

TEORES E CARACTERÍSTICAS DA MATÉRIA ORGÂNICA DE SOLOS HIDROMÓRFICOS DO ESPÍRITO SANTO⁽¹⁾

Paulo César do Nascimento⁽²⁾, João Luis Lani⁽³⁾, Eduardo de Sá Mendonça⁽³⁾, Hugo José de Oliveira Zoffoli⁽⁴⁾ & Henrique Theodoro Martins Peixoto⁽⁵⁾

RESUMO

Os teores e as características da matéria orgânica do solo (MOS) são resultados das taxas de produção e incorporação, decomposição ou alteração e mineralização, de acordo com as condições do ambiente. Nos solos hidromórficos, a dinâmica da MOS é influenciada pelo déficit de oxigênio, o que diminui a taxa de decomposição e gera produtos diferenciados em relação aos solos bem drenados. O presente trabalho teve por objetivo determinar os teores e características da matéria orgânica do solo em três diferentes localidades do Estado do Espírito Santo. Foram realizadas determinações de C orgânico total (COT) por três métodos, além de fracionamento das substâncias húmicas (SH), com determinação de teores das frações humina (FHU), ácidos húmicos (FAH) e ácidos fúlvicos (FAF), e determinações de matéria orgânica leve (MOL) e resíduos mínimos. Os resultados mostraram altos teores de C orgânico para a maioria dos horizontes superficiais dos perfis estudados, com ocorrência de material de constituição orgânica; altos valores na relação SH/COT e baixos valores para EA/FHU, indicando a fração humina como a predominante entre os compartimentos da MOS; maior mobilidade da fração ácidos fúlvicos, expressa por teores relativamente maiores em subsuperfície; e altos teores de MOL, indicando incipiente humificação, em razão do hidromorfismo.

Termos de indexação: substâncias húmicas, carbono orgânico, solos de várzea.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor. Recebido para publicação em abril de 2005 e aprovado em janeiro de 2010.

⁽²⁾ Professor Adjunto, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712, CEP 91540-000 Porto Alegre (RS). E-mail: 00009911@ufrgs.br

⁽³⁾ Professor Adjunto, Departamento de Solos, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Viçosa – UFV. Av. Peter Henry Rolfs s/n, CEP 36570-000 Viçosa (MG). E-mails: lani@ufv.br; esmendonça@ufv.br

⁽⁴⁾ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. BR 465, Km 7, CEP 23890-000 Seropédica (RJ). E-mail: hugoagronomo@yahoo.com.br

⁽⁵⁾ Engenheiro-Agrônomo. E-mail: htmpeixoto@yahoo.com.br

SUMMARY: ORGANIC MATTER CONTENTS AND CHARACTERISTICS IN HYDROMORPHIC SOILS OF THE STATE OF ESPIRITO SANTO

Soil organic matter (SOM) contents and characteristics are results of production, incorporation, decomposition, alteration, and mineralization rates, according to environmental conditions. In hydromorphic soils, SOM dynamics are regulated by O₂ deficit, lowering the decomposition rates and producing substances different from those in well-drained soils. This article aimed to determine SOM contents and characteristics at three locations in the State of Espírito Santo, Brazil. Total organic carbon (TOC) was quantified by three methods, besides partitioning humic substances (HS) and determining the humin (FHU), humic (FAH) and fulvic acid (FAF) fraction contents, light organic matter (LOM), and minimum residues. Results indicated high organic C in most surface horizons and material with organic constitution. High values of SH/TOC and low values of EA/FHU ratios indicated the humin fraction as the most important fraction of SOM compartments. The mobility of fulvic acid fraction was higher than of the others, expressed by relatively higher contents in the subsurface. The high LOM content indicated a low humification degree, due to the hydromorphic conditions.

Index terms: humic substances, organic carbon, swamp soils.

INTRODUÇÃO

A matéria orgânica do solo (MOS) apresenta influência reconhecida no comportamento dos solos, nos aspectos físicos, químicos e biológicos. Seus teores e características, resultado das taxas de produção, alteração e decomposição de resíduos orgânicos, são dependentes de uma série de fatores, como temperatura, aeração, pH e disponibilidade de água e nutrientes, muitos deles condicionados pelo uso e manejo dos solos.

A decomposição da MOS, relativamente rápida em solos bem drenados, resulta em produtos como CO₂, NO₃⁻, SO₄²⁻ e compostos de maior estabilidade (húmus). Em relação aos solos alagados, além das menores taxas nas reações de decomposição, uma série de compostos intermediários é formada, alterando toda a dinâmica da MOS (Ponnamperuma, 1972; Camargo et al., 1993).

O teor de MOS, expresso pelo C orgânico total (COT) e suas características, como os teores de seus diferentes compartimentos, são considerados indicadores úteis na avaliação da qualidade do solo (Chain et al., 2001) – destacando-se entre estes a matéria orgânica leve (MOL), constituída por resíduos de pouca ou nenhuma alteração –, que é feita por método densimétrico (Gregorich & Feller, 1993).

