

## **Análise multivariada das frações químicas, físicas e oxidáveis da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo na região Oeste do Paraná<sup>(1)</sup>.**

**Jean Sérgio Rosset<sup>(2)</sup>; Maria do Carmo Lana<sup>(3)</sup>; Marcos Gervasio Pereira<sup>(4)</sup>; Jolimar Antonio Schiavo<sup>(2)</sup>; Leandro Rampim<sup>(5)</sup>; Marcos Vinicius Mansano Sarto<sup>(6)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Chamada Universal MCTI/CNPq Nº 14/2012) e a Fundação AGRISUS (Projeto 1210/13).

<sup>(2)</sup> Profº Adjunto IV, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). E-mail: jsrosset@hotmail.com, schiavo@uems.br. <sup>(3)</sup> Profª Associada do Centro de Ciências Agrárias, CCA, UNIOESTE, Bolsista CNPq, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: maria.lana@unioeste.br. <sup>(4)</sup> Prof. Associado IV, Deptº de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, Bolsista do CNPq e Cientista do Nosso Estado da FAPERJ, Seropédica, RJ. E-mail: gervasio@ufrj.br. <sup>(5)</sup> Pesquisador Científico CAPES/PNPD, Centro de Ciências Agrárias, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: rampimleandro@yahoo.com.br. <sup>(6)</sup> Doutorando em Agricultura. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Botucatu, SP. E-mail: marcos\_\_sarto@hotmail.com.

**RESUMO:** As diversas técnicas de fracionamento da matéria orgânica do solo (MOS) auxiliam no estudo de sua dinâmica no solo. O objetivo do presente estudo foi avaliar a sensibilidade das diferentes frações da MOS em discriminar por meio de técnica multivariada, os diferentes sistemas de manejo com diferentes tempos de implantação na região Oeste do Paraná. Foram estudadas áreas com diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto (SPD): 6, 14 e 22 anos no sistema de sucessão de culturas de soja (verão) e milho/trigo (inverno) (SPD<sub>6</sub>, SPD<sub>14</sub> e SPD<sub>22</sub>, respectivamente); 12 anos de SPD no mesmo sistema de sucessão e mais 4 anos com introdução de braquiária em consórcio com o milho nos cultivos de inverno (M+B); área de pastagem permanente e mata nativa. As amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,1, 0,1-0,2 e 0,2-0,4 m, determinando-se o teor de carbono orgânico total e o carbono das frações químicas, físicas e oxidáveis da MOS, com posterior tratamento dos dados por técnica multivariada. Pela análise canônica, para as três frações estudadas, os escores das duas primeiras variáveis canônicas explicaram mais de 80% da variação total. Os atributos que contribuíram de forma mais acentuada para a discriminação dos sistemas de manejo foram o carbono não humificado, ácidos fúlvicos, humina, carbono orgânico total e as frações F1 e F3, além da matéria orgânica particulada e estoque de carbono da matéria orgânica mineral. As frações químicas e físicas discriminaram de maneira mais acentuada os diferentes sistemas de manejo.

**Termos de indexação:** sistema plantio direto, sensibilidade, carbono.

### **INTRODUÇÃO**

Existem várias formas de se estudar a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS), dentre elas, se destacam o fracionamento químico (Benites et al., 2003; Swift, 1996), o fracionamento físico (Cambardella & Elliott, 1992; Conceição et al., 2005)

e o fracionamento oxidável do carbono (Chan et al., 2001).

A matéria orgânica humificada (substâncias húmicas - SH), é composta por diferentes frações de acordo com sua solubilidade. Essas SH se dividem em humina (HUM), ácidos húmicos (AH) e ácidos fúlvicos (AF), sendo que a distribuição destas frações no solo dão indicativo de mudanças na qualidade da fração orgânica em função dos sistemas de manejo adotados (Benites et al., 2003).

O fracionamento físico granulométrico da MOS é outra técnica utilizada para identificação da dinâmica da MOS, separando as frações em matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica associada aos minerais (MOM). A utilização de sistemas de manejo que promovam diferentes aportes de biomassa vegetal pode ser identificada principalmente por meio da fração particulada da MOS (Benbi et al., 2015), considerada sensível as alterações no solo, podendo ser utilizada como ferramenta para avaliar a qualidade do sistema principalmente em curto período de tempo, quando as alterações no carbono orgânico total (COT) do solo ainda não tenham sido de grande magnitude (Conceição et al., 2005).

