

## DETERMINAÇÃO DA HUMIFICAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO E DE SUAS FRAÇÕES ORGANO-MINERAIS

**Célia Mara Favoretto e Daniele Gonçalves**

Departamento de Química, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-000 Ponta Grossa – PR, Brasil

**Débora M. B. P. Milori**

Embrapa Instrumentação Agropecuária, CP 741, 13569-970 São Carlos – SP, Brasil

**Jadir Aparecido Rosa**

Instituto Agronômico do Paraná – Pólo Regional de Ponta Grossa, BR 376, km 496, 84001-970 Ponta Grossa – PR, Brasil

**Wellington Claiton Leite, André Maurício Brinatti e Sérgio da Costa Saab\***

Departamento de Física, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-000 Ponta Grossa – PR, Brasil

Recebido em 7/11/07; aceito em 12/6/08; publicado na web em 31/10/08

DETERMINATION OF HUMIFICATION DEGREE OF ORGANIC MATTER OF AN OXISOL AND OF ITS ORGANO-MINERAL FRACTIONS. Laser-induced fluorescence spectroscopy was used to determine the humification degree of the organic matter of a whole soil, that is, soil without any physical or chemical treatment. Particle size was determined in physically separated fractions. The humification of organic matter, the depth of the soil and the planting system can be correlated. On the surface of the soil, no tillage provided the smallest humification in comparison with the conventional tillage and reduced tillage. The fractions of the superficial layer of the soil (0-20 cm) indicated larger humification in the fraction from 20 to 53  $\mu\text{m}$  and the smallest in the fraction of  $<2 \mu\text{m}$ .

Keywords: humification; LIF; whole soil.

### INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) engloba resíduos de plantas, animais e microrganismos em diversos estágios de decomposição, em íntima associação com os minerais do solo,<sup>1</sup> sendo um componente essencial para a qualidade e produtividade dos solos agrícolas. Representa, também, a principal fonte do total de carbono terrestre, o qual tem um papel fundamental nas funções que a matéria orgânica exerce sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.<sup>2</sup>

Para o estudo da MOS, diversos tipos de fracionamento são utilizados visando avaliar sua heterogeneidade separando, assim, frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função, mas ao mesmo tempo diferentes das outras frações do solo.<sup>3</sup>

Nos últimos anos, alguns métodos não destrutivos (não danificam a amostra) estão sendo utilizados a fim de se fracionar a matéria orgânica para estudo de sua dinâmica no solo, sendo as técnicas de análises espectroscópicas ferramenta útil para identificar o grau de humificação da matéria orgânica, pois permitem observar as mudanças que ocorrem na conformação estrutural dos seus grupos funcionais. No entanto, o uso destas técnicas exige extração e fracionamento químico das substâncias húmicas do solo, o que faz com que os produtos deste tratamento possam sofrer modificação em relação a sua forma *in situ*.<sup>4</sup>

Através da técnica de fluorescência induzida por laser (FIL), Milori *et al.*<sup>5</sup> mostraram ser possível avaliar a humificação do solo inteiro (solo sem qualquer tratamento físico ou químico). Segundo estes pesquisadores, isto se deve ao fato do sinal de fluorescência do solo ter sua origem na matéria orgânica. Quando a excitação da MOS é feita com luz azul ( $\sim 465 \text{ nm}$ ) excita, principalmente, as estruturas cuja concentração aumenta durante o processo de humificação, tais como grupos funcionais com ligações insaturadas em sistemas rígidos

conjugados (anéis aromáticos conjugados e/ou substituídos, quinonas, etc). Portanto, o sinal de emissão de fluorescência com esta excitação é proporcional ao grau de humificação da MOS.<sup>5</sup>

Simplicidade, sensibilidade e rapidez são vantagens do uso desta técnica, além de não ter impedimento analítico, como a ressonância paramagnética eletrônica (RPE)<sup>6</sup> e ressonância magnética nuclear (RMN), em relação ao  $\text{Fe}^{3+}$  podendo, por isso, ser usada para determinar o grau de humificação em latossolos sem a necessidade da extração dos ácidos húmicos.

O objetivo deste trabalho foi utilizar a técnica da FIL para avaliar a humificação da matéria orgânica de solos inteiros, bem como das frações físicas obtidas através do tamanho de partícula deste solo, relacionando os resultados obtidos com a profundidade e os sistemas de manejo.

