



AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS ESPECTRAIS DOS SOLOS COMO MÉTODO PARA QUANTIFICAÇÃO DO TEOR DE ÓXIDO DE FERRO

Roney Berti de Oliveira¹, Cristiano Sanches Heidemann², Marcos Rafael Nanni³, Marcelo Luiz Chicati³, Everson Cesar³

RESUMO: Estudos de reflectância do solo ao longo dos anos têm-se revelado uma técnica eficiente e não destrutiva para determinação e quantificação das propriedades do solo. Atualmente, os métodos convencionais para a determinação de óxidos de ferro e outros atributos e características dos solos são frequentemente metodologias complexas, demoradas, custosas e não disponível em análise de solo de rotina. Este estudo procurou apresentar uma nova técnica para estimar os níveis de óxidos de ferro a partir de amostras de solo originado de horizonte B diagnóstico de perfis de solo do estado do Paraná. Primeiro, através da técnica de ataque de ácido sulfúrico aplicado as amostras de solo seco ao ar livre, determinou-se o conteúdo de óxido de ferro presente nestas. Mais tarde, com o uso da técnica laboratorial de espectrorradiometria difusa e a técnica estatística Partial Least Squares Regression (PLSR) associou o conteúdo desse atributo na amostra com sua influência na resposta espectral do solo e seu conteúdo foi estimado. Assim, obtivemos um coeficiente de determinação da ordem de 0,82 e desvio padrão de erro na ordem de 2,41, tornando modelo de previsão confiável e de elevado potencial. Na fase de validação, concluiu-se que o modelo tinha um alto coeficiente de determinação, sendo esta a ordem de 0,81, tornando-se um alto potencial e alta confiabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Óxido de ferro, quantificação de atributo do solo, reflectância de solo.

1 INTRODUÇÃO

O Estado do Paraná ocupa o quinto lugar em importância econômica entre todos os estados brasileiros. As diferentes características físicas e climáticas propiciam a existência de atividades agrícolas diversificadas e seu grau de desenvolvimento econômico permite a utilização de avançadas técnicas agrícolas, que se traduzem nos mais altos índices de produtividade do país. Uma das melhores maneiras de se tornar mais eficiente a tomada de decisões na agricultura moderna é dispor-se de informações mais adequadas e precisas de muitos aspectos. Estudar e colocar em prática tecnologias disponíveis, dentre as quais a análise do comportamento espectral e a distribuição espacial dos atributos dos solos seriam uma forma de contribuir com a sua avaliação (Nanni et al. 2004).

Os estudos de reflectância de solos, em sua maioria, são direcionados à solos não tropicais, onde os mesmos possuem mínimas concentrações de óxidos de ferro, ou até mesmo inexistentes, com exceção daqueles estudados por autores como Genú (2006).

¹ Orientador, Professor Doutor do Curso de Agronomia – CESUMAR – roneyberti@yahoo.com.br

² Acadêmico do Curso de Agronomia – CESUMAR - cris_s_heidemann@hotmail.com

³ Professor, Universidade Estadual de Maringá – UEM, Maringá-PR

Nos solos, o ferro ocorre principalmente na forma de óxidos e hidróxidos como pequenas partículas ou associadas às superfícies de outros minerais. Minerais de ferro livres que ocorrem no solo são usados para caracterização de solos e horizonte de solos.

A principal fonte de obtenção de ferro é a hematita. Essa grande fonte é devido a sua dissolução e que posteriormente é facilmente precipitado devido ao aumento de pH, e se torna responsável pela presença de coberturas de óxidos hidratados (ex.: hematita) sobre fragmentos de minerais e de rochas dos sedimentos das drenagens em ambientes aeróbicos. Como essas fases hidratadas de ferro possuem a tendência de formar coberturas superficiais de óxidos, pode se refletir numa relação direta entre o teor total de ferro e a superfície específica de partículas.

