



# XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## FRAÇÕES HÚMICAS COMO CARACTERÍSTICA DIFERENCIAL EM HORIZONTES DIAGNÓSTICOS DE SOLOS BRASILEIROS

**Ademir Fontana<sup>(1)</sup>; Marcos Gervasio Pereira<sup>(2)</sup>; Vinicius de Melo Benites<sup>(1)</sup>; Lúcia Helena Cunha dos Anjos<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Pesquisador, Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico, 1.024, Rio de Janeiro, RJ, CEP 22.460-000. E-mail: ademir.fontana@cnps.embrapa.br

<sup>(2)</sup> Professor Associado III. Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465, km 7, Seropédica, RJ. CEP: 23.890-000

**Resumo** – As informações obtidas pela distribuição das frações húmicas podem ser utilizadas em estudos pedológicos como característica diferencial e, assim, contribuir para a evolução do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS). Os objetivos deste trabalho foram quantificar o carbono orgânico das frações húmicas de horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais de solos e propor a utilização no SiBCS. Foram utilizados 169 horizontes diagnósticos distribuídos entre O e H hístico, A chernozêmico, A húmico e B espódico, sendo avaliados quanto à composição química, física e teores de carbono orgânico das frações húmicas. Os horizontes O e H hístico apresentam predomínio do C-HUM, seguido do C-FAH; no A chernozêmico, dominância absoluta do C-HUM; no A húmico, predomínio do C-HUM, seguido do C-FAH; e no B espódico, maior expressividade do C-FAH ou C-FAF. Com base na distribuição das frações húmicas, propõe-se o uso das frações húmicas como características diferenciais para os níveis de família e série do SiBCS: matéria orgânica estável (horizontes minerais superficiais) – C-EA/C-HUM ( $\leq 0,5$ ); matéria orgânica iluvial (horizontes minerais subsuperficiais) – C-EA/C-HUM ( $\geq 2,0$ ).

**Palavras-Chave:** fracionamento quantitativo, caracterização e classificação de solos.

### INTRODUÇÃO

Dentro dos diferentes horizontes diagnósticos estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Embrapa, 2006), pode-se relatar a participação das frações húmicas nos horizontes O e H hístico, destacando as diferenças entre os pedoambientes (Valladares et al., 2007), no A chernozêmico, complexando cátions solúveis na superfície do solo e formando fulvatos e humatos de cálcio (complexo orgânico-mineral estável) (Duchaufour, 1976; Theng, 1979; Buol et al., 1980; Corrêa et al., 2003), no A húmico contribuindo para a estabilidade de espessas camadas com elevados teores de matéria orgânica (Lepsch & Buol, 1988; Embrapa, 2006) e no B espódico, formando complexos organometálicos (quelatos) com os íons Al e Fe que são eluviados/iluviados ao longo do perfil para formar os horizontes Bh ou Bh<sub>s</sub> (Buol et al., 1980; Gomes et al., 1998; Benites et al., 2001).

Neste sentido, as informações obtidas a partir da análise da distribuição das frações húmicas podem contribuir para os estudos pedológicos, podendo ser utilizadas como atributo diagnóstico ou característica diferencial. Sua utilização tem por base a análise da distribuição destas frações ao longo do perfil de solo, sendo esta condicionada por sua mobilidade, e também pela maior ou menor interação das frações com a matriz mineral. A maior mobilidade e/ou estabilidade destas frações influencia na diferenciação dos horizontes, com reflexos em suas propriedades físicas e químicas (Fontana et al., 2010).

Observações feitas por Fontana et al. (2008a), indicam que a distribuição das frações húmicas contribui para o entendimento dos processos pedogenéticos, o que valida a utilização para a caracterização de horizontes diagnósticos e ordens de solos do SiBCS. As diferenças observadas nos teores e na distribuição das frações húmicas não só expressam variações na pedogênese bem como permite relacionar com atributos relevantes ao manejo dos solos (Anjos et al., 2008). Com base na distribuição das frações húmicas, Valladares et al. (2003) apresentaram uma proposta para a ordem dos Organossolos como propriedade diferencial para os níveis de família e série (5º e 6º nível categórico) do SiBCS (Embrapa, 2006).

Segundo Embrapa (2006) o 5º e 6º nível categórico são utilizados para atender funções pragmáticas. As características diferenciais e propriedades que afetam o uso e o manejo do solo para fins diversos devem ser priorizadas para a classificação nestes dois níveis categóricos. Desta forma as frações húmicas apresentam-se como propriedade diferencial a ser utilizada nestes níveis categóricos.