### PARTE EXPERIMENTAL

O solo analisado é classificado como latossolo vermelho distrófico, de culturas diferentes da região de Ponta Grossa – Paraná, submetido a três sistemas de manejo do solo: plantio direto (PD), plantio convencional (PC) e preparo mínimo (PM), em três diferentes profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm).

Foi analisado um total de 9 amostras de solo inteiro, destas três profundidades, e 12 amostras de solo fracionado (da camada superficial do solo, 0-20 cm) por tamanho de partículas ( $<2$ , 2-20, 20-53 e  $>53 \mu\text{m}$ ).

As rotações de culturas para os três sistemas de manejo foram: 1990-1995, cultivaram-se aveia preta/soja/aveia preta/milho/trigo/soja/aveia preta/soja/tremoço/milho, entre 1995-2000 cultivaram-se aveia preta/soja/trigo/soja/aveia + ervilhaca/milho/aveia preta/soja/trigo/milho e entre 2000-2005, cultivaram-se aveia + ervilhaca/milho/aveia/soja/aveia/soja/aveia + ervilhaca/milho/aveia/soja/aveia + ervilhaca.

\*e-mail: scsaab@fisica.uepg.br

As amostras de solo em duplicatas foram secas ao ar, moídas em peneira de 1 mm e, então, submetidas ao procedimento de desagregação de partículas para o fracionamento físico,<sup>7</sup> onde o solo foi peneirado em suspensão aquosa e peneira de 53 µm. Com isso, a fração areia > 53 µm foi obtida. As frações <53 µm, constituídas por silte 2-20 µm, areia fina 20-53 µm e argila 0-2 µm, foram fracionadas por sedimentação, assumindo-se como densidade de partícula 2,53 g cm<sup>-3</sup>. O tempo de sedimentação foi calculado pela Lei de Stockes. Inicialmente, separou-se a fração <2 µm e, na seqüência, a fração 2-20 µm. A fração 53-20 µm consistiu no material remanescente após a separação da fração 2-20 µm.

Na separação das frações <2 e 2-20 µm, repetiu-se o procedimento de sedimentação de modo que, ao final do procedimento, a suspensão retirada estivesse transparente, indicando que praticamente todo o solo referente àquela fração havia sido separado.<sup>8</sup> Foram adicionados 7 mL de cloreto de cálcio (1 mol L<sup>-1</sup>) para as partículas menores que 2 µm após a coleta, a fim de se obter sedimentação mais rápida.<sup>9</sup>

Decorridas aproximadamente 2 semanas de decantação fez-se a sifonação da fração argila, deixando-se secar naturalmente. As frações de areia e silte obtidas foram secas em estufa a 60 °C, sendo realizada na seqüência a caracterização destas frações.

Para análise de FIL as amostras de solo foram pastilhadas, com a prensagem em uma forma de aço (8 t) nas dimensões de 1 cm de diâmetro, 2 mm de espessura e aproximadamente 0,5 g de massa. O sistema experimental de FIL é o mesmo utilizado por Milori *et al.*<sup>5</sup>

Utilizaram-se, para a realização das medidas de fluorescência, os seguintes parâmetros no equipamento: tensão na fotomultiplicadora de 800 Volts, *lock-in* em escala de 50 mV, laser sintonizado em 458 nm e potência de saída de 300 mW e varredura do monocromador de 480 a 650 nm.

As análises químicas elementares foram feitas utilizando o método via seca por combustão – aparelho Leco CR 412 do laboratório de Química e ICP do DMG-IGC/USP – São Paulo, SP. Em todas as análises foram utilizadas três réplicas e apresentado o valor médio das análises.

