

Imagem de satélite na discriminação química e granulométrica de solos desenvolvidos de basalto e arenito na região de Paraguaçu Paulista

José Alexandre M. Demattê⁽¹⁾
Dolorice Moreti⁽¹⁾
Ana Carolina Feitosa de Vasconcelos⁽¹⁾
Aline Marques Genú⁽¹⁾

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP
Av. Pádua Dias, 11 – Cx. Postal 9, CEP 13418-900, Piracicaba-SP.
jamdemat@carpa.ciagri.usp.br; dmoreti@esalq.usp.br, acfvasco@esalq.usp.br,
amgenu@esalq.usp.br

Abstract - Remote Sensing has been considered an important tool to improve and to develop soil maps by acting in its spectral characterization. This work has the objective to evaluate the potential of characterization and discrimination of soils that occur in the region of Paraguaçu Paulista, SP, by spectral information from Landsat-5 TM imagery, observing the influences of physical, chemical and mineralogical attributes in the reflected energy. The soils presented variations in the form of spectral curve and intensity of reflected energy. Nitossolos presented low spectral intensity, on the other hand Neossolos presented a high spectral intensity. Latossolos presented increments in its reflectance according to the texture. These results agree with information by literature. The discriminate analysis indicated a general error of 0,028% for the soils. The methodology used in the spectral data collected was efficient. It is possible discriminate soils by satellites images. The technique can facilitate to manufacture new soil maps.

Palavras-chave: orbital sensor, reflectance, soil map, soil fertility, sensor orbital , reflectância, mapa de solos, fertilidade do solo.

1. Introdução

O Brasil vem se tornando um dos maiores produtores mundiais na área agrícola. Dados recentes apontam o país como o 2º maior produtor agrícola (IBGE, 2003) perdendo apenas para os EUA. Tal condição vem sendo adquirida, dentre inúmeros fatores, ao empenho na área tecnológica, permitindo aumento na produtividade e diminuição no impacto ambiental.

O desenvolvimento da tecnologia apoia-se em três fatores básicos: o solo, a planta e o clima. O reconhecimento, a caracterização e o estudo do solo são de grande importância para o mapeamento e uso da terra, pois, com melhor entendimento de suas propriedades físicas e químicas, o solo pode ser utilizado de forma racional. Em contrapartida, as informações do meio físico, principalmente solos, ainda são pobres no Brasil

O sensoriamento remoto tem sido considerado uma importante ferramenta nos mais diversos aspectos relacionados aos estudos de solos por sensores em laboratórios (Nanni, 2000), atuando na sua caracterização espectral.

A reflectância do solo é uma propriedade cumulativa que deriva do comportamento espectral inerente da combinação heterogênea de matéria mineral, orgânica e líquida que compõe os solos. As curvas de reflectância espectral apresentam formas diversas que são identificadas pela presença ou ausência de absorção da luz pelo alvo em estudo e atualmente há uma quantidade razoável de trabalhos que utilizam sensores terrestres com essa finalidade (Vitorello & Galvão, 1999; Demattê & Garcia, 1999).

As propriedades do solo associadas com as curvas de intensidade de reflectância vêm sendo realizadas principalmente no nível de espectroradiometria em laboratório. Tais estudos validaram a informação espectral ao nível terrestre. A questão agora é “Como se comportam os solos tropicais no nível orbital? Podem ser discriminados?”

Portanto, este trabalho tem por objetivo determinar técnicas que auxiliem na caracterização e discriminação de solos com diferentes texturas e fertilidade por meio de informações espectrais obtidas por sensores orbitais verificando as influências de atributos físicos e químicos na energia refletida.

2. Material e Métodos

A área localiza-se no sudoeste do Estado de São Paulo e apresenta como municípios principais Paraguaçu Paulista, Gardênia e Iepê sendo delimitada pelas coordenadas geográficas: 22°24'53" latitude sul e 50°34'35" longitude oeste.

Foi realizado um mapeamento de solos nível semidetalhado de acordo com Embrapa (1996) utilizando como mapas bases, a carta planialtimétrica escala 1: 25.000 e imagens de satélite, alocando e georreferenciando 294 pontos de tradagem para coleta de amostras de terra representando uma área de 25.000 ha. Posteriormente, as amostras foram retiradas com trado nas profundidades: 0-20; 40-60 e 80-100 cm. Foram demarcados 20 perfis representativos das unidades de mapeamento detectadas e, com base na descrição morfológica (Lemos & Santos, 1996) a nomenclatura foi estabelecida conforme Embrapa (1999).

