

## Comparação de mapeamentos de solos de várzea por metodologias convencional e espectral

Marcelo Luiz Chicati<sup>1</sup>  
Marcos Rafael Nanni<sup>1</sup>  
Everson César<sup>1</sup>  
Roney Berti de Oliveira<sup>1</sup>  
Franciéle Romagnoli<sup>1</sup>  
Everton da Silva Neiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá - UEM  
Av. Colombo, 5790, CEP 87020-900 - Maringá - PR, Brasil  
mlchicati@yahoo.com.br  
mrnanni@uem.br  
eversoncezar@yahoo.com.br  
roneyberti@yahoo.com.br  
franciele\_romagnoli@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS  
Ant. Estrada para Faz. Campo Bom, Caixa Postal 112, CEP 79560-000 – Chapadão do Sul – MS, Brasil  
esneiro@ufms.br

**Abstract.** The use of remote sensing techniques, such as diffuse spectroradiometry, it is increasingly common in the study of soils. Thus, the purpose of this study was to compare methodologies for soil mapping, using conventional and spectral data, and estimate their correlation. The soil samples used were collected in a wetland with a great variety of soil classes. These were subjected to chemical and physical analysis for classification, and also spectral for preparation of the maps. The distribution of soil classes in the maps was based on statistical analysis and comparison of clustering methods by the Chi-square. Were determined 10 soil classes in the study area, being 6 in the first category level. The conventional mapping showed great heterogeneity in the distribution of soil classes. The map of laboratory spectral data showed low correlation with conventional data, however, a positive correlation with the mean test. Thus, we concluded that the mapping of paddy soils with spectral data shows low correlation with conventional data, however, still rather positive.

**Palavras-chave:** diffuse spectroradiometry, soil mapping, spectral data.

### 1. Introdução

Figurando entre os principais produtores agrícolas mundiais, o Brasil tem também, como os demais países, a necessidade de expansão de sua produtividade visando suprir a crescente demanda mundial por alimentos. Nesse sentido, o estudo dos solos como meio de suporte à produção torna-se muito importante, uma vez que, com a diminuição dos custos de produção gerados pela eficiência da utilização de insumos pode-se atingir o máximo potencial produtivo das áreas.

A utilização do sensoriamento remoto na forma da espectrorradiometria difusa tem sido uma técnica cada vez mais difundida para este tipo de estudo, seja para determinação de atributos dos solos, classificação ou mesmo mapeamento (Demattê et al., 2004). No caso do estudo dos solos de várzea, a carência de estudos desta natureza é ainda mais significativa, visto que outros trabalhos relacionados a este tema (Nanni, 2000; Fiorio, 2002; Chicati et al., 2008) abordam condições ambientais específicas e diferenciadas destas.

Os métodos cartográficos convencionais baseados na coleta de dados em campo e posterior compilação dos mesmos atualizando informações já existentes, geralmente, são mais caros, trabalhosos e demorados, quando comparados com as modernas técnicas de

mapeamento que se utilizam de sistemas de informações geográficas e imagens digitais (Gheraldi et al., 2005).

Fiorio & Demattê (2009) justificam o uso de dados espectrais de acordo com as necessidades do usuário, principalmente quando se tratam de alvos localizados em áreas distantes. Entretanto, a comparação dos dados obtidos pelo método espectral deve ser feita com dados de laboratório para comprovação da eficácia do método.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi a comparação da metodologia convencional de mapeamento de solos com outras metodologias baseadas em análise de dados gerados por curvas espectrais obtidas em amostras de solo em laboratório. Para tanto, optou-se pela utilização de uma área de várzeas com diversas classes de solo (Chicati, 2007) que pudessem testar a eficácia do método.

