

Avaliação Qualitativa e Quantitativa de Carbono em Solos de Unaí por NIRS

**Sandra Maria Oliveira Sá⁽¹⁾; Danilo Althmann⁽²⁾; Tayane S. P. Melo⁽³⁾; Ronei J. Poppi⁽⁴⁾;
Eric Scopel⁽⁵⁾; Martial Bernoux⁽⁶⁾; & Carlos C. Cerri⁽⁷⁾**

(1) Professora Visitante, Bolsista FAPEMA, Depto Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Cidade Universitária Paulo VI, s/n, Tirirical, São Luis MA, CEP 65055-310, sandrasa@cca.uema.br; (2) Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Química, UNICAMP, Campinas SP, CEP 13083-970, althmann@iqm.unicamp.br; (3) Graduanda do curso de graduação em Agronomia, UEMA, São Luis MA, CP 09, CEP 65055-970, tayanemp@hotmail.com; (4) Professor MS-5 UNICAMP, Campinas SP, CEP 13083-970, ronei@iqm.unicamp.br; (5) Pesquisador EMBRAPA-CPAC, Km 18, BR 020, CP 08223, CEP 73301-970, Planaltina, Brasil, eric@cpac.embrapa.br; (6) Pesquisador IRD, UR179-SeqBio, BP 64501, Montpellier 34394 Cedex 5, France, Martial.Bernoux@mpl.ird.fr; (7) Professor Titular CENA-USP, Piracicaba SP, CP 96, CEP 13400-970, cerri@cena.usp.br;

Apoio: FAPEMA, FAPESP, EMBRAPA, CNPq, IRD, CIRAD.

RESUMO: A necessidade de se combater as causas e minimizar os efeitos das mudanças climáticas na Terra torna urgente uma série de ações para aumentar a adição e reduzir a perda de carbono estocado no solo. Faz-se igualmente urgente conhecer mais profundamente a dinâmica e a estabilidade do carbono no solo em função do tempo, frente a variações de uso da terra, diferentes sistemas de manejo e ainda a processos erosivos intensificados pelo aquecimento global. Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho foi empregar a espectroscopia no infravermelho próximo e quimiometria para avaliar o carbono total contido em solos de Unaí MG, sob diferentes culturas e manejo. Utilizou-se um espectrômetro Antaris MDS FT-NIR e 305 amostras de solos de diferentes texturas, sob vegetação nativa (cerrado) e cultivados com milho, feijão, arroz e sorgo, sob sistemas de plantio convencional ou direto. Os resultados evidenciaram que a técnica NIRS é uma boa ferramenta para avaliação qualitativa do estoque de carbono no solo. Adequados modelos multivariados de calibração NIR-PLS (r 0.7175; RMSEP 0.3308) e NIR-LS-SVM (r 0.9247; RMSEP 0.1653) foram construídos para a determinação de C total (%) em solos de cerrado de Unaí MG, sob diferentes condições de uso da terra, manejo e textura do solo.

Palavras-chave: Unaí, cerrado, reflectancia difusa

INTRODUÇÃO

Devido à sua grande extensão territorial e aptidão agrícola/florestal, o Brasil tem grandes possibilidades de alcançar um sistema produtivo auto-sustentável, e contribuir para a redução dos efeitos do aquecimento global, por meio do sequestro de carbono (C) pelo solo. Estima-se que através da mudança do uso do

solo e das atividades agrícolas é possível retirar de 400 a 800 milhões de T de C da atmosfera por ano (Cerri et al., 2000). No entanto, para transformar potencialidade em realidade faz-se necessário implementar práticas agrícolas que propiciem maiores adições de matéria orgânica ao solo, bem como compreender melhor a dinâmica (adições e perdas de C) e a estabilidade da matéria orgânica nos solos brasileiros, sob diferentes sistemas de uso e manejo.

Neste contexto, novas metodologias baseadas em técnicas espectroscópicas vêm sendo utilizadas com sucesso para o monitoramento do carbono do solo (Burns & Ciurezak, 2001; Sá et al., 2008).

Este Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho foi empregar a espectroscopia no infravermelho próximo associada a métodos quimiométricos para avaliar o carbono total contido em solos de Unaí MG, sob diferentes culturas e manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo e amostragem

Um total de 305 amostras de solos foi coletado em quatro (4) grandes assentamentos de pequenos agricultores, localizados no Distrito de Unaí (16° 23' S; 46° 53' W), Minas Gerais, Brasil. As amostras se referem a solos sob vegetação nativa (cerrado) e cultivados com milho, feijão, arroz e sorgo sob sistemas de plantio convencional e plantio direto.

