



PREDIÇÃO DA TEXTURA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO ATRAVÉS DA ANÁLISE MULTIVARIADA DE IMAGENS DIGITAIS

P.A.O. Morais¹, D.M. Souza², B.E. Madari³

(1) Universidade Federal de Goiás, Avenida Esperança, 74690-612, Goiânia, GO,
pedro_augusto_04@hotmail.com

(2) Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO-462, km 12, 75375-000, Santo Antônio de Goiás, GO,
diego.souza@embrapa.br, beata.madari@embrapa.br

Resumo: A textura do solo representa a distribuição quantitativa das partículas minerais menores que 2 mm: areia, argila e silte. Esses parâmetros viabilizam a classificação do solo e essa, por sua vez, orienta o manejo, a irrigação e a adição de insumos na agricultura. Se bem que, as metodologias usuais para análise textural são laboriosas e utilizam agentes químicos oxidantes. Além disso, essa análise tem sido a mais demandada dos laboratórios de fertilidade. Logo, são imprescindíveis estudos propositivos de metodologias alternativas que sejam operacionais e limpas. Nessa direção, esse estudo propõe a utilização de análise multivariada de imagens digitais para predição da textura do solo e sua posterior classificação. Para tanto, 53 amostras de solo diversificadas foram consideradas para análise textural pelo método da pipeta e para obtenção de imagens digitais no sistema de cor RGB (*Red, Green, Blue*) em formato bitmap (BMP). Extraiu-se as informações das imagens por histogramas de frequência para posterior Regressão por Quadrados Mínimos Parciais (PLS) que correlaciona as matrizes de dados das imagens com o parâmetro de interesse (argila ou areia) das amostras. Obteve-se um índice de acerto de 94,34 % na classificação utilizando os teores preditos de areia e argila pelos modelos PLS, quando comparado ao método convencional. Portanto, a predição textural do solo através de imagens é uma técnica promissora por ser limpa, operacional e apresentar exatidão satisfatória.

Palavras-chave: Textura do solo, análise de imagens, classificação textural, modelo PLS.

CLASSIFICATION AND PREDICTION SOIL TEXTURE BY MULTIVARIATE IMAGE ANALYSIS

Abstract: Soil texture is a quantitative measure of the distribution of mineral soil particles smaller than 2 mm: sand, clay and silt. These fractions are necessary to classify soil samples into textural classes that is a useful and necessary information in soil classification, management, irrigation and agricultural input additions. However, standard methods to define soil texture are usually laborious and use oxidizing reagents. Thus, alternative methods are expected to reduce chemical waste and laboriousness of the analysis. Hence, this study proposes a new non-destructive method that is faster and cleaner than the standard method for prediction of the granulometric distribution of soil particles (sand and clay) for the classification of soil texture. This new method is based on Multivariate Image Analysis (MIA) of digital images of soil. Fifty three (53) soil samples were analyzed for sand and clay by the standard method and images in the RGB (Red, Green, Blue) color system in bitmap (BMP) format were taken. Frequency histograms were extracted from the images to build models using Partial Least Squares Regression (PLS) to obtain a correlation between histograms and textural parameters. The use of the best sand and clay models showed 94.34% classification accuracy compared to the standard method. Therefore, MIA proved to be useful for the prediction of granulometric textural classes and eventually for the classification of soil texture as a clear and more operational alternative.

Keywords: Soil texture, image analysis, textural classification, PLS model.

1. Introdução

A textura do solo representa a distribuição granulométrica de partículas minerais menores que 2 mm, divididas em três frações: areia (0,05 a 2), silte (0,002 a 0,05) e argila (menor que 0,002) (CORÁ et al., 2009). A análise textural consiste em três etapas básicas: (i) dispersão química e física da amostra em meio aquoso, (ii) separação das frações por peneiramento e sedimentação, e (iii) quantificação das frações texturais por gravimetria ou densitometria (MAURI et al., 2011) (FILHO; MAGALHAES, 2008).