Para a avaliação da variação entre as classes de solos foram utilizadas as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 do satélite Landsat-7, sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) referente a data de 19 de outubro de 2000. Foi utilizado uma composição colorida 5R4G3B (falsa cor) impressa, desenhou-se linhas preliminares de solo com base nos conceitos fundamentais da

fotopedologia e interpretação de imagens como rede de drenagem, tonalidade, uso da terra, vegetação, topossequências e a litologia.

Foram ajustados os limites das unidades de mapeamento e transformadas para o formato vetorial (digitalizado) no software Spring (INPE, 1999) que, juntamente com os talhões, estradas e composições coloridas gerou o mapa de solos nível semidetalhado. Definida a área, foi realizado o corte na imagem no programa IMPIMA (INPE, 1999). Para tanto, a imagem foi processada, realizada a correção atmosférica e os valores convertidos em reflectância segundo metodologia proposta por Zullo Jr. (1994).

A análise granulométrica das 882 amostras coletadas foram pelo método do densímetro, quantificando as frações areia, silte e argila (Camargo et al., 1987). As determinações químicas foram pH (CaCl_2), matéria orgânica, fósforo (pelo método da resina), potássio, cálcio, magnésio e alumínio. A CTC, a saturação por bases e por alumínio foram calculadas de acordo com Raij et al. (1987).

Baseados no mapa de solos e nas imagens foram relacionados os 294 locais de tradagem. Porém, alguns pontos apresentaram interferência da vegetação ou se encontravam em área de transição, sendo excluídos da análise, resultando em 71 pontos utilizados para coleta dos dados espectrais através do programa ENVI (ENVI, 2002). Para cada ponto foi anotada sua posição em relação aos eixos x e y. a qual foi inserida num banco de dados e extraídos os valores de reflectância das 6 bandas.

Foi utilizado o procedimento DISCRIM do programa SAS para testar um método para a discriminação do solo a partir de seus dados espectrais. O método paramétrico avalia o conjunto de dados espectrais de um solo, desenvolvendo uma equação característica para cada um. Essas equações são testadas pelo próprio programa.

Foram gerados gráficos de dispersão entre a intensidade de reflectância das bandas 3 e 4, para a avaliação da linha do solo (Baret et al., 1993), objetivando verificar se os pontos de uma classe de solos estão distribuídos diferencialmente de outras classes, funcionando como um método de discriminação.

3. Resultados e Discussão

Interpretação e caracterização das Curvas Espectrais dos solos

Na figura 1 estão apresentadas as curvas espectrais para algumas classes de solo. A intensidade da variação foi menor na banda 1, ficando todas as classes dentro de um intervalo de intensidade de reflectância entre 0,0078 e 0,0784 (**Figura 1**). A maior variação na intensidade da reflectância ocorreu nas bandas 4, 5 e 7 para todas as classes de solo, entretanto, para os solos RQ3, PVA2 e o PVAL5 foi observada maior variação na intensidade da reflectância a partir da banda 2, devido a textura arenosa que esses solos apresentam. Tal fato concorda com Demattê et al. (2000) que observou pico de intensidade de reflectância acentuado para solos com texturas arenosas em comparação com as argilosas. Na banda 5, todas as curvas atingiram o valor de intensidade de reflectância máximo, seguindo sentido decrescente em direção a banda 7 devido a absorção de energia pela água. Para os solos de textura mais argilosa esse decréscimo ocorreu de forma suave em comparação aos solos de textura arenosa justamente porque retêm mais umidade.

Os LVdf e NV apresentaram-se com intensidade de reflectância mais baixa e tendência de curva horizontal em relação aos outros solos. Os RQ e PVA5 atingem intensidade de reflectância bem mais altas (até 0,60) com curvas de aspecto ascendente. Tais tendências

concordam com as curvas espectrais obtidas com sensor em laboratório, coincidindo com o padrão do solo original, obtido por Epiphanyo et al. (1992).

