

Caracterização da vegetação no município de Marabá, no estado do Pará, através de dados e transformações espectrais (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) do sensor ETM+ / Landsat 7

Adriana Gomes Affonso
Dalton de Morrison Valeriano
Getúlio Teixeira Batista

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{affonso, dalton, getulio}@ltid.inpe.br

Abstract: The objective of this work is to evaluate the spectral response of several vegetation physiognomies in the municipality of Marabá, Pará, in relation to the reflectance in Landsat 7 ETM+ and to NDVI (“Normalized Difference Vegetation Index”). Based on the videography, five types of vegetation physiognomies were identified: Upland Forest, Floodplain Forest, Secondary forest, Babacu Forest and Grassland. Analysis of the digital number distribution of each physiognomy in each band were conducted and of their relations with NDVI. The results demonstrated that the spectral signature of each physiognomy is associated to the amount of vegetation cover, canopy architecture, dominant background and to the leaf angular distribution. The NDVI discriminated only Grassland, Secondary Forest and the remaining classes. These results show that despite NDVI has differentiated primary forest areas from secondary forest areas and from deforest areas, and secondary forest from deforest areas this index can not differentiate physiognomies in the same successional stage.

Palavras-chave: NDVI, Landsat 7 ETM+, videografia, Amazônia, vegetação, videography, vegetation.

1. Introdução

A enorme quantidade de informação disponibilizada pelos sensores orbitais levou a comunidade científica à elaboração de métodos para transformar a informação contida nas imagens de satélite, e derivar parâmetros relacionados a vegetação que representassem um menor volume de dados e uma maior simplicidade na análise. Diversos índices foram elaborados, como os índices de vegetação ortogonais: o índice de vegetação verde (GVI - *green vegetation index*), o índice de brilho do solo (SBI - *soil brightness index*) (Kauth e Thomas, 1976) e o índice perpendicular (PVI - *perpendicular vegetation index*) (Richardson e Wiegand, 1977). Essas técnicas têm como objetivo a extração da informação espectral dos alvos contida nas imagens e o entendimento destas relações espectrais possibilita a identificação de padrões comportamentais da interação do objeto com a energia. Desta forma, é possível analisar o uso e cobertura da terra (Walker e Homma, 1996), mapear (Lenney et al., 2001) e caracterizar a vegetação (Ravan et al., 1995).

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é caracterizar a resposta espectral da vegetação em relação às bandas do Landsat 7 ETM+, aos valores de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e ainda verificar a relação entre os valores de NDVI e os valores de reflectância da vegetação nas bandas do Landsat 7 ETM+ tendo a videografia como verificação terrestre.

3. Índice de vegetação por diferença normalizada

Um dos índices mais difundidos para derivar IAF e outros parâmetros biofísicos a partir de dados de sensoriamento remoto é o NDVI (“Normalized Difference Vegetation Index”) (Rouse et al., 1973), que é expresso pela seguinte fórmula:

$$NDVI = \left[\frac{(IVP - VM)}{(IVP + VM)} \right]$$

Onde, **IVP**: é o valor de reflectância da banda no infravermelho próximo; **VM**: é o valor de reflectância da banda no vermelho.

O NDVI tem sido utilizado no monitoramento da vegetação (Huete et al., 1997a) por ser correlacionado com parâmetros biofísicos, como índice de área foliar (IAF) (Chen et al., 1996) e biomassa (Huete, 1988). No entanto, o índice é insensível ao aumento de biomassa a partir de um determinado estágio de desenvolvimento (satura e fica estabilizado mesmo com o aumento da densidade do dossel) (Sellers, 1989; Huete et al., 1997b). Bernardes (1996) observou que o NDVI só respondeu as variações de estádios sucessionais iniciais (vegetação secundária mais jovem) saturando nos estádios mais avançados. Estudos demonstraram que o NDVI exibe pequenas variações em dosséis com baixa reflectância no vermelho apesar de grandes variações da reflectância no infravermelho próximo (Huete, 1997b), dificultando a detecção de mudanças na cobertura vegetal, nos parâmetros biofísicos e de produção primária de florestas como a floresta Amazônica.

