

DETERMINAÇÃO DE NOVAS BANDAS ESPECTRAIS PARA OS SATÉLITES LANDSAT/TM-5 E SPOT 1

Míriam Regina Bordinhon PEGORARI ¹, Erivaldo Antonio da SILVA ²,
Vilma Mayumi TACHIBANA ²

(1) Departamento de Informática, Faculdades Adamantinenses Integradas (FAI). Rua Nove de Julho 730. Telefone/FAX (18) 522-1002. CEP 17.800-000. Adamantina, SP. Endereço eletrônico: miriambp@zaz.com.br. (2) Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), UNESP. Rua Roberto Simonsen, 305, Câmpus Universitário. CEP 19060-900. Presidente Prudente, SP.
Endereços eletrônicos: erivaldo@prudente.unesp.br, vilma@polo.prudente.unesp.br

Introdução
Materiais e Métodos
 Descrição Geral e Caracterização da Área Piloto
 Materiais
 Metodologia
 Correção Atmosférica e Redução dos Dados do AVIRIS de Radiância para Reflectância
 Seleção dos Alvos e Simulação das Imagens Landsat/TM-5 e Spot 1
Resultados e Discussões
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – Neste trabalho foram utilizados dados do sensor AVIRIS (**A**irbone **V**isible/**I**nfra**R**ed **I**maging **S**pectrometer, JPL/NASA), de uma área na região do Estado de Goiás, adquiridos em agosto de 1995. O sensor AVIRIS tem um alcance espectral de 0,4 a 2,5 µm em 224 faixas contínuas. Todo o processamento dos dados foi realizado no *software* ENVI®. Destes dados foram simuladas imagens de sensores multiespectrais Landsat/TM-5 e Spot 1 e espectros de alvos foram selecionados. A partir dos espectros foram gerados contrastes entre os pares de alvos selecionados, com o objetivo de obter faixas espectrais onde a diferenciação entre alvos fosse máxima. Foram detectados novos intervalos que podem ser utilizados em futuros sistemas sensores, facilitando ainda mais a discriminação entre os alvos de superfície terrestre, o que pode contribuir positivamente para a área de Sensoriamento Remoto.

Palavras-chave: Sensores multiespectrais, AVIRIS, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT – *M.R.B. Pegorari, E.A. da Silva, V.M. Tachibana – Determination of new spectral strips from Landsat/TM-5 e Spot 1 satellites.* Data of AVIRIS (**A**irbone **V**isible/**I**nfra**R**ed **I**maging **S**pectrometer, JPL/NASA) sensor were used from an area in the region of the State of Goiás, obtained in August 1995. The AVIRIS spectral sensor varies from 0.4 to 2.5 µm in 224 continuous strips. The data processing was accomplished by the ENVI® software. Images for the selected targets were simulated from these data on spectral and Landsat/TM-5 and Spot 1 multispectral sensors. Contrasts for pairs of selected targets were generated from the spectrum, aiming to obtain spectral strips where the differentiation among the targets was maximum. New intervals of strips were detected, which may be used in future sensor systems, facilitating the differentiation of terrestrial surface targets, what can contribute positively to the Remote Sensing.

Keywords: Multispectral sensors, AVIRIS, Remote Sensing.

INTRODUÇÃO

Dados de Sensoriamento Remoto Hiperespectral de algumas áreas do Brasil foram obtidos pela primeira vez em 1995, através da aquisição de imagens pelo espectrômetro (AVIRIS) nas faixas espectrais do visível ao infravermelho próximo. A pesquisa fez parte da SCAR-B (**S**moke, **S**ulfate, **C**louds **A**nd **R**adiation - **B**razil), que foi uma missão científica da NASA, da Agência Espacial Brasileira (AEB) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O conhecimento do comportamento espectral dos objetos terrestres, bem como a seleção de bandas espectrais de interesse no momento da aquisição, são primordiais para a definição de novos sensores orbitais ou para a criação de novas bandas em sensores existentes.

De maneira geral, tem-se discutido o comportamento espectral dos principais objetos naturais que compõem a superfície terrestre, como vegetação, solo e corpos de água, focalizados neste estudo. A sua realização foi motivada pela possibilidade de avaliação prévia do potencial de uso da imagem AVIRIS (**A**irborne **V**isible/**I**nfra**R**ed **I**maging **S**pectrometer) na simulação de imagens de sensores orbitais existentes, baseando-se nas funções de resposta espectral que caracterizam as bandas espectrais, com o objetivo de estabelecer uma metodologia a partir do uso de dados hiperespectrais, indicando faixas espectrais que podem compor novas bandas nos sensores multiespectrais já existentes ou futuros.

