrast Stretches. **Remote Sensing of Environment**, 20 (3) : 209-235, Dec. 1986.

Lee, D. C. L.; Shimabukuro, Y. E.; Hernandez Filho, P. Análise de Componentes Principais para o Monitoramento de Áreas Reflorestadas. In : Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 6., Manaus, 24-29 jun., 1990. **Anais**. São José dos Campos, INPE, 1990, v.1, p.48-60.

Oliveira-Galvão, A. L. C. **Caracterização Fitofisionômica da Restinga de Carapebús - Macaé (RJ) a partir de Imagens Digitais do Sensor TM-LANDSAT 5**. (Dissertação de Mestrado) - INPE, São José dos Campos, 1991. 227 p. (INPE-5270-TDI/446).

Richards, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis** : An Introduction. Berlin, Springer-Verlag, 1986. 281p.

Ringrose, S. M.; Large, P. The Comparative Value of Landsat Print and Digital Data and Radar Imagery for Ecological Land Classification in Humid Tropics. **Canadian Journal of Remote Sensing**, 9 (1) : 45-60, 1983.

Rothery, D. A. Decorrelation Stretching as an Aid to Image Interpretation. **International Journal of Remote Sensing**, 8 (9) : 1253-1254, 1987.

Schowengerdt, R. A. **Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing**. Orlando, FL, Academic Press, 1983. 249 p.

Shimabukuro, Y. E.; Santos, J. R.; Lee, D. C. L.; Pereira, M. C. **Dados Sensoriados no Monitoramento e Avaliação de Áreas Queimadas** : O Caso do Parque Nacional das Emas (GO). São José dos Campos, INPE, 1991, 25 p. (INPE-5312-PRE/1709).

Singh, A.; Harrison, A. Standardized Principal Components. **International Journal of Remote Sensing**, 6 (6) : 883-896, Jun. 1985.

Watrin, O. S. **Estudo da Dinâmica na Paisagem da Amazônia Oriental Através de Técnicas de Geoprocessamento**. (Dissertação de Mestrado) - INPE, São José dos Campos, 1994. 153 p. (INPE-5631-TDI/555).