O ferro pode ser considerado como um elemento abundante nos solos do território paranaense na forma de Fe_2O_3 ficando na média de 15,05%, sendo mais elevados que na média no Terceiro Planalto paranaense, e menores que na média na Planície Litorânea, Primeiro e Segundo planalto. Os métodos convencionais para determinação de óxidos de ferro são geralmente complexos, demorados e de alto custo e não são disponíveis em procedimentos rotineiros de análises de solos, então alguns autores como Demattê et al. (2003) relacionaram teores desses óxidos de ferro com dados de sensoriamento remoto.

A reflectância espectral de solos pode ser um critério significativo para separações em taxonomia e em manejo em solos altamente intemperizado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O Estado do Paraná está situado na região Sul do Brasil, entre os paralelos 22°29'30" e 26°42'59" de latitude sul e entre as longitudes a oeste de Greenwich de 48°02'24" e 54°37'38" (Figura 1), apresentando a área de 199.218 quilômetros quadrados, que correspondem a 2,34% do território brasileiro, limitando-se ao norte com o Estado de São Paulo, a leste com o Oceano Atlântico e ao sul com o Estado de Santa Catarina, a oeste com a República do Paraguai e o Estado do Mato Grosso do Sul.

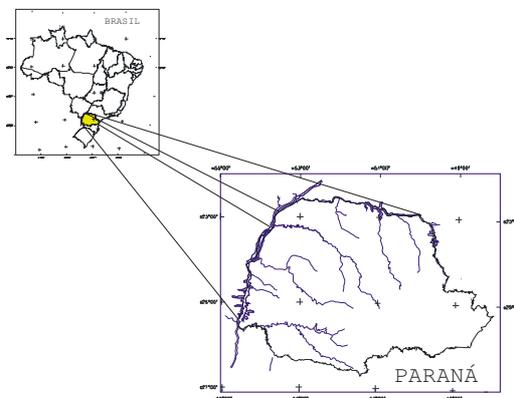


Figura 1: Localização geográfica do Estado do Paraná

Mineralogicamente, na fração argila destes solos, predominam minerais como a caulinita e sesquióxidos de ferro e alumínio (Costa et. al., 1999; Souza Junior, 2009), sendo que os mesmos possuem material altamente intemperizados e estão sujeitos a intenso intemperismo e lixiviação, promovendo assim uma concentração de resíduos, sendo estes, ocorrendo na predominância de óxidos de ferro e de alumínio.

Os óxidos de ferro presentes na fração argila desses solos, por terem reduzido tamanho de partícula, apresentam elevada superfície de reação. Eles são excelentes adsorventes tanto de moléculas orgânicas quanto de ânions e estão, normalmente, relacionados no solo com a presença de diversos elementos-traço.

Para realização do trabalho, foram utilizadas amostras do horizonte B dos solos do Estado do Paraná, cuja amostragem foram coletadas e georreferenciadas numa malha de amostragem de 25x25 km, totalizando 278 amostras.

Para determinação de elementos através de ataque sulfúrico, as amostras de TFSA foram moídas e passadas em peneira de 0,125 mm. Cerca de 1,0 g em duplicata desse material moído foi transferido para tubos de digestão de 75 ml. Foi adicionado 20 ml de uma solução de H^2SO^4 (98%) diluído de 1:1, em seguida os tubos foram colocados num bloco digestor e aquecidos, permanecendo sob fervura por uma hora. Passado esse período, os tubos foram retirados e resfriados para então se adicionar 1ml de HNO_3 (68%) concentrado. Os tubos foram levados novamente para o bloco e mantido por fervura por mais duas horas

Após esse período, os tubos foram retirados do bloco digestor e resfriados. Adicionou-se água e procedeu-se a filtragem do material residual com filtro de filtragem lenta, recolhendo todo o filtrado em balão de 250 ml. No material originário desse processo, determinaram-se os teores de ferro (Souza Junior 2009).

Os dados espectrais dos solos foram obtidos em laboratório com o espectrômetro FieldSpec Pro (Analytical Spectral Devices, Boulder, Colo.). É um espectrorradiômetro com fibra ótica com resolução espectral de 1 nm até 1100 nm e 2 nm até 2500 nm. Para a coleta dos dados de reflectância, as amostras foram preparadas segundo Henderson (1992). No total, foram obtidas 295 leituras espectrais do solos. Com tal fator em mãos, foram criadas representações gráficas, ou seja, curvas de reflectância espectral.

