

## Otimização de análise de solo através de tratamentos estatísticos.

## Soil analysis optimization through statistical treatments.

### RESUMO

**Gabriel Lopes Lourenço**  
[gabriellorenco@alunos.utfpr.edu.br](mailto:gabriellorenco@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Larissa Macedo dos Santos Tonial**  
[larissasantos@utfpr.edu.br](mailto:larissasantos@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

**Juliana Aparecida Marchetti**  
[julianamarchetti@alunos.utfpr.edu.br](mailto:julianamarchetti@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, Brasil

O solo é de suma importância nos dias atuais, desta forma, há um crescimento considerável de estudos envolvendo o mesmo. Em geral, estes têm como finalidade avaliar as suas características e deste modo melhorar a utilização do solo. Desta forma esse trabalho tem como objetivo avaliar amostras de solo e frações físicas empregando FTIR associado a ferramentas quimiométricas. Os resultados obtidos mostraram que não foi possível agrupar as amostras em função das classes analisadas, profundidade, bloco, piquete, tempo de adubação de N e altura de pasto. Com isso pode-se concluir que o solo é uma matriz complexa e que as alterações são decorrentes de anos sob o sistema avaliado. Entretanto, com um estudo prolongado e com uma maior frequência da coleta de amostra pode-se obter um agrupamento favorável, desta forma será possível a otimização da análise para esta região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise de Componentes Principais, Solo, Carbono Orgânico Particulado, Carbono Associado aos Minerais.

### ABSTRACT

Soil is of paramount importance these days, so there is a considerable growth of studies involving it. These are generally intended to evaluate their characteristics and thereby improve land use. Thus, this work aims to evaluate soil samples and physical fractions using FTIR associated with chemometric tools. The results were that it was not possible to group as samples according to the analyzed classes, depth, block, paddock, N fertilization time and pasture height. Thus it can be concluded that the soil is a complex matrix and that the changes are due to years under the evaluated system. However, with a prolonged study and a higher frequency of sample collection, a favorable grouping can be obtained, thus optimizing the analysis for this region.

**KEYWORDS:** Principal Component Analysis, Soil, Particulate Organic Carbon, Mineral Associated Carbon.

### INTRODUÇÃO

Um dos parâmetros mais importantes que inferem sobre a fertilidade do solo, é a matéria orgânica (MO). Em geral são realizadas avaliações quanti e qualitativas da MO, na qualitativa é comumente empregada a espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR, do inglês, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Contudo, a interpretação dos resultados obtidos por meio da FTIR

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



é trabalhosa visto a quantidade de informações (CARRA; FABRIS; SANTOS-TONIAL, 2017).

Há algumas ferramentas estatísticas as quais auxiliam na interpretação dos resultados obtidos por meio de análises químicas e espectroscópicas, dentre essas a Análise de Componentes Principal (PCA, do inglês, *Principal Component Analysis*) a qual tem por finalidade, a análise de dados estudados visando uma possível redução de sobreposições. Deste modo pode-se escolher uma forma mais representativa dos dados (MAIA, 2017).

O solo, apesar de se tratar de uma substância abundante em nosso dia-a-dia, é uma matriz extremamente de complexa de se analisar, devido à baixa homogeneidade (BENEDETTI et al., 2011). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo analisar amostras de solos e suas respectivas frações obtidas por meio do fracionamento físico, empregado a FTIR associada a ferramentas estatísticas.

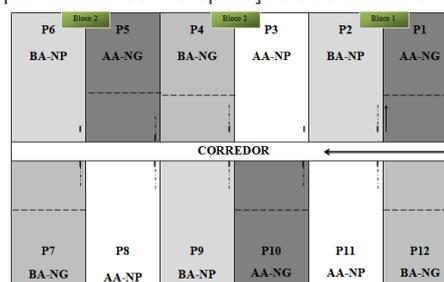
### MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram caracterizadas como Latossolo Brunos distróficos típicos (EMBRAPA, 2006), coletadas no município de Abelardo Luz, Santa Catarina. O sistema de cultivo é integração lavoura pecuária (ILP) e plantio direto (PD) desde de 2012. Esse método de cultivo foi praticado com alternância de cultivo de pastagens durante o período de outono/inverno e cultivo de culturas produtoras de grãos durante primavera/verão (BERTOL et al., 2004).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial (2x2x2) com 3 repetições (Figura 1). O primeiro fator foi constituído pelo tempo de aplicação de nitrogênio (N) no sistema, as parcelas que durante a fase de pastejo recebiam 200 kg de N ha<sup>-1</sup> na forma de ureia foram designadas como NP, e NG são as parcelas foram fertilizadas na fase de cultivo de grãos. O segundo fator, aplicado apenas na fase de pastejo, foi constituído pelo manejo da altura do pasto, sendo de alta altura (AA) e baixa altura (BA). E o terceiro fator foi a profundidade (0-5 cm e 5-10 cm).

