

Espectroscopia de reflectância difusa e atributos do solo em diferentes superfícies geomórficas⁽¹⁾.

Livia Arantes Camargo⁽²⁾; José Marques Júnior⁽³⁾; Gener Tadeu Pereira⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP.

⁽²⁾ Pós-Doutoranda (Bolsista FAPESP) do Dept. de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal-SP, li_arantes@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Prof. Dr. do Dept. de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal; ⁽⁴⁾ Prof. Dr. do Dept. de Ciências Exatas da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal.

RESUMO: A seleção de regiões espectrais pode auxiliar o desempenho dos modelos de quantificação dos atributos do solo. O objetivo do presente trabalho é avaliar as regiões espectrais que permitam discriminar as superfícies geomórficas (SG) e os atributos do solo para fins de mapeamento de áreas mínimas de manejo. As SGs foram localizadas no campo. Uma transeção (de 2500 metros) foi locada onde solos foram coletados a intervalos regulares de 25 m. Em cada SG mapeada, foram coletadas aproximadamente 20 amostras de solos dispostas nas laterais da transeção. Os pontos de coleta foram georreferenciados. As amostras de solos foram levadas ao laboratório para análises físicas, químicas, mineralógicas, da suscetibilidade magnética e espectroscopia de reflectância difusa. Os dados foram analisados pela análise de componentes principais (PCA). A melhor região espectral que permite discriminar as SG e os atributos do solo para fins de mapeamento de áreas mínimas de manejo é a região do visível.

Termos de indexação: mineralogia da fração argila, suscetibilidade magnética, pedometria.

INTRODUÇÃO

Existe uma lacuna nos métodos de levantamentos de solos que utilizem critérios de base quantitativa para identificar e delimitar áreas com maior homogeneidade de solos e dentro da conceituação de corpos naturais da pedosfera (Hudson, 1992). Algumas técnicas, dentre elas a espectroscopia de reflectância difusa, estão sendo utilizadas no sentido de viabilizar os levantamentos de solo e nos mapeamentos de áreas mínimas de manejo específico de maneira mais intensa e expressiva. A influência dos componentes do solo sobre a absorção e reflexão de energia medida permite associar as variações espectrais com as variações dos teores dos elementos no solo. Desta forma é possível realizar quantificações de atributos do solo a partir de dados espectrais. A faixa espectral que se estende de 400- 2500 nm (visível, infravermelho próximo e infravermelho médio) é atualmente a mais utilizada em sensoriamento

espectral do solo. A espectroscopia na região do infravermelho (próximo ou médio) permite a aquisição rápida de informação sobre solos. Grupos de solos, em termos de reflectância difusa, foram distinguidos no passado por Obukhov & Orlov (1964). A utilização desta técnica ainda está sendo explorada como, por exemplo, na estimativa rápida de parâmetros de fertilidade na superfície do solo, na predição de carbono orgânico, cor do solo entre outros. Porém, espectros digitais de solos normalmente contêm centenas ou milhares de valores de reflectância em função do comprimento de onda. Análises multivariadas são comumente utilizadas, pois reduzem a dimensão dos preditores por análise de componente principal e regressão linear entre os componentes principais e os atributos de solos. Neste sentido o objetivo do presente trabalho é avaliar as regiões espectrais que permitam discriminar as superfícies geomórficas e os atributos do solo para fins de mapeamento de áreas mínimas de manejo específico.

MATERIAL E MÉTODOS

A separação das superfícies geomórficas foi baseada na estratigrafia e investigações de campo segundo os critérios de Daniels et al.,(1971). Na superfície geomórfica I e II os solos foram classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa. Na superfície geomórfica III, ocorre a transição entre o Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico textura argilosa e um Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa. No espigão da área de estudo foi locada uma transeção de 2500 metros, onde solos foram coletados a intervalos regulares de 25 m. Em cada superfície geomórfica mapeada, foram coletadas aproximadamente 20 amostras de solos dispostas nas laterais da transeção. As amostras de solos coletadas na profundidade de 0,00-0,20 m, foram levadas ao laboratório para análises granulométricas, químicas, mineralógicas, de suscetibilidade magnética e de espectroscopia de reflectância difusa. A análise granulométrica foi realizada segundo Day (1965). Os óxidos de ferro livre (Fed) foram extraídos com

