

CARACTERIZAÇÃO DE SUSBTÂNCIAS HÚMICAS DA CAMADA SUPERFICIAL DO SOLO SOB DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS¹

Ademir Fontana²; Roberto Josino de Brito³; Marcos Gervasio Pereira⁴; Arcângelo Loss⁵;
Vinicius de Mello Benites⁶

²Eng. Agrônomo, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Av. Senador Robert Kennedy, 406. CEP: 29114-300, Vila Velha - ES. E-mail: ademir.fontana@gmail.com

³Eng. Agrônomo, INCRA. Av. Ville Roy, 5315A. CEP: 69306-665, Boa Vista - RR. E-mail: rjbrito@bol.com.br

⁴Depto. de Solos. Bolsista do CNPq. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). CEP: 23890-000, Seropédica - RJ. E-mail: gervasio@ufrj.br

⁵Doutorando em Agronomia. Bolsista do CNPq. UFRRJ. CEP: 23890-000, Seropédica - RJ. E-mail: arcangeloloss@yahoo.com.br

⁶Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1024. CEP: 22460-000, Rio de Janeiro - RJ. E-mail: vinicius@cnpq.embrapa.br

RESUMO: O carbono orgânico do solo, a avaliação das substâncias húmicas (SH) e as características físicas e químicas dos ácidos húmicos (AH) podem ser usados como indicador da qualidade das terras uma vez relacionados à sensibilidade ao manejo e a relação com as funções básicas do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes coberturas vegetais na distribuição das SH e nas características dos AH de solos do Tabuleiro Costeiro da região norte do estado do Rio de Janeiro. Foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm em áreas sob pastagem (pasto), cana-de-açúcar (cana) e floresta secundária (floresta) de LATOSSOLO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO. Foram obtidas as SH e AH conforme normas da IHSS. Os AH foram caracterizados pela composição elementar (CHNO) e espectroscopia do visível e infravermelho (IV). Na distribuição das SH observou-se baixa variação entre as coberturas em cada profundidade e predomínio da humina. Os AH apresentaram em média 56,6% carbono, 6,9 % hidrogênio, 4,9 % nitrogênio e 31,6 % oxigênio. Pelos espectros do visível observou-se a relação E_4/E_6 variando de 4,5 a 7,0, menores valores no pasto e cana e maiores na floresta. Pelos espectros do IV observou-se nos AH da floresta PA banda de absorção em torno de 1540 cm^{-1} , indicando a presença de deformação em N-H^+ ou estiramento em C=N . A caracterização dos AH indica que as áreas de floresta possuem características mais alifáticas e demonstra a deposição constante de serapilheira.

Palavras-chave: ácidos húmicos, composição elementar, espectroscopia

CHARACTERIZATION HUMIC SUBSTANCES OF THE SUPERFICIAL SOIL LAYER UNDER DIFFERENT VEGETATION

ABSTRACT: The soil organic carbon, humic substances (HS) evaluation and the physical and chemical characteristics of humic acids (HA) can be used as land quality indicator once related to sensitivity to management and the relationship with the basic functions of soil. This study had the objective to evaluate the effect of different vegetation coverings in the humic substances distribution and the humic acids (HA) characteristics of Coastal Tableland soils from the northern region of Rio de Janeiro State, Brazil. Soil samples were collected at 0-5 and 5-10 cm depths in areas under grass, sugar cane crop (cane) and secondary forest (forest), from Xanthic Oxisol and Xanthic Ultisol. The SH and AH standards of IHSS. The HA were characterized by elemental composition (CHNO) and visible and infrared (IR) spectroscopy. For the humic substances distribution, was observed low variation between layers at each depth and predominance of humin. The HA had on average 56.6 % carbon, 6.9 % hydrogen, 4.9 % nitrogen and 31.6 % oxygen. By the visible spectra the E_4/E_6 ratio ranging from 4.5 to 7.0, was observed lower values being in pasture and sugar cane areas and higher in the forest area. For the IR spectra the HA in the PA forest area absorption band around 1540 cm^{-1} was observed which indicates the presence of N-H deformation or C=N stretching. The HA characterization indicates that the forest areas present more aliphatic features and demonstrates the permanent litter deposition.

Key words: humic acids, elementary composition and spectroscopy

¹Parte da Dissertação de Mestrado do segundo autor apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ.

