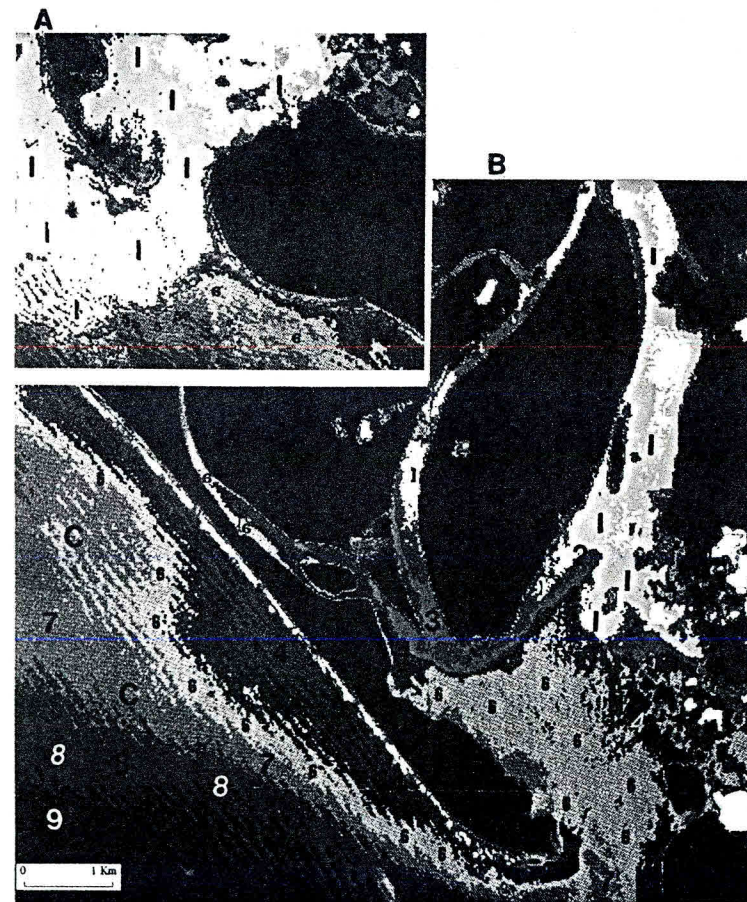




Boletín de la Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota
y Sistemas de Información Espacial, Capítulo México



Turbidez de las aguas en términos de reflectancia en el estuario de la Boca de San Juan, Colombia. Imágenes de clasificación final. a) Estuario Boca Chavica; b) Estuario Boca San Juan; c) Zona de plataforma somera. Para las categorías de aguas, véase Tabla 8. Delta del San Juan/1991.

COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI E GEMI DERIVADOS DE IMAGENS AVHRR/NOAA NA REGIÃO CENTRO-SUL DO BRASIL

Yosio E. Shimabukuro, Silvana Amaral y Bernardo F. T. Rudorff

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - CEP 12201-970
São José dos Campos, São Paulo, Brasil
E-mail: yosio@ltid.inpe.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma comparação dos índices de vegetação *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e *Global Environment Monitoring Index* (GEMI) para discriminação de diferentes alvos na região Centro-Sul do Brasil cujo limite superior está definido pelo paralelo 14°S. As imagens NDVI e GEMI, foram geradas a partir dos dados do sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer / High Resolution Picture Transmission* (AVHRR/HRPT), a bordo do satélite NOAA, nas bandas 1 (580 a 680 nm) e 2 (780 a 900 nm). Os dados AVHRR foram obtidos no período de 21 a 26 de junho de 1993 com uma resolução espacial de 1.1 km e corrigidas para a projeção Equidistante de Lambert. As imagens GEMI e NDVI de 22 de junho de 1993 foram analisadas para os principais alvos da área de estudo (água, nuvem, vegetação e área urbana), procurando avaliar a sensibilidade destes índices na identificação dos alvos. Os resultados preliminares mostram que as imagens NDVI foram, em geral, mais sensíveis na identificação dos alvos quando comparado com as imagens GEMI. Análises mais detalhadas das imagens GEMI são recomendadas uma vez que o comportamento deste índice ainda é pouco conhecido.

