



FERRAMENTAS QUIMIOMÉTRICAS E IMAGEM DIGITAL: UMA ALTERNATIVA ACESSÍVEL PARA A QUANTIFICAÇÃO DA MO DO SOLO

RESUMO: O objetivo deste estudo foi desenvolver uma metodologia rápida, acessível e não destrutiva para a quantificação da matéria orgânica (MO) do solo usando imagens digitais obtidas de um smartphone e mínimos quadrados parciais (PLS). Três modelos de calibração foram construídos, e os resultados obtidos indicam que os modelos são adequados. Portanto, a metodologia proposta pode ser considerada uma contribuição relevante para a ciência do solo, pois proporciona uma importante inovação na determinação do teor de MO.

PALAVRAS-CHAVE: carbono orgânico total, análise elementar, ferramentas multivariadas.

INTRODUÇÃO

O teor de MO do solo e/ ou carbono orgânico total (COT) são parâmetros que têm uma correlação importante com a qualidade e fertilidade do solo (Franzluebbers, 2002, Wood et al., 2018), sistemas agrícolas sustentáveis e produtividade de culturas (Johnston et al., 2009). Tradicionalmente, esses parâmetros são determinados usando métodos analíticos.

Na literatura estudos comparativos sobre metodologias de quantificação da MO e/ ou COT incluem métodos de combustão seca (analisador elementar, termogravimetria), oxidação via úmida (Walkley e Black), e métodos espectroscópicos (espectroscopia de infravermelho próximo) (Bisutti et al., 2004; Segnini et al., 2008; Chatterjee et al., 2009; Wang et al., 2013; Nóbrega et al., 2015; Apesteguia et al., 2018).

No entanto, em geral, os métodos usados na quantificação da MO e/ ou COT são trabalhosos, muito demorados (Zimmermann et al., 2007), caros e pouco acessíveis em muitos laboratórios e centros de pesquisa (Wang et al., 2012). Assim, o grande desafio é desenvolver metodologias analíticas rápidas e acessíveis que forneçam um alto grau de precisão (Bisutti et al., 2004).

Com o objetivo de desenvolver uma metodologia que permita a quantificação rápida, acessível e não destrutiva da MO em amostras de solo, a PLS foi aplicada para as imagens digitais obtidas de um smartphone. Avaliações preliminares, considerando a hipótese de que a quantificação alternativa pode fornecer resultados comparáveis aos obtidos na análise

tradicional.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de Solo

As amostras de solo foram coletadas ao longo da área experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), município de Ponta Grossa, Paraná, com coordenadas aproximadas de 25 ° 15'S e 50 ° 15'W e altitude média de 809 m. Segundo a classificação de Koppen, o clima de Ponta Grossa é do tipo Cfb, mesotérmico, subtropical, verão quente moderado e inverno relativamente frio.

Amostras de solo de 16 horizontes e de 5 trincheiras (T1 a T5) foram delineadas de acordo a metodologia de Santos et al. (2005) baseada nas características morfológicas. As sucessões pedológicas verticais das camadas amostradas estão ilustradas na Figura 1.

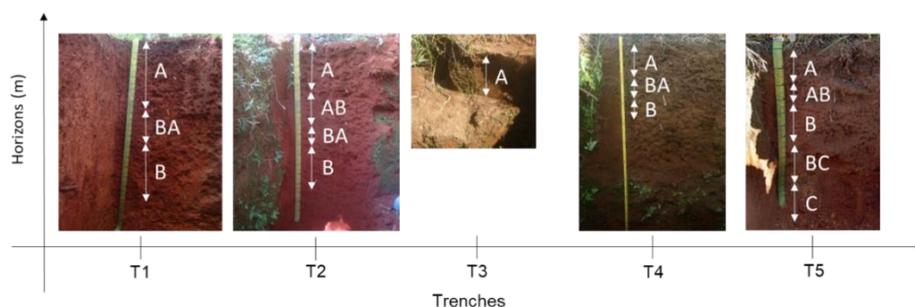


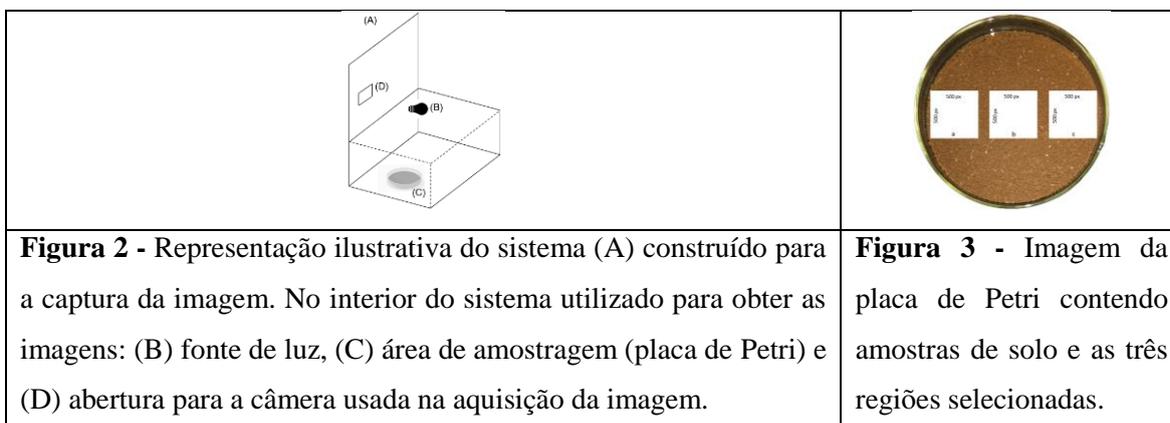
Figura 1 – Perfil dos 5 solos (trincheiras: T1 a T5) com as designações dos horizontes

Preparo das amostras e determinação do teor de MO no solo

As amostras de solo foram secas ao ar, moídas e peneiradas através de uma malha de 2 mm. A determinação do teor de MO no solo foi realizada de acordo com o método de Tedesco et al. (1995).