## **2. Material e Métodos**

A área escolhida para estudo localiza-se na região noroeste do Estado do Paraná, em uma porção do município de Querência do Norte, delimitada pelas coordenadas UTM, com base no meridiano 51° W.G., 210 – 310 Km e 7410 - 7510 Km do Equador e coordenadas geográficas 22°30' a 23°25' latitude sul e 52°45' a 53°45' longitude oeste. Os solos da região, embora sejam formados pelo mesmo material de origem (arenito) em sua grande maioria, variam bastante em composição (Chicati, 2007), fazendo, dessa forma, com que sejam encontradas diversas classes em campo. Para determinação dessas classes de solo, foram coletadas 72 amostras de solo em campo, tanto para superfície como subsuperfície, distribuídas em malha regular espaçada em 500 metros (Lemos e Santos, 1996).

As amostras foram encaminhadas para laboratório onde se determinou os atributos químicos e físicos de rotina, segundo EMBRAPA (1997). Estes dados foram utilizados na classificação dos solos (EMBRAPA, 2006) e então distribuídos em células dentro de uma grade regular, onde cada classe de solo ocupou um espaço representativo com arestas de 500 metros, recobrando uma área total de 250.000 m<sup>2</sup>, ou 25 hectares. Cada célula teve atribuída a si, uma classe de solo que recebeu então uma determinada cor na representação visual.

Para as análises espectrais foram separadas sub-amostras de todos os pontos de coleta de campo, tanto para horizontes superficiais como para os subsuperficiais, totalizando 144 amostras. Estas, foram acondicionadas em placas de Petri, com 9 centímetros de diâmetro e encaminhadas para determinação do espectro radiométrico.

O procedimento de coleta de dados radiométricos foi realizado no Laboratório de Sensoriamento Remoto do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP. Em ambiente devidamente preparado para leituras espectrais, as amostras foram submetidas à avaliação em espectrorradiômetro Fieldspec Pro com resolução espectral de 1 nm entre 350 e 1.100 nm e 2 nm entre 1.100 e 2.500 nm. A geometria de aquisição dos dados utilizou-se de: Placa branca padrão com reflectância calibrada em 100%; campo de visada de 25°, com 7 cm de altura em relação à amostra na vertical; fonte de iluminação com inclinação de 62° em relação ao solo e 72 cm de distância entre a fonte e o alvo; lâmpada alógena de 600 W com refletor parabólico e feixe não colimado ligada em fonte estabilizadora de alta precisão com entrada de 220 V e saída regulada em 110 ±0,5 V de tensão nominal e 5,2 ampéres.

O procedimento de determinação da geometria de coleta de dados seguiu Demattê et al. (2004), utilizando-se de placa Spectralon branca como referencial.

O primeiro procedimento para composição da planilha básica de dados que serviu às análises posteriores foi a seleção de bandas (22) e alturas (Reflection Interval Difference) (13), conforme metodologia empregada por Nanni & Demattê (2006).

Outros dois procedimentos foram realizados visando a obtenção de parâmetros que pudessem melhor explicar as diferenças de comportamento entre as curvas dos diferentes solos analisados. O primeiro método foi a obtenção do valor da tangente do ângulo formado

pele ponto inicial da curva espectral e seu ponto de máxima reflexão (Figura 1a). O segundo método levou em consideração a área formada pela inflexão de dois pontos distintos na curva espectral, sendo estas a inflexão da água em 1900 nm e a inflexão da caulinita em 2265 nm, comuns à todas as amostras analisadas neste estudo (Figura 1b).

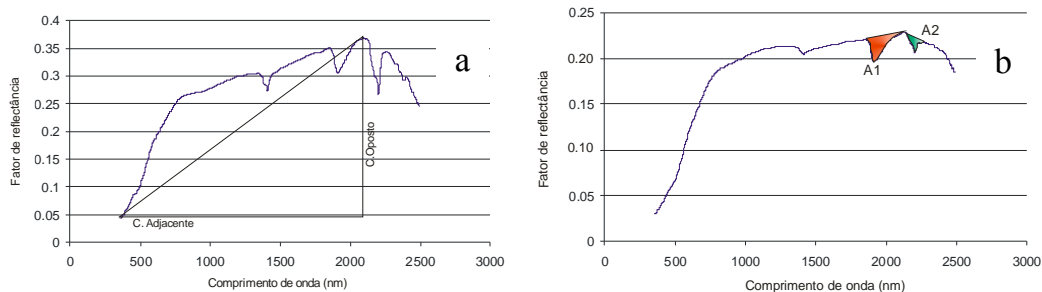


Figura 1 – Representação do procedimento para escolha da tangente (a) e áreas de inflexão (b).