4. Videografia Aerotransportada

A videografia aerotransportada é uma técnica de sensoriamento remoto que disponibiliza prontamente as imagens possibilitando a análise imediata da informação. Diversos estudos demonstraram a utilidade destes sistemas em projetos de mapeamento das condições do solo (Everitt et al., 1989), agricultura (Wiegand et al., 1994) e na avaliação do impacto de catástrofes naturais, reduzindo a necessidade de verificação em campo, principalmente em áreas inacessíveis (Doyle et al., 1994; Jacobs e Eggen-McIntosh, 1993).

5. Localização da área de estudo

A área de estudo está localizada entre os paralelos 5° 30' 20" e 6° 02' 59" latitude sul e os meridianos 48° 54' 25" e 49° 17' 46" longitude oeste, no município de Marabá, estado do Pará e compreende a análise de amostras do sobrevôo realizado nesse município.

6. Metodologia

6.1 Processamento da Videografia Aerotransportada

O sobrevôo foi realizado no dia 5 de junho de 1999 com um sistema de aquisição de vídeo com duas câmeras digitais (Sony DVX-1000 e Sony CCD-TR500 Hi 8) orientadas verticalmente (uma no modo de visada larga e a outra no zoom). O sistema incluía ainda um laser altímetro (904nm), GPS e um sistema de referência de atitude (AHRS-attitude and heading reference system), que mediam a distância da aeronave ao solo ou dossel da vegetação, as coordenadas e as inclinações laterais e longitudinais da aeronave, respectivamente (Hess et al., 2002).

O processamento da videografia foi adaptado de Thales (1999). Os dados auxiliares da aeronave (referentes aos dados do GPS, de inclinação da aeronave e ao laser altímetro) foram interpolados pelo programa FlightData.exe (Hess et al., 2002), possibilitando a seleção e o registro das cenas. Quarenta e quatro cenas de visada larga (com inclinações da aeronave entre -5 e +5 graus) foram capturadas pelo programa Sony DV Application/DVBK-2000, 1.00, sendo 7 de Pasto, 7 de Floresta Secundária, 9 de Floresta Inundada, 13 de Floresta de Terra Firme e 8 de Floresta com Babaçu. O registro das cenas foi feito a partir de cálculos de rotação e translação para determinar as coordenadas de georeferenciamento.

6.2 Caracterização espectral da imagem Landsat 7 em relação à resposta espectral de cada banda e ao índice de vegetação

A imagem orbital utilizada foi proveniente do sensor ETM+ do Landsat 7 (bandas 1 a 5 e 7), órbita ponto 223/64 do dia 29/07/1999. O modelo 6S (Vermote et al., 1997) foi utilizado para

a atenuação dos efeitos atmosféricos (modelo tropical para a atmosfera e o continental para os aerossóis). O NDVI foi calculado pela Ferramenta “Operações Aritméticas” no SPRING (Câmara, et al.,1996) através das bandas 3 (vermelho) e 4 (infravermelho próximo).

Foram criados 44 polígonos amostrais de 4 x 3 pixels do ETM+ (média de 9 pixels por polígono) para cada cena de videografia, nos quais foram calculadas as médias de reflectância de superfície e do NDVI para cada fisionomia vegetal. Foram feitas análise de correlação de Pearson nos grupos de variáveis (reflectância espectral nas bandas do Landsat 7 ETM+ e NDVI) e ANOVA entre classes (fisionomias).

7. Resultados

A videografia permitiu a identificação de 5 tipos de fisionomias de vegetação predominante: Florestas (Terra Firme, Inundada, Secundária e com Babaçu) e o Pasto, possibilitando uma visão detalhada da superfície terrestre. Ela foi determinante na confirmação dos tipos de vegetação encontrada na imagem Landsat 7 ETM+ e na seleção das áreas para as análises.

7.1 Caracterização espectral da vegetação através das bandas do Landsat 7 ETM+

Todas as fisionomias apresentaram um comportamento típico de coberturas vegetais, com respostas baixas no visível e no infravermelho médio e alta no infravermelho próximo (Figura 1).