INTRODUÇÃO

“Tabuleiros Costeiros” é o termo utilizado para designar a feição geomorfológica ou forma de superfície do tipo tabular que pode ser observada ao longo de praticamente toda a faixa costeira do Brasil, desde o Rio de Janeiro até o Amapá. Os solos desenvolvidos nos tabuleiros costeiros ocupam uma importante área sócio-econômica no País, por apresentarem características favoráveis à mecanização e situarem-se em uma posição geográfica que favorece o escoamento da produção agrícola. No entanto, estes vêm sendo submetidos a uma redução drástica na capacidade produtiva, principalmente devido ao monocultivo de espécies vegetais, levando à queda de fertilidade e a diminuição dos teores de matéria orgânica do solo (MOS) (Nascimento, 2001).

O uso frequente dos teores de carbono orgânico total do solo (COT) e MOS como indicadores da qualidade dos solos é decorrente da sensibilidade desses atributos às práticas de manejo e de sua relação com as funções básicas do solo quanto à produção vegetal (Sanches, 1976; Dalal e Mayer, 1986; Greenland et al., 1992; Doran e Parkin, 1994; Andreux, 1996; Piccolo, 1996).

No Brasil, vários estudos já foram realizados quantificando os teores de MOS de diferentes ambientes e as modificações nestes quando submetidos a diferentes tipos de manejo, com destaque para Silva e Ribeiro (1992) em Latossolos, em solos de Tabuleiro de Alagoas sob cultivo contínuo da cana; Fontana et al. (2001) e Loss et al. (2007), em solos de Tabuleiro do Rio de Janeiro sob cana, pasto e floresta; Freixo et al. (2002) no Rio Grande do Sul, sob plantio direto e com rotação de culturas; Pinheiro et al. (2004) no Rio de Janeiro, com plantio direto, convencional e cultivo mínimo; Madari et al. (2005) no Paraná, sob plantio direto e convencional com rotação de culturas; Fontana et al. (2006) no cerrado do Mato Grosso do Sul, sob plantio direto e convencional com rotação de culturas; Loss et al. (2006) em solos de Tabuleiro de Linhares, sob cultivo contínuo da cana crua e queimada e Miranda et al. (2007) em diferentes solos de uma Reserva Biológica no Rio de Janeiro sob mata e plantios de eucalipto abandonados.

Segundo Fontana et al. (2001), a natureza do húmus avaliada pelo fracionamento químico da MOS e obtenção das substâncias húmicas, pode variar substancialmente com o clima, vegetação e condições do próprio solo. A concentração e a proporção com que as substâncias húmicas são encontradas nos solos podem funcionar como indicador da qualidade dos solos, devido à forte interação das substâncias húmicas com o material mineral do solo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes coberturas vegetais na distribuição das

substâncias húmicas e nas características dos ácidos húmicos de solos dos Tabuleiros Costeiros da região norte do estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas localizadas no município de Campos dos Goytacazes, região Norte Fluminense (RJ). As coordenadas geográficas locais são: 21° 35' a 21° 36' de latitude sul e 41° 16' a 41° 17' de longitude oeste de Greenwich e altitude variando de 27 a 33 m de altitude. O clima da região é caracterizado como tropical quente e úmido, com período seco no inverno e chuvoso no verão, com precipitação anual em torno de 1.020 mm.

Foram selecionadas áreas de Latossolo Amarelo Distrófico e Argissolo Amarelo Distrófico (LAd e PAd, respectivamente) (Embrapa, 2006), sob três coberturas vegetais: pastagem (pasto), cana-de-açúcar (cana) e floresta secundária (floresta), coletando-se em cada área cinco amostras compostas formadas a partir de dez amostras simples, nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. O pasto foi formado há mais de 10 anos e é predominantemente composto por gramíneas do gênero *Brachiaria decumbens*, plantada e conduzida sem aplicação de adubos ou corretivos. A cana é submetida ao manejo tradicional de cultivo da região por mais de 50 anos, com queima controlada da palhada para fins de limpeza da área na época do corte/colheita. A floresta é semidecídua e está disposta num fragmento com mais de 50 anos de idade e submetida a corte seletivo e pastejo ocasional. As famílias predominantes são: Leguminosae, Myrtaceae, Euphorbiaceae e Rutaceae.