Em geral os solos mais argilosos apresentam intensidades de reflectância mais baixas, como os LVdf, NV, PVA. Por outro lado, os LVdf e NV têm intensidade de reflectância bem mais baixa, em concordância com Nanni (2000). Tal fato está relacionado com os altos teores de minerais na fração areia, como a magnetita e ilmenita, que apresentam baixa intensidade de reflectância. Além disso, os solos com maior teor de argila retêm mais água que os solos arenosos, apresentando maiores absorções de energia eletromagnética.

As classes LV1 e NV1 por terem teores de argila mais altos, apresentam curvas espectrais com menores valores de intensidade de reflectância dentre os solos argilosos, concordando com Nanni (2000). A baixa intensidade de reflectância é detectada pelas bandas 5 e 7 do TM por descreverem preferencialmente a absorção relacionada aos grupos OH⁻. Para os solos com textura mais arenosa, as curvas são mais elevadas, como nos casos RQ1, RQ3, PVA2, PVAL5 (**Figura 1**). O decréscimo nos teores de ferro juntamente com o aumento da quantidade de areia favorece o aumento nos valores da intensidade de reflectância, especialmente próximo da banda 5 do TM-Landsat, concordando com Demattê et al. (2000b).

A matéria orgânica exerce papel fundamental na absorção de energia no espectro eletromagnético (Coleman & Montgomery, 1987). Os solos mais argilosos como o NV e LVdf, apresentaram maiores valores de matéria orgânica e menor intensidade de reflectância, uma vez que os solos escuros aquecem-se rapidamente durante as horas do dia pela grande absorção da energia radiante (Mathews, 1973). Os teores mais baixos de matéria orgânica dos solos de textura arenosa também contribuíram para a alta intensidade de reflectância apresentada, como ocorrido para a classe de solo PVAL-5 (**Figura 1a**).

Um solo de mesma classe como o Latossolo Vermelho pode apresentar diferentes classes texturais e com a diminuição do teor de argila ocorre aumento na intensidade de reflectância e forma de curva (**Figura 1b**). Os Latossolos divididos em 3 classes foram discriminados indicando a importância do teor granulométrico na interpretação de um gráfico espectral.

Outro fator que influencia na intensidade de reflectância dos solos refere-se ao caráter de fertilidade. Os solos eutróficos apresentam maior intensidade de reflectância comparados com os solos álicos ou distróficos (**Figura 1**). Tal fato é explicado por Demattê et al. (1998) ao afirmarem que as bases trocáveis contribuem para a maior refletividade dos solos.

Linha do solo calculada com os dados espectrais orbitais

A linha do solo é uma representação sintética da intensidade de reflectância de um número de solos tomada em duas bandas espectrais. Trata-se de um gráfico de dispersão entre as bandas do visível (3) e infravermelho (4). A linha de solo para a cena está representada por textura do solo e por agrupamento químico.

Os seguintes fatores indicam que os pixels amostrados são basicamente de solos: 1) os pontos encontram-se distribuídos em torno de uma linha, com baixa dispersão; 2) a dispersão de pontos do gráfico encontra-se, aproximadamente, numa faixa ao longo de 45 graus em relação ao eixo; 3) altos valores de R^2 (**Tabela 1**). As equações de tendência de cada solo (**Tabela 1**) indicam que as assinaturas espectrais obtidas na cena trazem informações sobre os solos, sem interferências significativas da vegetação, do teor de umidade, da rugosidade da subsuperfície nem de restos culturais que podem ocorrer nos solos (Baret et al., 1993).

A discriminação das classes de solos foi feita com as bandas do ETM-Landsat, sendo B1 (450-520 nm); B2 (520-600 nm); B3 (630-690 nm); B4 (760-990 nm); B5 (1550-1750 nm) e B7 (2080-2350 nm). Os dados de reflectância deverão ser aplicados em todas as equações da

Tabela 2 e a equação do solo que obtiver o maior valor resultante terá uma maior probabilidade de ser o solo que se deseja identificar, desde que ele esteja em regiões semelhantes a deste trabalho, podendo ser identificado de forma preliminar e rápida.