A interpretação do efeito dos sistemas de preparo de solo na humificação da matéria orgânica ( $H_{FIL}$ ) e nas frações por tamanho de partícula do solo foi realizada com base no respectivo desvio padrão da média, calculado a partir dos resultados da análise por FIL em duplicata (n = 2).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise do solo inteiro

Foram realizados experimentos de FIL a fim de se obter informações sobre o grau de humificação ( $H_{FIL}$ ) das amostras de solo inteiro. A proposta de cálculo deste índice de humificação é a razão entre o valor a área da fluorescência ( $A_F$ ) e o valor do carbono total ( $C_T$ ) presente na amostra de solo inteiro,<sup>5,10</sup> ou seja,

$$H_{FIL} = \frac{A_F}{C_T} \quad (1)$$

A Tabela 1 contém os valores do carbono total e  $H_{FIL}$ . Na camada superficial (0-20 cm), o sistema plantio direto apresentou os maiores valores do teor de carbono, porém valores de  $H_{FIL}$  menores. Provavelmente este comportamento deve ser em função do significativo aporte de matéria orgânica fresca na superfície que ocorre no plantio direto, causando uma diluição da matéria orgânica mais humificada, resultando em altos teores de carbono e baixo grau de humificação da matéria orgânica. Além disso, no sistema plantio direto ocorre a preservação destas estruturas mais lábeis, através de mecanismo de proteção física por agregação.<sup>11</sup>

Em profundidade, o grau de humificação da matéria orgânica no plantio direto apresenta um gradiente crescente; este comportamento

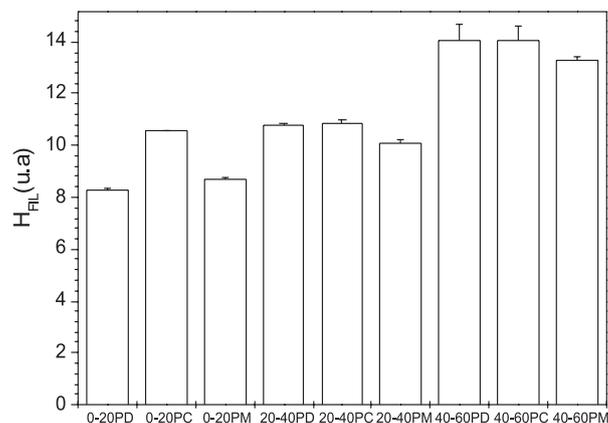
**Tabela 1.** Teor de carbono total e humificação ( $H_{FIL}$ ) em cada sistema de manejo e profundidade do solo

Manejo e Profundidade (cm)	$C_T$ (g/kg)	$H_{FIL}$ (u.a.)*
pd (0-20)	39,6 ± 0,2	8,30 ± 0,05
pc (0-20)	32,6 ± 0,2	10,60 ± 0,01
pm (0-20)	37,9 ± 0,2	8,70 ± 0,03
pd (20-40)	33,7 ± 0,2	10,80 ± 0,04
pc (20-40)	32,2 ± 0,2	10,9 ± 0,1
pm (20-40)	33,9 ± 0,2	10,1 ± 0,1
pd (40-60)	27,1 ± 0,2	14,0 ± 0,5
pc (40-60)	26,9 ± 0,2	14,0 ± 0,4
pm (40-60)	28,2 ± 0,2	13,3 ± 0,1

já foi observado na literatura.<sup>5</sup> No preparo mínimo e plantio convencional ocorre o mesmo resultado.

Para profundidade de 0-20 cm (Figura 1), as amostras provenientes do solo submetido ao preparo convencional apresentaram maior humificação. A decomposição preferencial e acelerada das porções mais lábeis da MO é induzida neste sistema de preparo em função do intenso revolvimento, resultando assim num incremento relativo de estruturas recalcitrantes. Por outro lado, no sistema plantio direto ocorre a preservação destas estruturas mais lábeis, através de mecanismo de proteção física por agregação.<sup>12</sup>

A humificação da MO aumenta com a profundidade do solo em todos os sistemas de preparo, indicando que a MO é mais recalcitrante quanto mais distante da superfície do solo. Na profundidade de 20-40 e 40-60 cm o grau de humificação é próximo (Figura 1), não havendo diferença entre os sistemas de preparo.