A granulometria foi determinada segundo EMBRAPA (1997). Para o PA, na profundidade de 0-5 cm, a areia variou de 876 a 884 g kg⁻¹ e para 5-10 cm, de 860 a 890 g kg⁻¹, enquanto a argila na profundidade de 0-5 cm variou de 42 a 98 g kg⁻¹ e na 5-10 cm, de 64 a 92 g kg⁻¹. No LA, na profundidade de 0-5 cm a areia variou de 808 a 884 g kg⁻¹ e para 5-10 cm, de 790 a 890 g kg⁻¹, enquanto a argila na profundidade de 0-5 cm variou de 46 a 146 g kg⁻¹ e de 52 a 146 g kg⁻¹ de 5-10 cm.

As substâncias húmicas foram fracionadas e identificadas segundo técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996), conforme adaptação de Benites et al. (2003). Foram quantificados os teores de carbono orgânico das frações ácido fúlvico (C-FAF), ácido húmico (C-FAH) e humina (C-HUM) e calculadas as relações C-FAH/C-FAF e C-EA/C-HUM, conforme Benites et al. (2003). A extração e o fracionamento da matéria orgânica do solo para obtenção dos ácidos húmicos (AH), bem como a purificação, foram realizados segundo o método preconizado pela Sociedade Internacional de

Substâncias Húmicas (IHSS) (Swift, 1996). Os AH foram lavados com solução de HCl 0,1 mol L⁻¹ + HF 0,3 mol L⁻¹ por duas vezes e levados para diálise até que o valor da condutividade elétrica da água não fosse maior que 1µS após uma hora da troca desta.

A determinação da umidade dos AH foi feita em estufa, à temperatura de 65 °C por 5 horas. As análises termogravimétricas dos AH foram feitas com o auxílio de mufla, colocando-se amostras em cadinhos de platina, e o peso inicial estabilizado a 30°C. Os AH então foram submetidos à temperatura de 600°C por 5 horas, sendo o resíduo ao final da queima, considerado como o teor de cinza.

A composição elementar (CHN) dos AH foi determinada em analisador elementar Perkin Elmer PE-2400 CHNS. As análises foram feitas utilizando-se amostras de 1,1000 0,1000 mg. O padrão de referência usado foi a acetanilida (C=71,09%, H=6,71%, N=10,36%). Os valores de C, H e N foram corrigidos para base seca e sem cinzas, utilizando as informações obtidas pelos dados da análise termogravimétrica, e a equação: % corrigido = % original x 100 / (100 - % umidade - % cinzas). O teor de oxigênio foi determinado por subtração a partir dos dados corrigidos. Calcularam-se as razões atômicas: C:H = ((%C / 12) / (%H / 1)); C:N = ((%C / 12) / (%N / 14)) e O:C = ((%O / 16) / (%C / 12)).

Os espectros do visível foram obtidos usando espectrofotômetro digital a 465 e 665 nm, com solução de 100 mg de AH diluídos em 1 L de NaHCO₃ 0,05 mol L⁻¹, com pH em torno de 8,0. Para determinação da relação E₄/E₆, foi dividida a absorvância em 465 nm pela 665 nm (Yonebayashi e Hattori, 1988; Chen et al., 1977; Canellas et al., 2000). Para obtenção dos espectros do IV dos AH foi utilizado espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), modelo 1600 Series FTIR, fabricado pela Perkin Elmer, em pastilhas de KBr (2 mg de AH liofilizado + 200 mg de KBr seco), na faixa de 4.000 - 400 cm⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Carbono orgânico e fracionamento quantitativo da matéria orgânica do solo

Os teores de carbono orgânico total (COT) variaram de 8,3 a 9,0 g kg⁻¹ na profundidade de 0-5 cm e de 5,3 a 6,3 g kg⁻¹ na profundidade de 5-10 cm, sendo os maiores teores para ambas as profundidades no LAd (Tabelas 1). Em trabalho com esses mesmos solos, coberturas vegetais e na mesma região, Fontana et al. (2001) observaram teores de COT entre 5,5 e 13,4 g kg⁻¹ na camada superficial, sendo os maiores teores observados no Latossolo Amarelo, os quais foram atribuídos aos maiores teores de argila presentes nesta

classe de solo em comparação ao Argissolo Amarelo.

Na profundidade de 0-5 cm, os valores do C-FAF estiveram em torno de 1,2 g kg⁻¹, os do C-FAH entre 0,8 e 1,0 g kg⁻¹ e os do C-HUM de 2,9 a 3,7 g kg⁻¹, enquanto, na profundidade de 5-10 cm, os valores do C-FAF variaram entre 1,0 e 1,4 g kg⁻¹, os do C-FAH em torno de 0,9 g kg⁻¹ e os do C-HUM de 1,5 a 2,1 g kg⁻¹ (Tabela 1). Para as diferentes profundidades, observou-se o predomínio da humina, seguido pelos ácidos fúlvicos.