A maior confusão foi encontrada para a classe LVA3-2, com 75% de erro, onde das quatro amostras uma foi classificada como RQ1-4, LVdf3-4, NVa e PVA3-5, pelo fato da camada subsuperficial das unidades de LVA3 e RQ serem semelhantes. O valor espectral detectou corretamente as questões relativas a composição das amostras, não tendo sucesso devido a pequena variação de textura, semelhantemente ocorrendo entre o RQ e PVA, pois o PVA3 apresenta granulometria de 15 a 25 %, só sendo possível sua classificação com o trabalho no campo, devido a limitação do sensor em obter informações de amostras de subsuperfície.

Demattê & Garcia (1999) testando as equações para caracterização de solos com os dados analíticos de reflectância espectral obtiveram uma eficiência de 100 %, exceto para o LVdf e NV, que apresentavam uma amostra para classificação. Nanni (2000) discriminou solos pela análise estatística discriminante, utilizando informações obtidas nos níveis de laboratório e orbital, onde obteve-se mais de 70 e 80 % de acerto, respectivamente.

Para os LVdf2-4 e LVdf3-4 houve um erro de 50 %. Esses solos podem ser confundidos por apresentarem as mesmas propriedades químicas e semelhanças nas propriedades físicas. O LVdf3-2 e o PVAL3-4 confundiram em 20 % das amostras por serem muito semelhantes no relevo. O LVdf1-2 confundiu em 50 % das amostras com o LVdf1-1 e NV1-1, embora se difiram nos horizontes subsuperficiais em função do teor de ferro.

O LVA2-1 foi confundido em 50 % com os PVA3-5, por serem semelhantes fisicamente em superfície, mas o PVA apresenta Bt, com acúmulo da argila no horizonte subsuperficial. O LVA3-2 confundiu em 75 % com o RQ1-4, LVf3-4 e PVA3-5 em função da semelhança nas características superficiais como o LVdf1-4 e PVA3-5 e, no caso com o RQ1-4 mesmo apresentando um maior teor de argila que o LVA3-2, por ser um Neossolo Quartzarênico, a reflectância pode ser semelhante. Para a NV1-1 que confundiu em 67 % com o PV4-1 e NV2-1 em função das propriedades químicas semelhantes e também pelo número baixo de amostras de PV4-1 e NV2-1 (apenas uma amostragem).

Pela comparação de médias dos solos para as respectivas bandas estudadas, observa-se que as bandas 5 e 7 foram as que melhor discriminaram.

4. Conclusões

1. É possível caracterizar e discriminar espectralmente os solos por imagens de satélites.
2. Os atributos como granulometria e matéria orgânica são os principais atuantes na reflectância orbital.
3. Solos mais argilosos refletem menos que os mais arenosos ao nível de sensor no satélite.
4. Uma mesma classe de solo, porém com classe textural diferente pode ser discriminada pelo sensor.
5. Solos eutróficos refletem mais que solos álicos, podendo ser discriminados.
6. A metodologia de coleta de dados por imagem de satélite utilizada no presente trabalho mostrou-se eficiente na identificação de solos.
7. A interpretação deste tipo de gráfico de dispersão permitiu diagnosticar com maior segurança se o pixel coletado na imagem refere-se a solos ou à vegetação.