MATERIAIS E MÉTODOS

DESCRIÇÃO GERAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA PILOTO

Foi utilizada uma imagem com um ângulo de elevação solar de 62°, obtida pelo sensor hiperespectral AVIRIS durante a missão SCAR-B em agosto de 1995, coincidindo com o auge da estação seca. As imagens foram coletadas em 224 bandas espectrais estreitas (10 nm de largura) na faixa 400-2.500 nm, com resolução espacial de 20 metros (Galvão et al., 1999).

A área escolhida para a realização do trabalho é parte do município de Alto Paraíso de Goiás no Estado de Goiás. É uma área de maior distribuição contígua de savanas (cerrado) na região Centro-Oeste do Brasil, situada entre os paralelos 14°00' S e 14°15' S e os meridianos 47°30' W e 47°40' W, conforme ilustre a Figura 1.

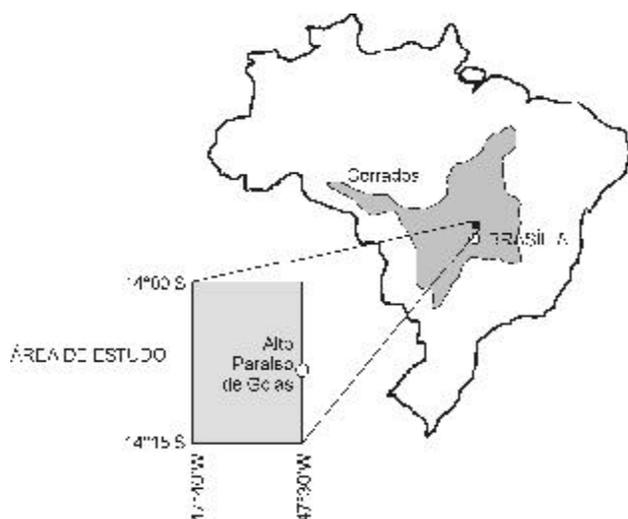


FIGURA 1. Localização da área de estudo. Adaptada de Galvão et al. (1999).

MATERIAIS

Para a realização deste estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Imagem: AVIRIS em formato digital, adquirida a uma altitude de 20 km, em agosto de 1995, na estação seca, com um ângulo de elevação solar de 62° e uma resolução espacial de 20 m (Galvão et al., 1999).
- *Software* (Processamentos digitais): foi utilizado o ENVI® Versão 3.2 (**En**vironment for **Vi**sualizing **I**mages). As funções utilizadas foram as de filtro adicionadas à biblioteca de simulação espectral para Landsat/TM e Spot.

METODOLOGIA

Na elaboração deste estudo foram adotados os seguintes passos:

- correção atmosférica e redução dos dados do AVIRIS de radiância para reflectância (Latorre et al., 1998; Wetzel, 1995);
- seleção dos alvos; simulação das imagens Landsat/TM-5 (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7) e Spot 1 (bandas 1, 2 e 3);
- geração do contraste espectral entre os pares de alvos selecionados. Esse procedimento deve-se a uma razão específica, que foi a maior facilidade de análise da separabilidade espectral entre os alvos do que se trabalhasse com todos os alvos em um único gráfico. Desta maneira os resultados obtidos puderam ser analisados com maior precisão. Os pares de alvos foram estrada de terra/água, mata galeria/estrada de terra, solo exposto/água, mata galeria/solo exposto e mata galeria/água, obtidos a partir das imagens simuladas Landsat/TM-5 e Spot 1;
- análise dos resultados obtidos indicando ao final intervalos espectrais que podem ser futuras bandas espectrais em sensores orbitais. Na seqüência, cada par é explicado.

