

SOLOS DO MUNICÍPIO DE RIO VERDE, GO: III. - RELAÇÕES ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DE REFLECTÂNCIA ESPECTRAL, DE MAGNETIZAÇÃO E DOS TEORES DE Fe_2O_3 E TiO_2 .

José da Silva Madeira Neto ⁽¹⁾, Adriana Reatto dos Santos Braga ⁽¹⁾, João Roberto Correia ⁽¹⁾, Silvio Túlio Spera ⁽¹⁾, Éder de Souza Martins ⁽¹⁾, José Domingos Fabris⁽²⁾ ⁽¹⁾Embrapa - Cerrados, km 18 - Br 020, Planaltina - DF, CEP: 73.301 - 970 - Cx. Postal 08223. ⁽²⁾Embrapa - Milho e Sorgo, Cx. Postal 151, 35.701-970, Sete Lagoas, MG.

A utilização, na cartografia pedológica, dos recursos da espectroscopia de reflectância, seja através de imagens de satélites, de dados obtidos a campo ou no laboratório, dependem, fundamentalmente, das relações que se possam estabelecer entre as características da luz refletida e os atributos diagnósticos dos solos. Neste trabalho, estudou-se as relações existentes entre os teores de ferro e de titânio totais, magnetização de saturação (σ) e as características de reflectância, com o objetivo de se identificarem bandas espectrais que possam auxiliar na discriminação de certas classes de solos. Este desenvolvimento metodológico é particularmente promissor para áreas como o sudoeste goiano, onde é grande a complexidade do material de origem dos solos. Nessa região rochas básicas e alcalinas alternam-se com rochas sedimentares de diferentes naturezas, em seqüências topográficas nem sempre previsíveis, devido à ação do tectonismo, tornando insuficientes os materiais topográficos e fotográficos convencionalmente empregados no mapeamento de solos.

Foram utilizadas 38 amostras dos horizontes B dos solos, coletadas por ocasião do trabalho de elaboração da legenda preliminar do mapa de solos do município de Rio Verde, na região sudoeste de Goiás. Esse município encontra-se situado numa área de litologias formadas por rochas vulcânicas básicas (basaltos e diabásios da Formação Serra Geral) e alcalinas; arenitos da Formação Bauru e sedimentos correlacionáveis à Formação Cachoeirinha. As rochas básicas são o material de origem dos latossolos roxos, latossolos una, terras roxas estruturadas e brunizéns avermelhados de textura argilosa ou muito argilosa; os arenitos originam os latossolos vermelho-escuro e vermelho-amarelo textura média e as areias quartzosas; e os sedimentos argilosos os latossolos vermelho - escuro e vermelho - amarelo textura argilosa e muito argilosa.

Após secagem ao ar, a fração granulométrica menor que 2 mm das amostras foi usada na determinação da reflectância espectral, dos teores de ferro e de titânio e da magnetização. Os espectros de reflectância, no intervalo de 400 nm a 2.500 nm, foram obtidos com o auxílio de um espectrorradiômetro Mark IV Infra - red Intelligent Spectroradiometer (IRIS), que alcança resolução espectral de 2 nm, no intervalo de 400 nm a 1 000 nm, e de 4 nm, no intervalo de 1 000 nm a 2 500 nm. Os espectros foram utilizados para o cálculo dos valores de reflectância correspondentes às bandas do visível e do infravermelho, próximo do sensor TM. Para tanto, foram utilizadas as funções de sensibilidade dessas bandas, apresentadas por Markham & Barker (1985).

Os teores totais de ferro e de titânio foram obtidos após extração pelo método do ácido sulfúrico e os resultados apresentados na forma de seus óxidos (respectivamente Fe_2O_3 , TiO_2) conforme descrito em EMBRAPA (1979).