Tabela 1 - Distribuição do carbono orgânico total, carbono orgânico das substâncias húmicas e suas relações em solos de Tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais, na profundidade de 0-5 cm e 5-10 cm.

Propriedades	0-5 cm			
	Solo	Pasto	Cana	Floresta
COT (g kg ⁻¹)	LAd	8,3	8,3	9,0
	PAd	8,5	8,3	9,0
C-FAF (g kg ⁻¹)	LAd	1,2	1,2	1,2
	PAd	1,2	1,2	1,2
C-FAH (g kg ⁻¹)	LAd	0,9	1,0	0,9
	PAd	0,8	0,8	0,8
C-HUM (g kg ⁻¹)	LAd	3,5	2,9	3,7
	PAd	3,5	2,9	3,7
C-FAH/C-FAF	LAd	0,8	0,8	0,8
	PAd	0,7	0,7	0,7
C-EA/C-HUM	LAd	0,6	0,8	0,6
	PAd	0,6	0,7	0,5

Propriedades	5-10 cm			
	Solo	Pasto	Cana	Floresta
COT (g kg ⁻¹)	LAd	6,3	5,8	6,1
	PAd	5,8	5,3	5,5
C-FAF (g kg ⁻¹)	LAd	1,1	1,3	1,4
	PAd	1,0	1,2	1,3
C-FAH (g kg ⁻¹)	LAd	1,0	0,9	0,9
	PAd	1,0	0,9	0,9
C-HUM (g kg ⁻¹)	LAd	1,9	1,5	1,7
	PAd	2,1	1,7	1,9
C-FAH/C-FAF	LAd	0,9	0,7	0,6
	PAd	1,0	0,8	0,7
C-EA/C-HUM	LAd	1,1	1,5	1,4
	PAd	1,0	1,2	1,2

Lad = LATOSSOLO AMARELO Distrófico; PAd = ARGISSOLO AMARELO Distrófico; COT = carbono orgânico total; C-FAF = carbono orgânico da fração ácidos fúlvicos; C-FAH = carbono orgânico da fração ácidos húmicos; C-HUM = carbono orgânico da fração humina; relações C-FAH/C-FAF, C-EA/C-HUM e C-EA/COT (C-EA=C-FAF+C-FAH).

Nessas mesmas condições, Fontana et al. (2001) observaram em Latossolo Amarelo o predomínio da fração humina, seguida pelos ácidos húmicos e em Argissolo Amarelo predomínio de humina, seguida dos ácidos fúlvicos, na camada superficial dos solos. Comportamento semelhante foi observado por Fontana et al. (2005) em um Argissolo Amarelo, em solos de Tabuleiros do Espírito Santo, verificando o predomínio da humina, seguida dos ácidos fúlvicos na profundidade de 0-5 e 5-10 cm. A humina indica a presença de matéria orgânica recalcitrante e forte-mente estabilizada com a matriz mineral, enquanto os ácidos fúlvicos representam a matéria orgânica proveniente de formas lábeis, como exsudados, que são mais facilmente humificadas.

Segundo Felbeck Junior (1965), Duchaufour (1970) e Stevenson (1982) o acúmulo de humina no solo possivelmente está relacionado à ligação estável que existe entre esse componente e a parte mineral do solo, como também à maior resistência à decomposição. Para Oades (1988); Greenland et al. (1992) e Zech et al. (1997) solos com maiores teores da fração argila favorecem a interação entre a matéria orgânica e os minerais da fração argila, favorecendo uma maior estabilidade do carbono orgânico no solo. No entanto, como observado pela análise granulométrica, os teores de argila são baixos, e possivelmente os teores de humina observados representam a matéria orgânica recalcitrante, que é mais resistente à decomposição e mineralização, independentemente dos teores de argila.

Para a relação C-FAH/C-FAF verificou-se que os valores foram menores que 1,0 para ambos os solos, coberturas e profundidades, enquanto, para a relação C-EA/C-HUM observaram-se valores menores que 1,0 na profundidade de 0-5 cm e maiores que 1,0 na profundidade de 5-10 cm (Tabela 1). O comportamento da relação C-FAH/C-FAF é um indicativo do predomínio dos ácidos fúlvicos e os valores da relação C-EA/C-HUM indicam predomínio da humina na camada de 0-5

cm e das frações alcalino-solúveis na camada de 5-10 cm. Nesse sentido, os valores da relação C-EA/C-HUM maiores que 1,0 podem indicar a translocação e acúmulo das frações mais solúveis em profundidade. Comportamento semelhante para a relação C-FAH/C-FAF e diferente para a relação C-EA/C-HUM, com valores menores que 1,0 até a profundidade de 0-10 cm foram observados por Fontana et al. (2005).