Correção Atmosférica e Redução dos Dados do AVIRIS de Radiância para Reflectância

O método utilizado para minimizar os efeitos de absorção atmosférica e espalhamento nos dados de radiância foi o MODTRAN (Green, 1991; Green et al., 1993). A técnica inclui um conjunto de algoritmos destinado a caracterizar e compensar os efeitos da absorção de vapor de água atmosférico nos elementos aerotransportados, como também as propriedades do espalhamento de outros componentes atmosféricos, como os gases bem misturados e os aerossóis. Embora de maneira bem menos expressiva, o mesmo ainda é capaz de estimar os aerossóis e, conseqüentemente, os espalhamentos produzidos por estes (Crósta, informação verbal). O passo final do método é a conversão da radiância para a correção atmosférica da reflectância da superfície. Como resultado, esse método elimina as bandas de absorção d'água em 1.400 e 1.900 nm, além de reduzir os dados de radiância para reflectância.

Seleção dos Alvos e Simulação das Imagens Landsat/TM-5 e Spot 1

Foram escolhidos para a análise conjunto de pixels representativos dos alvos água, solo exposto, mata galeria e estrada de terra, que correspondem a alvos diferentes. Os alvos escolhidos são importantes para a

cartografia temática, pois após a identificação dos mesmos nas imagens, eles podem ser utilizados em processos de atualização de produtos cartográficos. Estes alvos foram identificados através de análise visual da imagem AVIRIS.

Para gerar os espectros de reflectância é necessário simular as imagens Landsat/TM-5 e Spot 1 a partir

da imagem AVIRIS adquirida, retirando-se as bandas de absorção correspondentes às faixas espectrais nos intervalos 0,38-0,45 μm , 1,30-1,50 μm , 1,80-2,05 μm , 2,30-2,50 μm , restando 146 bandas selecionadas, para que estas não prejudiquem o objetivo proposto.

De posse das imagens simuladas foram gerados os contrastes espectrais entre cada par de alvos selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro passo foi efetuar a correção atmosférica da imagem AVIRIS e a transformação dos dados de radiância para reflectância. Na seqüência, foram geradas as imagens simuladas a partir da imagem AVIRIS corrigida quanto aos citados efeitos atmosféricos e com dados gerados no software ENVI para os satélites Landsat/TM-5 e Spot 1.

A Figura 2 apresenta as 6 bandas Landsat/TM-5 geradas no processo de simulação e na Figura 3 as três bandas multiespectrais geradas para o satélite Spot 1. Ambas as figuras indicam os alvos selecionados. A Tabela 1 mostra o intervalo espectral de cada sensor em estudo, tanto para o sensor existente como para o simulado.