O resultado da análise textural possibilita a classificação do solo, que por sua vez orienta o seu manejo e sua conservação, bem como os processos de calagem, gessagem, fosfatagem, adubações, no desenvolvimento e rendimento das culturas agrícolas e na avaliação da dinâmica dos nutrientes e poluentes do solo (MAURI et al.,

2011)(CORÁ et al., 2009). O inconveniente é que algumas metodologias de análises de solo são laboriosas, obtendo resultados tardios, e utilizam agentes químicos oxidantes (MAURI et al., 2011)(CORÁ et al., 2009).

A utilização de reagentes tóxicos deve ser extinta ou mitigada e tem sido incentivada nacionalmente pelo Plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) que está em consonância com os princípios da Química Verde e visa contribuir para a preservação do meio ambiente e para a sustentabilidade da produção agropecuária.

Além disso, a associação da expansão da área plantada, do incentivo governamental, e de ineficiências nutricionais do solo implicou num aumento considerável da demanda de análise do solo, tornando os custos laboratoriais elevados e dificultando a execução desses ensaios em tempo hábil. Por tudo isso, surge a necessidade de desenvolvimento de novos processos e tecnologias com as seguintes características: rapidez, operacionalidade, e custo e impacto ambiental reduzidos – diminuindo, assim, a produção de resíduos e efluentes tóxicos (CORÁ et al., 2009).

Nesse sentido, pesquisas recentes demonstraram que técnicas instrumentais, que geram grande quantidade de variáveis a respeito do analito, quando associadas a calibrações multivariadas podem promover a determinação rápida e simultânea de vários constituintes de um tipo de amostra. Além disso, essas determinações alternativas costumam fornecer resultados com precisão e exatidão comparáveis às metodologias clássicas (SENA et al., 2000).

Nesse campo de estudo, as metodologias que utilizam imagens digitais vem ganhando destaque em diversas áreas do conhecimento porque se apresentam como métodos limpos, rápidos, não destrutivos e de fácil processamento do diversificado conjunto de informações presentes em uma imagem. Todavia, esse tipo de análise ainda é pouco explorado na química (GOMES, 2001) (BARBOSA, 2000).

A análise por imagem se constitui basicamente por três etapas: (i) o pré-processamento, (ii) a extração das informações, e (iii) interpretação ou calibração multivariada a partir dos dados extraídos. A primeira etapa consiste na otimização da qualidade da imagem como, por exemplo, o ajuste da luminosidade ou realce da cor através de filtros. A segunda é a conversão matemática da imagem em uma matriz de dados. A última etapa se apresenta como a utilização de ferramentas estatísticas para inferir sobre as amostras e fenômenos associados, ou para construir modelos multivariados para predição de parâmetros da amostra. Obviamente, essa diversidade de possibilidades matemáticas sobre as informações imagéticas estão sendo viabilizadas graças aos avanços dos recursos computacionais (GOMES, 2001)(BARBOSA, 2000)(GODINHO, 2009)(MORGANO et al., 2007).

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é propor uma metodologia para determinação da textura do solo através de imagens digitais combinadas a métodos quimiométricos e posteriormente classificá-los de acordo com o triângulo de Atterberg (aceito pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo). Em seguida, essa metodologia será avaliada e comparada com os métodos clássicos, quanto à precisão, exatidão, operacionalidade, geração de resíduos e custo.

2. Materiais e Métodos

2.1. Análise textural do solo

Neste estudo foram consideradas 53 amostras de solo com texturas contrastantes e seus teores de areia silte e argila foram determinados pelo método da pipeta. Para tanto, utilizou-se para dispersão química e dispersão física por ondas mecânicas ultrassom. Em seguida, separou-se a areia por peneiramento, o silte por sedimentação por 4 horas a 20°C, e a argila suspensa por pipetagem. A areia e a argila foram secos em estufa e determinados por gravimetria. O silte foi calculado indiretamente descontando as porcentagens de areia e argila de 100% (ALEXANDRE; SILVA; FERREIRA, 2001)(SILVA, 1999)(PANSU; GAUTHEYROU, 2003)(FILHO; MAGALHAES, 2008)(BOUYOUCOS, 1926).