A partir da modificação do método clássico de determinação de COT, Chan et al. (2001) adaptaram a metodologia para determinar frações do carbono (C) mediante seu grau de oxidação, gerando quatro frações (F1, F2, F3 e F4). As frações F1 e F2 estão associadas com a disponibilidade de nutrientes e formação de macroagregados, sendo a fração F1 a de maior labilidade no solo (Chan et al., 2001). Já as frações F3 e F4 estão relacionadas aos compostos de maior estabilidade química e massa molar, oriundos da decomposição e humificação da MOS (Stevenson, 1994).

As técnicas de fracionamento da MOS, sejam elas químicas, físicas ou oxidáveis, trazem resultados detalhados e conclusivos sobre a dinâmica da MOS ao longo do tempo sob diversos sistemas de manejo. Portanto, a avaliação precisa das frações de C do solo se torna importante (Knox et al., 2015). O trabalho teve por objetivo avaliar por



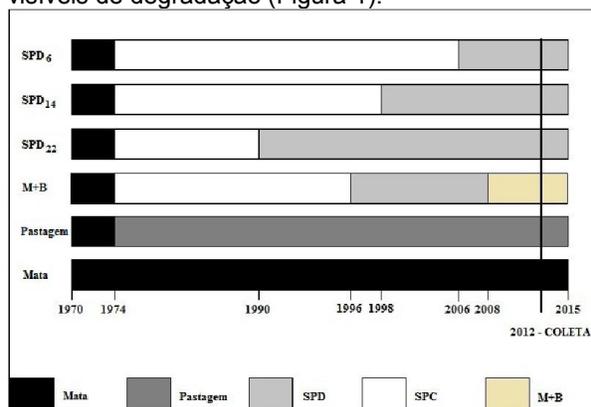
meio de uma das técnicas da análise multivariada, a sensibilidade das diferentes frações da MOS em discriminar diferentes sistemas de manejo na região Oeste do estado do Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de terra em sistemas de manejo explorados comercialmente, com diferentes tempos de implantação, e conduzidos em propriedades rurais no município de Guaíra, Oeste do estado do Paraná. O clima da região é subtropical (Cfa), segundo classificação de Köppen (Caviglione et al., 2000). Todas as áreas do estudo se encontram sob Latossolo Vermelho Eutroférico típico, textura muito argilosa (Embrapa, 2013).

### Tratamentos e amostragens

Foram avaliadas cinco áreas manejadas além de uma área de referência (Mata Nativa) sem ação antrópica, perfazendo seis sistemas diferenciados analisados em delineamento inteiramente casualizado. As cinco áreas manejadas compreendem: áreas com diferentes tempos de adoção do SPD: 6 anos (fase de transição) - (SPD<sub>6</sub>), 14 anos (fase de consolidação) - (SPD<sub>14</sub>) e 22 anos (fase de manutenção) - (SPD<sub>22</sub>) com a sucessão de culturas de soja (verão) e milho/trigo (inverno); 12 anos de SPD no mesmo sistema de sucessão e mais 4 anos com introdução de *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com o milho nos cultivos de inverno (fase de consolidação) - (M+B) (Anghinoni, 2007) e área de pastagem permanente coast-cross (*Cynodon dactylon*) (38 anos), com lotação de animais de 3,5 UA ha<sup>-1</sup>, com ausência de sinais visíveis de degradação (Figura 1).



**Figura 1** – Histórico dos usos e mudanças do uso das áreas, com as respectivas datas de implantação em cada sistema de manejo: SPD: sistema plantio direto; SPC: sistema de preparo convencional; M+B: sistema plantio direto em consórcio com *Brachiaria*.

Em cada área de estudo foram demarcadas cinco glebas de 400 m<sup>2</sup>, nas quais foram realizadas as

coletas das amostras de terra, cada gleba representou uma repetição. As amostras foram coletadas em cinco pontos (glebas-repetições), sendo cada amostra composta representada por dez amostras simples dentro dos seis sistemas de manejo, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,1, 0,1-0,2 e 0,2-0,4 m. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira 2 mm, obtendo-se a terra fina seca ao ar (TFSA).