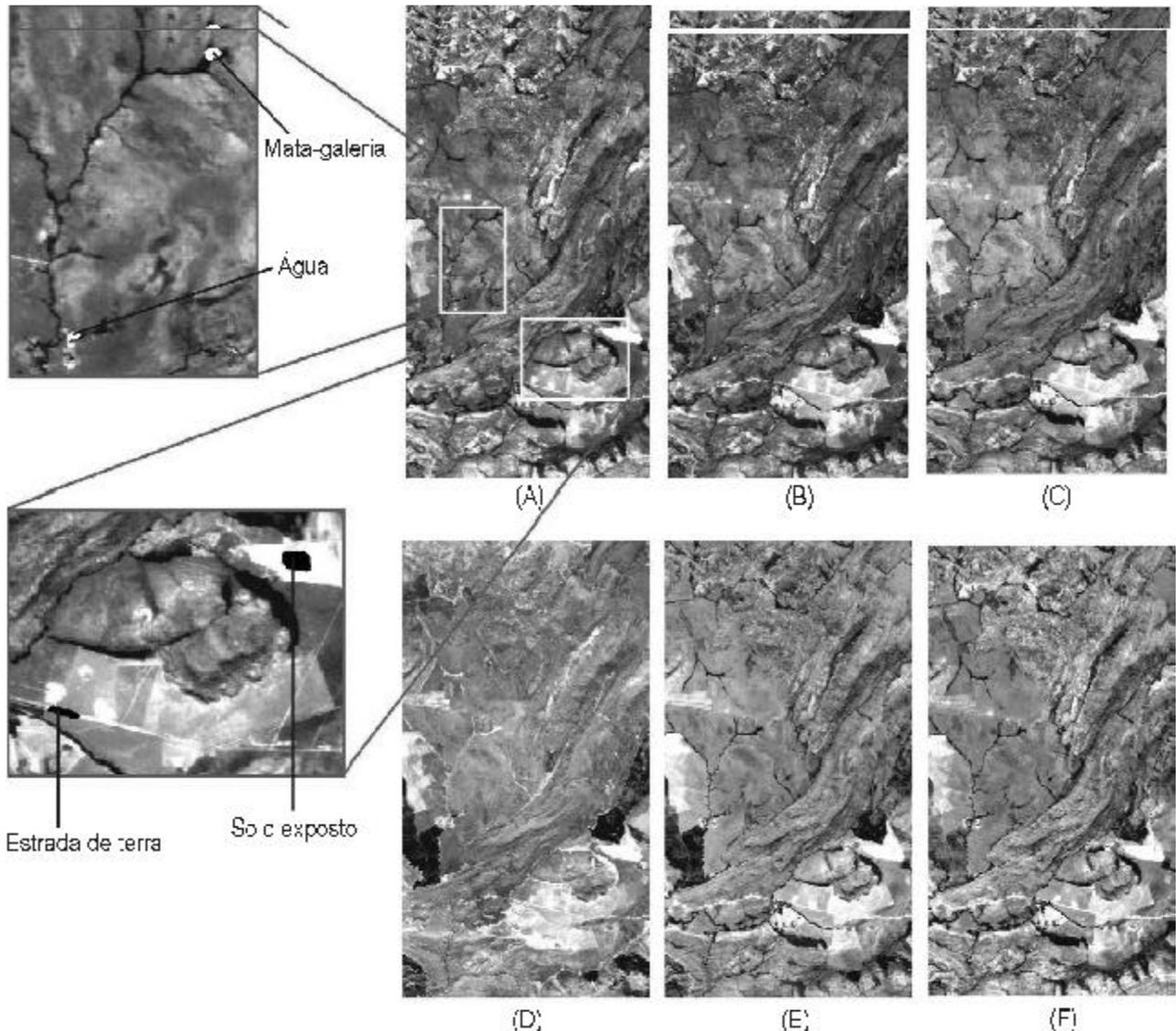


FIGURA 2. Imagem simulada Landsat/TM-5, onde (A), (B), (C), (D), (E) e (F) representam, respectivamente, as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