Para as análises estatísticas dos dados previamente manipulados nas planilhas foram utilizados os softwares Statistical Analysis System (SAS, 2001) e Statistica (StatSoft, 1999).

O mapa de solos obtido por meio dos dados radiométricos de laboratório baseou-se na determinação das principais bandas, alturas, tangente e áreas das curvas espectrais de cada ponto amostrado, utilizando um método estatístico de agrupamento do programa SAS (2001). Este método teve, como objetivo, definir grupos homogêneos por meio da união de células em função dos seus valores quantitativos. Cada ponto de amostragem foi organizado, juntamente com as bandas, alturas, tangentes e áreas extraídas das curvas espectrais, em uma matriz indicada pela expressão  $X = (X_{ij})$  cujas dimensões foram  $n$  e  $p$ , onde  $n$  indica os indivíduos e  $p$  as variáveis.

O método escolhido para o agrupamento foi o “Average Linkage”. Tal método foi utilizado pela possibilidade de construção de grupos hierárquicos e aglomerativos em que, por meio de fusões sucessivas dos  $n$  objetos, foram sendo obtidos  $n-1$ ,  $n-2$ , ..., grupos, até que todos os indivíduos fossem reunidos num único grupo (Bussab, 1990).

A avaliação da confiabilidade do método associativo das informações foi realizada pelo teste Qui-quadrado (Plackett, 1983). Por meio deste teste buscou-se comparar a distribuição entre as classes de solo e os grupos definidos pelo coeficiente de similaridade. Sendo assim, foi possível avaliar as proporções observadas entre os cruzamentos de dados e definir as possíveis diferenças significativas.

### 3. Resultados e Discussão

Os solos amostrados na área de estudos foram submetidos à análises físicas, químicas, e espectrais. Por meio destes procedimentos e valendo-se da classificação convencional dos solos chegou-se à presença das seguintes classes na área de estudos (EMBRAPA, 2006):

Solos hidromórficos: Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico gleico (PVAe); Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico gleico (PVAd); Neossolo Quartzarênico hidromórfico (RQg); Neossolo Flúvico Ta eutrófico (RUve); Neossolo Flúvico Ta distrófico (RUbd); Plintossolo Pétrico litoplântico (FFlf); Plintossolo Pétrico concrecionário eutrófico (FFce); Organossolo Háplico fibrico (OXfi).

Solos derivados de depósitos sedimentares: Cambissolo Háplico alumínico (CXa).

Solos derivados de rochas basálticas: Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd).

Quanto à distribuição territorial dessas classes, observou-se que a maior porção do terreno é recoberta pelos Argissolos (54,28%), seguindo-se dos Plintossolos (20,25%) e Neossolos (12,66%).

Nos mapas, tanto convencional como os espectrais, foram consideradas as classes de solo apenas no primeiro nível categórico, devido ao reduzido número de amostras disponíveis, e também da mesma forma como foram analisadas estatisticamente.

Por meio da metodologia convencional da malha rígida e sua distribuição dos pontos em células equidistantes, cada classe de solo foi representada no mapa por uma determinada cor, correspondendo à área ocupada (Figura 2).