Composição elementar dos ácidos húmicos (AH)

Os AH apresentaram em média 56,6% de carbono, 6,9% hidrogênio, 4,9% de nitrogênio e 31,6% de oxigênio (Tabela 2), sendo semelhantes aos encontrados na literatura para solos tropicais e subtropicais (Schnitzer, 1978; Dick et al., 2003; Gomes et al., 2003; Cunha, 2005) e dos AH padrões fornecidos pela IHSS. Os maiores teores de carbono foram observados na área de pasto LAd e menores na área de floresta LAd, enquanto, os maiores teores de hidrogênio ocorreram na área de floresta PAd e menores na área de cana PAd. Para o nitrogênio, os maiores teores foram observados na área de floresta PA e menores na área de pasto PAd, já, os maiores teores de oxigênio ocorreram na área de floresta LAd e menores na área de pasto LAd (Tabela 2).

As razões atômicas H:C e O:C (Tabela 2), apresentaram valores semelhantes aos encontrados na literatura (Schnitzer, 1978; Dick et al., 2003; Gomes et al., 2003; Cunha, 2005). Para a razão H:C verificaram-se valores entre 1,3 e 1,7, menor no pasto PAd e maior na floresta LAd e PAd, e a razão O:C apresentou valores entre 0,3 e 0,5, menor no pasto LAd e maior e semelhantes na pasto PAd e floresta LAd. A alta relação H:C indica maior contribuição de componentes alifáticos, enquanto baixa relação indica maior aromaticidade. Por sua vez, valores da relação O:C maiores que 0,5, indicam a presença de maior quantidade de grupos funcionais oxigenados como COOH e carboidratos.

Tabela 2 - Características dos ácidos húmicos de solos sob diferentes coberturas vegetais.

Coberturas	Solo	E ₄ /E ₆	% base seca (sem cinzas)				razão atômica	
			C	H	N	O	H:C	O:C
Pasto	LAd	5,0	63,1	7,1	4,3	25,5	1,4	0,3
	PAd	4,5	55,8	6,1	4,1	34,0	1,3	0,5
Cana	LAd	5,3	58,3	6,9	4,4	30,4	1,4	0,4
	PAd	4,7	56,0	6,3	5,2	32,5	1,4	0,4
Floresta	LAd	6,6	52,3	7,3	5,5	34,9	1,7	0,5
	PAd	7,0	54,3	7,9	5,8	32,0	1,7	0,4
IHSS ⁽¹⁾	Standard		58,1	3,7	4,1	34,1	0,8	0,4
	Reference		54,0	4,8	5,1	37,9	1,1	0,5

⁽¹⁾ IHSS – (<http://www.ihss.gatech.edu>).

Steelink (1985) e Canellas et al. (2005) relataram que alta relação H:C indica maior contribuição de componentes alifáticos, enquanto baixa relação indica alta aromaticidade (Dick et al., 2002; Benites et al., 2005). Já, valores da relação O:C maiores que 0,5, como os verificados para estes AH, indicam a presença de maior quantidade de grupos funcionais oxigenados como COOH e carboidratos (Steelink, 1985).

Análises espectroscópicas dos ácidos húmicos

Pelos espectros do visível observou-se que a relação E_4/E_6 variou de 4,5 a 7,0, sendo os menores valores verificados na área de pasto e na área de cana e os maiores na área de floresta (Tabela 2). Apesar desse tipo de análise apresentar pouca definição nos espectros na maior parte dos casos (Silverstein et al., 1991), para os AH desse estudo, observou-se diferença entre os tipos de cobertura, estando os valores da relação E_4/E_6 , de maneira geral, em torno de 5,0 para as áreas de pasto e cana, e próximos a 7,0 para área de floresta. Esta observação foi corroborada pela correlação ($r = 0,99^{**}$) entre a relação E_4/E_6 com a razão H:C obtida pela composição elementar, onde maiores valores desta relação estão relacionados

indiretamente a maiores teores de hidrogênio, os quais, são indicativos de maior alifaticidade das moléculas orgânicas presentes nestes ácidos.