Introdução

A comunidade científica tem se preocupado no estudo dos processos de alteração da superfície que condicionam mudanças globais. Para tais estudos é relevante que se disponha de um conjunto de dados globais. Dados do sensor

Advanced Very High Resolution Radiometer / High Resolution Picture Transmission (AVHRR/HRPT), a bordo do satélite NOAA, constituem uma base de dados apropriada para monitoramento da cobertura terrestre, por suas características de repetitividade diária e resolução espacial de 1.1 km (Townshend,

1994; James e Kalluri, 1994).

A baixa reflectância das folhas na região do visível se deve à absorção da radiação solar pelos pigmentos; enquanto que a alta reflectância na região do infravermelho próximo se deve ao espalhamento da radiação no interior das folhas. Portanto, o comportamento espectral das folhas depende da sua composição química e de sua estrutura interna. A variação da reflectância da cobertura vegetal em diferentes bandas de sensores remotos depende, principalmente, da quantidade de folhas e da arquitetura do dossel.

Diversos índices de vegetação têm sido propostos na literatura com o objetivo de explorar a assinatura espectral da vegetação, especialmente nas regiões visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (Rouse *et al.*, 1974, Kauth e Thomas, 1976, Tucker, 1979, Jackson, 1983). Estes índices podem ser relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal (p. ex., biomassa e índice de área foliar) e visam amenizar os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição, que influenciam a resposta espectral das bandas dos sensores remotos.

Os índices mais utilizados são: razão simples (*Simple Ratio*, SR, Pearson e Miller, 1972) e diferença normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI, Rouse *et al.*, 1974; Deering *et al.*, 1975). A partir desses índices foram derivados uma série de índices com o objetivo de minimizar a influência de

solos de fundo, tais como: SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*, Huete, 1988), TSAVI (*Transformed Soil Adjusted Vegetation Index*, Baret *et al.*, 1989, Baret e Guyot, 1991), e PVI (*Perpendicular Vegetation Index*, Richardson e Wiegand, 1977). Outros índices foram desenvolvidos para minimizar a influência atmosférica incluindo uma banda na região do azul como por exemplo o ARVI (*Atmospherically Resistant Vegetation Index*, Kaufman e Tanré, 1992). Um novo índice denominado GEMI (*Global Environment Monitoring Index*) foi desenvolvido com o intuito de reduzir efeitos atmosféricos e aumentar a capacidade de discriminar diferentes densidades de cobertura vegetal (Pinty e Verstraete, 1992, Flasse e Verstraete, 1994).

Este trabalho tem como objetivo comparar, de forma global, os índices de vegetação NDVI e GEMI, gerados a partir dos dados AVHRR/HRPT, para discriminação de diferentes alvos na região Centro-Sul do Brasil.

Material e método

Os dados AVHRR/HRPT do satélite NOAA foram recebidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) na estação de recepção em Cachoeira Paulista, São Paulo no período de 21 a 26 de junho de 1993. Estes dados foram tratados utilizando o pacote de processamento de imagens AVHRR desenvolvido pelo *Global Inventory Mo-*

Monitoring and Modeling Studies (GIMMS) da NASA, gerando imagens na projeção Equidistante de Lambert. Os dados AVHRR nas bandas 1 (580 a 680 nm) e 2 (780 a 900 nm), com uma resolução espacial de 1.1 km, foram convertidos para valores de reflectância. A partir destes dados foram geradas as imagens índice de vegetação NDVI e GEMI sobre a região Centro-Sul do Brasil, cujo limite superior corresponde ao paralelo 14°S.

A imagem NDVI foi gerada utilizando a seguinte equação: $NDVI = (Banda2 - Banda1) / (Banda2 + Banda1)$. A imagem GEMI foi obtida pela equação: $GEMI = \eta(1 - 0.25\eta) - (Banda1 - 0.125) / (1 - Banda1)$, onde: $\eta = [2(Banda2^2 - Banda1^2) + 1.5 Banda2 + 0.5 Banda1] / (Banda2 + Banda1 + 0.5)$, conforme definido por Pinty e Verstraete (1992).