**Figura 1.** Valores de  $H_{FIL}$  obtidos para todas as amostras de solo sob diferentes sistemas de manejo e profundidade do solo em centímetro. PM - preparo mínimo; PD - plantio direto; PC - preparo convencional

### Análise das frações do solo

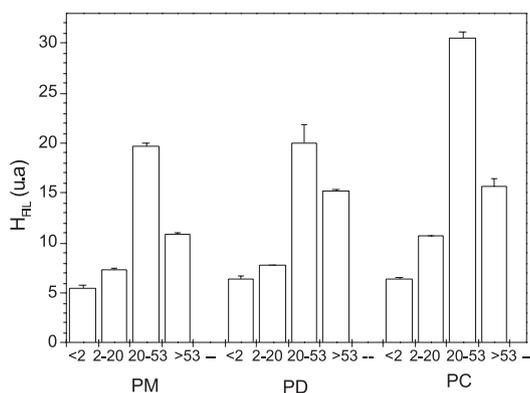
Os resultados mostrados na Tabela 2 indicam que na fração silte (2-20 µm) foi encontrado o maior conteúdo de carbono, quando comparado com as outras frações de solo. Estes resultados estão de acordo com alguns autores, os quais observaram que o conteúdo de carbono varia entre as frações físicas do solo, sendo a fração silte a que mais contribui para isso.<sup>13</sup> Segundo González-Pérez *et al.*<sup>11</sup> a fração silte apresenta maior conteúdo de carbono e matéria orgânica, se comparada às demais frações físicas do solo.

Existe uma estreita relação entre a matéria orgânica e a fração mineral do solo, formando complexos organo-minerais.<sup>14</sup> Neste trabalho foi observada maior humificação na fração areia fina (20-

**Tabela 2.** Valores de carbono total  $C_T$  das frações do solo, em diferentes sistemas de manejo e profundidade de 0-20 cm

Sistema de manejo	Frações	$C_T$ (g/kg)
PM	Argila	30,4 ± 0,2
	Silte	32,0 ± 0,2
	Areia grossa	20,8 ± 0,2
	Areia fina	15,8 ± 0,2
PD	Argila	30,3 ± 0,2
	Silte	31,8 ± 0,2
	Areia grossa	16,6 ± 0,2
	Areia fina	15,5 ± 0,2
PC	Argila	24,8 ± 0,2
	Silte	29,9 ± 0,2
	Areia grossa	15,7 ± 0,2
	Areia fina	12,6 ± 0,2

53  $\mu\text{m}$ ), em todos os sistemas de manejo. Saab e Martin-Neto,<sup>15</sup> estudando frações físicas de Gleisolos, mostraram que as frações organo-minerais 2-20 e 20-53  $\mu\text{m}$  são as mais estáveis, isto é, a MO humificada nestas frações é mais recalcitrante. Os menores valores de humificação foram observados na fração argila, em todos os sistemas de manejo, de acordo com a Figura 2.

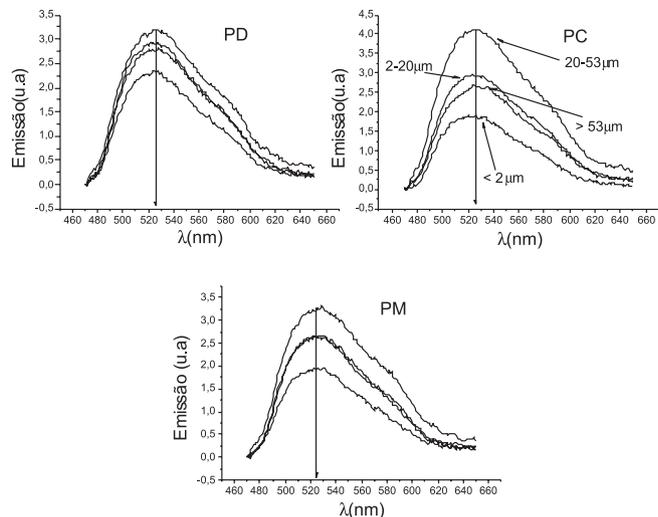
**Figura 2.** Diagrama representativo dos índices de humificação obtido por FIL para frações por tamanho de partículas do solo na superfície do solo (0-20 cm). PM - preparo mínimo; PD - plantio direto; PC - preparo convencional

O fato da fração <2  $\mu\text{m}$  (argila) apresentar os menores valores deve-se ao fato de que a decomposição da matéria orgânica é menos influenciada pela aromaticidade sendo, provavelmente, a interação da matéria orgânica com a fração mineral o fator determinante da sua estabilidade. A matéria orgânica presente nas frações 2-20 e <2  $\mu\text{m}$  apresenta um comportamento semelhante ao da fração estável fisicamente protegida pela adsorção a minerais-estabilidade coloidal, proposta por Coleman *et al.*,<sup>16</sup> segundo os quais esta fração não é afetada pelo manejo dado ao solo.