O fracionamento e a determinação quantitativa das substâncias húmicas (SHs) envolvem processos físicos e químicos, tendo como fundamento a solubilidade diferencial entre as diversas frações (Stevenson, 1982). Essas substâncias são consideradas indicativas dos processos e do grau de humificação desse material, sendo subdivididas nas frações ácidos fúlvicos (FAF), ácidos húmicos (FAH) e humina (FHU). Esta última pode ter alguma participação de substâncias não

húmicas, como carboidratos, ou outros compostos ligados à fração mineral (Theng et al., 1989; Ping et al., 2001). O presente trabalho foi desenvolvido em localidades de várzeas do Estado do Espírito Santo, marcadas por diferenças climáticas, geológicas e geomorfológicas. Os objetivos deste trabalho foram: caracterizar a MOS em relação aos teores e à sua constituição, em ambientes de solos hidromórficos de diferentes regiões do Estado do Espírito Santo; estabelecer comparação entre os valores obtidos para os diferentes perfis, bem como entre estes e solos bem drenados, de modo a permitir inferências sobre a influência das condições pedoambientais e características dos solos na dinâmica da MOS; e avaliar, em alguns casos específicos, o impacto que a ação antrópica, por meio do uso e manejo dessas áreas, exerce na MOS e seus compartimentos.

MATERIAL E MÉTODOS

Determinação dos teores de C orgânico

As localidades de execução do trabalho abrangem três regiões de ocorrência de solos hidromórficos no Estado do Espírito Santo (Figura 1). Os solos foram descritos morfológicamente em campo (Lemos & Santos, 1996), com a coleta de amostras de cada um dos horizontes pedogenéticos para as determinações de laboratório. Dos perfis amostrados, nove foram escolhidos como os mais representativos para análises específicas envolvendo a MOS, sendo seis perfis no Delta do Rio Doce (RD), um perfil na Lagoa Preta (LP) e dois perfis no Litoral Sul (LS) (Quadro 1).

As amostras foram caracterizadas mediante obtenção da terra fina seca ao ar e execução de análises físicas e químicas (Quadro 2).

O teor de COT foi determinado por três diferentes métodos: Walkley-Black (Defelipo & Ribeiro, 1981) – WB; Yoemans & Bremner (1988) - YB, em material triturado até diâmetro máximo de 0,1 mm, e com fonte externa de calor (aquecimento por 30 min, à temperatura de 170 °C); e por perda de massa em amostras submetidas à combustão seca em mufla - CS (430 °C por 5 h). A quantidade de amostra para análise foi diminuída para os horizontes que

apresentavam características de material orgânico, a fim de facilitar a execução da determinação. Procurou-se neutralizar a possível presença de elementos em forma oxidável no solo (cloretos, sulfetos), causando interferências na determinação por digestão oxidativa ácida, com a utilização prévia de AgSO_4 , conforme recomendado por Nelson & Sommers (1982). Todas as determinações foram feitas em duplicatas, com apresentação de valores médios.

Os resultados permitiram quantificar o estoque de C orgânico do solo armazenado especificamente nos horizontes orgânicos, em kg por m^2 , considerando-se a espessura da camada do solo até profundidade de 50 cm. O valor foi obtido aplicando-se a fórmula:

$$\text{ECOT (kg m}^{-2}\text{)} = \Sigma (1000.H. \text{Ds. COT})/1000$$

sendo H: espessura dos horizontes orgânicos, em m (considerando-se o limite de profundidade de 0,5 m); Ds: densidade do solo nos horizontes orgânicos, em kg dm^{-3} ; e COT: teor de C orgânico, em g kg^{-1} .

Fracionamento de substâncias húmicas

O fracionamento das substâncias húmicas seguiu os procedimentos de Stevenson (1982) e Swift (1996), com algumas alterações. O extrato alcalino em solução de NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ na relação solo: solução de 1:10 foi obtido por agitação (30 min), repouso por 16 h e centrifugação (1.000 g durante 20 min). O procedimento foi repetido, até que o extrato adquirisse transparência. O sobrenadante foi filtrado, obtendo-se o extrato alcalino (EA), e procedeu-se à secagem ($65 \text{ }^\circ\text{C}$) do resíduo para determinação da fração FHU do C orgânico. O EA foi acidificado a pH aproximado de 2,0 com solução de H_2SO_4 $3,6 \text{ mol L}^{-1}$, colocado em repouso por 16 h, centrifugado em 1.000 g por 5 min, e o sobrenadante correspondente à fração ácidos fúlvicos (FAF) foi obtido por filtragem. A fração ácidos húmicos (FAH), retida nos tubos, foi recuperada com 30 mL de solução NaOH $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. As frações foram completadas com água destilada até volume de 50 mL, e alíquotas foram retiradas para a determinação de C

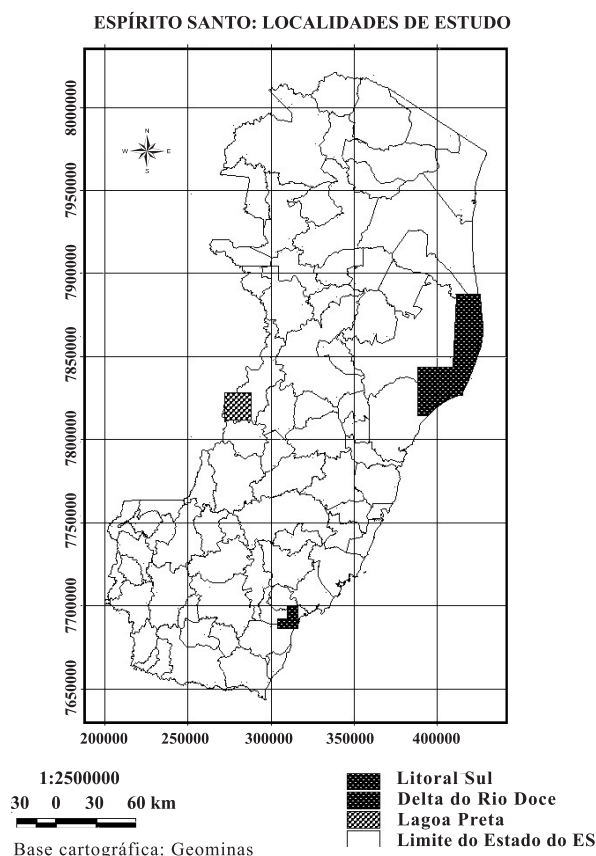


Figura 1. Mapa do Espírito Santo, com localização das regiões dos perfis dos solos estudados.