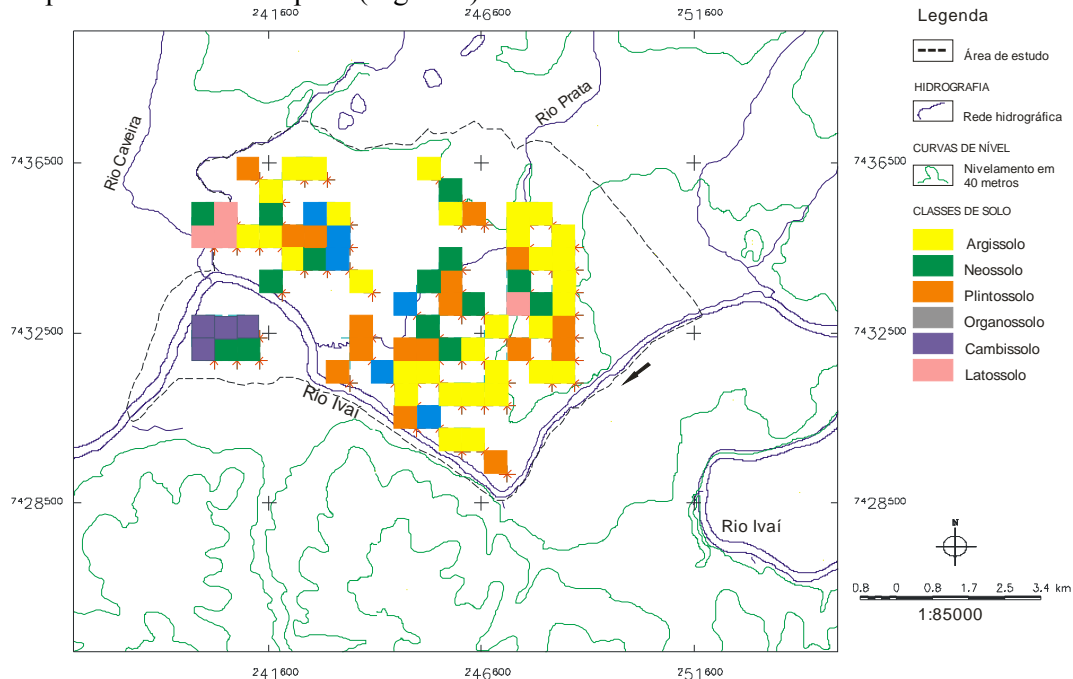


Figura 2 – Representação do mapa de solos da área de estudos produzido pelo método de malha rígida.

Pela observação da Figura 2 foi possível constatar que a distribuição das classes de solo na área de estudo foi heterogênea. Essa constatação pode ser comprovada por meio da análise geológica e, conseqüentemente, do material originário da região (Santos, 1997; Barros, 2006).

Os mapas de solos obtidos pela metodologia de análise de dados espectrais de laboratório basearam-se em testes estatísticos de agrupamento das bandas, alturas, tangente e áreas delimitados nas curvas espectrais de laboratório. Nestes, foi realizada a discriminação das curvas espectrais em grupos distintos. Esses grupos foram obtidos por meio de exame do dendograma gerado na análise estatística de agrupamento e, então, passaram a corresponder a aglomerados de pontos de amostragem de solo.

Partindo-se desta análise foi possível a identificação de oito grupos distintos entre a relação geral de pontos amostrais. Para este desmembramento dos grupos foi utilizado um coeficiente de similaridade no valor de 0,42, estabelecido pelo pseudo  $t^2$  com maior pico, como também utilizado por Nanni (2000). De posse dos dados relativos aos agrupamentos formados pela análise estatística, foram então separados os pontos amostrais nos devidos grupos (G1 a G8). Cada ponto amostral passou então a ser representado por uma cor no mapa de solos, de acordo com o grupo ao qual o mesmo encontrava-se classificado. Dessa forma, obteve-se o mapa da Figura 3.