A determinação da magnetização de saturação foi feita com o auxílio do magnetômetro descrito em Coey et al. (1992), utilizando-se cerca de 200 mg da fração granulométrica <2 mm das amostras. Os valores de magnetização, obtidos após divisão dos valores de momento magnético medidos pelo magnetômetro pela massa da amostra utilizada são

expressos em $\text{J T}^{-1} \text{kg}^{-1}$.

Os teores de ferro e de titânio totais, expressos como Fe_2O_3 e TiO_2 , variaram, respectivamente, entre 1,1 % e 26,2 % e entre 0,41 % e 6,48 %. Há nítida tendência de os maiores valores (Fe_2O_3 e TiO_2 superiores, respectivamente, a 9,6 % e 2,8 %) estarem relacionados com os solos desenvolvidos das rochas básicas e alcalinas (latossolo roxo, latossolo una, terra roxa estruturada, e brunizém avermelhado); os valores intermediários ($6,1 \% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 9,9\%$ e $1,05 \% < \text{TiO}_2 < 2,23 \%$) com os solos desenvolvidos dos sedimentos argilosos correlacionáveis à Formação Cahoeirinha e os menores valores ($1,1 \% < \text{Fe}_2\text{O}_3 < 6,0 \%$ e $0,41 \% < \text{TiO}_2 < 1,65 \%$) com os solos desenvolvidos dos arenitos da Formação Bauru, mostrando nítida vinculação entre os valores de Fe_2O_3 e de TiO_2 e o material de origem desses solos.

Os valores de σ variaram de 0 a $2,4 \text{ J T}^{-1} \text{kg}^{-1}$. Os maiores valores são os dos solos provenientes de rochas básicas. Observou-se contudo, entre estes solos uma grande variação dos valores obtidos ($0,2 \text{ J T}^{-1} \text{kg}^{-1} < \sigma < 2,4 \text{ J T}^{-1} \text{kg}^{-1}$). Resultados semelhantes são relatados por Curi & Franzmeier (1984) estudando toposseqüências de solos sobre basalto, onde os solos das posições topográficas mais elevadas possuem valores de magnetização cerca de 20 vezes superiores às do ponto situado na base da pendente. Aparentemente, a condição de maior umidade nesta posição topográfica seria responsável pela redução da maghemita e da magnetita contribuindo assim para a diminuição ou eliminação do caráter magnético desses solos. A magnetização dos demais solos foi sempre inferior a $0,1 \text{ J T}^{-1} \text{kg}^{-1}$.

A variabilidade dos espectros de reflectância obtidos pode ser sintetizada nos dois espectros apresentados na Figura 1. A curva do tipo A é representativa dos solos que apresentam elevado albedo e portanto, baixos teores em substâncias fortemente absorvedoras de energia. Caracterizam os solos de textura variada, em que o quartzo é o mineral dominante na fração areia e a caulinita e a gibbsita predominam na fração argila. As feições características da caulinita são centradas a 2200 nm e a 1 400 nm são francamente perceptíveis, assim como as devidas à gibbsita centradas a 2 265 nm e a 1 550 nm. A ocorrência dos óxidos férricos é evidenciada através de feições situadas no visível e infravermelho próximo. As mais evidentes são devidas às transições eletrônicas do Fe^{3+} expressas na concavidade centrada próximo a 900 nm, devidas à hematita (centrada a 850 nm) e/ou à goethita (centrada a 917 nm), nas inflexões centradas a 650 nm (hematita e goethita) e a 530 nm (hematita) e 480 nm (goethita). A transferência de carga entre os íons Fe^{3+} e O^{2-} são evidenciadas pela forte absorção centrada na região do ultravioleta. Variações desta curva devem-se sobretudo às diferenças nos teores dos componentes que acentuam mais ou menos as feições descritas sem contudo alterar significativamente o aspecto geral da curva.

A curva do tipo B apresenta como característica principal o baixo albedo sobretudo no domínio espectral do infravermelho e a baixa intensidade das feições devidas às vibrações das oxidrilas presentes na caulinita, na gibbsita e na água. Esta forma geral da curva é conseqüência da presença de minerais opacos (provavelmente magnetita, ilmenita, maghemita e pseudorrutilo) e que ocorrem, sobretudo, nas amostras de solos que têm como material de origem as rochas básicas e alcalinas.