Quadro 1. Identificação, localização e classificação dos perfis dos solos estudados no Estado do Espírito Santo

Localidade/ número do perfil ⁽¹⁾	Município	Classificação	Características da área
RD 1	São Mateus	Organossolo Tiomórfico hêmico salino	Banhado ("lagoa Suruaca") com pastejo no inverno.
RD 3	Linhares	Gleissolo Tiomórfico húmico típico	Área de várzea com pastejo rotacionado.
RD 4	São Mateus	Gleissolo Tiomórfico húmico típico	Área de várzea com pastejo rotacionado.
RD 5	Aracruz	Planossolo Háplico sálico gleissólico	Área de pousio, solo sulfatado ácido.
RD 6	Linhares	Neossolo Quartzarênico hidromórfico neofluviussólico	Cordão arenoso, cota acima da média; pastejo.
RD 7	Linhares	Espodossolo Humilúvico hidromórfico organossólico	Área de várzea com pastejo rotacionado.
LP 1	Baixo Guandu	Organossolo Háplico hêmico típico	Vale entre morros, saturação por água frequente.
LS 2	R. Novo do Sul	Gleissolo Tiomórfico húmico sálico	Pastejo rotacionado, saturação por água periódica.
LS 3	Piúma	Gleissolo Háplico Tb eutrófico neofluviussólico	Pastejo rotacionado, saturação por água eventual.

⁽¹⁾ RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: Litoral Sul.

Quadro 2. Principais atributos físicos e químicos dos horizontes dos perfis dos solos estudados, em diferentes localidades do Estado do Espírito Santo

Localidade/perfil ⁽¹⁾	Horizonte	Espessura	pH H ₂ O	CTC	V	Argila	Silte	Areia
		cm		cmol _c kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹		
RD 1	H1	0–28	3,01	32,55	23			
	H3	42–54	3,94	39,93	37			
	C1	54–90	4,51	20,12	54	570	420	10
	C2	90–120+	4,60	39,98	30	450	450	100
RD 3	H1	0–20	4,42	43,73	17			
	H2	20–35	4,75	33,78	29			
	C1	35–75	3,42	27,25	31	630	340	30
	C2	75–120+	2,67	39,38	36	430	410	150
RD 4	H	0–20	4,88	24,27	51			
	C1	20–23/25	4,73	5,57	58	170	200	630
	C2	23/25–55	2,85	37,72	36	220	170	610
	C3	55–80+	2,59	40,11	16	430	180	390
RD 5	A	0–18	2,57	52,97	3			
	Bt	22–44	2,53	33,88	7	290	100	610
	C	44–110+	2,73	47,55	22	240	130	630
RD 6	A	0–7	3,56	13,03	30	140	50	810
	C4	31–45	5,04	4,58	14	140	50	790
RD 7	H	0–25	4,14	42,24	15			
	Bh	90–115+	4,83	26,47	21	110	30	860
LP 1	Ap1	0–15/18	6,54	23,61	90	380	590	30
	Ap2	15/18–20/25	7,73	19,26	76	470	490	40
	Hb1	20/25–40/45	6,03	29,18	70	380	560	60
	Hb2	40/45–80+	5,16	33,82	44			
LS 2	H	0–26	3,77	43,90	53			
	C1	26–64	4,57	35,60	37	700	220	80
	C2	64–105+	3,06	97,88	32	310	160	530
LS 3	A	0–10	6,06	28,37	71			
	C2	27/30–60	7,01	15,73	99	600	260	140
	C4	120–160+	7,09	15,31	99	600	360	40

⁽¹⁾ RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: litoral Sul. V: saturação por bases; CTC: capacidade de troca de cátions.

orgânico pelo método de Yoemans & Bremner. Essas determinações também foram feitas em duplicata, com comparação de tendências entre as médias.

Caracterização do material orgânico

A ocorrência de horizonte hístico (Embrapa, 2006) possibilitou o cálculo do resíduo mínimo do material orgânico, a partir da densidade da matéria orgânica do solo e da densidade da fração mineral, estipulando-se para esta última o valor de 1,5 kg dm⁻³. As análises foram feitas segundo Lyn et al. (1974), citado por Embrapa (2006).

A separação e remoção da matéria orgânica leve (MOL) foi feita por centrifugação em solução de NaI com densidade aproximada de 1,8 kg L⁻¹, seguida de filtragem a vácuo do sobrenadante. Foram colocados em tubos de centrífuga 13 g de solo e 80 mL de solução, com agitação manual por 30 s, e centrifugação em 1.000 g (FCR média) por 15 min. O material sobrenadante foi filtrado em cadinhos de Goosh a vácuo. O material retido nos cadinhos foi lavado com água destilada e colocado em estufa a 65°C, para

posterior pesagem e determinação do COT por método de Yoemans & Bremner (1988). Essa análise foi feita apenas para horizontes com acúmulo de material orgânico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de C orgânico

Os horizontes compostos por material orgânico (Embrapa, 2006) apresentaram valores obtidos pelo método de Walkley & Black (WB) menores que os dos outros dois métodos, indicando a diminuição da eficiência de oxidação do C orgânico por esse método em horizontes orgânicos (Quadro 3).