Por meio do programa estatístico ParLes versão 3.1 (Viscarra Rossel, 2008), realizou-se a análise estatística multivariada para atributo do solo juntamente com as informações espectrorradiométricas obtidas do mesmo. Para tal realização utilizou-se a técnica de regressão pelo método de mínimos quadrados parciais (PLS) inserida no próprio programa. Optou-se por tal metodologia por ser de comum utilização em sensoriamento remoto e processamento de dados espectrais, uma vez que o mesmo lida com grandes séries de dados altamente correlacionadas com variáveis, pois a mesma é mais precisa que a de regressão linear múltipla já que o efeito da colinearidade dos dados do modelo pode ser reduzido com maior eficiência, além de levar em consideração toda a informação espectral (Araujo,2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para reduzir a não linearidade que por acaso possa existir no espectro utilizou-se a função $\text{Log}(1/R)$ onde R = reflectância. Também para corrigir variações atípicas de espalhamento de luz, foi feita uma correção multiplicativa de sinal (MSC) para o atributo avaliado em questão.

Após a correção de uma possível colinearidade dos dados e variação do espalhamento da luz, realizou-se a validação cruzada dos dados, ou seja, a calibração dos valores obtidos das análises químicas convencionais versus as predições feitas pelo modelo com a finalidade de se obter um número de componentes para gerar um modelo com maiores coeficientes de determinação (R^2), menores valores da raiz quadrada do erro médio (RMSE) e maiores valores de desvio padrão do erro (RPD).

Após a avaliação estatística dos dados, o modelo que apresentou menor valor do RMSE e maior R^2 foi o modelo apresentado na Figura 2, onde este apresentou R^2 de 0,82.

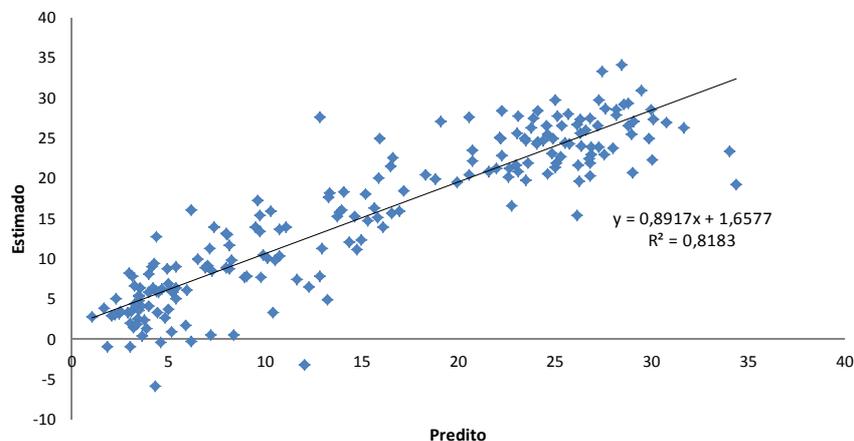


Figura 2: Modelo PLSR da validação cruzada

Chang et al. (2001) demonstram que para se obter um excelente modelo de estimativa de atributos do solo, os mesmos devem apresentar R^2 superior a 0,80, e que modelos entre 0,50 e 0,80 seriam de baixa acurácia.

O modelo resultante da avaliação das curvas espectrais dos solos paranaenses apresentaram um R^2 de aproximadamente 0,82 indicando assim, como sendo um modelo bom de predição.

O modelo apresentou também um valor de RPD de 2,41, que de acordo com o sugerido por Chang et al. (2001) é considerado excelente, pois os mesmo autores relatam que valores de RPD menores que 1,5 são considerados insuficientes para a maioria das aplicações e entre 1,5 e 2,0 são julgados como úteis em relação a acurácia das predições.