ditionito-citrato- bicarbonato de sódio (DCB), segundo metodologia de Mehra & Jackson (1960). A argila, utilizada nas análises mineralógicas, foi separada pelo método de centrifugação. Posteriormente foi realizada a concentração dos mesmos, segundo método de Norrish & Taylor (1961) modificado por Kämpf & Schwertmann (1982). A análise da fração argila concentrada foi realizada por meio da difratometria de raios X (DRX). A DRX foi realizada com as amostras preparadas pelo método do pó, em aparelho equipado com cátodo de cobalto e filtro de ferro e radiação $K\alpha$ (20 mA, 30 kV) para a difração da hematita (Hm) e goethita (Gt). A velocidade de varredura empregada foi de $1^\circ 2\theta/\text{minuto}$ e amplitude de 23 a 49° . Foram utilizados para avaliação mineralógica os reflexos da Hm (012 e 110) e da Gt (110 e 111). A razão $Gt/(Gt+Hm)$ foi obtida após o cálculo das áreas dos reflexos da Hm (012) e Gt (110) e nesse caso foi multiplicada a área do pico da Gt (110) pelo valor 0,35, devido a intensidade de 35% da Hm (012) (Kämpf & Schwertmann, 1998). A suscetibilidade magnética (SM) foi analisada pelo medidor MS2, de Bartington Instruments Ltda, o qual foi acoplado a um sensor de laboratório MS2B de duas frequências. Com este sensor foi possível medir a SM utilizando um campo magnético baixo e alternado, de intensidade de 80 A m^{-1} (10^{-4} T) e de frequência variada. Para a obtenção dos espectros de reflectância difusa, foram moidos aproximadamente 0,5 g de TFSA em ágata até obtenção de coloração constante e foram colocados em um porta amostras com um espaço cilíndrico de 16 mm de diâmetro coberto por uma lâmina de quartzo. Os valores de reflectância foram determinados, em espectrofotômetro Perkin Elmer Lambda 950 equipado com esfera integradora, a cada 0,5 nm, fazendo uma varredura no intervalo de 380 a 2.500 nm. A análise de componentes principais (PCA) foi utilizada com o intuito de sumarizar os valores obtidos com a leitura da espectroreflectância difusa das amostras de solo em um número menor de conjuntos. O critério utilizado na escolha dos componentes principais a serem interpretados foi o percentual da variância explicada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é apresentada a variância acumulada pelos 7 componentes principais (PC) dos espectros. Os dois primeiros PCs resumiram 92,72, 97,58 e 97,51% da variação espectral do espectro na região do visível + espectro na região do infravermelho próximo (VIS+NIR), VIS e NIR respectivamente,

mostrando que não há incremento na explicação da variância a partir do PC3 e que as explicações dos espectros são melhores obtidas no VIS e no NIR. Na Figura 1 estão apresentados os gráficos de scores das PC1 vs PC2 dos espectros com as classes de superfícies geomórficas ativadas e na Figura 2 estão apresentados os gráficos de scores das PC1 vs PC2 dos espectros com as classes de argila, cor do solo, Fed e de suscetibilidade magnética ativadas. As amostras das superfícies I e II se encontram sobrepostas indicando semelhança entre elas quanto ao padrão espectral no VIS+NIR, VIS e NIR (Figura 1).

Tabela 1 - Variância explicada pelos sete primeiros componentes principais e percentual de variância acumulada.

Espectro	Variância acumulada (%)						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
VIS+NIR	78.5	92,7	96,5	97.3	97.8	98.1	98.4
VIS	92.6	97.6	99.5	99.6	99.6	99.7	99.7
NIR	93.5	97.5	98.3	98.5	98.6	98.7	98.7

VIS+NIR= espectros nas regiões do VIS e do NIR avaliados conjuntamente; VIS= Espectro na região do visível; Espectro na região do infravermelho próximo.

Porém, as amostras da superfície III foram mais bem discriminadas (agrupadas) quando analisadas no VIS e em seguida no VIS+NIR (Figuras 1b e 1a respectivamente). A discriminação da textura do solo entre as superfícies geomórficas é visualizada no VIS+NIR e no VIS (Figuras 2a e 2b respectivamente). Observa-se que há diferença entre a superfície III e as demais superfícies e que nesta superfície a textura é argilosa e nas superfícies I e II média. A cor do solo, Fed e a SM obtiveram comportamento semelhante ao da textura. Houve diferença destes atributos nas classes determinadas entre a superfície III e as demais, e esta diferença foi observada pelo no VIS+NIR e no VIS (Figuras 2d, 2e, 2g, 2h, 2j e 2k). Por meio dos espectros (VIS+NIR e VIS) observa-se que a superfície III apresentou os maiores valores de Fed e SM relativos às superfícies I e II. A melhor discriminação (agrupamento) da superfície III e seus atributos no VIS pode ter ocorrido devido esta faixa de espectro ser altamente influenciada pelos óxidos de ferro que estão em maior quantidade nesta superfície (Camargo, 2013) e são provenientes do incremento de argila característico do material de origem dos solos estudados. Os óxidos de ferro são importantes cromóforos do solo apresentando banda de absorção na faixa visível do espectro. Outro aspecto é o fato desta superfície apresentar razão $Gt/(Gt+Hm)$ menor que 0,25 e as demais superfícies valores maiores que este, ou seja maiores proporções relativas de hematita nesta superfície.