As imagens GEMI e NDVI do dia 22 de junho de 1993 foram utilizadas para a análise dos seguintes alvos: água, nuvem, cobertura vegetal e área urbana. Embora se dispusesse de dados AVHRR de um período de seis dias (21 a 26 de junho) o uso de uma única data (22 de junho) se justifica pela pouca variação no comportamento espectral dos alvos esperado para este período. Sobre as imagens NDVI e GEMI foram selecionadas algumas áreas de treinamento (amostras) para os seguintes alvos: 1) água, 2) nuvens, 3) cobertura vegetal na região do Pantanal, 4) áreas agrícolas na região oeste do Estado de São Paulo, 5) área urbana da cidade de

São Paulo e 6) região litorânea no sul do Brasil (Figuras 1 e 2).

Resultados

As imagens NDVI e GEMI são apresentadas nas Figuras 1 e 2, respectivamente. Os valores de reflectância nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, e os valores dos índices NDVI e GEMI são apresentados nos gráficos da Figura 3a e b, respectivamente. Verifica-se neste gráfico que os valores do NDVI apresentam uma grande variação na sua escala de valores quando comparados com os valores do GEMI, indicando que o NDVI foi mais sensível na discriminação dos alvos.

Foi observado uma significativa diferença visual entre as imagens NDVI (Figura 1) e GEMI (Figura 2), em especial sobre áreas cobertas com nuvens. A imagem GEMI apresenta um realce das nuvens, porém elas se confundem com algumas áreas de vegetação. Por outro lado as áreas de nuvem na imagem NDVI são pouco realçadas e se confundem com áreas não vegetadas (p. ex., área urbana). Cabe ressaltar que a influência da cobertura de nuvens pode ser minimizada através de técnicas de pré-processamento e mosaicagem de imagens multitemporais. A imagem NDVI apresenta uma maior distinção entre água e terra quando comparada com a imagem GEMI o que está em conformidade com os resultados de Flasse e Verstraete (1994), obtidos

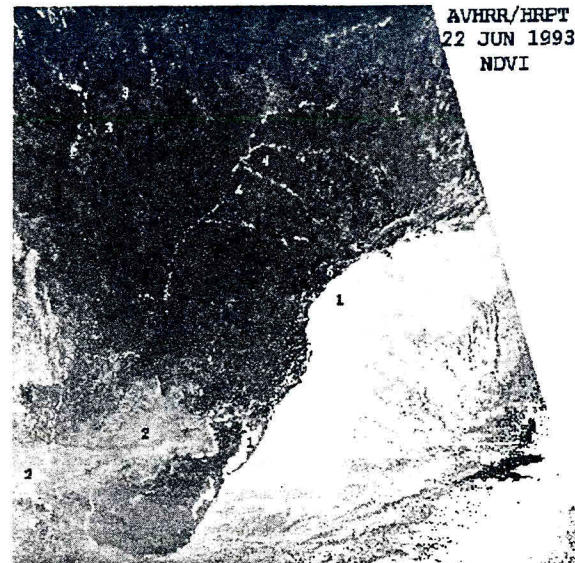


Fig. 1. Imagem índice de vegetação NDVI com localização das amostras de treinamento dos alvos: 1) água, 2) nuvens, 3) região do Pantanal, 4) região oeste do Estado de São Paulo, 5) cidade de São Paulo e 6) região litorânea.



Fig. 2. Imagem índice de vegetação GEMI com localização das amostras de treinamento dos alvos: 1) água, 2) nuvens, 3) região do Pantanal, 4) região oeste do Estado de São Paulo, 5) cidade de São Paulo e 6) região litorânea.

para o continente Africano. As demais diferenças observadas entre as duas imagens podem ser devido à geometria de aquisição dos dados e/ou influência atmosférica cuja análise não foi abordada neste estudo.

A Tabela 1 mostra os valores médios dos índices NDVI e GEMI para as áreas de treinamento dos diferentes alvos selecionados. Esses valores são compatíveis com aqueles observados por Flasse e Verstraete (1994).