Os valores obtidos pelo método de Yoemans & Bremner (YB), com resultados semelhantes aos obtidos pela combustão seca (CS), indicaram que, entre todos os horizontes superficiais (H ou A), apenas os perfis RD 6 e LP1 não mostraram teor mínimo para enquadramento como material de constituição

orgânica. No primeiro, destaca-se a textura arenosa em superfície, associada à posição no relevo levemente mais elevada que a da maioria dos perfis estudados no Delta do Rio Doce. No LP 1, avalia-se que o material orgânico foi em grande parte mineralizado pela utilização intensiva para culturas anuais, durante aproximadamente duas décadas, até meados dos anos 90, permanecendo os altos teores de COT caracterizando como horizonte orgânico em subsuperfície (horizonte Hb). Assim, este perfil indica, também, a ocorrência de processo pedogenético de paludização em grau expressivo (Andriessse, 1984; Fanning & Fanning, 1989). Os perfis RD 5 e LS 3 apresentam horizontes superficiais com espessura insuficiente para caracterização de horizonte hístico (Embrapa, 2006), significando efeito de drenagem artificial intensiva no primeiro, com provável subsidência acentuada, associada a outros indicativos de degradação (Rocjstaczer & Deverel, 1995) e de drenagem natural mais efetiva no segundo.

Em horizontes subsuperficiais ou mesmo superficiais, onde o teor de COT do solo não preenche

o requisito de caracterização como material orgânico, as diferenças entre os métodos WB e YB foram menores, com valores inferiores, em média, aos obtidos por CS. Essa diferença pode ser atribuída à superestimativa dos valores de COT, pela perda de material provocada também nos constituintes inorgânicos (Nelson & Sommers, 1982; Benites, 1998). A presença de materiais sulfídricos, em que pese a utilização de AgSO_4 para neutralizar o efeito destes, resultou nos altos valores indicados de COT dos perfis RD 1 e LS 2. Teores de COT efetivamente mais altos parecem ocorrer no horizonte A do LP 1 e no Bh do RD 7, este último caracterizado como horizonte espódico (Embrapa, 2006).

Os estoques médios de C orgânico (ECOT) até 0,5 m dos perfis de solo foram calculados nos horizontes orgânicos para cada perfil amostrado, considerando-se os valores obtidos pelo método da combustão seca. Entre os perfis analisados, LS 2 apresentou o maior ECOT, seguido pelos perfis RD 3 e LP 1 (Figura 2). Alguns fatores podem ser considerados como de maior influência no acúmulo de matéria orgânica neste solo,

Quadro 3. Teores médios de C orgânico total (COT), obtidos por diferentes métodos de determinação, para os perfis estudados em diferentes localidades do Estado do Espírito Santo

Localidade/perfil ⁽¹⁾	Horizonte	g kg ⁻¹		
		COT - WB	COT - YB	COT - CS
RD 1	H1	119,5 (0,11)	227,9 (3,27)	263,1 (2,05)
	H3	88,7 (0,05)	199,2 (0,20)	209,7 (0,23)
	C1	52,1 (0,02)	42,7 (0,39)	93,1 (0,50)
	C2	73,5 (0,10)	78,5 (0,88)	111,5 (0,40)
RD 3	H1	108,0 (0,79)	433,5 (2,99)	468,3 (2,02)
	H2	92,7 (1,80)	431,8 (0,82)	408,9 (1,79)
	C1	44,7 (0,24)	40,6 (0,18)	98,8 (0,51)
	C2	43,8 (0,16)	48,1 (0,28)	79,9 (0,82)
RD 4	H	73,1 (0,05)	170,5 (1,10)	174,2 (6,37)
	C1	4,3 (0,03)	4,1 (0,11)	12,3 (1,52)
	C3	18,2 (0,89)	17,3 (0,25)	31,9 (0,29)
RD 5	A	99,8 (0,06)	282,7 (0,13)	248,1 (2,87)
	Bt	32,3 (0,26)	24,7 (0,75)	55,5 (0,61)
	C	28,8 (0,02)	38,5 (0,02)	80,0 (0,47)
RD 6	A	36,4 (0,05)	16,1 (0,10)	39,0 (0,25)
	C4	3,9 (0,02)	1,0 (0,07)	26,7 (0,77)
RD 7	H	106,8 (0,52)	382,8 (4,97)	359,7 (1,97)
	Bh	61,6 (0,63)	67,4 (1,29)	67,3 (2,15)
LP 1	A1	79,4 (0,11)	63,8 (0,69)	135,1 (0,64)
	A2	19,7 (0,16)	47,9 (0,33)	86,7 (4,03)
	Hb1	114,3 (0,94)	266,6 (0,37)	293,8 (1,68)
	Hb2	93,7 (0,50)	227,8 (0,27)	270,8 (0,40)
LS 2	H	112,8 (0,73)	391,5 (0,74)	721,4 (0,14)
	C1	80,2 (0,42)	88,4 (0,45)	126,0 (1,51)
	C2	85,7 (1,00)	100,7 (0,66)	145,0 (0,37)
LS 3	A	91,6 (0,05)	186,7 (0,98)	206,8 (1,00)
	C2	7,0 (0,21)	6,2 (0,18)	58,4 (0,83)
	C4	9,2 (0,09)	9,2 (0,02)	70,7 (1,76)

⁽¹⁾ RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: litoral Sul. COT - WB: carbono orgânico determinado por método Walkley-Black; COT - YB: carbono orgânico total determinado por método de Yoemans & Bremner; COT-CS: carbono orgânico total determinado por combustão seca. Os valores entre parênteses indicam o desvio-padrão.

como a fertilidade do solo, facilitando a maior produção de resíduos orgânicos (caso do LP 1); a saturação com água mais frequente e por períodos mais longos, em LS 2 e DR 3 (Driessen, 1978; Andriese, 1984); e a textura argilosa e a mineralogia do solo, facilitando a proteção física e química da matéria orgânica (Oades, 1988), além da influência antrópica – esta última bastante expressiva na diminuição dos teores de COT em superfície para o LP 1, por exemplo. Os perfis com menor acúmulo de C orgânico são o LS 3 e o RD 5, refletindo os menores teores e a menor espessura dos horizontes com material orgânico.