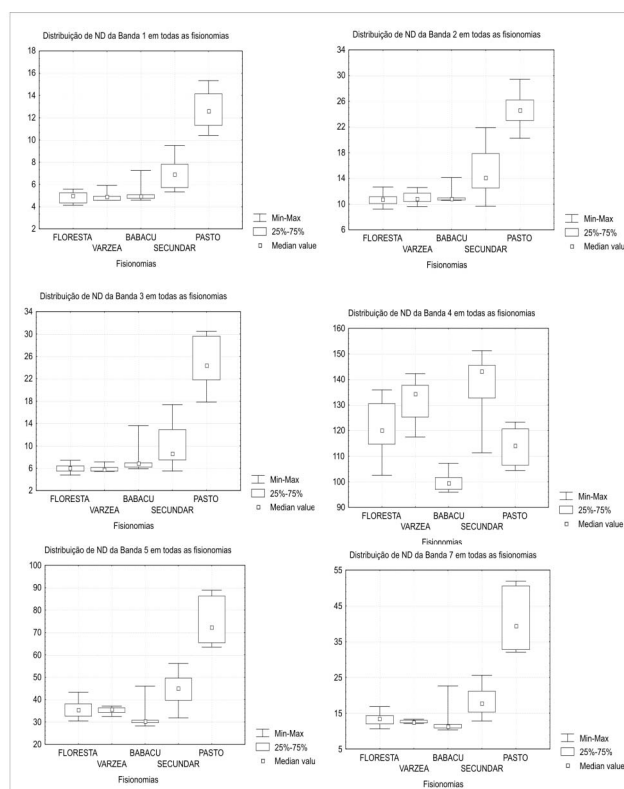


Figura.1: Distribuição dos números digitais em cada banda (1 a 5 e 7) em todas as fisionomias.

Nas bandas 1, 2 e 3 (visível) a fisionomia de pasto apresentou os maiores ND (maior reflectância). O Pasto possui uma abundância de material não fotossinteticamente ativo e uma menor cobertura do solo que justifica esta resposta elevada nessa faixa espectral. A análise de variância dos valores de ND demonstrou que o Pasto se diferenciou de todas as outras fisionomias (Tabela 1 Apêndice). As fisionomias de floresta (terra firme, inundada, secundária e babaçu) por possuírem uma maior cobertura vegetal (conseqüentemente maior

cobertura do solo), apresentam menores reflectâncias neste comprimento de onda. Embora os valores de ND destas fisionomias serem muito baixos e próximos nestas bandas, a análise de variância mostrou que a Floresta Secundária (a segunda maior resposta nessas bandas) também se diferenciou das outras fisionomias (**Tabela 1** do Apêndice). A floresta secundária representa uma área em recuperação onde a vegetação em sucessão apresenta um dossel mais homogêneo com espécies pioneiras e extremamente dependentes da alta luminosidade (o que aumenta sua resposta na banda 4), e dependendo da idade do estágio de sucessão, a influência do solo na resposta espectral (nas bandas 1, 2 e 3) será maior (estágios mais novos) ou menor (mais velhos). Este padrão de comportamento espectral das Florestas Secundárias e do Pasto também foi observado por Pereira (1996).

A banda 4 foi a que melhor separou as classes de vegetação (**Tabela 2** do Apêndice). A Floresta Secundária apresentou a maior resposta neste comprimento de onda, provavelmente em função da presença de vegetação fotossinteticamente ativa e da homogeneidade de seu dossel, ocasionando um menor sombreamento. As fisionomias de Floresta Inundada e Terra Firme, por apresentarem um dossel mais heterogêneo, possuem um maior sombreamento do que a Floresta Secundária, sendo suas respostas nesta banda um pouco menor do que Floresta Secundária, fato também observado por Moran et al., (1993) e Pereira (1996). No caso do babaçu a arquitetura do seu dossel (folhas verticais) ocasiona um maior sombreamento e em consequência uma menor reflectância neste comprimento de onda. Jackson e Pinter Jr (1986) observaram que os elementos verticais de um dossel erectófilo de trigo captam a radiação refletida para dentro do dossel, reduzindo a quantidade de radiação refletida verticalmente a um radiômetro orientado para o nadir. As folhas do babaçu são orientadas mais verticalmente (dossel erectófilo) alterando seu comportamento espectral e refletindo menos do que as outras fisionomias de floresta. Esse sombreamento também foi verificado por Nelson e Batista (1997) em observações de campo na Amazônia oriental, onde as florestas de babaçu quando comparadas com florestas primárias possuíam um sombreamento maior devido provavelmente a orientação vertical dos folíolos e ao arranjo agrupado das folhas. Os folíolos do babaçu são dispostos ao longo do eixo da ráquis, que está fixada no ápice de uma estipe, assim as folhas formam uma coroa projetada radialmente em toda as direções. No caso da visada em nadir do sensor ETM+, a radiação refletida de dosséis de babaçu na região do infravermelho próximo apresenta valores mais baixos do que em florestas primárias (Floresta de Terra Firme e Inundada).