Referências

- BARET, F.; JACQUE MOUND, S.; HANOCQ, J. F. The soil line concept in remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 7, n. 1, p. 11-18, 1993.
- CAMARGO, M. N., KLANT, E., KAUFFMAN, J. H. Classificação de Solos usada em Levantamentos Pedológicos no Brasil. Campinas. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 12, n.1, p. 11-13, jan/abr. 1987.
- COLEMAN, T. L., MONTGOMERY, O. L. Soil moisture, organic matter and iron content effect on the spectral characteristics of selected Vertisols and Alfisols in Alabama. **Photogrametric Engineering and Remote Sensing**, v.53, p. 1659-1663, 1987.
- DEMATTÊ, J.A.M.; GARCIA, G.J.; PROCHNOW, L. I. Variações induzidas de atributos químicos e sua influência na intensidade de reflectância espectral de Três solos do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p. 479-490, 1998.
- DEMATTÊ, J.A.M.; GARCIA, G.J. Alteration of soil properties through a weathering sequence as evaluated by spectral reflectance. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 327-342, 1999.
- DEMATTÊ, J.A.M., HUETE, A. R., FERREIRA, L. G., ALVES, M. C., NANNI, M. R., CERRI, C. E. Evaluation of tropical soils through ground and orbital sensors. Second International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, Lake Buena Vista, Florida, **Proceedings**, 10-12 January, 2000b.
- EMBRAPA. SNLCS. **Normas e critérios para Levantamentos Pedológicos**. Rio de Janeiro, 1996. 94p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção. 1999. 412 p.
- ENVI., 2002. Environment For Visualizing Images. **Guia do ENVI 3.5 em Português** (disponível para download em <http://www.envi.com.br>).
- EPIPHANIO, J. C. N.; FORMAGGIO, A. R.; VALVFRIANO, M.; OLIVEIRA, J. B. **Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo**. São José dos Campos: INPE, 1992. 131p.
- IBGE Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Informações capturadas Pelo site <http://www.agricultura.gov.br/sarc/dfPVA/prodecer.htm> em 27.10.2003.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Software Spring**, Versão 3.6. Internet. www.inpe.br. 1999.
- LEMONS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84p.
- MATHEWS, H. L. Spectral reflectance of selected Pennsylvania soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, v. 37, p. 421-424., 1973
- NANNI, M.R. **Dados radiométricos obtidos em laboratório e no nível orbital na caracterização e mapeamento dos solos**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, 366p., 2000 (Tese de Doutorado).
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPVS, A. S.; BATAGLIA, C. O. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargil, 1987. 170p.
- VITORELLO, I.; GALVÃO, L.S. **Spectral reflectance characterization of tropical soil types**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPV. P. 342-349, 1999.
- ZULLO Jr, J. **Correção atmosférica de imagens de satélite e aplicações**. Campinas, 1994. 191p. Universidade de Campinas (Tese de Doutorado).

Tabela 1. Classes de solo, equações de tendência linear e R² para a relação entre as bandas 3 e 4, obtidas pela leitura de pixel da cena TM-Landsat.

Solo	Equação	R ²
RQ e LV	$Y = 1.2618x + 0.0381$	0.96
LVf e LVA	$Y = 1.0787x + 0.0748$	0.98
PVA e NV	$Y = 1.629x - 0.087$	0.67
PVA	$Y = 1.4202x + 0.0273$	0.88

Tabela 2. Equações discriminantes das classes de solos em função das bandas do TM-Landsat