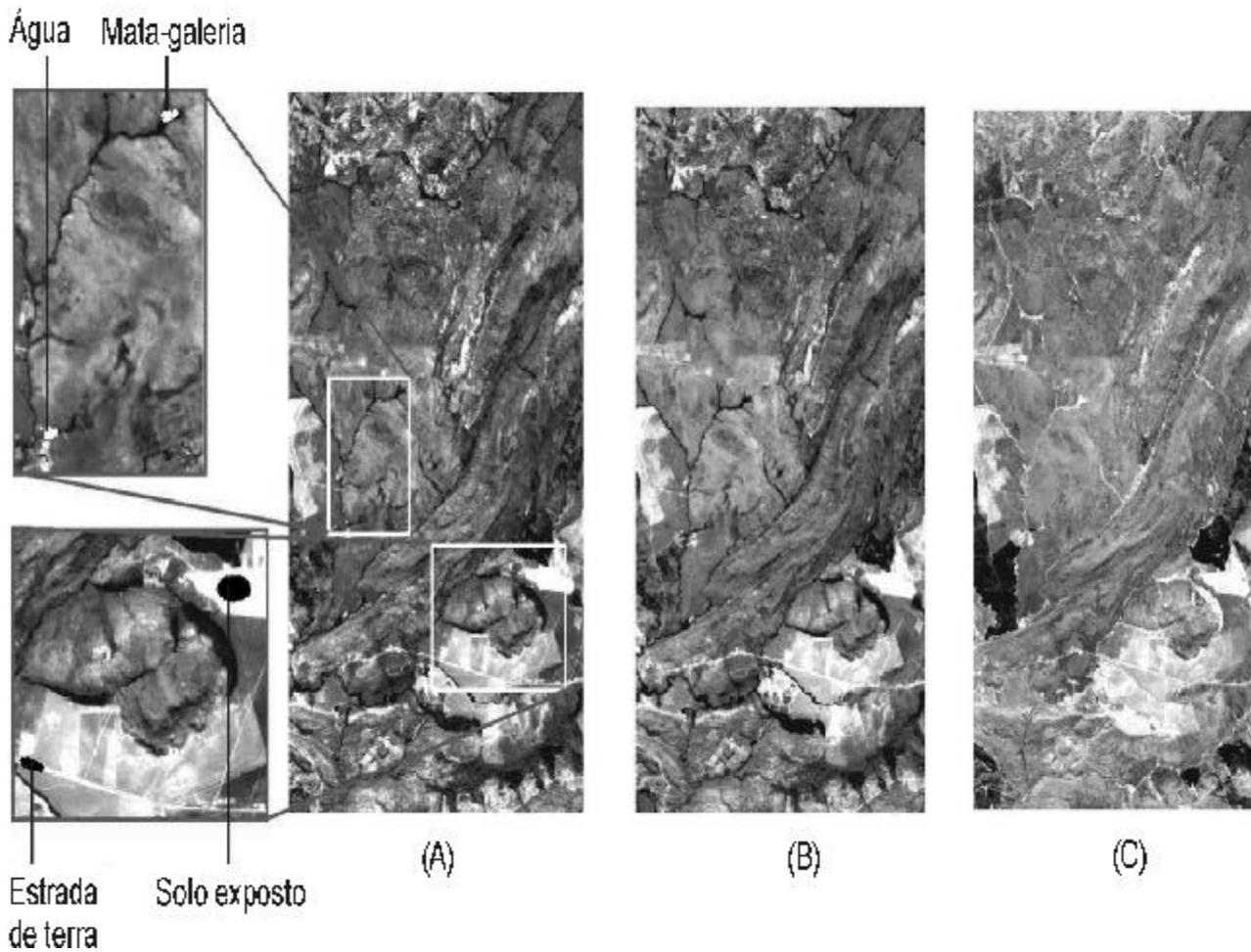


FIGURA 3. Imagem simulada Spot 1, bandas 1, 2 e 3 em (A), (B) e (C), respectivamente.

A partir da simulação obtida através da imagem AVIRIS banda 21 cujo centro é 0,5787 μm , retirando as bandas de absorção nos intervalos entre 0,38-0,45 μm , 1,30-1,50 μm , 1,80-2,05 μm , 2,30-2,50 μm , foram gerados os gráficos de contrastes espectrais entre os pares de alvos selecionados para cada satélite. A Figura 4 apresenta os resultados obtidos e da análise dela nota-se que os pares de alvos se separam, havendo um maior contraste entre os pares nos intervalos de 0,9 a 1,2 μm e 1,5 a 1,8 μm (Figuras 4A e 4C). Nas figuras 4B e 4D verifica-se um contraste maior ainda nos intervalos de 1,0 a 1,2 μm e 1,7 a 1,8 μm , enquanto para o alvo Mata Galeria/Água (Figura 4E) ocorre a separação no intervalo de 0,7 a 1,3 μm .

O resultado obtido do comportamento espectral dos pares de alvos Estrada de Terra/Água, Solo Exposto/Água e Mata Galeria/Água através do contraste espectral gerado para o sensor Spot 1 é mostrado na Figura 5. Há um maior contraste dos alvos Estrada de Terra/Água, Solo Exposto/Água e Mata Galeria/Água no intervalo entre 0,7 a 0,8 μm , como se pode observar nas Figuras 5A, 5B e 5C.

Sensor	Banda	Intervalo (μm)	Centro de Banda para os Sensores Simulados (μm)
Landsat/TM-5	1	0,45-0,52	0,4868
	2	0,52-0,60	0,5706
	3	0,63-0,69	0,6610
	4	0,76-0,90	0,8368
	5	1,55-1,75	1,6767
	7	2,18-2,35	2,2755
	Spot 1	1	0,50-0,69
2		0,61-0,68	0,6358
3		0,79-0,88	0,8360

TABELA 1. Comparação entre os intervalos de bandas dos sensores Landsat/TM5 e Spot 1, e o centro de bandas dos sensores simulados.