Para Kononova (1966) e Stevenson (1982) a relação E_4/E_6 maior que 5,0 indica a aromaticidade (grau de humificação) e/ou grau de condensação da cadeia de carbonos aromáticos. Por outro lado, Chen et al. (1977) relacionaram os valores desta relação ao tamanho da partícula/molécula ou peso molecular, o que pode ser comprovado pela ausência de correlação entre a relação E_4/E_6 de AH com o grau de condensação aromática obtido por RMN ^{13}C no trabalho de Canellas e Rumjanek (2005).

Os espectros do infravermelho (IV) apresentam feições semelhantes, com pequenas diferenças na intensidade e nas frequências de absorvância (Figuras 1 e 2). Foram verificados picos intensos na região de 3440 – 3380 cm^{-1} (estiramento de O-H em grupo fenólico OH - contribuição de OH alifático e NH) e 2930-2918 cm^{-1} (estiramento assimétrico de C-H em CH_2 e CH_3 alifáticos), e suaves em torno de 2850 cm^{-1} (estiramento simétrico de C-H em CH_2 e CH_3 alifáticos) (Baes e Bloom, 1989; Stevenson, 1982; Niemeyer et al., 1992).

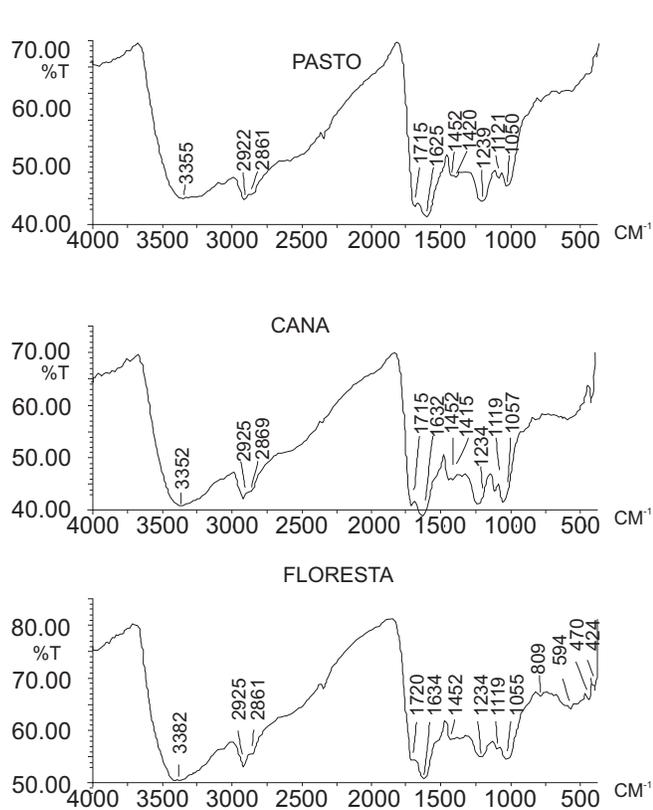


Figura 1 - Espectros de transmitância (%T) no infravermelho dos ácidos húmicos da profundidade de 0-5 cm de um Latossolo Amarelo Distrófico sob diferentes coberturas vegetais.