Fracionamento das substâncias húmicas

Os teores de material orgânico humificado, expressos pelo C orgânico das substâncias húmicas (SH), resultaram em altos valores para a relação SH/COT, considerando-se valores obtidos pelo método de Yoemans & Bremner (Figura 3). Levando-se em conta a relação entre os teores médios para SH e COT entre os horizontes, obtiveram-se os valores de 1,0 tanto para os horizontes orgânicos como para os minerais. Essa relação é normalmente elevada para solos bem drenados (Gregorich et al., 1994; Schulten & Schnitzer, 1997). Em solos hidromórficos, no entanto, a baixa disponibilidade de O₂ pode implicar menor alteração do material, com diferentes resultados (Ponnamperuma, 1972; Driessen, 1978; Lamin et al., 2001; Gondar et al., 2004).

Nos solos estudados, os resultados podem estar relacionados com a formação das substâncias húmicas a partir da alteração direta de compostos lignificados, por meio de demetilação e oxidação (Duchaufour, 1984; Stevenson, 1982). Esse processo é referido como “via de herança”, característico de solos saturados.

A utilização do NaOH de sódio no fracionamento, aumentando a dispersão do material mineral, e a ausência de purificação das frações das SH também devem ter resultado em aumento do teor destas (Oades,

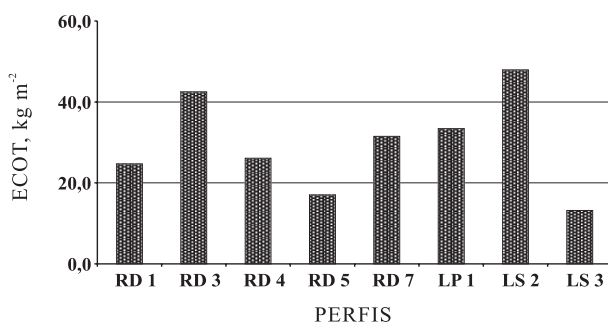


Figura 2. Estoque de C orgânico estimado nos solos representados por perfis com horizontes hísticos (profundidade considerada = 50 cm) (ECOT) para horizontes com acúmulo de material orgânico em diferentes localidades do Estado do Espírito Santo (RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: Litoral Sul).

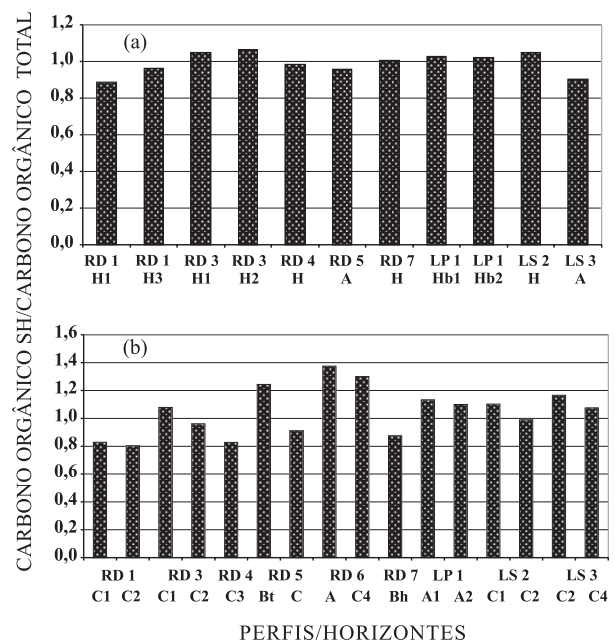


Figura 3. Relação entre teores de C orgânico das substâncias húmicas (SH) e C orgânico total (COT) nos horizontes orgânicos (a) e minerais (b), para solos de três localidades do Estado do Espírito Santo (RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: Litoral Sul).

1988; Benites, 1998; Ping et al., 2001). Entre os maiores valores da relação SH/COT nos horizontes minerais, destacam-se os perfis RD 6 (horizonte A), RD 5 (Bt), LP 1 (A1 e A2), RD 3 (C1), LS 2 (C1) e LS 3 (C2), todos, com exceção de RD 6, com textura média ou argilosa e com indícios de presença de argilominerais 2:1 no LP 1. Neste último, o resultado pode ser atribuído a teores provavelmente subestimados para COT, obtidos por YB, se comparados aos outros dois métodos utilizados.

As relações entre o C orgânico no extrato alcalino - EA (FAF + FAH) e na fração húmica (FHU) apresentaram em geral valores baixos (Figura 4): a relação entre os valores médios de EA e FHU, para os horizontes orgânicos, foi de 0,12, enquanto para os horizontes minerais (em geral, subsuperficiais) foi de 0,21. Gondar et al. (2004), trabalhando com fracionamento de substâncias orgânicas em solo orgânico, obtiveram soma das quantidades de AH e AF correspondendo a cerca de 10 % do COT total, indicando predomínio de material não extraível em solução alcalina.

Nos horizontes minerais estudados, os maiores valores ficaram para o RD 6, com 1,88 no horizonte A, não apresentando fração húmica no horizonte C4, e para o RD 7, horizonte Bh, com 0,50. Destaca-se a textura arenosa nos dois perfis, resultando em presença relativamente menor da fração húmica (Benites, 1998; Dalal & Chan, 2001).