Islam et al. (2003) gerando modelos de calibração para nutrientes de solos da Austrália obteve R^2 de 0,73 e RPD de 1,8 e Araujo (2008) gerando modelos de calibração de nutrientes para solos do Estado de São Paulo obteve R^2 de 0,85 e RPD de 2,5.

Após a elaboração de um modelo de predição, testou-se o mesmo com amostras não anteriormente processadas para realizar sua validação. Pode-se observar que na fase de validação do modelo de predição calibrado para a estimativa do atributo em questão apresentou um R^2 de 0,81 e RPD de 2,28. Valores estes elevados e que indicam um modelo de alta potencialidade e superiores aos encontrados por Demattê e Garcia (1999) também ao estudarem solos com altos teores de óxidos de ferro.

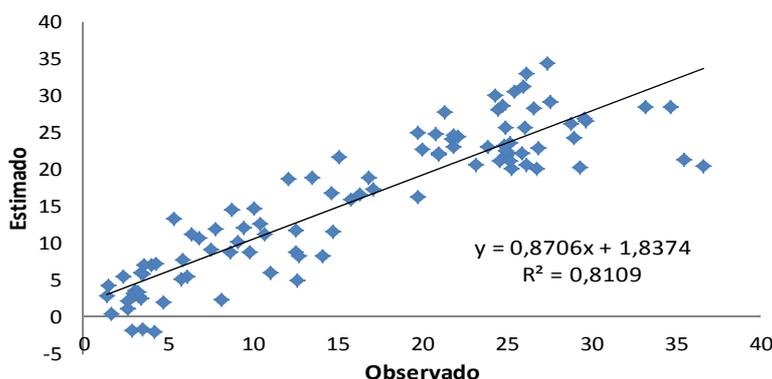


Figura 3: Validação cruzada para avaliação do modelo PLSR da estimativa de atributo

4 CONCLUSÃO

Verificou-se que o atributo óxido de ferro apresentou alto coeficiente de determinação, com valores de R^2 acima de 0,80 mostrando assim que o mesmo foi de alta potencialidade para determinação deste atributo para solos do Estado do Paraná.

REFERÊNCIA

ARAUJO, S.R. **Sensoriamento remoto laboratorial na detecção de alterações químicas no solo pela aplicação de corretivos**. Piracicaba, 2008. 130 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

CHANG, C.; LAIRD, D. A.; MAUSBACH, M. J.; HURBURG JUNIOR, C. R. Near infrared reflectance spectroscopy – principal components regression analyses of soil properties. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.25, n.2, p. 480-490, mar/apr. 2001

COSTA, A.C.S.; TORINO, C.A. & RAK, J.G. Capacidade de troca catiônica dos colóides orgânicos e inorgânicos de Latossolos do estado do Paraná. **Acta Sci.**, 21:491-496, 1999.

DEMATTÊ, J.A.M.; EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. Influência da matéria orgânica e de formas de ferro na reflectância de solos tropicais. **Bragantia**, Campinas, vol. 62, n 3, 451-464, 2003.

DEMATTÊ, J.A.M.; GARCIA, G.J. Alteration of Soil Properties through a Weathering Sequence as Evaluated by Spectral Reflectance. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, vol. 63, 1999. p. 327-342.

DEMATTÊ, J.L.L. **A pedologia direcionada ao manejo de solos**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.24, n.4, Out/Dez, p.16-17, 1999.

GENU, A.M. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento na caracterização e avaliação pontual e espacial de solos e seus atributos**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 2006.

KOSMAS, C. S.; CURI, N.; BRYANT, R. B.; FRANZIEIER, D. P. Characterization of iron oxide minerals by second-derivative visible spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, v.48, n.2, p.401-405, 1984.

SOUZA JUNIOR, I.G. **Mineralogia da fração argila e a distribuição de elementos-traço associados aos óxidos de ferro do horizonte B de solos do Estado do Paraná**. 2009. 150 f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009

VISCARRA ROSSES, R.A.; Parles: Software for chemometric analysis and spectroscopic data. Australian Centre for Precision Agriculture. McMillan Building A05. The University of Sydney, NSW, 2005.