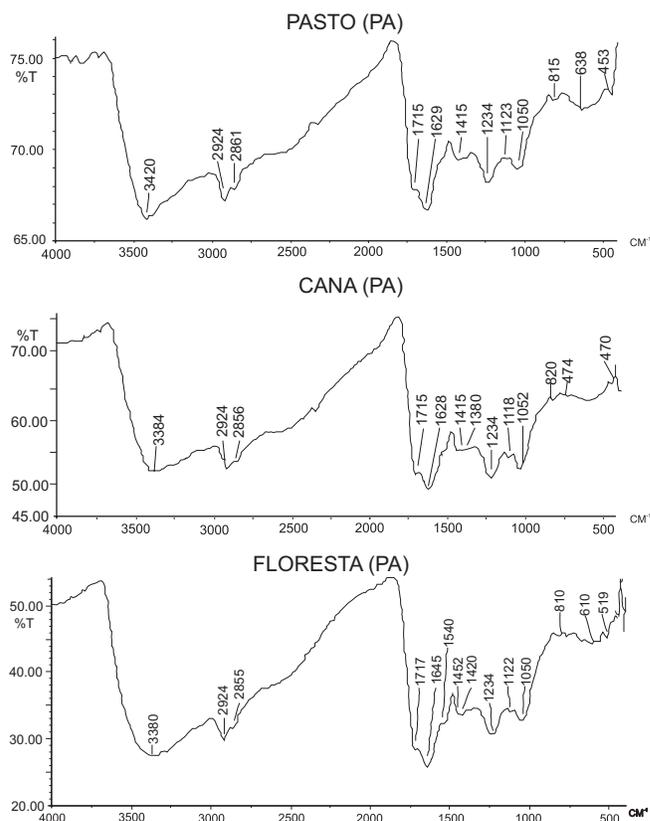


Figura 2 - Espectros de transmitância (%T) no infravermelho dos ácidos húmicos da profundidade de 0-5 cm de um Argissolo Amarelo Distrófico sob diferentes coberturas vegetais.

A presença de picos na faixa de 1452 – 1225 cm^{-1} é indicativo de deformações e/ou dobramentos em cadeias alifáticas nos maiores comprimentos de onda e estiramentos de grupos carboxílicos e fenólicos em menores comprimentos de onda (Baes e Bloom, 1989; Niemeyer et al., 1992; Ricca et al., 1993), que são indicativos da pouca aromaticidade destes AH. Foi observado apenas no espectro de AH da área de floresta PA um pico em torno de 1540 cm^{-1} , indicando a presença de deformação de N-H⁺ ou estiramento de C=N (amida secundária) (Stevenson, 1982; Baes e Bloom, 1989; Hernandez et al., 1993), que demonstra a presença de compostos com menor resistência à degradação em relação às outras coberturas vegetais.

CONCLUSÕES

1. Pela análise quantitativa do carbono orgânico das substâncias húmicas, constatou-se semelhança entre as diferentes coberturas vegetais, com maior participação da humina, que é mais estável, na profundidade de 0-5 cm em relação a 5-10 cm.

2. Pelas análises dos AH purificados observou-se a influência da substituição da cobertura original, sendo para as áreas de pasto e cana os AH com características que indicam oxidação do carbono orgânico com a presença de estruturas mais recalcitrantes, enquanto as áreas de floresta apresentaram componentes mais alifáticas que indica a deposição constante de serapilheira.

REFERÊNCIAS

ANDREUX, F. Húmus in world soils. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Humic substances in terrestrial ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996. p. 45-100.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Comunicado técnico, 16).

BENITES, V. M. et al. Properties of black soil humic acids from high altitude rocky complexes in Brazil. **Geoderma**, v.127, p.104–113, 2005.

CANELLAS, L. P.; RUMJANEK, V. M. Espectroscopia na região do ultravioleta-visível. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (Eds.). **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2005. 309p.

CANELLAS, L. P. et al. Avaliação de características de

ácidos húmicos de resíduos sólidos urbanos. I. Métodos espectroscópicos (IV, UV e RMN ¹³C) e microscopia eletrônica de varredura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 741-750, 2000.

CANELLAS, L. P. et al. Isolamento, purificação e métodos químicos de análise de substâncias húmicas. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. (Eds.). **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2005. 309p.

CHEN, S.; SENESI, N.; SCHITZER, M. Information provide on humic substances by E₄/E₆ ration. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, p. 352-358, 1977.

CUNHA, T. J. F. **Ácidos húmicos de solos da Amazônia**. 2005, 140f. Tese (Doutorado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

DALAL, R. C.; MAYER, R. J. Long-term trends in fertility of soil under continuous cultivation and cereal cropping in Southern Queensland: II: total organic carbon and its rate loss from soil profile. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v. 24, p.281-292, 1986.

DICK, D. P.; SANTOS, J. H. Z.; FERRANTI, E. M. Chemical characterization and infrared spectroscopy of soil organic matter from two southern Brazilian soils. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 29-39, 2003.

DICK, D. P. et al. Chemical and spectroscopical characterization of humic acids from two south Brazilian coals of different ranks. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 13, p.177-182, 2002.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, 1994. p. 3-21.

DUCHAFOUR, P. **Humification et ecologie**. Orstom, Paris, v. 7, n. 4, p. 379-390, 1970. (Sér. Pédologie cahiers)

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, RJ, 1997. 212p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ, 2006, 306p.