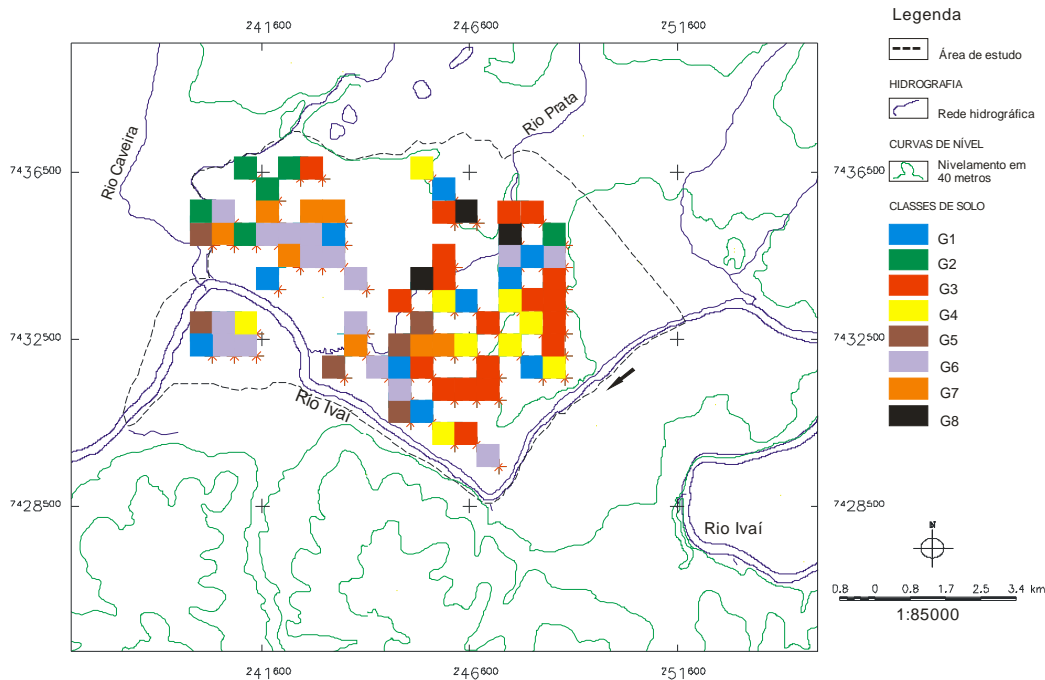


Figura 3 – Representação do mapa de solos da área de estudos obtido pela análise de agrupamentos com bandas, alturas, tangente e áreas do sensor Fieldspec.

Pela observação deste mapa percebe-se que não houve relação presente entre os agrupamentos gerados pelo modelo estatístico e as classes de solo encontradas em campo pela metodologia convencional, confirmando a dificuldade de representação já observada por Cook et al. (1996).

Foram obtidos 8 agrupamentos, ou seja, um número maior que o de classes de solo, que são 6. Isto demonstra que não houve correlação direta da análise espectral dos agrupamentos com a classificação dos solos comumente realizada, mas sim uma distribuição específica de indivíduos com características espectrais semelhantes.

Também foi possível inferir que os agrupamentos dificilmente tiveram comportamento semelhante para alguma classe de solo, podendo comportar todas, como o grupo 6, ou apenas duas, como o grupo 8, demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação das classes de solo obtidas pela metodologia convencional e os grupos obtidos pela análise estatística baseada na análise das bandas, alturas, tangente e áreas

Classes	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
Argissolo	4	4	8	3	1	3	4	0
Neossolo	3	1	1	1	0	4	1	2
Plintossolo	0	1	5	2	2	6	1	1
Latossolo	1	0	0	0	1	1	1	0
Organossolo	2	0	0	0	1	1	1	0
Cambissolo	1	0	0	1	1	1	0	0

O que se pôde notar na observação do mapa e da alocação dos agrupamentos foi a possível relação do posicionamento desses grupos com a distribuição fisiográfica do terreno, com predominância, por exemplo, dos grupamentos 4 e 5 na região mais plana da área. Entretanto, o teste de Qui-quadrado realizado com os dados relativos à associação das classes de solo e dos oito grupos selecionados demonstrou, em nível de significância de 5%, que existe associação positiva entre os dois conjuntos de variáveis, ou seja, existe relação real de dependência ( $X^2$  calculado 31,969;  $X^2$  tabelado 31,410).

