

## **COMPORTAMENTO ESPECTRAL DE SOLOS DE NOVE ESTADOS BRASILEIROS E SISTEMA DE VISUALIZAÇÃO DE CURVAS**

**ESPECTRAIS.** José Carlos Neves EPIPHANIO<sup>(1)</sup>, Lauro Charlet PEREIRA<sup>(2)</sup>, Antônio Roberto FORMAGGIO<sup>(1)</sup>, Maurício dos Santos SIMÕES<sup>(1)</sup>.

<sup>(1)</sup>INPE-MCT, Av. dos Astronautas, 1758, 12227-010, São José dos Campos, SP

(epiphani@ltid.inpe.br; formag@ltid.inpe.br); <sup>(2)</sup>CNPS-EMBRAPA, Rua Jardim Botânico, 1024, 22460-000, Rio de Janeiro, RJ (charlet@cnps.embrapa.br)

Os dados espectrais de solos, mais particularmente as reflectâncias espectrais, têm-se tornado uma necessidade para estudos envolvendo diferentes campos de aplicação do sensoriamento remoto. Assim, para estudos de sensoriamento remoto da vegetação, ou mesmo da geologia, há técnicas, como as que empregam modelos de mistura, onde uma das componentes espectrais necessárias à execução dos modelos é a reflectância do solo.

Até recentemente, tais estudos espectrais restringiam-se a medições laboratoriais. Neste caso, o interesse centrava-se em conhecer mais detalhadamente as propriedades espectrais dos solos, como uma possível ferramenta a mais na caracterização dos solos. Atualmente, com a operacionalização de sensores de alta resolução espectral, como o AVIRIS (Advanced Visible Infrared Imaging Spectrometer), e o ASTER (Advanced Thermal Emission and Reflection Radiometer), o conhecimento do comportamento espectral fino dos alvos e, em particular, dos solos torna-se possível de ser feito também ao nível de aeronave ou de satélite. Uma das grandes aplicações que se vislumbram com tais instrumentos é a possibilidade de identificação de feições espectrais que caracterizem certas propriedades dos solos, como a riqueza em óxidos de ferro ou matéria orgânica, ou outras propriedades dos solos. Porém, para uma adequada calibração e uso desses novos sensores, os dados laboratoriais e de campo são fundamentais.

Contudo, uma das dificuldades encontradas nesses estudos é a obtenção de uma abrangência de curvas espectrais de solos que seja representativa de uma certa região. No caso de países de clima temperado há uma massa de dados espectrais conhecida há tempos. No caso dos solos de países situados em climas tropicais há uma escassez generalizada desse tipo de informação. Visando minimizar essa escassez, Epiphanio et al. (1992) fizeram um levantamento radiométrico de 14 classes de solos do Estado de São Paulo (Valeriano et al., 1995; Formaggio et al., 1996). Em continuidade a esses trabalhos, e diante da definição da metodologia de medição radiométrica, expandiu-se o universo amostral para outros Estados brasileiros (Pereira et al., 1997).

Neste trabalho de levantamento radiométrico de solos, selecionaram-se amostras descritas nos seguintes relatórios de levantamentos de solos realizados pela EMBRAPA: (10) Cuiabá/Aripuanã - MT; (11) Aripuanã - MT; (13) Silvânia e São Miguel do Passa Quatro - GO; (14) Ariquemes - RO; (22) Amapá - AP; (25) Centro Nacional da Soja/Londrina - PR; (26) Eldorado do Sul - RS; (29) Rio de Janeiro - RJ; (30) Campos - RJ; (31) Projeto Campos Novos - RJ; (35) Água Boa - RR; (36) Campo Experimental Monte Cristo - RR; (37) Iranduba - AM; e (42) Terena - MT. A numeração entre parênteses, é própria da EMBRAPA. Selecionaram-se amostras do horizonte superficial e superficial, buscando representação máxima das unidades presentes nos citados levantamentos. Um dos critérios de amostragem foi o de procurar amostras que tivessem alguma

descrição mineralógica, embora nem sempre tal critério pôde ser atendido. O universo amostral foi de 268 amostras. As classes de solos abrangidas pelo levantamento radiométrico foram: Podzol (P), Podzólico Amarelo (PA), Podzólico Vermelho-Escuro (PE), Planossolo (PL), Plintossolo (PT), Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), Podzol hidromórfico (HP), Glei Pouco Húmico (GP), Glei Húmico (GH), Latossolo Amarelo (LA), Latossolo Vermelho-Escuro (LE), Latossolo Roxo (LR), Latossolo Variação Una (LU), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Solos Aluviais (A), Brunizem (B), Cambissolo (C), Solos Litólicos (R), Vertissolo (V), e Terra Roxa-Estruturada (TR).

Uma vez selecionadas as amostras nos relatórios, recorreu-se à soloteca do CNPS/EMBRAPA e recolheu-se uma quantidade de aproximadamente 0,5 kg de solo por amostra para as medições radiométricas. Tais medições foram realizadas no laboratório de radiometria do INPE, seguindo procedimento semelhante ao adotado por Epiphanyo et al. (1992).