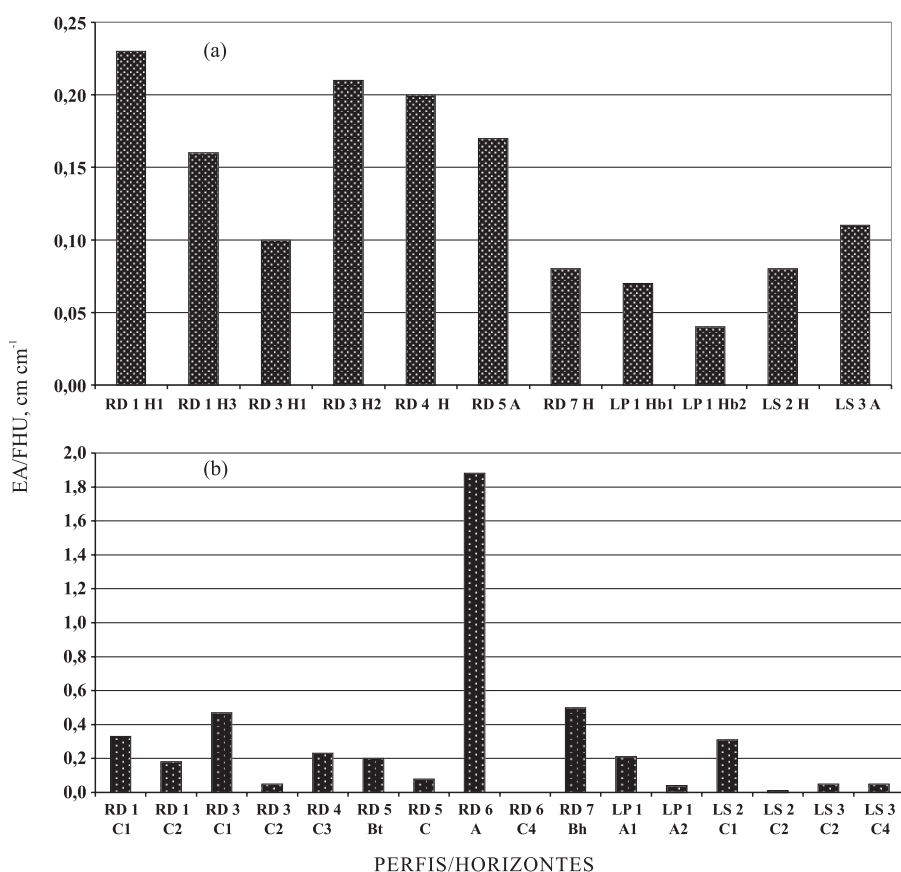


Figura 4. Relação entre os teores de extrato alcalino (EA) e a fração humina (FHU) em horizontes orgânicos (a) e minerais (b), para solos de três localidades do Estado do Espírito Santo (RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: Litoral Sul).

Os valores da relação FAH/FAF são maiores para os horizontes orgânicos – em geral, superficiais. A relação entre as médias de teores de FAH e FAF, para esses horizontes, foi de 6,25, ficando em 2,93 para horizontes minerais, o que indica a maior mobilidade relativa da FAF (Figura 5).

As menores médias dos valores de FAH/FAF e maiores médias para EA/FHU em horizontes minerais, normalmente em maior profundidade, reforçam a tendência de maior mobilidade da FAF (Anderson & Coleman 1985; Stevenson & Elliot, 1989), bem como de ocorrência de humificação e estabilização a partir de alterações nos resíduos vegetais adicionados nos horizontes superficiais.

Caracterização do material orgânico

Os teores de MOL (Quadro 4) seguiram em geral a mesma tendência do COT, com coeficiente de correlação $r = 0,93$ ($p < 0,05$). A relação entre as médias dos teores de MOL e COT, nos horizontes orgânicos, foi de 0,71 – valor bastante alto se comparado ao de solos bem drenados (Leite et al., 2003; Zotarelli et al., 2007).

Os teores de COT e MOL apresentaram correlações negativas com a densidade do solo (não apresentado), respectivamente, de $r = -0,73$ e $r = -0,74$ ($p < 0,05$ %). Essa correlação também foi obtida por Kampf & Schneider (1989). Nos horizontes minerais, a correlação entre COT e Ds ($r = -0,78$) também foi significativa ($p < 0,05$).

O resíduo mínimo dos horizontes com material orgânico mostrou os maiores valores para RD 4, que apresenta textura mais arenosa, e LS 3, com drenagem mais efetiva e menor acúmulo de material orgânico (Figura 6). A média do resíduo mínimo para os horizontes estudados foi maior que a obtida por Couto & Resende (1983), indicando maior presença de material mineral dos horizontes orgânicos, podendo-se constituir em mais um efeito da ação antrópica.