Para as bandas 5 e 7, a resposta espectral das fisionomias, e a distribuição dos ND são similares aos das bandas 1, 2 e 3. A interação da energia incidente com a vegetação neste comprimento de onda é controlada pela quantidade de água presente no alvo. Novamente, o Pasto apresentou maiores ND nestas bandas (maior reflectância), provavelmente ao fato de possuir menor quantidade de vegetação e assim menor quantidade de água, sendo diferenciado das outras fisionomias (**Tabela 2** do Apêndice). A Floresta Secundária obteve o segundo maior valor de ND, e foi significativamente diferente de todas as outras fisionomias (**Tabela 2** do Apêndice). As Florestas Inundada, de Terra Firme e com Babaçu obtiveram respostas baixas e similares (radiação no infravermelho médio é absorvida pela água presente nos tecidos celulares das folhas) não sendo possível diferenciá-las (**Tabela 2** do Apêndice).

7.3 Caracterização da vegetação através do NDVI

As fisionomias de Floresta Inundada e de Terra Firme apresentaram os maiores valores do índice de vegetação, seguidos pelas fisionomias de Floresta com Babaçu e Secundária e por fim o Pasto que obteve o menor valor (**Figura 2**). A razão entre as duas bandas realça a resposta espectral da vegetação em relação ao solo, desta forma as fisionomias com baixa reflectância na banda 3 e alta a banda 4 apresentarão altos valores do índice.

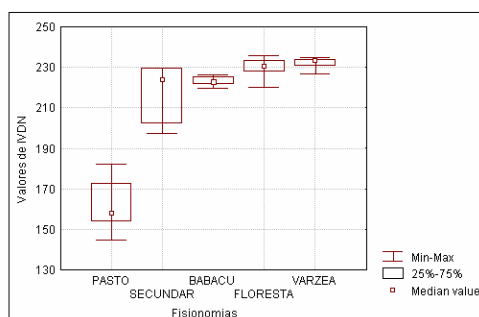


Figura.2: Valores do NDVI de todas as fisionomias

A Floresta Inundada, que apresentou a menor reflectância na banda 3 (seu fundo é basicamente de água e não solo) e altos valores na banda 4, obteve o maior valor de NDVI. Sendo significativamente diferente de todas as outras fisionomias com exceção da Floresta de Terra Firme (**Tabela 3** do Apêndice). A Floresta Secundária obteve o menor valor de NDVI dentre as fisionomias de floresta e não se diferenciou apenas da Floresta com Babaçu (**Tabela 3** do Apêndice). Podemos observar que fisionomias com mesmo estágio de desenvolvimento são inseparáveis pelo NDVI, que diferenciou apenas os grupos entre si. Apesar de não ter sido medido o IAF neste trabalho, é possível observar na **Figura 2** a natureza assintótica da curva do NDVI que com o aumento da cobertura vegetal (variando do pasto até a floresta inundada) o índice chega a seu limite de crescimento exponencial.

A relação entre o NDVI e as bandas 3 e 4 é apresentada na **Figura 3**. A alta relação com a banda 3 ($r = -0,98$) está associada com a presença do solo, ou seja, as fisionomias com maiores valores de reflectância na banda 3 terá menores valores do NDVI, e com menores valores de reflectância, maiores valores do índice. No caso da banda 4, a baixa relação ($r = 0,28$) provavelmente está associada aos altos valores de reflectância encontrados na banda 4, que está relacionada com a idade de desenvolvimento das fisionomias e conseqüentemente o IAF e a arquitetura do dossel. Desta forma, como citado por Sellers (1989), o índice tende a saturar ficando insensível à variações de aumento de biomassa vegetal a partir de um determinado estágio de desenvolvimento.