Classe ¹	Equação Discriminante ³
RQ1-e ²	-46.4206 - 228.4600B1 - 125.9748B2 - 14.8318B3 + 199.3307B4 - 254.0578B5 + 403.4543B7
RQ1-a	-62.5108 - 241.7664B1 - 274.8210B2 + 39.6622B3 + 264.4101B4 - 286.0963B5 + 437.0335B7
RQ3-a	-66.2576 - 282.5612B1 + 303.8616B2 - 345.5951B3 + 244.5534B4 - 380.9188B5 + 584.1653B7
LV1-e	-24.8406 - 37.1991B1 - 351.8395B2 + 105.4918B3 + 314.4517B4 - 173.1839B5 + 122.8555B7
LV1-d	-30.36133 - 121.7438B1 - 268.5567B2 + 114.4559B3 + 191.6955B4 - 184.76132B5 + 250.3459B7
LV2-e	-27.9713 - 135.1567B1 - 156.4192B2 + 53.7164B3 + 157.4458B4 - 168.6005B5 + 255.9643B7
LV2-e	-38.91776 - 250.8995B1 - 178.9701B2 + 43.6185B3 + 224.3467B4 - 262.2854B5 + 357.0606B7
LV2-a	-36.9334 - 44.8428B1 - 264.1166B2 + 58.4441B3 + 181.1672B4 - 121.5379B5 + 226.8691B7
LV3-e	-60.8654 - 250.7927B1 - 54.8743B2 - 165.4928B3 + 241.5738B4 - 325.1146B5 + 539.7188B7
LV3-e	-48.4788 - 185.9373B1 - 169.4891B2 - 7.6112B3 + 153.2214B4 - 224.6414B5 + 416.3678B7
LV3-a	-43.0196 - 201.2953B1 - 253.7626B2 + 27.9028B3 + 293.4075B4 - 292.2899B5 + 370.9185B7
LVf1-e	-23.4650 - 60.7526B1 - 464.4936B2 + 285.0277B3 + 211.8802B4 - 37.1807B5 - 11.8664B7
LVf1-a	-23.7360 - 88.3488B1 - 436.8303B2 + 226.8088B3 + 308.7524B4 - 160.9397B5 + 64.7676B7
LVA2-a	-43.4150 - 187.4732B1 - 181.3167B2 - 25.1457B3 + 238.1350B4 - 271.5631B5 + 402.0682B7
LVA3-e	-42.9682 - 214.6043B1 + 103.8060B2 - 155.1885B3 + 171.4617B4 - 247.2314B5 + 408.5936B7
LVA3-e	-48.3079 - 188.4942B1 - 235.5243B2 + 33.5837B3 + 226.1488B4 - 228.2037B5 + 360.9868B7
LVA3-d	-64.8797 - 185.9934B1 - 428.5629B2 + 199.4147B3 + 188.6411B4 - 221.6077B5 + 379.5935B7
LVA3-a-HI	-49.6555 + 126.7426B1 - 2.4954B2 - 29.3977B3 + 41.6888B4 - 10.1875B5 148.2586B7
PVA2-e	-33.0866 - 73.4533B1 - 291.5132B2 - 59.7143B3 + 493.2500B4 - 307.9804B5 + 202.9670B7
PVA4-e	-20.5508 - 74.5665B1 - 510.1877B2 + 374.8569B3 + 203.7012B4 - 84.6764B5 - 13.2871B7
PVA5-e	-57.4728 - 316.7338B1 - 99.0632B2 - 63.1271B3 + 221.1016B4 - 289.9475B5 + 474.0443B7
PVAL3-e	-32.3094 - 7.9050B1 - 389.6802B2 + 176.0900B4 + 212.9716B4 + 152.4540B5 - 193.0771B7
PVA2-a	-71.5916 - 199.9395B1 - 270.6843B2 - 72.9379B3 + 369.9924B4 - 288.9663B5 + 426.5647B7
PVA3-e	-56.7563 - 128.6798B1 - 158.5975B2 - 252.4119B3 + 504.0434B4 - 434.6178B5 + 486.5749B7
PVA3-e	-46.2815 - 221.3088B1 - 102.0367B2 - 190.0473B3 + 482.2471B4 - 365.0525B5 + 359.1333B7
PVA3-a	-48.7805 - 282.8469B1 + 183.4150B2 - 288.1546B3 + 170.9145B4 - 327.1532B5 + 561.8631B7
PVA4-e	-22.5322 - 180.7924B1 - 108.3859B2 - 36.5654B3 + 236.9189B4 - 283.1715B5 + 336.0592B7
PVAL3-e	-25.4908 - 238.0719B1 - 108.9125B2 - 24.5882B3 + 260.3924B4 - 288.7759B5 + 328.5418B7
PVAL3-e	-40.2155 - 54.3393B1 - 210.4351B2 + 9.5415B3 + 34.6437B4 + 4.0463B5 + 222.1358B7
PVAL3-a	-67.2498 - 205.3599B1 - 187.6235B2 - 37.1543B3 + 197.9291B4 - 257.4913B5 + 480.1729B7
PVAL5-e	-109.4563 - 331.5272B1 - 91.7229B2 - 115.9284B3 + 217.8660B4 - 371.3010B5 - 92.4371B7
NV1-e	-20.9665 - 48.2103B1 - 368.8835B2 + 135.5378B3 + 294.6483B4 - 92.4371B5 + 19.2430B7
NV1-e	-21.2387 - 67.4617B1 - 322.8258B2 + 103.1875B3 + 233.3927B4 - 30.3284B5 + 18.7911B7
NV1-a	-13.4694 - 71.7484B1 - 331.4813B2 + 217.0301B3 + 155.1439B4 - 61.7458B5 + 31.1940B7
NV2-e	-33.0766 - 50.0515B1 - 385.3550B2 - 143.9981B3 + 294.7166B4 + 48.4649B5 - 63.3923B7

¹ - Classes de solo estudadas

² - Caráter fertilidade: e, eutrófico (V ≥ 50 %); d, distrófico (V < 50 %); m, álico (m ≥ 50 %)

³ - Equações discriminantes para cada classe de solo da área de estudo. B1: 450-520 nm; B2: 520-600 nm; B3: 630-690 nm; B4: 760-990 nm; B5: 1.550-1750 nm e B7: 2.080-2.350 nm.