A MOS foi fracionada quimicamente de acordo com a técnica da solubilidade diferencial (Benites et al., 2003) separando as frações HUM, AH e AF, com posteriores cálculos das relações AH/AF e EA(AH+AF)/HUM, carbono não humificado (CNH), além da representatividade de cada fração em relação ao carbono orgânico total (COT) e seus respectivos estoques pelo método da massa equivalente (Ellert & Bettany, 1995; Sisti et al., 2004). Para o fracionamento físico, a MOS foi separada em MOP e MOM (Cambardella & Elliott, 1992), com posteriores cálculos da representatividade de cada fração em relação ao COT, seus estoques, índice de estoque de carbono (IEC), labilidade da MOS (Lab), índice de labilidade (ILab), índice de manejo de carbono (IMC) (Blair et al., 1995). O fracionamento oxidável da MOS foi realizado de acordo com Chan et al. (2001) separando as frações F1, F2, F3 e F4, com posteriores cálculos do carbono não lábil (CNL) e carbono lábil (CL), CL/COT, F1/F4 e F1+F2/F3+F4.

Para análise dos dados foi utilizada a técnica multivariada por meio da análise canônica, envolvendo as variáveis das frações químicas, físicas e oxidáveis da MOS separadamente, a partir da qual foi reduzido o conjunto de dados em combinações lineares, gerando os escores das duas primeiras variáveis canônicas que explicam mais de 80% da variação total (Cruz & Regazzi, 1994), sendo os escores projetados em gráficos bidimensionais. Além dessa técnica, foi ainda utilizado o método de agrupamento de Tocher modificado, com o propósito de discriminar os tratamentos que apresentaram maior similaridade, e também para agrupar os diferentes tipos de manejo a partir da matriz de distância generalizada de Mahalanobis. Os gráficos com base na análise canônica foram gerados e os grupos formados por meio do agrupamento de Tocher modificado, utilizando o programa GENES (Cruz, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise canônica para as frações químicas da MOS, a primeira e a segunda variável corresponderam a 93,86 e 4,06% da variação total, respectivamente, representando 97,92% da variação total (Figura 1a). Na mesma análise para frações

oxidáveis, corresponderam a 82,95 e 12,70% da variação total, representando 95,65% (Figura 1b). Já para as frações físicas, corresponderam por 67,74 e 30,08% da variação, representando 97,82% da variação total (Figura 1c), atingindo o requisito mínimo de 80% proposto por Cruz e Regazzi (1994) para avaliação por meio de dispersão gráfica bidimensional.

Para as frações químicas da MOS (Figura 1a), evidenciou-se a formação de três grupos distintos, um formado pelas áreas de SPD<sub>6</sub>, SPD<sub>14</sub> e M+B, outro grupo formado pela área de SPD<sub>22</sub>, e um terceiro grupo formado pelas áreas de pastagem e mata. Na separação destes grupos, as variáveis que mais contribuíram para a discriminação dos sistemas de manejo foram o CNH, os teores de AF e HUM, ou seja, em parte as frações mais lábeis do carbono (CNH e AF) e também a fração mais recalcitrante do ponto de vista químico (HUM). Na formação dos grupos em função das frações oxidáveis da MOS (Figura 1b), foram formados apenas dois grupos, um representado pela área de mata, e outro representado pelos sistemas manejados em SPD e pastagem, sendo que os teores de COT e C das frações F1 e F3 foram os atributos que mais contribuíram para discriminar os sistemas de manejo avaliados. Com relação as frações físicas da MOS (Figura 1c), foram evidenciados a formação de três grupos distintos, um formado pelas áreas de SPD<sub>6</sub> e SPD<sub>14</sub>, outro pelas áreas de SPD<sub>22</sub> e M+B, e um terceiro com as áreas de pastagem e mata nativa, sendo que as variáveis que mais contribuíram para a discriminação das áreas foram os teores de COT e MOP, além do estoque de MOM.