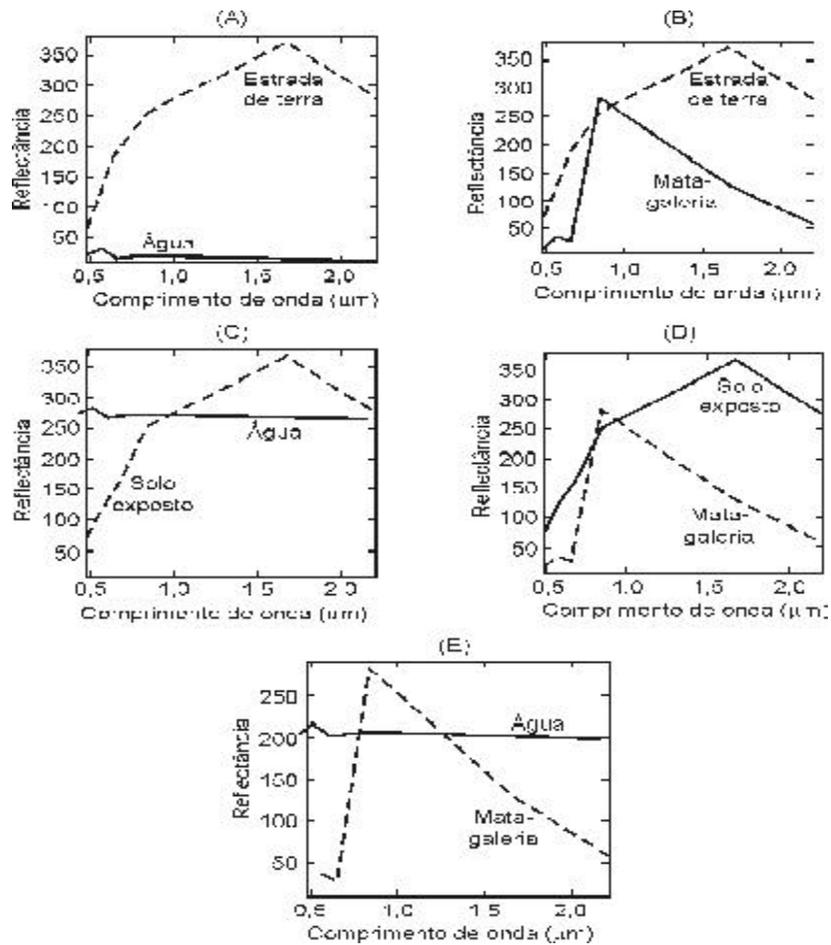


FIGURA 4. Contraste espectral da imagem simulada Landsat/TM-5 obtida da imagem AVIRIS banda 21 (0,5787 μm). Contraste espectral dos alvos em (A) Estrada de Terra/Água, (B) Mata Galeria/Estrada de Terra, (C) Solo Exposto/Água, (D) Mata Galeria/Solo Exposto e (E) Mata Galeria/Água.

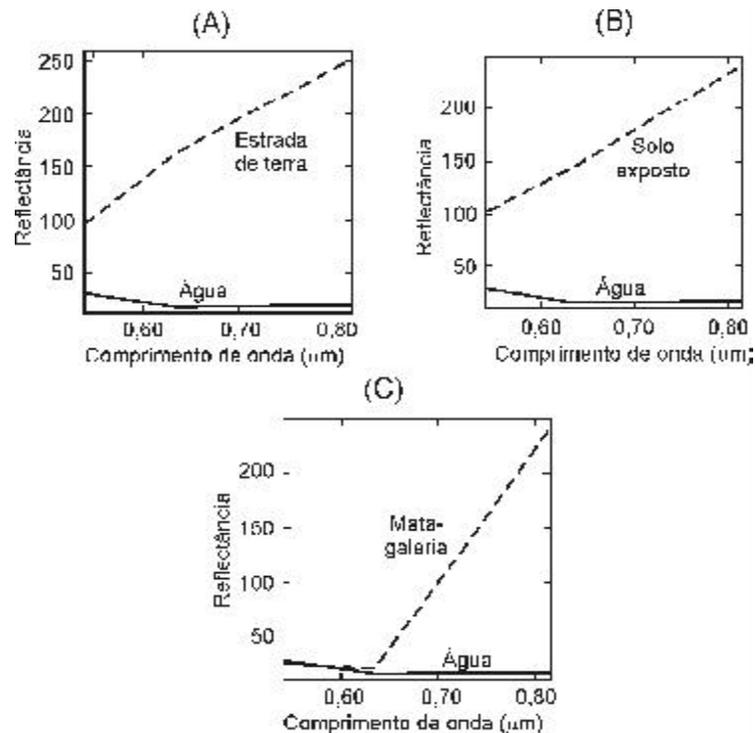


FIGURA 5. Contraste espectral da imagem simulada Spot 1 obtida da imagem AVIRIS banda 21 (0,5787 μm). Contraste espectral dos alvos em (A) Estrada de Terra/Água, (B) Solo Exposto/Água, (C) Mata Galeria/Água.