2.1.1. Obtenção de imagens para análise textural

As imagens dos solos foram obtidas utilizando uma Lupa binocular Leica EZ4 D, zoom 40x, com câmera digital incorporada. As amostras foram inseridas em orifícios cilíndricos de um aparato plástico apoiada em uma placa de vidro para contenção do solo. As imagens foram digitalizadas no sistema de cor RGB, resolução 2048 x 1536 pixels e em formato bitmap (BMP).

2.2. Análise de imagens

Para análise multivariada das imagens utilizou-se o software MATLAB™, versão 7.0 (Mathworks, Natick, EUA). Aplicou-se o filtro “sobel”, que realça os contornos das imagens como pré-tratamento. Em seguida, extraiu-se para cada imagem um histograma de frequência dos canais RGB, que foram compilados em uma única matriz $X_{53 \times 768}$ (linhas - amostras; colunas - justaposição dos 768 índices de cor dos canais RGB). Para calibração utilizou-se 38 amostras (~70%) e utilizando 6 variáveis latentes, foram propostos dois modelos PLS (Eq. 1), sendo X as variáveis preditoras e Y (matriz coluna) variável predita, sendo areia ou argila. Os valores de Y considerados nas calibrações foram obtidos pelo método da pipeta.

$$y = Xb + e \quad (1)$$

Sendo “b” o vetor de regressão e “e” o vetor que representa os erros do modelo.

3. Resultados e Discussão

O filtro “sobel”, utilizado no pré-tratamento das imagens, realça os contornos presentes no solo através da aplicação de derivada. Isso é importante, pois a nova matriz de dados das imagens deixa de ter significado de cor e passa a mensurar as variações colorimétricas intra-amostal. Isso quer dizer que mesmo para solos escuros, a exemplo os organossolos, os valores encontram-se perto de zero numa região espacial uniforme e se elevam em regiões de fronteira das partículas. Então, a aplicação do filtro nivela as variações colorimétricas dos diferentes tipos de solos, permitindo que todos eles tenham granulometria predita pelo mesmo modelo. Para validar essa capacidade, foram inseridas no conjunto de amostras uma argila e uma areia comerciais, e amostras de origem diversificada (GO, MT, PE).

Optou-se pela dispersão física por ultrassom frente à dispersão por agitação mecânica por aquela apresentar maior recuperação da argila total. Os resultados dos dois métodos foram 2,2% e 3,9% para argila, e 1,0% e 3,9% para areia, respectivamente para o coeficiente de variação do método da pipeta e o erro de validação para o método por imagens. As calibrações PLS para areia ($r^2 0,97_{04}$) e argila ($r^2 0,97_{13}$) estão representadas na Figura 1.

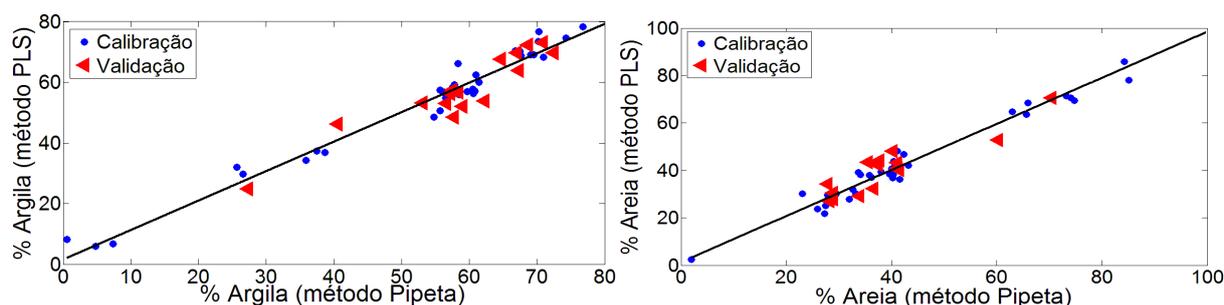


Figura 1. Parâmetros texturais (areia e argila) pelo método da pipeta versus pelo modelo PLS.