Aquisição de imagem digital

O sistema utilizado para a aquisição de imagens é mostrado na Figura 2.





Imagens digitais de amostras de solo seco e peneirado (20 cm^3) dispostos em uma placa de Petri foram coletadas usando um smartphone com câmera de 8 megapixels (MP), modelo Motorola Moto G4 Play (câmera 1), empregando flash.

As imagens foram registradas e armazenadas em extensão JPEG com 24 bits e resolução espacial de 2448×3264 pixels. Três regiões foram selecionadas (Figura 3). Suas dimensões foram mantidas constantes para todas as amostras.

Tratamento de imagem digital

O software Chemostat® foi usado para separar e quantificar as intensidades das cores das imagens digitais nos canais vermelho, verde e azul (RGB). A etapa final consistiu na concatenação dos histogramas RGB para obter o conjunto de dados (número de amostras \times 768 variáveis). Todos os componentes e amostras de cores foram empregados para desenvolver os modelos de classificação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a variabilidade entre as três regiões (a, b e c) selecionadas, foi realizado uma análise de componente principal. Os resultados mostraram uma separação clara das amostras de acordo com as regiões (dados não mostrados). Esse comportamento corrobora com o baixo coeficiente de determinação, R^2 (0,73) e o alto erro quadrático médio de calibração, RMSEC ($10,48 \text{ g kg}^{-1}$) obtido pelo modelo utilizando todas as amostras e regiões.

Três modelos diferentes de PLS foram obtidos, um para cada região (a, b e c). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros estatísticos para construção dos modelos de calibração da MO

Modelos	Regiões	R^2	RMSEC (g kg^{-1})
1	a	0,97	3,29
2	b	0,99	1,77
3	c	0,98	3,11

O R^2 variou de 0,97 a 0,99 e o RMSEC variou de 1,77 a 3,29 g kg^{-1} . Este resultado indica que os modelos para a determinação do teor de MO podem ser adequadamente construídos usando imagem digital e PLS.

Portanto, a metodologia proposta pode ser considerada uma contribuição relevante para a ciência do solo, pois proporciona uma maneira simples, rápida, não destrutiva e

eficiente de quantificar o teor de MO do solo.

CONCLUSÕES

Os resultados para os modelos de calibração PLS mostraram que o método desenvolvido apresenta grande potencial para a quantificação da MO em solos, uma vez que possibilita uma análise rápida e não destrutiva sem a preparação da amostra.

AGRADECIMENTOS

Instituições de Fomento (CNPq, Capes e Fundação Araucária), Central de Análises, UTFPR (Edital N° 8A/2018 – PROPPG), Grupo GISPA e IAPAR.

REFERÊNCIAS

- Apestequia M. et al. Methods assessment for organic and inorganic carbon quantification in calcareous soils of the Mediterranean region. *Geoderma Regional*. 2018; 12:39-48.
- Bisutti, I. et al. Determination of total organic carbon - an overview of current methods. *Trends Anal. Chem.* 2004; 23: 716–726.
- Chatterjee A. et al. Soil carbon pools of reclaimed minesoils under grass and forest landuses. *Land Degrad.* 2009; 20: 300–307.
- Franzluebbers AJ. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Tillage Res.* 2002; 66:95–106.
- Johnston AE. et al. Chapter 1 Soil Organic Matter: Its Importance in Sustainable Agriculture and Carbon Dioxide Fluxes. *Adv Agron.* 2009; 101: 1-57
- Nóbrega GN. et al. Evaluation of methods for quantifying organic carbon in mangrove soils from semi-arid region. *J Soils Sediments.* 2015; 15:282–291.
- Segnini A. et al. Estudo comparativo de métodos para a determinação da concentração de carbono em solos com altos teores de Fe (Latosolos). *Quim Nova.* 2008; 31: 94-97.
- Tedesco MJ. et al. Análises de solo, plantas e outros materiais. *Boletim Técnico n° 5. 2ª edição.* Porto Alegre: UFRGS, 1995.
- Zimmermann M. et al. Quantifying soil organic carbon fractions by infrared-spectroscopy. *Soil Biol Biochem.* 2007; 39: 224-231.
- Wood SA. et al. Soil organic matter under lies crop nutritional quality and productivity in smallholder agriculture. *Agric Ecosyst Environ.* 2018; 266:100-108.
- Wang J-P. et al. Evaluating Loss-on-Ignition Method for Determinations of Soil Organic and Inorganic Carbon in Arid Soils of Northwestern China. *Pedosphere.* 2013; 23: 593–599.
- Wang XJ. et al. Comparisons of three methods for organic and inorganic carbon in calcareous soils of northwestern China. *PLoS One.* 2012; 7 (8).