- FELBECK JUNIOR, G. T. Structural chemistry of soil humic substances. **Adv. Agron.**, New York, v.17, p. 327-368, 1965.
- FONTANA, A. et al. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 41, n. 5, p. 847-853, 2006.
- FONTANA, A. et al. Fracionamento químico da matéria orgânica em solo sob diferentes coberturas vegetais em Sooretama (ES). **Magistra**, Cruz das Almas-BA, v. 17, n. 3, p.135-141, 2005.
- FONTANA, A. et al. Matéria orgânica em solos e tabuleiros na Região Norte Fluminense-RJ. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 8, p. 114-119, 2001.
- FREIXO A. A. et al. Soil organic carbon and fractions of a Rhodic Ferralsol under the influence of tillage and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 64, p. 221–230, 2002.
- GOMES, J. et al. Caracterização de substâncias húmicas de diferentes ambientes pedogenéticos. ENCONTRO BRASILEIRO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 5, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba: [s.n.], 2003. p. 87-88.
- GREENLAND, D. J.; WILD, A.; ADAMS, D. Organic matter dynamics in soils of the tropics – from myth to complex reality. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Eds.). **Myths and science of soils of the tropics**. Wisconsin: SSSA, 1992. p.17-33. (Special publication, n.29).
- HERNANDEZ, T.; MORENO, J.; COSTA, F. Infrared spectroscopic characterization of sewage sludge humic acids. Evidence of sludge organic matter-metal interactions. **Agrochimica**, v. 37, p.12-17, 1993.
- KONONOVA, M. M. **Soil organic matter**. London: Pergamon Press, 1966. 450p.
- LOSS, A. et al. Atributos químicos e físicos de solos de tabuleiros sob diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 19, p. 150-162, 2007.
- LOSS, A. et al. Caracterização química das substâncias húmicas e espectroscópica dos ácidos húmicos em áreas de cana-de-açúcar crua e queimada. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 18, p. 179-187, 2006.
- MADARI, B. et al. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil e Tillage Research**, v. 80, n.1-2, p.185-200, 2005.
- MIRANDA, C. C.; CANELLAS, L. P.; NASCIMENTO, M. T. Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 905-916, 2007.
- NASCIMENTO, G. B. **Caracterização dos solos e avaliação de propriedades edáficas em ambientes de tabuleiros costeiros da região Norte Fluminense (RJ)**. 2001, 162f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- NIEMEYER, J.; CHEN, Y.; BOLLAG, J. M. Characterization of humic acids, composts, and peat by diffuse reflectance fourier transform infrared spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.135-140, 1992.
- OADES, J.M. The retention of organic matter in soils. **Biogeochemistry**, v. 5, p. 35-70, 1988.
- PICCOLO, A. Humic and soil conservation. In: PICCOLO, A. (Ed.). **Humic substance in terrestrial ecosystems**. Amsterdam: Elsevier, 1996, p. 225-264.
- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Agregates distribution and soil organic matter under different tillage system for vegetable crops in a Red Latosol from Brasil. **Soil and Tillage Research**, v. 77, p. 79-84, 2004.
- RICCA, G. et al. Structural investigations of humic acid from leonardite by spectroscopic methods and thermal analysis. **Geoderma**, Amsterdam, v. 57, p. 263-274, 1993.
- SANCHEZ, P.A. **Properties and management of soils in the tropics**. New York: John Wiley, 1976, 618p.
- SCHNITZER, M. Humic substances: chemistry and reactions. In: SCHINTZER, M. ; KHAN, S.U. (Eds.). **Soil organic matter**. Amsterdam: Elsevier, 1978. p.1-64.
- SILVA, M. S. L.; RIBEIRO, M. R. Influência do cultivo contínuo de cana-de-açúcar em propriedades morfológicas e físicas de solos argilosos de tabuleiros no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p. 397-402, 1992.
- SILVERSTEIN, R. M.; BASSLER, G. C.; MORRIL, T. C.

Spectrometric identification of organic compounds. 5th ed. New York: John Wiley e Sons, 1991.

STEELINK, C. Implications of elemental characteristics of humic substances. In: AIKEN et al. (Eds). **Humic substances in soil, sediment and water: geochemistry, isolation and characterization.** New York: John Wiley, 1985. p. 457-476.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry.** New York: John Wiley e Sons, 1982, 443p.

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L. et al. (Eds.). **Methods of soil analysis.**

Madison: Soil Science Society of America; American Society of Agronomy, 1996. p. 1011-1020, part 3: chemical methods, p. 1011-1020. (Soil Science Society of America Book series, 5).

YONEBAYASHI, K.; HATTORI, T. Chemical and biological studies on environmental humic acids. I. Composition of elemental and functional groups of humic acids. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 34, n.4, p.571-584, 1988.

ZECH, W. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p. 117-161, 1997.