



## **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

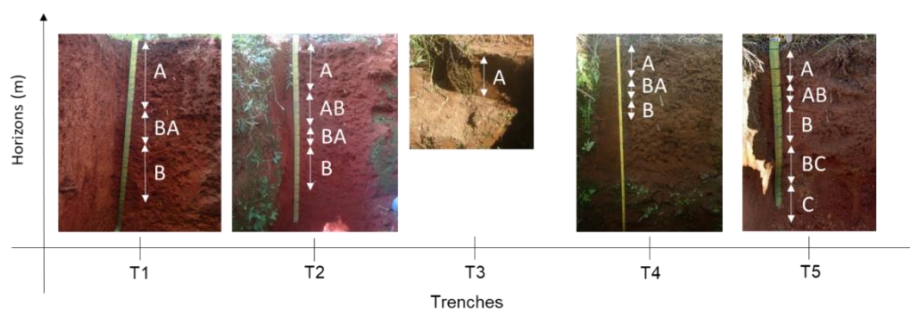
tradicional.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Amostras de Solo

As amostras de solo foram coletadas ao longo da área experimental do Instituto Agrônômico 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.



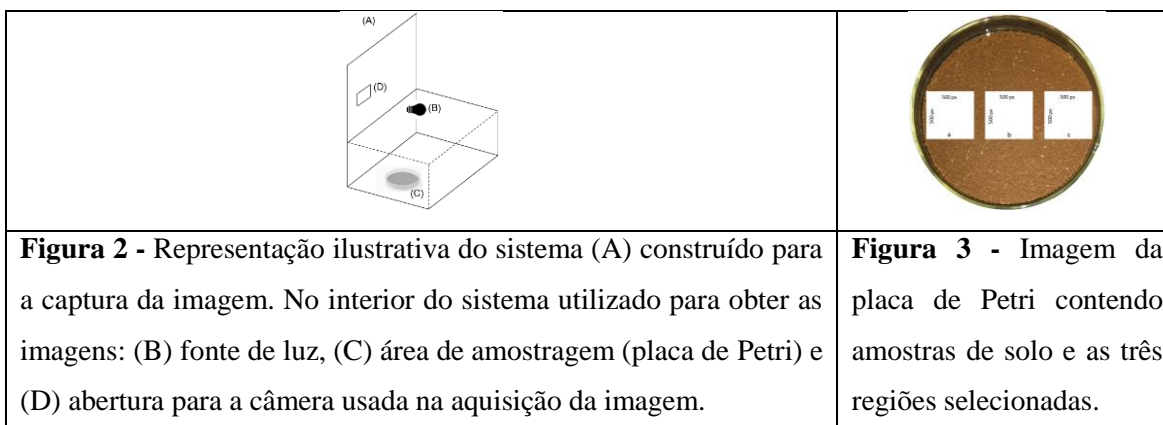
**Figura 1** – Perfil dos 5 solos (trincheiras: T1 a T5) com as designações dos horizontes

### 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<sup>3</sup>) 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 x 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 x 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<sup>2</sup> (0,73) e o alto erro quadrático médio de calibração, RMSEC (10,48 g kg<sup>-1</sup>) 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 <sup>2</sup>	RMSEC (g kg <sup>-1</sup> )
1	a	0,97	3,29
2	b	0,99	1,77
3	c	0,98	3,11

O R<sup>2</sup> variou de 0,97 a 0,99 e o RMSEC variou de 1,77 a 3,29 g kg<sup>-1</sup>. 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).