Na Figura 3 são mostrados os espectros de emissão de fluorescência de todas as frações físicas na profundidade de 0-20 cm para os três sistemas de manejo. Em todas as frações e sistema de manejo, o pico de emissão de fluorescência foi em 526 nm, indicando a presença de estruturas moleculares ricas em fluoróforos de estruturas complexas, como anéis aromáticos condensados e/ou substituídos, grupos quinonas e sistemas cíclicos.

## CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos observou-se que o solo da superfície do plantio direto apresenta a menor humificação quando comparado aos solos superficiais do preparo convencional e do preparo mínimo.

**Figura 3.** Espectros de emissão de fluorescência das frações do solo para os três sistemas de manejo na profundidade de 20 cm. PM - preparo mínimo; PD - plantio direto; PC - preparo convencional

Isso ocorre em função do maior aporte de matéria orgânica fresca que é conferido ao plantio direto. Tanto o plantio direto quanto o preparo mínimo apresentaram um aumento gradual no grau de humificação com a profundidade, bastante semelhante ao que ocorre em solos sob vegetação nativa.<sup>12</sup> O plantio convencional, além de promover um aumento na degradação da matéria orgânica do solo, uniformiza a matéria orgânica até profundidades de ordem de 40 cm em função do revolvimento promovido pelo arado e quebra de agregados do solo.

Com relação à análise das frações do solo na sua camada superficial (0-20 cm), os resultados indicaram maior humificação na fração areia fina (20-53  $\mu\text{m}$ ) e menor na fração argila (<2  $\mu\text{m}$ ), em todos os sistemas de manejo, sugerindo que nesta fração a interação da matéria orgânica com a fração mineral seja o fator determinante para a sua estabilidade e não a sua aromaticidade.

## REFERÊNCIAS

- Christensen, B. T.; *Adv. Soil Sci.* **1992**, 20, 1.
- Dieckow, J.; Mielniczuk, J.; Knicker, H.; Bayer, C.; Dick, D. P.; Kögelknabner, I.; *Soil & Tillage Research* **2005**, 81, 87.
- Christensen, B. T.; *Soil Biol. Biochem.* **1987**, 19, 429.
- Feller, C.; Beare, M. H.; *Geoderma* **1997**, 79, 69.
- Milori, D. M. B. P.; Galetti, H. V. A.; Martin-Neto, L.; Dieckow, J.; González-Pérez, M.; Salton, J.; *Soil Sci. J.* **2006**, 70, 57.
- Novotny, E. H.; Martin-Neto, L.; *Geoderma* **2002**, 106, 305.
- Bayer, C.; Martin-Neto, L.; Mielniczuk, J.; Ceretta, C. A.; *Soil & Tillage Research* **2000**, 53, 95.
- Bayer, C.; Martin-Neto, L.; Saab, S. C.; *Rev. Bras. Cienc. Solo* **2003**, 27, 537.
- Saab, S. C.; Martin-Neto, L.; *J. Braz. Chem. Soc.* **2004**, 15, 34.
- Catroux, G.; Schnitzer, M.; *Soil Sci Soc Am J.* **1987**, 51, 1200.
- González-Pérez, M.; *Tese de Doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2003.
- Milori, D. M. B. P.; Martin-Neto, L.; Bayer, C.; Mielniczuk, J.; Bagnato, V. S.; *Soil Sci.* **2002**, 167, 739.
- Sollins, P.; Homann, P.; Caldwell, B. A.; *Geoderma* **1996**, 74, 65.
- Huang, P. M.; *Interactions of soil minerals with natural organics and microbes*, 1<sup>st</sup> ed., Soil Science Society of America: Madison, 1986.
- Saab, S. C.; Martin-Neto, L.; *Quim. Nova* **2003**, 26, 497.
- Coleman, D. C.; Oades, J. M.; Uehara, G.; *Dynamic of soil organic matter in tropical ecosystems*, 1<sup>st</sup> ed., Univ. of Hawaii: Honolulu, 1989.