Estes resultados sinalizam o poder de separação de compartimentos homogêneos da espectroscopia, principalmente na região do visível, em solos com teores médio de óxidos de ferro. A Análise de Componentes Principais (PCA) validou os métodos espectroscópicos de laboratório, permitindo o agrupamento ou separação dos espectros e as variáveis que apresentam maior interferência na resposta espectral. Observou-se que o PCA permitiu a separação da superfície III das demais superfícies.

CONCLUSÕES

A melhor região espectral que permitem discriminar as superfícies geomórficas e os atributos do solo para fins de mapeamento de áreas mínimas de manejo específico é a região do visível.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela concessão da bolsa de Pós-Doutorado à primeira autora e à Usina São Martinho pela concessão da área de estudo.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, L. A. Relações entre mineralogia da argila suscetibilidade magnética e adsorção de fósforo em Latossolos da Região de Jaboticabal - SP. 2013. 101p. Tese (Doutorado) –Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal-SP, 2013.
- DANIELS, R. B. et al. The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Advances in Agronomy*, 23: 51–87, 1971.
- DAY, P. R. Particle fraction and particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A., ed. *Methods of soil analysis*. Madison: Am. Soc. Agron., 1965. p. 545-566.
- HUDSON, B. D. The soil survey as a paradigm-based science. *Soil Science Society of America Journal*, 56:836-841, 1992.
- KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. Avaliação da estimativa de substituição de Fe por Al em hematitas de solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:209-213, 1998.
- KÄMPF, N. & SCHWERTMANN, U. Goethite and hematite in a climosequência in Southern Brazil and their application in classification of kaolinitic Soils. *Geoderma*, 29:27-39,1982.
- MEHRA, O. P. & JACKSON, M. L. Iron oxide removed from soils and clays by dithionitecitrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays and Clay Minerals*, 7:1317-327, 1960.
- NORRISH, K. & TAYLOR, R. M. The isomorphous replacement of iron by aluminium in soil goethites. *Journal of Soil Science*, 12:294-306, 1961.
- OBUKHOV, A.I. & ORLOV, D. S. Spectral reflectivity of the Major Soil Groups and possibility of using diffuse

reflection in soil investigations. *Soviet Soil Science*, 2, p. 174-184, 1964.

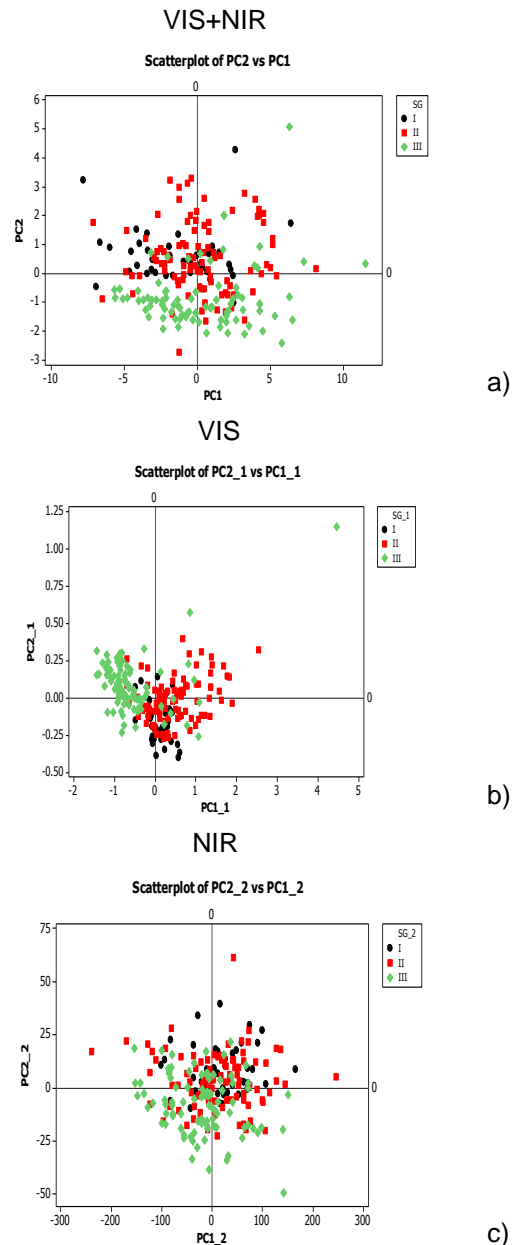


Figura 1 - Gráfico de scores, PC1 versus PC2 do espectro na faixa do visível + espectro na faixa do infravermelho próximo (VIS+NIR), VIS, NIR com as classes de superfícies geomórficas (a, b, c) respectivamente ativadas.