Tabela 1. Valores médios dos índices NDVI e GEMI para as áreas de treinamento dos alvos selecionados

Alvos das Áreas de Treinamento	Índice de Vegetação	
	NDVI	GEMI
1) Água	-0.52	0.14
2) Nuvem	-0.02	0.29
3) Região do Pantanal	0.23	0.26
4) Região Oeste de São Paulo	0.19	0.27
5) Cidade de São Paulo	-0.06	0.20
6) Região Litorânea	0.15	0.20

Considerações finais

A análise preliminar das imagens NDVI e GEMI, para a região Centro-Sul do Brasil, mostrou uma significativa diferença visual entre estas imagens, principalmente com relação às áreas cobertas com nuvens. A imagem GEMI apresenta um realce das nuvens, porém elas se confundem com algumas áreas de vegetação. Por outro lado as áreas de nuvem nas imagens NDVI são pouco realçadas e se

De acordo com os valores apresentados na Tabela 1, o NDVI apresenta um intervalo de variação de 0.75 para as amostras dos alvos analisados. Esta variação é maior do que a observada para o GEMI que foi de 0.15 indicando que o NDVI foi mais sensível na discriminação dos alvos conforme observado no gráfico da Figura 3b e visualmente através das Figuras 1 e 2.

confundem com áreas não vegetadas (p. ex., área urbana). Cabe ressaltar que a influência da cobertura de nuvens pode ser minimizada através de técnicas de préprocessamento e mosaicagem de imagens multitemporais. A imagem NDVI apresenta uma maior distinção entre água e terra quando comparada com a imagem GEMI. O índice NDVI, em geral, apresenta-se mais sensível na discriminação dos alvos estudados. Demais diferenças observadas entre as imagens NDVI e

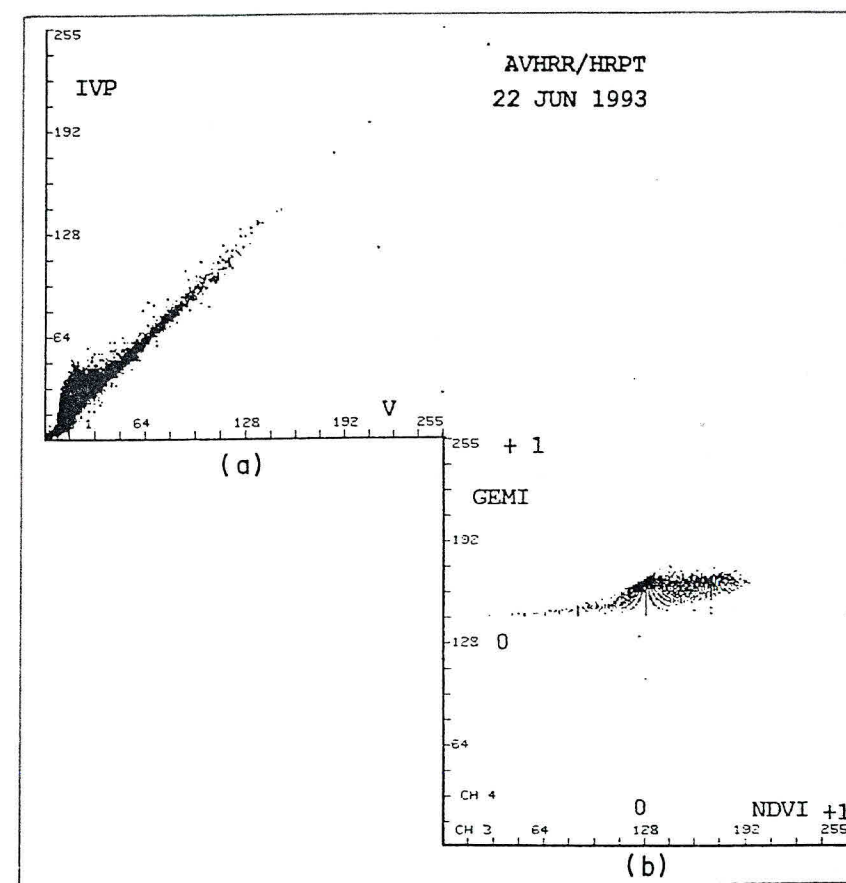


Fig. 3. a) Gráfico dos valores de reflectância nas bandas do vermelho e infravermelho próximo e b) gráfico dos valores dos índices NDVI e GEMI.