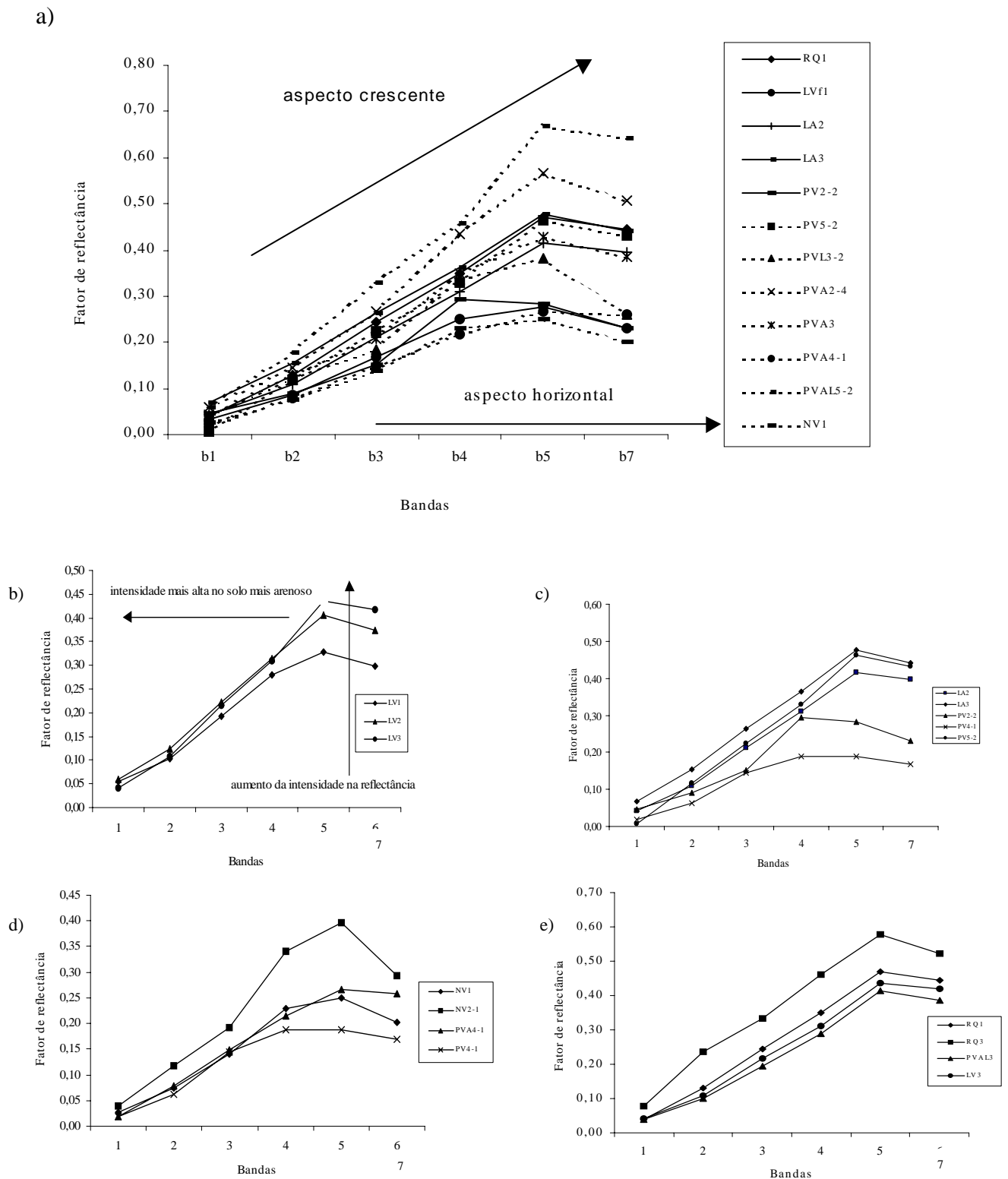


Figura 1. Curvas espectrais médias determinadas pelo sensor TM no Landsat: a) Curvas dos principais solos da região; b) Detalhamento entre Latossolos com diferentes texturas; c), d) e e) Comparação entre 4 classes de solos da região.