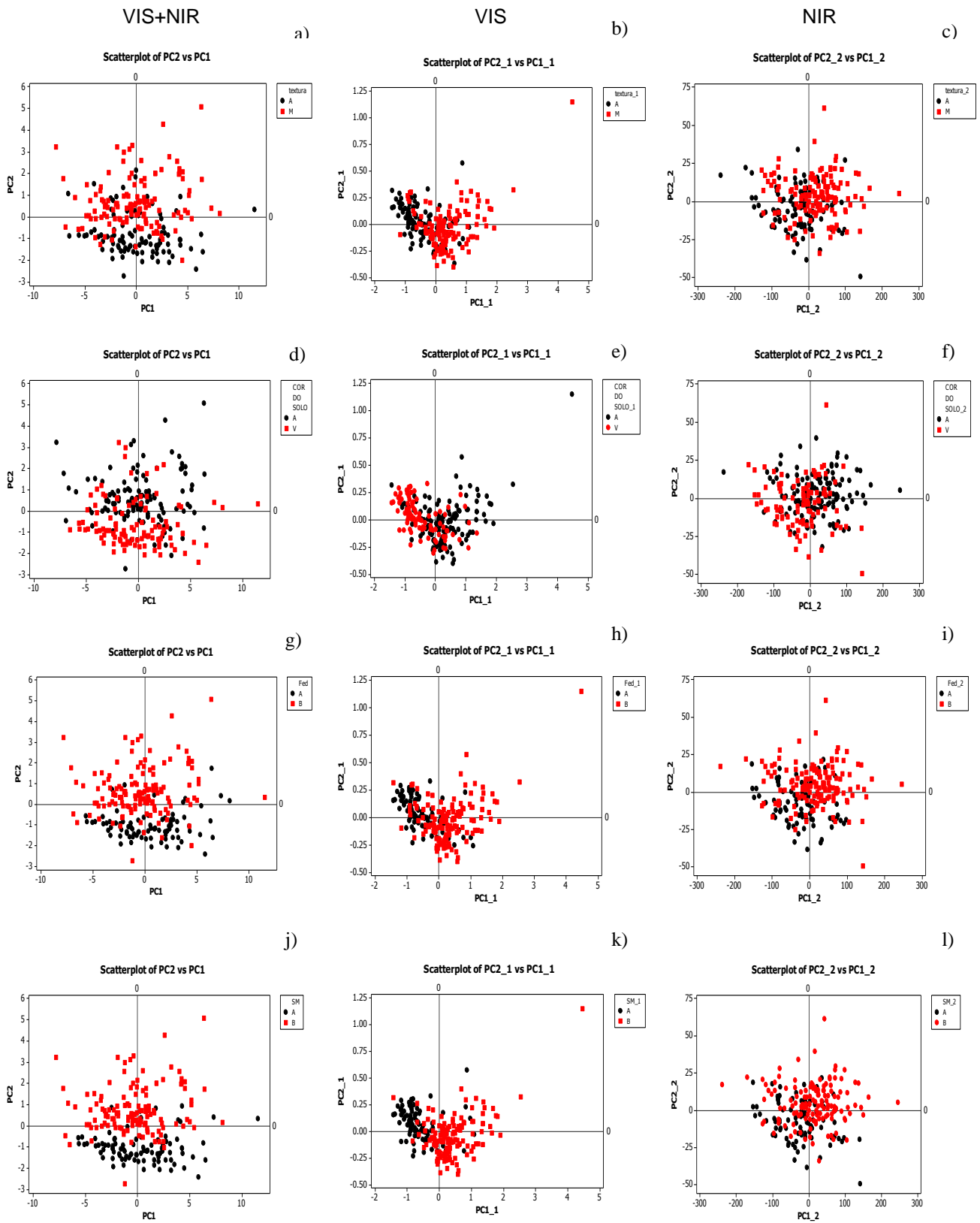


Figura 2 - Gráfico de scores, PC1 versus PC2 do espectro na faixa do visível + espectro na faixa do infravermelho próximo (VIS+NIR), do VIS e do NIR com as classes de textura A= textura argilosa ($\geq 35\%$ de argila); M= textura média ($< 35\%$ de argila) (a, b, c), cor do solo A= $Gt/(Gt+Hm) < 0,25$; V= $Gt/(Gt+Hm) > 0,25$ (d, e, f), Fe extraído por ditionito-citrato-bicarbonato (Fed) A= Fed $> 4,5\%$; Fed $< 4,5\%$ (g, h, i) e de suscetibilidade magnética (A= $SM > 0,500 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$; B= $SM < 0,500 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) (SM) (j, k, l) ativadas. SG= superfícies geomórficas.