A soma dos teores percentuais de SH e MOL nos horizontes orgânicos resulta em valores bem maiores que os determinados para COT. Nesse caso, parece haver a influência dos métodos utilizados para as determinações, em combinação com as especificidades do material analisado. Stevenson & Elliot (1989) citam

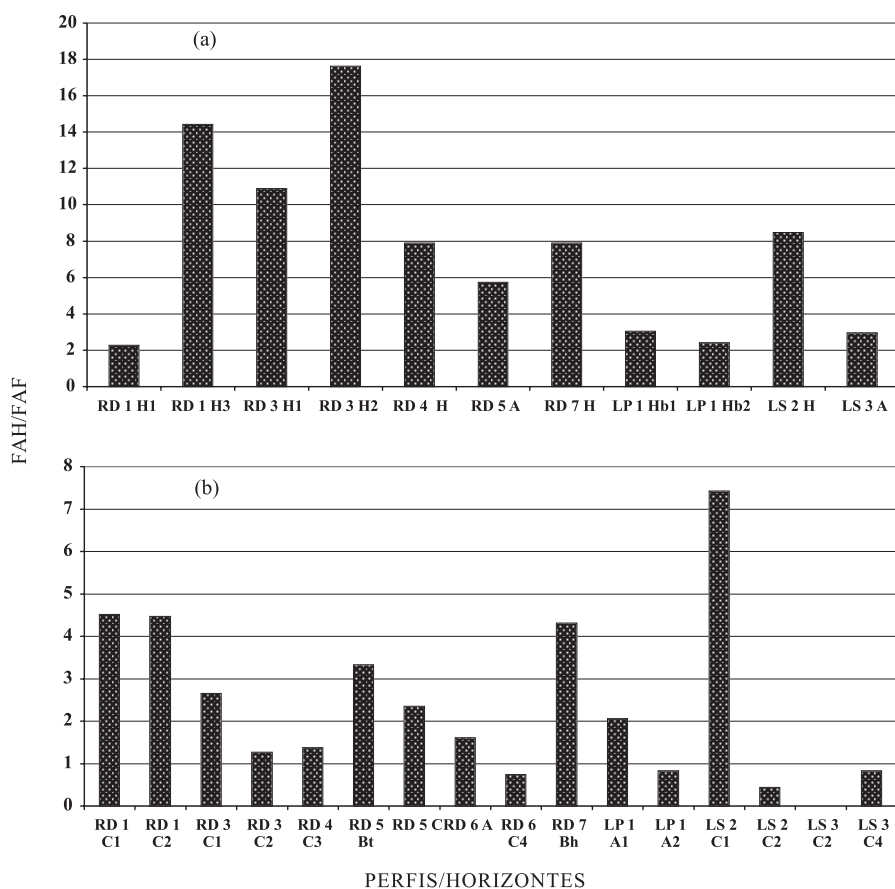


Figura 5. Relação entre os teores das frações ácidos húmicos (FAH) e ácidos fúlvicos (FAF) para os horizontes orgânicos (a) e minerais (b), para solos de três localidades do Estado do Espírito Santo (RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: Litoral Sul).

Quadro 4. Teores de matéria orgânica leve e resíduos mínimos em horizontes com acúmulo de material orgânico, em perfis de diferentes localidades do Estado do Espírito Santo

Localidade/ perfil ⁽¹⁾	Horizonte	Matéria orgânica leve	Resíduo mínimo
		g kg ⁻¹	cm cm ⁻¹
RD 1	H1	106,5 (1,02)	0,16
	H3	32,3 (0,02)	
RD 3	H1	432,1 (11,17)	0,11
	H2	361,1 (2,04)	0,09
RD 4	H	50,4 (1,31)	0,41
RD 5	A	250,9 (4,18)	0,09
RD 7	H	350,2 (1,07)	0,15
LP 1	Hb1	181,5 (4,91)	0,20
LS 2	H	361,3 (2,55)	0,17
LS 3	A	44,0 (4,41)	0,34
Média		207,3	0,20

⁽¹⁾ RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: litoral Sul. Valores médios. Números entre parênteses indicam desvio-padrão.

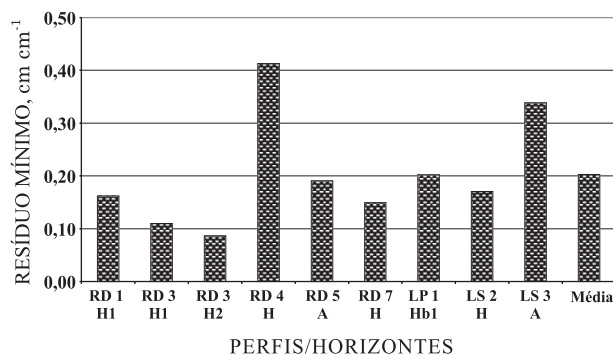


Figura 6. Resíduo mínimo em horizontes com material orgânico nas três localidades do Estado do Espírito Santo (RD: Delta do Rio Doce; LP: Lagoa Preta; LS: Litoral Sul).

a presença de frações normalmente constituintes da MOL na fração húmica, como resíduos vegetais de tamanho diminuto e parcialmente alterados, especialmente quando ligados ao material mineral. Assim, determinados constituintes da MOS comportaram-se simultaneamente como MOL e SHs.

CONCLUSÕES

1. A determinação do COT para os solos atestou, na maior parte dos perfis, a ocorrência de material orgânico e horizonte hístico, confirmando a forte influência do processo pedogenético de paludização, reflexo da influência do relevo e hidrologia das áreas.

2. A textura do solo, o grau e a frequência de saturação por água, bem como a fertilidade do solo, contribuíram para os altos teores de COT, ao passo que alguns perfis, em áreas submetidas à drenagem natural ou artificial e à utilização mais intensiva, tiveram valores relativamente menores, mostrando alterações relacionadas à atividade antrópica.

3. A relação entre o extrato alcalino e a fração humina (EA/FHU) foi maior para os horizontes minerais, normalmente presentes em maior profundidade, o que, juntamente com o maior valor médio da relação FAH/FAF nos horizontes superficiais orgânicos, permite confirmar a maior mobilidade da FAF no solo.