Preparo de amostra e análises

Analizador LECO CN 2000, para determinação por combustão a seco (método referência); e (ii) Espectrômetro Antaris MDS FT-NIR (Thermo-Electron, WI), o qual opera na região de 833 a 2.630 nm (3.800 a 12.000 cm^{-1}). Todos os espectros foram



obtidos com resolução de 4 cm^{-1} , precisão de comprimento de onda de $0,1 \text{ cm}^{-1}$, relação sinal/ruído 240.000:1 e tempo de varredura de até 2,5 scans/s. A aquisição e o tratamento dos dados foram efetuadas pelos softwares RESULT (versão 4) com os módulos *Result Integration*, *Result Operation* e *TQ Analyst*. Algumas amostras foram tratadas também com auxílio do programa Matlab Toolbox (versão 4.1), na UNICAMP.

Todos os espectros de reflectância difusa foram automaticamente convertidos a $\log(1/R)$, onde R representa reflectancia. Assumindo-se que R apresenta pequena variação, pode-se dizer que R apresenta um comportamento linear com a concentração do analito (Lei de Beer).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Fig.1 mostra o conjunto de espectros das 305 amostras analisadas. Pode-se observar que os espectros variam em intensidade de sinal analítico, em função da concentração do analito de interesse, e que apresentam picos diferentes em função principalmente da textura do solo. A correção do espalhamento multiplicativo (MSC), foi o pré-tratamento mais adequado para este conjunto de amostras.

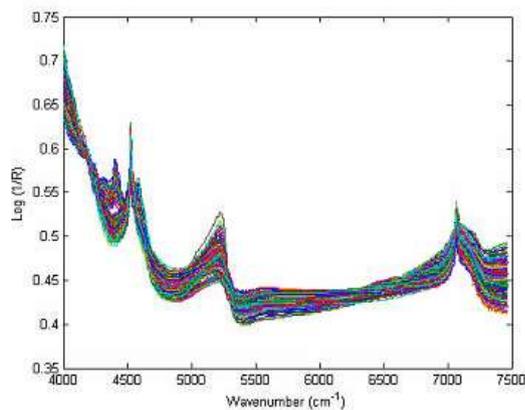


Figura 1. Espectros de refletância difusa no infravermelho próximo com tratamento MSC de 305 amostras de solos coletadas no município de Unaí, Minas Gerais.

Para quantificar C total, várias regiões espectrais foram testadas e diferentes modelos de calibração multivariada foram construídos utilizando os métodos PLS (regressão linear) e LS-SVM (regressão linear e não-linear).

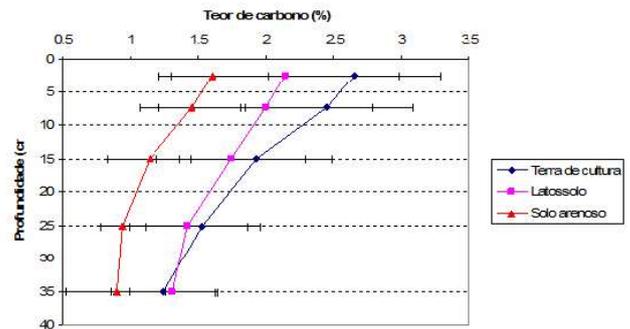


Figura 2. Variação da concentração de C total (%), medida por combustão a seco, em função da profundidade do solo.