Desta forma, quando se avalia o agrupamento dos diferentes sistemas de manejo em função das frações químicas (a), oxidáveis (b) e físicas (c) da MOS observa-se que as frações químicas e físicas da MOS foram as frações que discriminaram de forma mais acentuada os sistemas de manejo avaliados em função do tempo de implantação e forma de manejo. Trabalhos como os de Loss et al. (2006) e Rossi et al. (2011) relatam a grande sensibilidade das frações húmicas em detectar mudanças nos sistemas de manejo ao longo do tempo de condução. Esse padrão também evidencia a sensibilidade das frações físicas da MOS e suas respectivas relações e estoques, em detectar mudanças nos sistemas de manejo ao longo do tempo, como demonstrado em trabalhos recentes na literatura (Benbi et al., 2015; Loss et al., 2014), principalmente com relação a fração mais lábil do C, ou seja, a fração particulada da MOS (Batista et al., 2013; Conceição et al., 2005).

### CONCLUSÕES

As frações químicas e físicas contribuem de

forma mais significativa para a discriminação das áreas em função do sistema de manejo e tempo de implantação do SPD.

### AGRADECIMENTOS

Aos produtores rurais pela disponibilidade das áreas para o estudo. A CAPES pela concessão de bolsas de Mestrado e Doutorado aos autores. Ao CNPq Chamada Universal - MCTI/CNPQ N° 14/2012, pelo auxílio financeiro e pela concessão de bolsas de produtividade aos autores e a Fundação AGRISUS (Projeto 1210/2013) pela bolsa de iniciação científica.

### REFERÊNCIAS

- Anghinoni I. Fertilidade do solo e seu manejo no sistema plantio direto. In: Novais RF, Alvarez VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantarutti RB, Neves JCL. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS; 2007. p.873-928.
- Batista I, Pereira MG, Correia MEF, Bieluczyk W, Schiavo JA, Rows JRC. Teores e estoque de carbono em frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica do solo sob integração lavoura-pecuária no bioma Cerrado. *Semina: Ci. Agrár.* 2013;34:3377-3388, 2013.
- Benites VM, Mádari B, Machado PLOA. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado e de baixo custo. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado Técnico, 16).
- Benbi DK, Brar K, Toor AS, Singh P. Total and labile pools of soil organic carbon in cultivated and undisturbed soils in northern India. *Geoderma.* 2015;237-238:149-158.
- Blair GJ, Lefroy RDB, Lisle L. Soil carbon fractions, based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aus. J. Agric. Res.* 1995;46:1459-1466.
- Cambardella CA, Elliott ET. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1992;56:777-783.
- Caviglione JH, Kiihl LRB, Caramori PH, Oliveira D. Cartas climáticas do Paraná. Londrina: IAPAR, 2000. CD-ROM.
- Chan KY, Bowman A, Oates A. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an Paleustalf under different pasture leys. *Soil Sci.* 2001;166:61-67.
- Conceição PC, Amado TJC, Mielniczuk J, Spagnollo E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *R. Bras. Ci. Solo.* 2005;29:777-788.
- Cruz CD. Programa genes: biometria. Ed. Viçosa:UFV; 2006.
- Cruz CD, Regazzi AJ. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Ed. Viçosa:UFV; 1994.
- Ellert BH, Bettany JR. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. *Can. J. Soil Sci.* 1995;75:529-538.
- Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Brasília: Embrapa; 2013.



Knox NM, Grunwald S, Mcdowell ML, Bruland GL, Myers DB, Harris WG. Modelling soil carbon fractions with visible near-infrared (VNIR) and mid-infrared (MIR) spectroscopy. *Geoderma*. 2015;239-240:229-239.

Loss A, Pereira MG, Brito GP. Distribuição das substâncias húmicas em solos de Tabuleiro sob diferentes coberturas vegetais. *Rev. Uni. R. Sér. Ci. Vida*. 2006;26:68-77.

Loss A, Pereira MG, Costa EM, Beutler SJ. Frações granulométricas e oxidáveis de matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso do solo, no paraná, brasil. *Biosc. J*. 2014;30:43-54.