O cálculo dos valores de reflectância correspondentes às bandas do sensor TM permitiu reduzir o número de pontos a ser analisados quanto às relações existentes entre os constituintes químicos/mineralógicos e os dados de reflectância. Isto foi feito por análise de correlação entre os valores de σ , ferro total (Fe_2O_3), titânio total (TiO_2) e reflectância relativos às bandas TM. Os resultados são apresentados no Quadro 1.

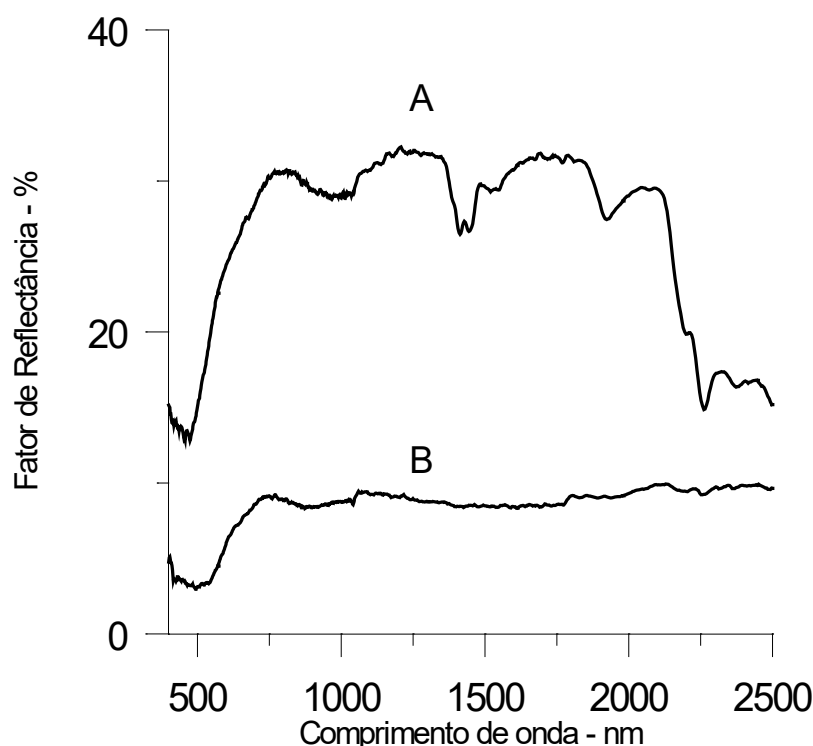


Figura 1 - Espectros de reflectância, que representam dois casos característicos da variabilidade de espectros encontrada: A - latossolo vermelho - amarelo textura média, com 2,7% de Fe_2O_3 e 0,64% de TiO_2 totais; B - latossolo roxo argiloso, com 24,5% Fe_2O_3 e 5,04% de TiO_2 totais

Quadro 1. Matriz de correlação entre a magnetização (σ), os teores de Fe_2O_3 e de TiO_2 totais e os valores de reflectância relativos às bandas TM (RTM1⁽¹⁾, RTM2⁽¹⁾, RTM3⁽¹⁾, RTM4⁽¹⁾, RTM5⁽¹⁾, RTM7⁽¹⁾)

	σ	Fe_2O_3	TiO_2	RTM1	RTM2	RTM3	RTM4	RTM5	RTM7
σ	1,000								
Fe_2O_3	0,782	1,000							
TiO_2	0,864	0,942	1,000						
RTM1	-0,505	-0,557	-0,510	1,000					
RTM2	-0,563	-0,561	-0,546	0,974	1,000				
RTM3	-0,651	-0,645	-0,663	0,909	0,967	1,000			
RTM4	-0,676	-0,731	-0,747	0,887	0,930	0,980	1,000		
RTM5	-0,722	-0,829	-0,877	0,716	0,758	0,861	0,931	1,000	
RTM7	-0,673	-0,824	-0,851	0,542	0,548	0,655	0,772	0,914	1,000