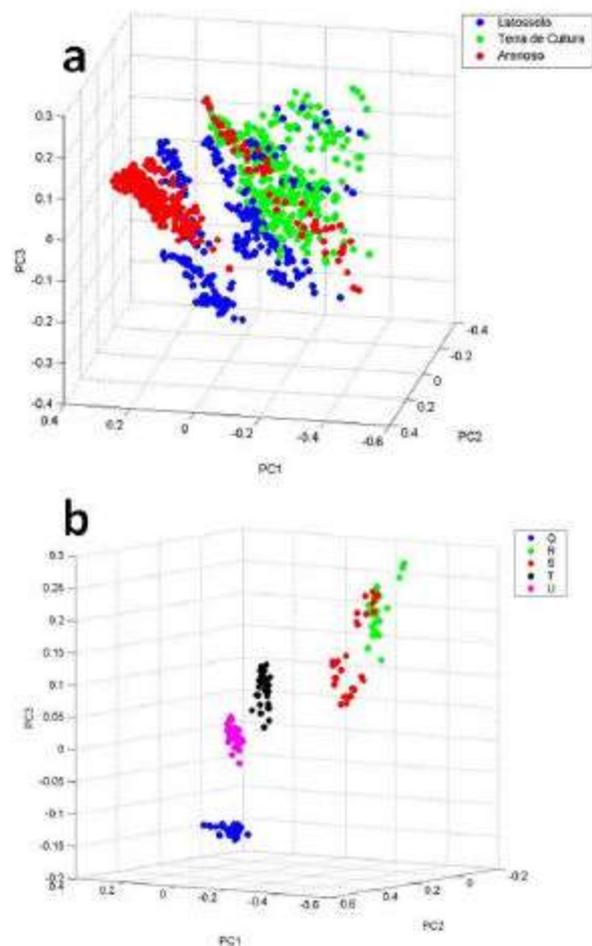


Figura 3. Gráficos em 3D resultantes de PCAs das amostras de solos estudadas: (a) distribuição das amostras em função do tipo de solo (a); e (b) variação espacial das amostras em função da classe do solo.

A seleção das amostras para calibração (2/3) e validação (1/3) foi feita de forma aleatória, com a



definição previa de alguns parâmetros ou por escolha automática dos softwares TQ Analyst e Matlab. A Tabela 1 apresenta os principais resultados dos melhores modelos desenvolvidos.

Para quantificar C total, várias regiões espectrais foram testadas e diferentes modelos de calibração multivariada foram construídos utilizando os métodos PLS (regressão linear) e LS-SVM (regressão linear e não-linear). A seleção das amostras para calibração (2/3) e validação (1/3) foi feita de forma aleatória, com a definição previa de alguns parâmetros ou por escolha automática dos softwares TQ Analyst e Matlab.

Pode-se observar na Tabela 1 que os parâmetros obtidos nas etapas de calibração e validação com o modelo NI-LS-SVM são melhores que os do modelo NIR-PLS, houve ganhos principalmente com relação à redução de erro expresso por RMSEC e RMSEP.

Tabela 1. Resultados obtidos para os modelos NIR-PLS e NIR-LS-SVM propostos para a determinação de C total e N total em amostras de solos de Unai, MG.

Parâmetros	Carbono total (%)	
	NIR-PLS	NIR-LS-SVM
R^2_{prev}	0.7175	0.9247
RMSECV (%)	0.3505	
RMSEC (%)	0.3013	0.0576
RMSEP (%)	0.3308	0.1653
VL	10 (82.91%)	
δ		100
s^2		400

Pode-se observar que o modelo NIR-LS-SVM proporcionou melhor ajuste dos pontos à reta, o que reflete em menor valor de erro padrão de predição (RMSEP). Este modelo foi gerado no Matlab e os conjuntos de calibração e validação foram selecionados pelo algoritmo Kennard-Stone. Foram selecionadas: 190 amostras foram para calibração, 100 amostras para a validação e 15 amostras foram consideradas outliers.

CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram que a técnica de espectroscopia no infravermelho próximo é tão precisa quanto forem os resultados de referencia utilizados para o desenvolvimento das curvas de calibração. Adequados modelos multivariados de calibração NIR-PLS e NIR-LS-SVM foram construídos para a determinação de C total (%) em solos de cerrado de Unai MG, sob diferentes condições de uso da terra, manejo e textura do solo.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J.M.; Ingram, J.S.I. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. CAB International, Wallingford, UK, 1989. 171p.
- Burns, D.A.; Ciurczak, E.W. Handbook of near-infrared analysis. New York: Marcel Dekker, 2001.
- Sá, S.M.O; Ferrão, M.F.; Galdos, M.V.; Nussio, C.M.B.; Mello, C.; Cerri, C.C.; Poppi, R.J. 2007. Quantification of carbon and nitrogen in cultivate sugar cane soils using least-squares support vector machines and near infrared spectroscopy. Analytical Chimica Acta. Submetido.



**Manejo e conservação do solo e da água
no contexto das mudanças ambientais**
10 a 15 de agosto de 2008 - Rio de Janeiro