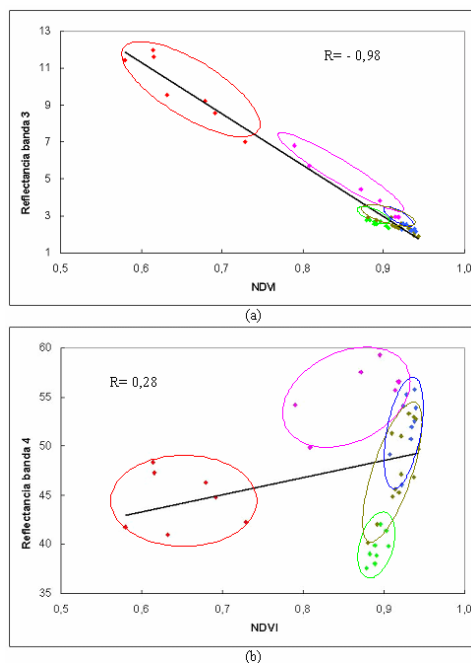


Figura.3: Relação entre as bandas 3 (a) e 4 (b) do Landsat 7 ETM+ e os valores de ND do NDVI, onde o vermelho corresponde a fisionomia de pasto, o rosa a floresta secundária, o verde claro ao babaçu, o verde escuro a floresta terra firme e o azul a floresta inundada.

Podemos observar (**Figuras 2 e 3b**) pelo NDVI três grupos em relação ao estágio de desenvolvimento: (1) as florestas primárias: terra firme e inundada; com os valores mais altos do índice (acima de 0,9), dossel denso, heterogêneo, menor influência do solo e alta reflectância no infravermelho; (2) as florestas em regeneração: secundária e babaçu, (valores entre 0,8 e 0,9) a secundária com alta reflectância no infravermelho, dossel mais homogêneo e maior influência do solo, o babaçu com a menor reflectância no infravermelho e menor influência do solo (3) o pasto, com o menor valor de NDVI (0,64), representada por áreas de terreno limpo com reduzida cobertura vegetal, apresentando grande influência do solo com a maior reflectância no vermelho. A análise de variância confirmou a diferenciação entre estes três grupos, mas não houve separabilidade entre as fisionomias no mesmo grupo (**Tabela 3** do Apêndice). Desta forma, as fisionomias de estádios sucessionais similares (como as Floresta Secundária e com Babaçu), mas com diferenças em relação a arquitetura do dossel (maior sombreamento no babaçu) apresentaram valores de NDVI parecidos.

8. Conclusões

De uma forma geral, todas as fisionomias apresentaram um comportamento típico de coberturas vegetais, com respostas baixas no visível e infra vermelho médio e alta no infravermelho próximo. No entanto, foi possível observar que o comportamento de cada fisionomia está associado à quantidade de vegetação, arquitetura do dossel e substrato dominante. Apesar do NDVI ter discriminado as áreas de floresta primária de áreas de florestas secundárias e de regiões desflorestadas, e separando ainda as áreas de floresta secundária de áreas desflorestadas, podemos observar o alto grau de saturação deste índice no estudo em questão, sendo incapaz de diferenciar as fisionomias no mesmo estágio sucessional. A alta relação deste índice com a banda 3 nos mostra um panorama em que quanto menor a cobertura do solo, menor o índice de vegetação, mas quanto maior a cobertura do solo, mais rápido o índice tende a saturar, ou seja, a resposta da vegetação e o valor do índice estão mais relacionados com a absorção da radiação do comprimento de onda no vermelho pelos pigmentos da planta do que pela reflectância da radiação no infra vermelho próximo, assim como observado por Myneni e outros (1995).