Um dos aspectos importantes desse trabalho é o de que tais curvas espectrais estão sendo agrupadas num banco de dados, onde também constam as principais características físico-químicas e mineralógicas de cada amostra. Tal banco de dados permite a inspeção rápida de todas as curvas espectrais juntamente com as características dos solos. Isso dá amplas possibilidades de utilização desses dados radiométricos, não só para fins de pesquisa como também com fins didáticos. Através desse Sistema Interativo de Análise de Curvas Espectrais de Alvos é possível observar cada curva espectral isoladamente ou em grupos de até 16 curvas. É possível, através de uma barra, varrer a curva espectral e observar o comprimento de onda (em passos variáveis) e o respectivo valor do fator de reflectância. Tem-se acesso às principais características da amostra de interesse; há um texto sobre medição radiométrica voltado para solos; e há os dispositivos de saída tanto para plotagem gráfica como para listagem em forma tabular. Esse pacote de inspeção, bem como os dados serão distribuídos à comunidade científica interessada. Inicialmente, o banco está alimentado com dados de solos, podendo evoluir para outros tipos de alvos, como materiais vegetais, geológicos, aquáticos, antrópicos.

Quanto aos resultados preliminares desse universo amostral de vários Estados Brasileiros, a seguir são mostrados alguns exemplos dos tipos de análises que poderão ser feitas. Será possível analisar diferentes aspectos das características espectrais em relação às características físico-químicas e mineralógicas dos solos. A Figura 1(a), por exemplo, mostra a influência da posição do horizonte sobre as características espectrais de um LV. Há uma diminuição no albedo quando se vai do horizonte B22 para o horizonte A1, em função principalmente do maior teor de matéria orgânica presente no A1, e também pelos efeitos de iluviação. O Horizonte A1, em relação ao B22, apresenta também um certo mascaramento das feições espectrais de absorção que estão presentes no B22, principalmente na região de comprimentos de onda inferiores a 1100 nm. Na Figura 1(b) estão presentes dois horizontes A1 de dois solos LE, com teores de óxido de ferro diferentes. O óxido de ferro promove um rebaixamento do albedo e um arrasamento das feições espectrais. Em situações gerais, a curva espectral pode ser um indicador da riqueza em óxido de ferro de um solo. Na Figura 1(c) estão representados os mesmos horizontes B22 de três classes de solos diferentes. É nítida a variação espectral dessas três classes mostrada pelas suas respectivas curvas espectrais. Apesar de toda a complexidade inerente aos solos, onde suas constituições e origens são muito heterogêneas, é possível ter uma representação espectral que guarde uma expressão agrupada daquela diversidade de constituição e origem. Vê-se que o LA e o LV

guardam uma grande semelhança espectral na região até ~600 nm, enquanto que o LE é diferenciado. Observa-se também que as inflexões entre 800 e 1100 nm são bem distintas para os três solos, particularmente devidas aos materiais de ferro presentes. A Figura 1(d) mostra dois horizontes BW2 de dois LVs, porém com valores de  $K_i$  diferentes. Observa-se que na região do visível, entre 400 e 500 nm, as curvas têm uma forma distinta, onde o solo de  $K_i$  menor apresenta uma forte absorção; este solos apresenta uma maior inflexão ao redor de 900 nm; e o coportamento de ambos são opostos na região entre 1700 e 1900 nm.

Todos essas feições espectrais são inegavelmente reflexos das características físico-químicas e mineralógicas dos solos e precisam ser mais bem explorados de modo a fornecerem informações úteis ao cientista de solo. Porém, uma metodologia de análise de curvas espectrais e seus reais significados ainda precisam ser mais bem estudados. À medida que novos solos forem sendo estudados, e mais detalhadamente suas características constitutivas forem sendo analisadas pareadamente com suas respectivas curvas espectrais, certamente mais informações úteis poderão ser derivadas.