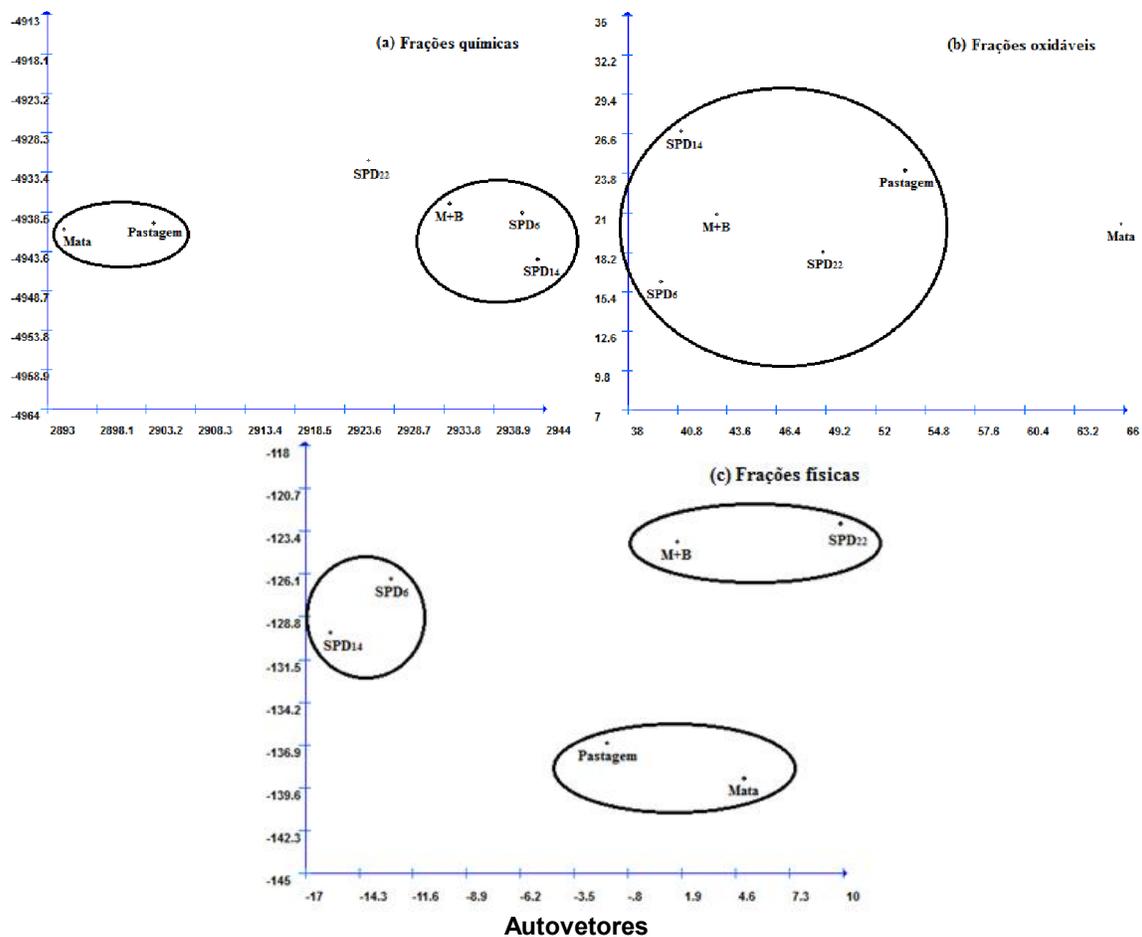
Rossi CQ, Pereira MG, Giacomo SG, Betta M, Polidoro JC. Frações húmicas da matéria orgânica do solo

cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo. *Bragantia*. 2011;70:622-630.

Sisti CPJ, Santos HP, Kohhann R, Alves BJR, Urquiaga S, Boddey RM. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. *Soil Till. Res*. 2004;76:39-58.

Stevenson FJ. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2.ed. New York:John Wiley e Sons; 1994.

Swift RS. Organic matter characterization. In: Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN, Tabatabai MA, Johnston CT, Sumner ME. *Methods of soil analysis*. Ed. Madison: Soil Science Society American; 1996. p.1011-1020.



**Figura 1** – Dispersão dos diferentes sistemas de uso e manejo e agrupamento pelo método de Tocher modificado das duas primeiras variáveis canônicas em função das frações químicas (a), oxidáveis (b) e físicas (c) da matéria orgânica do solo em Latossolo Vermelho Eutroférico típico, nos diferentes sistemas de manejo na região Oeste do Paraná.