8. Referências Bibliográficas

- Bernardes, S. **Índices de vegetação e valores de proporção na caracterização de floresta tropical primária e estádios sucessionais na área de influência da floresta nacional do Tapajós- Estado do Pará.** São José dos Campos. 97p. (INPE-6890-TDI/651).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, 1996.
- Câmara Neto, G. Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computer Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- Chen, S. C. Godoy Jr, M.; Herz, R. Correção atmosférica de dados Landsat através do método de subtração na região amazônica.. In: Simpósio Latinoamericano de Percepção Remota, 7, nov, 1995, Puerto Vallarta, MX. **Anais...**[S.l]: SELPER, 1995. p. 81-87.
- Doyle, T. W. Wells, C. J.; Roberts, M. R.; Krauss, K. The use of Videography to assess the spatial impact of hurricanes on forest ecosystems. In: GIS/LIS. **Anais.** Bethesda: ACSM-ASPRS-AAg-URISA-AM/FM, 1994. v. 1, p. 222-227.
- Everitt, J. H. Escobar, D. E.; Alaniz, M. A.; Davis, M. R. Using multispectral video imagery for detecting soil surface conditions. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 55, p. 467-471, 1989.
- Hess, L. L. Novo, E. M. L. M.; Slaymaker, D. M.; Holt, J.; Steffen, C.; Valeriano, D. M.; Mertes, L. A. K.; Krug, T.; Mellack, J. M.; Gstail, M.; Holmes, C.; Hayward, C. Geocoded digital videography for validation of land cover mapping in the Amazon basin. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 7, p. 1527-1556, 2002.

Huete, A. R. A Soil- Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, Ago. 1988.

Huete, A. R. Liu, H. Q.; Batchily, K.; van Leeuwen, W. J. D. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 3, p. 440-451, Mar. 1997a.

Huete, A. R. Liu, H.Q.; van Leeuwen, W. J. D. The use of vegetation indices in forested regions: Issues of linearity and saturation. In: International Geoscience and remote Sensing Seminar. **Anais**. Noordwijk: Netherlands: ESA Publications, 1997b. v. 4, p. 1966-1968

Jackson, R. D. Pinter Jr, P. J. Spectral response of architecturally different wheat canopies. **Remote Sensing of Environment**, v. 20, n. 1, p. 43-56, Ago. 1986.

Jacobs, D. M. Eggen-McIntosh, S. Airbone videography and GPS for assessment of forest damage in southern Louisiana from hurricane Andrew. In: Proceedings of the ILJFRO coferece on inventory and management techniques in the context of catastrophic events. **Anais**. University Park, PA: 1993. Disponível em: <http://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_jacobs001.pdf> Acessado em: 10 dez. 2002.

Kauth, R. J. Thomas, G. S. The Tasseled Cap: a graphic description of the spectraltemporal development of agricultural crops as seen in Landsat.. In: Proceedings on the Symposium om Machine Processing of Remotely Sensed Data, 29 jun-01 jul. 1976, West Lafayette, Indiana, EUA. **Anais**. West Lafayette, Indiana: Purdue University, 1976. p. 41-51.

Lenney, M. P. Woodcock, C. E.; Macomber, S. A.; Gopal, S.; Song, C. Forest mapping with a generalized classifier and Landsat TM data. **Remote Sensing of Environment**, v. 77, n. 3, p. 214-250, 2001.

Moran, E. F. Brondízio, E. S.; Mausel, P.; Li, Y. H. Assinaturas espectrais diferenciando etapas de sucessão secundária no leste amazônico. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais**. Curitiba: INPE, 1993. v. 2, p. 202-209.

Myneni, R. B. Hall, F. G.; Sellers, P. J.; Marshak, A. L. The interpretation of spectral vegetation indexes. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 33, n. 2, p. 481-186, Mar. 1995.

Nelson, B. W. Batista, G. T. **Observações em campo**. (Amazônia, Jul. 1987). Comunicação Pessoal

Pereira, J. L. G. **Estudos de áreas de floresta em regeneração através de imagens Landsat**. São José dos Campos. 104p. (INPE-5987-TDI/578).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996.

Ravan, S. A. Roy, P. S.; Sharma, C. M. Space remote sensing for spatial vegetation characterization. **Journal of Bioscience**, v. 20, n. 30, p. 427-438, 1995.

Richardson, A. J. Wiegand, C. L. Distinguishing vegetation from soil background information. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 43, n. 12, p. 1541-1552, 1977.

Rouse, J. W. Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite -1 Symposium 3. **Anais**. Washington, D.C.: NASA, Gooddard Space Flight Center, Mar. 1973. v. 1, p. 309-317.