4. Os teores de MOL foram também altos na maioria dos horizontes com material orgânico, constituindo-se em alta relação MOL/COT, e foi enfatizado o efeito do hidromorfismo, reduzindo as taxas de humificação e decomposição do material orgânico.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela concessão de recursos provenientes do edital CT-Hidro, e à Petrobrás, pelo apoio às atividades de campo, especialmente no Delta do Rio Doce.

LITERATURA CITADA

- ANDERSON, D.W. & COLEMAN, D.C. The dynamics of organic matter in grassland soils. *J. Soil Water Conserv.*, 211-216, 1985.
- ANDRIESE, J. Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliados às possibilidades brasileiras In: SIMPÓSIO SOBRE SOLOS ORGÂNICOS, Brasília, 1984. Anais. Brasília, Embrapa, 1984.
- BENITES, V.M. Caracterização química e espectroscópica da matéria orgânica e suas relações com a gênese de solos na Serra do Brigadeiro, Zona da Mata Mineira. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1998. 124p. (Tese de Mestrado)
- CAMAGO, F.A.O.; SANTOS, G.A.; PASSUELLO, R.O.P. & FERREIRA, A.B.B. Produção de ácidos orgânicos voláteis com a adição de palha de arroz em glei sob condições anaeróbicas. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:337-342, 1993.
- CHAIN, K.Y. & DALAL, R.C. Soil organic matter in rainfed cropping system of the Australian cereal belt. *Austr. J. Soil Res.*, 39:435-465, 2001.
- COUTO, E.G. & RESENDE, M. Caracterização da matéria orgânica de alguns solos orgânicos e gleizados do Sudoeste da Bahia. *R. Bras. Ci. Solo*, 9:185-191, 1985.
- DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química do solo. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1981. 17p. (Boletim de Extensão, 29)
- DRIESSEN, P.M. Peat soils. In: DRIESSEN, P.M. Chemical and electrochemical changes in rice soils. Los Baños, International Rice Research Institute, 1978. p.763-778.
- DUCHAUFOUR, P. Edafologia. Barcelona, Masson, 1984. p.32-37.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Rio de Janeiro, 2006. 412p.
- FARNHAM, R.S. & FINNEY, H.R. Classification and properties of organic soils. *Adv. Agron.*, 17:115-162, 1965.
- FANNING, D.S. & FANNING, C.B.F. Mineral and organic matter transformations. In: FANNING, D.S. & FANNING, C.B.F., eds. Soil morphology, genesis and classification. New York, John Wiley & Sons, 1989. p.29-41.
- GONDAR, D.; LOPEZ, R.; FIOL, S.; ANTELO, J.M. & ARCE, F. Characterization and acid-basic properties of fulvic and humic acids isolated from two horizons of an ombrotrophic peat bog. *Geoderma*, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science>. Acessado em: dez. de 2004.
- GREGORICH, E.G. & FELLER, B.H. Light fraction and macroorganic matter in mineral soils. In: CARTER, M.R., ed. Soil sampling and methods of analysis. Boca Raton, Canadian Society of Soil Science, 1993. p.397-407.
- GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. & ELLERT, B.H. Toward a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.*, 74:367-385, 1994.
- LAMIN, A.P.B.; JORDÃO, C.P.; PEREIRA, J.L. & BELATTO, C.R. Caracterização física e química da turfa litorânea e avaliação da adsorção competitiva por cobre e zinco. *Química Nova*, 24:18-23, 2001.
- LEMOES, R.C. & SANTOS, R.D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 4.ed. Campinas, SBCS/SNLCS, 1996.45p.
- LEITE, L.F.C.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L.; MACHADO, P.L.O.A & GALVÃO, J.C.C. Estoques totais de C orgânico e seu compartimento sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *R. Bras. Ci. Solo*, 27:821-832, 2003.
- KAMPF, N. & SCHNEIDER, P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: Propriedades morfológicas e físicas como subsídios à classificação. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:227-236, 1989.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: NELSON D.W. & SOMMERS, L.E. Methods of soil analysis. Madison, Soil Science Society of America, 1982. p.539-361.
- OADES, J.M. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, 5:35-70, 1988.
- R. Bras. Ci. Solo, 34:339-348, 2010

- PING, C.L.; MICHALESON, G.L.; DAI, X.Y. & CANDLER, R.J. Characterization of soil organic matter. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F. & STEWART, B.A. Assessment methods for soil carbon. Boca Raton, Lewis Publishers, 2001. p.271-283.
- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.*, 24:29-96, 1972.
- ROJSTACZER, S. & DEVEREL, S.J. Land subsidence in drained Histosols and highly organic matter soils of California. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59:1162-1167, 1995.
- SCHULTEN, H.R & SCHNITZER, M. Chemical model structures for soil organic matter and soils. *Soil Sci.*, 162:115-130, 1997.
- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. New York, John Wiley & Sons, 1982. 443p.
- STEVENSON, F.J. & ELLIOT, E. Methodologies for assessing the quality and quantity of soil organic matter. In: COLEMAN, D.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. Dynamic of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawai, 1989. p.173-199.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D., ed. Methods of soil analysis: Chemical methods. Madison, Soil Science Society America, 1996. Part 3. p.1018-1020. (Soil Science Society of America, Series, 5)
- THENG, B.K.G.; TATE, K.R & SOLLENS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. Dynamic of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawai, 1989. p.5-19
- TRETTIN, C.C.; DAVIDIAN, M.; JURGENSEN, F. & LEA, R. Organic matter decomposition following harvesting and site preparation of a forested wetland. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 60:1994-2003, 1996.
- YOEMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1467-1476, 1988.
- ZOTARELLI, L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. & SIX, J. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two Oxisols. *Soil Tillage Res.*, 95:196-206, 2007.