Tabela 3. Validação com 15 amostras da classificação textural pela análise de imagens.

Método	Amostra														
	1	4	7	9	10	12	17	19	20	26	30	34	37	44	47
Imagens	MArg	MArg	MArg	Arg	Marg	MArg	Arg Are	Arg	Arg	Arg Are	Arg	Arg Are	MArg	Fra Arg Are	Arg
Pipeta	MArg	MArg	MArg	MArg	MArg	MArg	Arg Are	Arg	Arg	Arg	Arg	Arg Are	MArg	Fra Arg Are	Arg

MArg: Muito Argilosa; Arg: Argilosa; Arg Are: Argila Arenosa; Arg: Argila; Fra Arg Are: Franco Argila Arenosa.

O modelo com melhor correlação apresentou 94,34% de acerto, índice satisfatório, quando comparado ao método convencional. Ressalta-se que as amostras 9 e 26 têm teores de areia e argila em regiões limítrofes de dois grupos texturais, ou seja, pequenas variações na previsão justificam o erro na classificação.

4. Conclusões

A predição textural do solo através de imagens se mostrou promissora pois é uma técnica limpa, rápida e apresentou exatidão satisfatória mesmo com uma coleção reduzida de solos. Como perspectiva é possível avaliar outras ferramentas quimiométricas e ampliar a coleção afim de refinar o desempenho da análise por imagens.

Agradecimentos

Este trabalho teve apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq 306912/2011-2 e 562601/2010-4.

Referências

ALEXANDRE, C.; SILVA, J. R. M. DA; FERREIRA, A. G. Comparação de dois métodos de determinação da textura do solo: sedimentometria por raios X vs. método da pipeta. Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 24, n. 3, p. 99–110, 2001.
 BARBOSA, J. M. G. Paralelismo em Processamento e Análise de Imagens Médicas. 2000. 224 p. Tese (Doutorado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) - Universidade do Porto, Porto, 2000.

- BOUYOUCOS, G. J. Estimation of the Colloidal Material in Soils. *Science*, Nova York, v. 64, n. 1658, p. 362, 1926.
- CORÁ, J. E. et al. Adição de areia para dispersão de solos na análise granulométrica. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 255–262, 2009.
- FILHO, J. T.; MAGALHAES, F. S. Dispersão de amostras de latossolo Vermelho eutroférico influenciadas por pré-tratamento para oxidação da matéria orgânica e pelo tipo de agitação mecânica. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1429–1435, 2008.
- GODINHO, M. S. Determinação da tensão interfacial de óleos isolantes usando análise de imagens e espectroscopia no infravermelho próximo. 2009. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências moleculares) - Universidade Estadual de Goiás, UEG, Anápolis, 2009.
- GOMES, O. F. M. Processamento e Análise de Imagens Aplicados à Caracterização Automática de Materiais. 2001. 141 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Metalúrgica) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC/Rio, Rio de Janeiro, 2001.
- MAURI, J. et al. Dispersantes químicos na análise granulométrica de Latossolos. *R. Bras. Ci. Solo*, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 1277–1284, 2011.
- MORGANO, M. A. et al. Determinação de açúcar total em café cru por espectroscopia no infravermelho próximo e regressão por mínimos quadrados parciais. *Química nova*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 346–350, 2007.
- PANSU, M.; GAUTHEYROU, J. *Handbook of Soil Analysis Mineralogical, organic and inorganic methods*. New York: Springer, 2003. 995p.
- SENA, M. M. et al. Avaliação do uso de métodos quimiométricos em análise de solos. *Química nova*, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 547–556, 2000.
- SILVA, F. C. *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes* Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 1º. ed. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária. p. 370, 2009.