Sellers, P. J. Vegetation canopy spectral reflectance and biophysical processes. In: **Theory and applications of optical remote sensing**. New York: John Wiley, 1989. Cap. 8, p. 297-335.

Thales, M. C. **Imagem fração sombra na caracterização e mapeamento de babaçu (*Attalea speciosa Mart ex Spreng.*) em áreas de floresta**. São José dos Campos. 140p. (8382-TDI/720).Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - INPE, Maio 1999.

Vermote E. F. Tanré, D.; Deuzé, J. L.; Herman, M.; Morcrette, J. J. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: an overview. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 35, n. 3, p. 675-686, 1997.

Walker, R. Homma, A. K. O. Land use and land cover dynamics in the brazilian amazon: an overview. **Ecological Economics**, v. 18, n. 1 , p. 67-80, 1996.

Wiegand, C. L. Rhoades, J. D.; Escobar, D. E.; Everitt, J. H. Photographic and videographic observations for determining and mapping the response of cotton to salinity.**Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 3, p. 212-223, 1994

8. Apêndice

Tabela1: Valores F e P do ANOVA nas bandas 1 (b1), 2 (b2) e 3 (b3) do Landsat 7 ETM+

Fisionomias	F (b1)	P (b1)	F (b2)	P (b2)	F (b3)	P (b3)
Floresta X Babaçu	1,09	0,30	1,26	0,27	3,27	0,08
Floresta X Secundária	23,72	0,0001*	14,77	0,0010*	12,00	0,002*
Floresta X Pasto	253,01	0,00*	260,34	0,00*	213,32	0,00*
Floresta X Inundada	0,25	0,61	1,36	0,25	0,20	0,65
Babaçu X Secundária	10,37	0,005*	7,87	0,010*	2,90	0,100
Babaçu X Pasto	140,53	0,00*	164,23	0,00*	99,38	0,00*
Babaçu X Inundada	0,29	0,59	0,0003	0,98	3,08	0,09
Pasto X Secundária	51,73	0,000*	27,05	0,0001*	44,76	0,00*
Pasto X Inundada	168,90	0,00*	170,42	0,00*	151,90	0,00*
Secundária X Inundada	14,72	0,001*	8,05	0,010*	9,12	0,008*

* significativamente diferentes a 5% de probabilidade

Tabela 2: Valores F e P do ANOVA nas bandas 4 (b4), 5 (b5) e 7 (b7) do Landsat 7 ETM+

Fisionomias	F (b4)	P (b4)	F (b5)	P (b5)	F (b7)	P (b7)
Floresta X Babaçu	32,21	0,00*	4,24	0,052	0,54	0,46
Floresta X Secundária	9,26	0,006*	12,95	0,001*	14,65	0,001*
Floresta X Pasto	3,50	0,07	164,80	0,00*	141,78	0,00*
Floresta X Inundada	6,55	0,01*	0,08	0,77	1,83	0,19
Babaçu X Secundária	69,34	0,000*	15,86	0,001*	8,89	0,009*
Babaçu X Pasto	20,33	0,0004*	120,96	0,00*	86,00	0,00*
Babaçu X Inundada	121,36	0,00*	3,62	0,07	0,01	0,93
Pasto X Secundária	19,49	0,0006*	44,67	0,00*	48,35	0,00*
Pasto X Inundada	24,91	0,0001*	135,76	0,00*	107,65	0,00*
Secundária X Inundada	0,97	0,34	12,44	0,003*	16,50	0,001*

* significativamente diferentes a 5% de probabilidade

Tabela 3: Valores de F e P do ANOVA do NDVI

Fisionomias	F	P
Floresta X Inundada	2,15	0,158
Floresta X Babaçu	15,05	0,001*
Floresta X Secundária	8,02	0,011*
Floresta X Pasto	291,19	0,00*
Babaçu X Secundária	0,90	0,359
Babaçu X Inundada	60,38	0,00*
Babaçu X Pasto	168,01	0,00*
Secundária X Pasto	48,63	0,00*
Secundária X Inundada	9,47	0,008*
Pasto X Inundada	250,45	0,00*

* significativamente diferentes a 5% de probabilidade