#### 4. Conclusões

Neste trabalho observou-se a real possibilidade de realização do mapeamento da área de estudo com utilização de dados espectrais de laboratório, sendo também observada a correlação com os dados obtidos por metodologia tradicional. A comparação dos dados produzidos pelo mapeamento espectral e o tradicional demonstrou estatisticamente que ambos têm características semelhantes e, portanto, o método tem validade.

#### 5. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa ao primeiro autor (Proc. n. 143399/2009-8) e bolsa produtividade (Proc. n.310948/2006-1) ao segundo autor.

#### 6. Referências Bibliográficas

Barros, C.S. Dinâmica sedimentar e hidrológica na confluência do rio Ivaí com o rio Paraná, município de Icaraima-PR. 2006. 69p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

Bussab, W. de O.; Miazaki, E. S.; Andrade, D. F. de. Introdução à análise de agrupamentos. In: Simpósio Nacional de Probabilidade Estatística, 9., 1990, São Paulo. São Paulo : Associação Brasileira de Estatística, 1990. 105 p. Publicação Avulsa.

Chicati, M.L. Caracterização dos solos na porção alagável de Querência do Norte e validação de um modelo de inundação por meio de sistema de informações geográficas. 2007. 126p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

Chicati, M.L.; Nanni, M.R.; César, E.; Demattê, J.A.M.; Oliveira, R.B. Caracterização de alguns atributos do solo e sua correlação com a paisagem em uma porção do noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, vol. 30, n. 5, p. 719-724, 2008.

Cook, S.E.; Corner, R.J.; Grealish, G.; Gessler, P.E.; Chartres C.J. A Rule-based system to map soil properties. **Soil Science Society of America Journal**, v. 60, n. 6, p. 1893-1900. 1996.

Demattê, J. A. M. Reflectância espectral de solos. 1999. 452p. Tese (Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, Piracicaba, 1999.

Demattê, J.A.M.; Toledo, A.M.A.; Simões, M.S. Metodologia para reconhecimento de três solos por sensores: laboratorial e orbital. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 877-889. 2004.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 215p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

Fiorio, P.R. Dados radiométricos obtidos nos níveis terrestre e orbital na avaliação de solos. 2002. 198p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, Piracicaba, 2002.

Fiorio, P.R.; Demattê, J.A.M. Orbital and laboratory spectral data to optimize soil analyses. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p.250-257, 2009.

Gherardi, B.; Faria, L.E.O. de.; Cooper, M.; Valiante, T.C. Caracterização dos Solos da Estação Experimental Agrozootécnica Hildegard Georgina Von Pritzelwits com o uso de imagens orbitais e aéreas. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 1., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 17-24.

Lemos, R. C.; Santos, R. D. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 83p.

Nanni, M. R. Dados radiométricos obtidos em laboratório e no nível orbital na caracterização e mapeamento dos solos. 2000. 366p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, Piracicaba, 2000.

Nanni, M.R.; Demattê, J.A.M. Spectral reflectance methodology in comparison to traditional soil analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 70, p. 393-407, 2006.

Plackett, R.L. Karl Pearson and the Chi-Squared Test. **International Statistical Review**. v. 51, n. 1, p. 59–72, 1983.

Santos, M. L. dos. Estratigrafia e Evolução do Sistema Siliciclástico do Rio Paraná no seu Curso Superior: Ênfase à Arquitetura dos Depósitos, Variação Longitudinal das Fácies e Processos Sedimentares. 1997. 246p. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1997.

SAS - INSTITUTE. **SAS, software: user's guide, version 8.2**, Cary, 2001.

STATSOFT. **Statistica softwares user's guide. Version 6.0**. 1999.