Satélite	Intervalo de novas bandas	Principais Aplicações Sugeridas
LANDSAT-TM-5	1,30 - 1,20	- diferenciação entre estrada terra e água
		- diferenciação entre solo exposto e água
		- diferenciação entre mata galeria e água
LANDSAT-TM-5	0,70 - 1,30	- diferenciação entre estrada terra e água
		- diferenciação entre solo exposto e água
		- diferenciação entre mata galeria e estrada terra
SPOT 1	0,70 - 0,90	- diferenciação entre mata galeria e solo exposto
		- diferenciação entre estrada terra e água
		- diferenciação entre solo exposto e água

TABELA 2. Apresentação dos novos intervalos de bandas.

CONCLUSÕES

É apresentado um procedimento metodológico para simular imagens multiespectrais que utilizam dados hiperespectrais. A partir destas imagens são geradas curvas espectrais entre pares de alvos selecionados. A análise do contraste espectral destas curvas possibilita a indicação dos melhores intervalos onde o contraste espectral entre os alvos é máximo. Uma técnica de simulação como esta, indica a possibilidade de utilização dos intervalos encontrados em futuros sensores multiespectrais.

A utilização de imagens hiperespectrais (AVIRIS) coletadas em 224 bandas espectrais estreitas na faixa de 400-2.500 nm possibilitou simular novos intervalos espectrais para sensores multiespectrais, no caso particular Landsat/TM-5 e Spot 1. Ficou comprovado que a partir da simulação é possível gerar curvas de contraste espectral e que a análise destas pode detectar

novas faixas espectrais que podem ser introduzidas nos sensores Landsat/TM-5 e Spot 1 ou em outros, o que pode auxiliar na tarefa de diferenciação e discriminação entre os alvos, conforme apresentado na Tabela 2. Com base nestes aspectos, verifica-se a importância do produto gerado para indicar sugestões de bandas.

Os resultados obtidos possibilitam o estudo para alteração dos intervalos espectrais originais contidos nos diversos sensores atuais, a fim de, no futuro, proceder aos ajustes nas bandas espectrais para atingir melhores resultados na discriminação das feições de interesse.

Os novos sensores em desenvolvimento estão sendo planejados para operar com bandas mais estreitas e também com melhores desempenhos, isto é, melhores resoluções. Recomenda-se, como continuidade, a utilização dos resultados como apoio à área de Sensoriamento Remoto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Dr. Lênio Soares Galvão, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pelo fornecimento da imagem AVIRIS aqui utilizada, e à SulSoft – Creative Software, em especial a Michael Steinmayer, pela licença temporária dada ao software ENVI® 3.2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GALVÃO, L.S.; VITORELLO, Í.; ALMEIDA FILHO, R. Effects of band positioning and bandwidth on NDVI Measurements of Tropical Savannas. **Remote Sensing of Environment**, v. 67, p. 181-193, 1999.
- GREEN, R.O. Retrieval of reflectance from AVIRIS-measured radiance using a radiative transfer code. In: AIRBORNE/VISIBLE IMAGING SPECTROMETER (AVIRIS) WORKSHOP, 3, 1991, PASADENA (CA). **Proceedings...** Pasadena (CA): Jet Propulsion Laboratory, JPL Publications, 1991, n. 91-28, p. 200-210.
- GREEN, R.O.; CONEL, J.D.; ROBERTS, D.A. Estimation of aerosol optical depth pressure elevation, water vapor, and calculation of apparent surface reflectance from radiance measured by the Airbone Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) using a radiative transfer code. Orlando (FL), **Proceedings of the International Society for Optical Engineering Bellinghan**, WAS. SPIE, v. 1937, p. 2-11, 1993.
- LATORRE, M.L.; SHIMABUKURO, Y.E.; DIAS, L.A.V. Método de correção atmosférica aplicado aos dados do sensor AVIRIS em regiões tropicais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Santos. **Cd-ROM..** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- WETZEL, M.A. Simulation of radiances for future AVHRR platforms with the AVIRIS spectral radiometer. **International Journal of Remote Sensing**, v. 16, n. 6, p. 1167-1177, 1995.