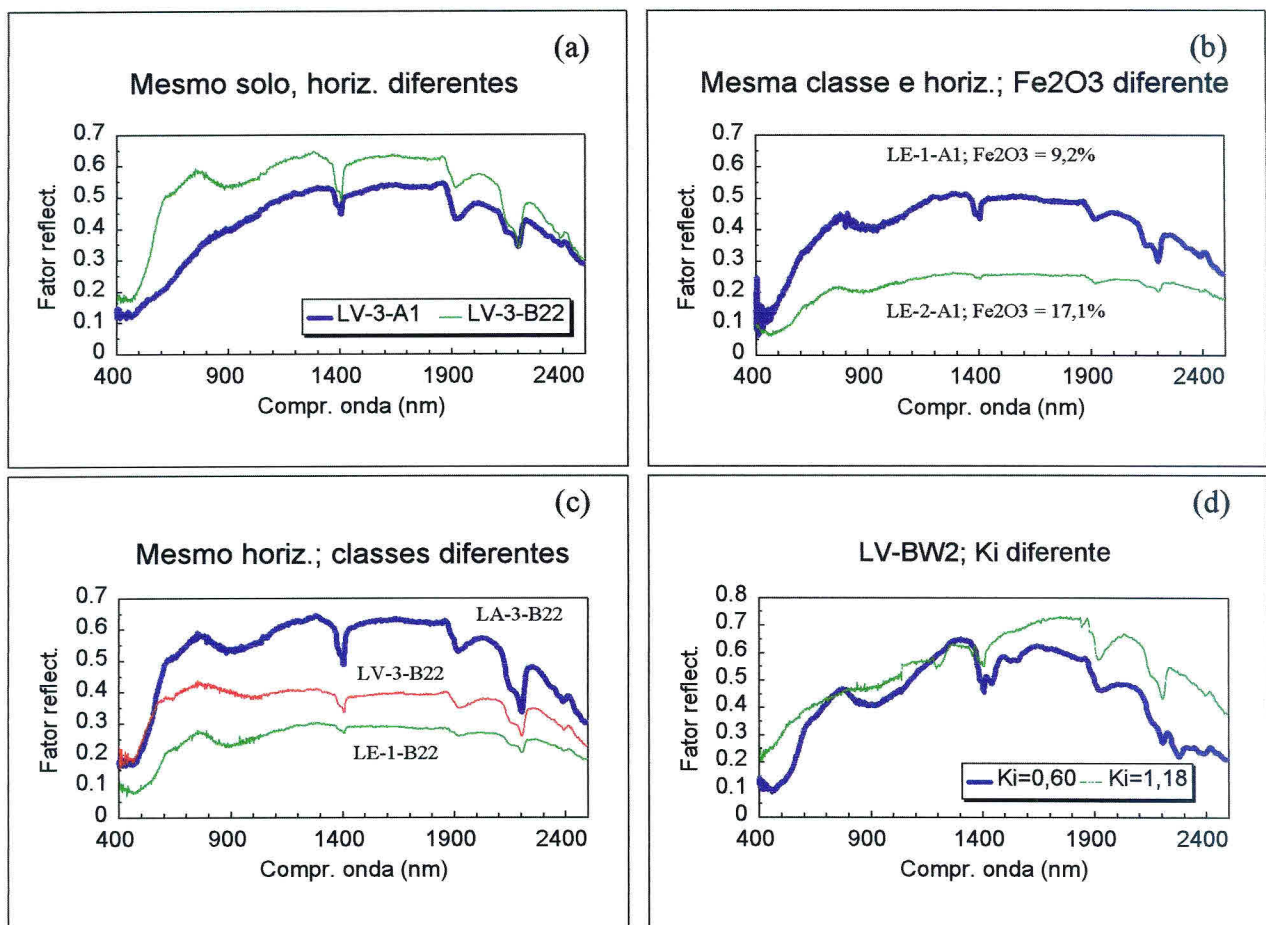


Figura 1 - (a) Curvas espectrais do horizonte A1 e B22 de um mesmo Latossolo Vermelho-Amarelo; (b) curvas espectrais do horizonte A1 de dois Latossolos Vermelho-Escuros, mas com teores de  $F_2O_3$  diferentes; (c) Curvas espectrais de um mesmo horizonte B22, de classes de solo

diferentes; (d) curvas espectrais de mesma classe LV e horizonte Bw2, mas com valores de Ki diferentes.

## CONCLUSÕES

A metodologia derivada para medições radiométricas está bem definida. Está sendo feito um esforço para coletar mais dados de diferentes solos, de modo a abranger o melhor possível o universo dos solos brasileiros. Também está sendo feito um investimento nos métodos de análises e no entendimento das respostas espectrais de nossos solos. O método de obtenção das curvas espectrais é barato, haja vista que o País dispõe de diversos instrumentos adequados a tais medições. Uma vez que os levantamentos de solos sejam feitos e que as análises de solos (parte mais cara) sejam feitas, a curva espectral das amostras desses levantamentos pode ser feita, e assim passamos a dispor de uma informação a mais sobre os solos. Eventualmente, tal informação pode ser acoplada e integradas aos próprios levantamentos de solos. Cópia do Sistema Interativo de Análise de Curvas Espectrais de Alvos pode ser solicitada aos autores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R.; VALERIANO, M.M.; OLIVEIRA, J.B.  
Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo. INPE, São José dos Campos, 1992. 130p.
- FORMAGGIO, A.R.; Epiphanio, J.C.N.; VALERIANO, M.M.; OLIVEIRA, J.B.  
Comportamento espectral (450-2450 nm) de solos tropicais de São Paulo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 20(3):467-474, 1996.
- PEREIRA, L.C.; FORMAGGIO, A.R.; Epiphanio, J.C.N.; SIMÕES, M.S.; STRAUCH, J.C.  
Caracterização espectral (400-2500 nm) de 4 solos tropicais brasileiros. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. SBCS, Rio de Janeiro, 20-26/7/1997.
- VALERIANO, M.M.; Epiphanio, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R.; OLIVEIRA, J.B. Bi-directional reflectance of 14 soil classes from Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, 16(1):113-128, 1995.