GEMI podem ser devido à geometria de aquisição dos dados e/ou influência atmosférica. O GEMI é um índice novo que precisa ser melhor avaliado e será considerado em estudos futuros.

Referências

- Baret, F. e G. Guyot, 1991. Potential and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessments, *Rem. Sens. Environ.* 35:161-173.
- Baret, F., G. Guyot e D. Major, 1989. TSAVI: a vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI and APAR estimation, In: *12th Canadian Symposium on Remote Sensing and IGARSS'89*, 10-14 July 1989, Vancouver, Canada, pp. 1355-1358.
- Deering, D.W., J.W. Rouse, R.H. Haas e J.A. Schell, 1975. Measuring forage production of grazing units from Landsat MSS data, In: *Proceedings of 10th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, vol. II, pp. 1169-1178.
- Flasse, S. e M.M. Verstraete, 1994. Monitoring the environment with vegetation indices: comparison of NDVI and GEMI using AVHRR data over Africa, pp. 107-135, In: Veroustraete, F. and R. Ceulemans (eds.), *Vegetation, Modelling and Climatic Change Effects*. SPB Academic Publishing bv. The Hague, The Netherlands.
- Huete, A.R., 1988. A soil-adjusted vegetation index (SAVI), *Rem. Sens. Environ.* 25:295-309.
- James, M.E. e S.N.V. Kalluri, 1994. The Pathfinder AVHRR land data set: An improved coarse resolution data set for terrestrial monitoring, *Int. J. Remote Sensing* 17:3347-3364
- Jackson, R.D., 1983. Spectral indices in n-space. *Rem. Sens. Environ.* 13:409-421.
- Kauth, R.J. e G.S. Thomas, 1976. The tasseled-cap - a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen by Landsat, In: *Proceedings of the Annual Symposium of Machine Processing of Remotely Sensed Data*, 2, West Lafayette, IN. Purdue University, West Lafayette, IN, pp. 4B41-4B51.
- Kaufman, Y.J. e D. Tanré, 1992. Atmospherically resistant vegetation index (ARVI) for EOS-MODIS, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 30:261-270.
- Pearson, R.L. e L.D. Miller, 1972. Remote mapping of standing crop biomass for estimation of the productivity of the short-grass prairie, Pawnee National Grasslands, Colorado, In: *Proceedings of the 8th International Symposium on Remote Sensing of Environment*, ERIM, Ann Arbor, MI, pp.1357-1381.
- Pinty, B. e M.M. Verstraete, 1992. GEMI: a non-linear index to monitor global vegetation from satellites, *Vegetatio*, 101:15-20.
- Richardson, A.J. e C.L. Wiegand, 1977. Distinguishing vegetation from soil background information, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 43:1541-1552.
- Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, D.W. Deering e J.C. Harlan, 1974. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation, NASA/GSFC, Type III, Final Report, Greenbelt, MD, 371 p.
- Townshend, J.R.G., 1994. Global data sets for land applications from the Advanced Very High Resolution Radiometer: an introduction. *Int. J. Remote Sensing* 17:3319-3332.
- Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combination for monitoring vegetation, *Rem. Sens. Environ.* 8:127-150.

PRIMERA LLAMADA

SEGUNDA JORNADA LATINOAMERICANA DE PERCEPCION REMOTA Y RADAR: TECNICAS DE PROCESAMIENTO DE IMAGENES

Centro de Convenciones
Mendes Plaza Hotel
Santos, SP - Brasil

11-12 de septiembre de 1998

Temas principales: Fuente de Datos, Reducción de Ruido *Speckle*, Modelos Estadísticos para Datos de Radar, Generación de Modelos de Evaluación de Terreno, Seguimiento en Clasificación de Imágenes de Radar, Sistemas de Procesamiento de Generación de Imágenes de Radar, Sistemas de Generación de Información, Educación en Tratamiento en Radar.

Informes:

Dra. Corina da Costa Freitas Yanasse
INPE/DPI

Tel: (55-12) 325-6475

Av. Dos Astronautas, 1758

Fax: (55-12) 325-6468

12227-010 São José dos Campos, SP - Brasil E-mail: corina@dpi.inpe.br