A amostragem do solo foi realizada ao final do período de aveia, após a saída dos animais. As amostras foram coletadas nas camadas de 0,0-0,05 e 0,05-0,10m, com 4 repetições por parcela, compondo uma amostra composta de cada camada por unidade experimental.

Figura 1 – Croqui do experimento com disposição dos tratamentos nos 12 piquetes.



Fonte: Marchetti, 2019.

Para o fracionamento físico do solo empregou-se a metodologia proposta por Cambardella & Elliot, 1992. As amostras de solo, 20 g, foram passadas em peneiras de 53  $\mu\text{m}$ . O filtrado é denominado como fração carbono orgânico particulado (COP > 53  $\mu\text{m}$ ) e o que ficou retido na peneira é considerado o carbono associado aos minerais (COam < 53  $\mu\text{m}$ ). As frações obtidas foram secas em estufa de circulação forçada de ar à temperatura constante de 50°C.

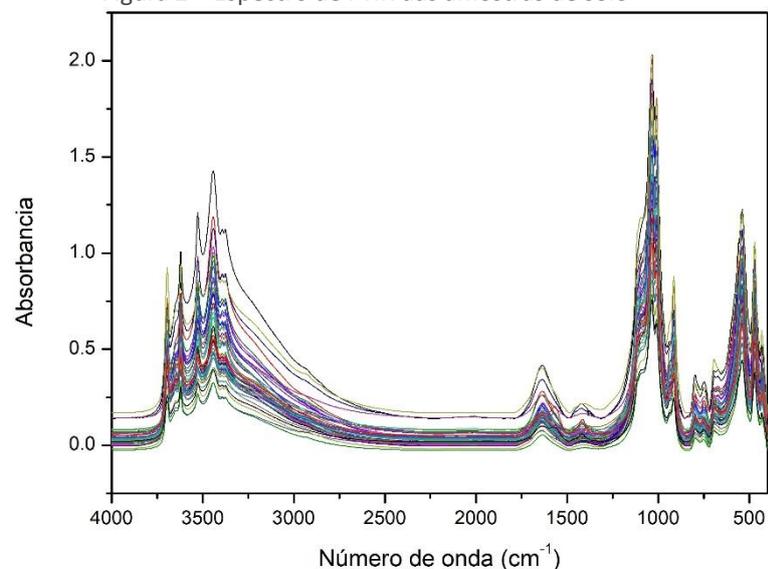
A caracterização espectroscópica foi realizada por meio da FTIR empregando o equipamento da marca Perkin Elmer, modelo Frontier. As análises de FTIR foram feitas com pastilha de KBr na proporção (1:100), usando resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ , no intervalo entre 4000 e 400  $\text{cm}^{-1}$  e 64 *scans*. A interpretação dos dados foi realizada com auxílio de ferramentas estatísticas, PCA empregando o *software* Pirouette versão 4.0 (Infometrix, Seattle, Washington, EUA).