⁽¹⁾ RTM1, RTM2, RTM3, RTM4, RTM5, RTM7 - Reflectância na faixa espectral correspondente, respectivamente, às bandas TM1 (450 nm a 520 nm), TM2 (520 nm a 600 nm), TM3 (630 nm a 690 nm), TM4 (760 nm a 900 nm), TM5 (1 550 nm a 1 750 nm) e TM7 (2 080 nm a 2 350 nm) do sensor *Thematic Mapper*.

Nota-se que existe melhor correlação entre os níveis de magnetização das amostras com o teor de titânio total do que com o teor de ferro total. Talvez a principal razão destas elevadas correlações entre os teores de óxidos de titânio e a magnetização seja devida ao fato de os materiais de origem, que contêm os minerais magnéticos, serem também mais ricos em produtos titaníferos como a titanaugita e a titanita.

Observam-se, ainda, correlações negativas entre valores de reflectância, magnetização e teores de ferro e de titânio. Estas correlações são baixas para as bandas do visível,

moderadas para as bandas do infravermelho médio e do infravermelho próximo e atingem o maior valor para a banda 5 (1 550 nm a 1 750 nm). Estes resultados são coerentes com as propriedades ópticas de algumas substâncias magnéticas. A maghemita pode apresentar características espectrais muito variadas, em função da grau de oxidação dos íons ferro, na estrutura. Taylor e Schwertmann (1 974) mostram que a proporção de íons ferrosos em maghemitas, em solos da Austrália, pode variar de 4 a 15% do ferro total. Sherman et al. (1 982) reportaram espectros de reflectância de diferentes maghemitas naturais, que variam quanto ao albedo no infravermelho próximo e no infravermelho médio, com reflectâncias médias entre 10 e 40 %. Essa variação foi atribuída à concentração de íons Fe^{2+} no cristal da maghemita, que promovem deslocalização dos elétrons da camada externa dos íons Fe^{2+} e Fe^{3+} . Outras substâncias titaníferas, como a ilmenita e o pseudorritilo, que comumente ocorrem nos solos derivados de rochas básicas, são também opacas.

Estes resultados indicam a potencialidade de utilização das imagens LANDSAT - TM para a discriminação de solos que apresentem teores variados de TiO_2 . Essa técnica pode representar uma ferramenta de grande valor para a identificação de solos derivados de rochas básicas e alcalinas no sudoeste goiano. Nessa área, grande parte das terras encontra-se sob cultivo. A exposição do solo, durante alguns meses do ano, oferece a oportunidade à obtenção de imagens contendo informações sobre os solos. A verificação desta hipótese deverá se fazer com a aplicação, a uma imagem, dos resultados obtidos neste trabalho.

Literatura citada

- EMBRAPA. SNLCS. Manual de métodos de análises de solos. Rio de Janeiro, 1979. 225p.
- COEY J. M. D.; CUGAT O.; MCCAULEY J. & FABRIS J. D. A portable soil magnetometer, *Revista de Física Aplicada e Instrumentação*, 7:25-30, 1992.
- MARKHAM B. L. & BARKER J. L. Spectral characterization of LANDSAT Thematic Mapper sensors. *Int. J. Remote Sensing*, 6:697-716, 1985.
- CURI N. & FRANZMEIER D. P. Toposequence of oxisols from the Central Plateau of Brazil, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 341-346, 1984.
- TAYLOR R. M. & SCHWERTMANN U. Maghemite in soils and its origin. I. Properties and observations on soil maghemites. *Clay Miner.*, 10:289-298, 1974.
- SHERMAN D. M.; BURNS R. G. & BURNS V. M. Spectral characteristics of the iron oxides with applications to the martian bright region mineralogy. *J. Geophys. Res.*, 87:10.169-10.180, 1982.