Na PCA empregou-se centrar os dados na média e os pré-processamentos: primeira derivada (1D), segunda derivada (2D), correção de dispersão múltipla (MSC, do inglês *Multiple Scatter Correction*) e valor normal padrão (SNV, do inglês *Standard Normal Variate*). E as classes: bloco, altura de pastejo, tempo de Nitrogênio (N), profundidade e piquete.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

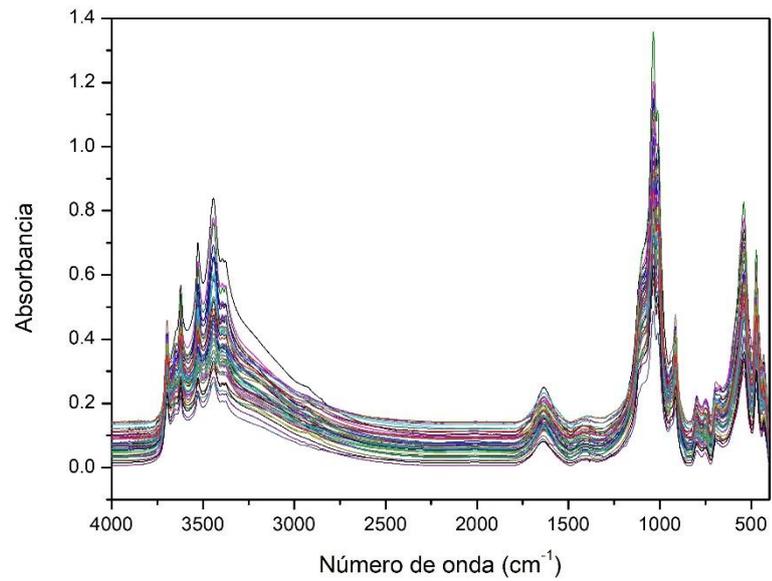
Os espectros obtidos para as amostras de solo e para as frações COP e COam estão representados nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente. De modo geral, os espectros são similares qualitativamente. Apresentam sinais nas mesmas regiões, variando apenas a intensidade dos mesmos.

Figura 2 – Espectro de FTIR das amostras de solo



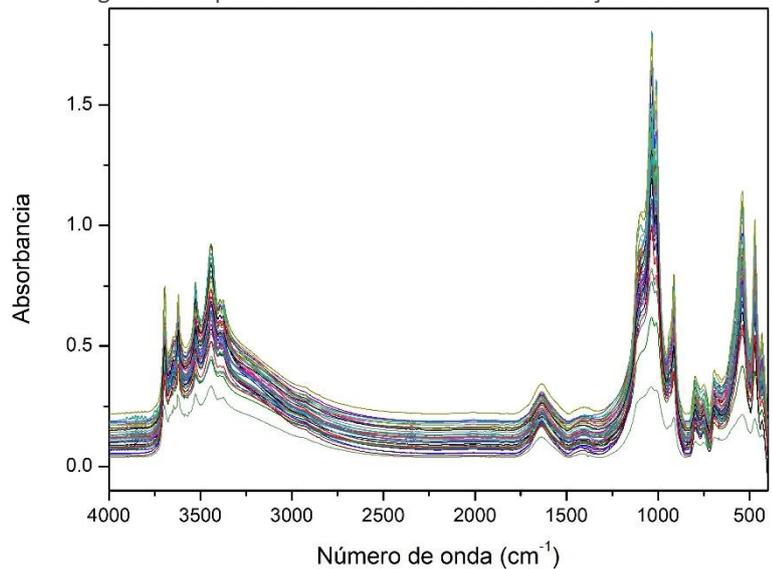
Fonte: Autoria própria

Figura 3 – Espectro de FTIR das amostras da fração COP



Fonte: Autoria própria

Figura 3 – Espectro de FTIR das amostras da fração COam



Fonte: Autoria própria.

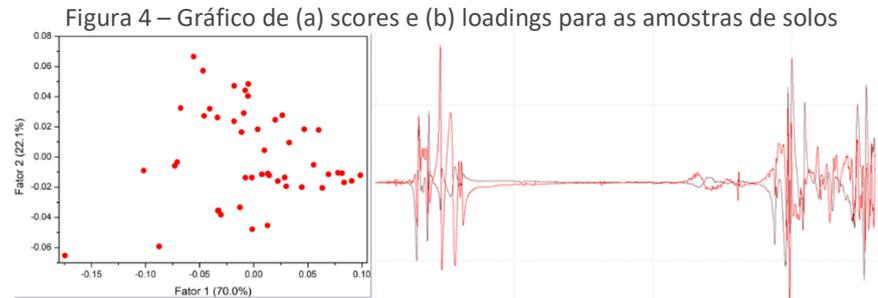
Os resultados obtidos por meio da PCA, mostram que para todas as amostras (solo, COp e COam) a maior representatividade dos dados foi obtida, ou seja, maior valor para a soma da PC1 e PC2, por meio do pré-processamento 1D, onde a soma dos fatores, foi superior a 92.1%, como mostra a tabela 1:

Tabela 1 – Valores da soma das componentes principais para as amostras e pré-processamentos adotados

Amostras	Fator 1 + Fator 2 (% - tratamento)			
	1D	2D	MSC	SNV
Solo	92.1	87.9	91.7	91.3
COp	94.0	79.5	84.9	84.8
COam	92.2	81.7	85.0	84.3

Fonte: Autoria própria

Partindo disso, optou-se pela 1D como pré-processamento dos dados espectrais. Na Figura 4a pode-se notar que não houve agrupamento das amostras em função das classes, no gráfico de *loadings* (Figura 4b) vê-se quais regiões apresentam maior variabilidade em relação aos dados de solo.

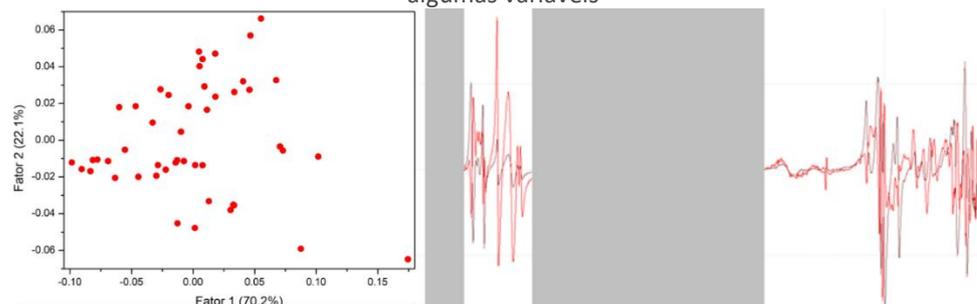


Fonte: Autoria própria

Deste modo, excluiu-se a região que não apresentava contribuição significativa para a análise e aplicou-se novamente a PCA, desconsiderando um total de 3663 variáveis.

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 5a e 5b, gráficos de scores e loadings, respectivamente. Similar ao observado na Figura 4 não foi possível observar agrupamento das amostras em função das classes.

Figura 5 – Gráfico de (a) scores e (b) loadings para as amostras de solos com exclusão de algumas variáveis



Fonte: Autoria própria

O mesmo tratamento foi realizado para as amostras de COP e COam (dados não mostrados), sendo os resultados obtidos similares aos do solo.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos por meio da FTIR e PCA permitem concluir que as amostras analisadas não apresentam variação significativa em função das classes: profundidade, bloco, piquete, altura de pasto e tempo de adubação com Nitrogênio. Todavia um estudo aprimorado sobre a região em si poderá, com o tempo, apresentar algum agrupamento eficiente, facilitando, desta forma, as análises futuras para o solo desta região em específico.

## AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que de certa forma, por mínima que seja, me ajudaram na realização tanto das análises quanto da interpretação dos mesmos. Em especial à Central de Análises, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação Araucária, a UTFPR e a todos os integrantes do grupo de pesquisa GISPA.

## REFERÊNCIAS

Cambardella CA.; Elliot ET. **Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence.** Soil Sci. Soc. Am. J., 1992, v. 56, p. 777-783.

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

Loss A; Pereira MG; Schultz N; Anjos LHC dos; Silva EMR. **Frações orgânicas e índice de manejo de carbono do solo em diferentes sistemas de produção orgânica.** Idesia, 2011, v. 29, n. 2, p. 11-19.

BENEDETTI, M. M. et al. Updated Brazilian's Georeferenced Soil Database – an Improvement for International Scientific Information Exchanging. **Principles, Application and Assessment in Soil Scienc**, p. 308–330, 2011.

BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 155–163, fev. 2004.

CARRA, J. B.; FABRIS, M.; SANTOS-TONIAL, L. M. The potential of chemical and spectroscopy characterization in the analysis and classification of horizons from tropical soil. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 5, p. 1813–1824, 2017.

MAIA, D. T. **Aplicação de ATR-FTIR e PCA como método quimiométrico no estudo da estabilidade do óleo pirolítico da torta de mamona.** 2017.