O objetivo desse trabalho foi quantificar o carbono orgânico das frações húmicas de horizontes diagnósticos superficiais e subsuperficiais de solos e propor a utilização no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

### MATERIAL E MÉTODOS

#### Seleção dos horizontes diagnósticos

Foram utilizadas amostras de 169 horizontes diagnósticos de solos, sendo O hístico (n=13), H hístico (n=30), A chernozêmico (n=42), A húmico (n=39) e B espódico (n=45), representando diferentes regiões fisiográficas do Brasil. Como critério de seleção, foram identificados horizontes genéticos aonde a matéria orgânica é utilizada como atributo chave para a sua identificação (Embrapa, 2006) ou tem forte relação com a sua gênese (Anjos et al., 2008).

### Caracterização dos horizontes diagnósticos

Os horizontes diagnósticos foram analisados e classificados segundo Embrapa (1997 e 2006). As frações húmicas foram identificadas segundo técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (Swift, 1996), conforme adaptação feita por Benites et al. (2003). Obteve-se o carbono orgânico da fração ácidos fúlvicos (C-FAF), fração ácidos húmicos (C-FAH), fração humina (C-HUM), extrato alcalino (C-EA) e as relações C-FAH/C-FAF, C-EA/C-HUM e C-EA/COT (C-EA = C-FAF + C-FAH). Também foi calculado o percentual de cada fração em relação ao carbono orgânico total (COT), %FAF, %FAH, %HUM, %EA (Benites et al., 2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Distribuição das frações húmicas nos horizontes diagnósticos

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios e o desvio padrão da média do COT e das frações húmicas obtidas a partir do fracionamento quantitativo da matéria orgânica para cada horizonte diagnóstico.

São observados padrões distintos da distribuição das frações húmicas de cada horizonte, podendo assim, contribuir para a definição dos horizontes diagnósticos:

- Horizontes O e H hísticos: predomínio do CHUM ou C-FAH e relação C-FAH/C-FAF maior que 2,0.
- Horizontes A chernozêmico: predomínio do C-HUM e relação C-EA/C-HUM menor que 0,5.
- Horizontes A húmico: predomínio do C-HUM, seguido pelo C-FAH.
- Horizontes B espódico: predomínio do C-FAF ou C-FAH e relação C-EA/C-HUM maior que 2,0.

Os resultados da distribuição das frações húmicas é indicativo que estas podem ser utilizadas em estudos pedológicos como atributo diagnóstico ou característica diferencial, e desta forma contribuir para a caracterização dos horizontes diagnósticos e ordens de solos, especialmente nos níveis de família e série (5° e 6° níveis categóricos) do SiBCS, como destacados nos trabalhos de Valladares et al. (2003) e Fontana et al. (2008ab; 2010).

### Proposta de utilização no SiBCS

Esta proposta visa contribuir para a estruturação dos níveis hierárquicos inferiores (5° - família e 6° - série) do SiBCS (Embrapa, 2006). O uso das frações húmicas é reforçado pela relação destas com as características químicas e físicas dos solos. A matéria orgânica do solo tem forte relação com o uso e manejo dos solos, bem como ao crescimento das plantas, sobretudo no tocante a crescimento do sistema radicular, relações solo-água-planta e propriedades importantes para engenharia e geotécnica, conforme estabelecido no SiBCS para esses níveis categóricos.

Segundo Fontana et al. (2001), a quantidade de matéria orgânica e a proporção das frações húmicas têm servido como indicador de qualidade de solo, em razão da forte interação das frações húmicas com o material mineral, podendo estas ser alteradas pelo manejo do solo.

Para Anjos et al. (2008), as diferenças observadas na quantidade e na proporção das frações húmicas não só expressam variações na pedogênese assim como permitem relacioná-las com atributos relevantes ao manejo dos solos. Diante dessa perspectiva, inúmeros trabalhos vêm sendo desenvolvidos no Brasil com o intuito de comparar os diferentes ambientes, bem como avaliar as quantidades e proporções das frações húmicas quando os solos são submetidos a diferentes tipos de uso e manejo.

Neste sentido apresenta-se as seguintes propostas de características diferenciais com base na distribuição das frações húmicas dos solos:

a) Matéria Orgânica Estável (horizontes minerais superficiais) – C-EA/C-HUM ( $\leq 0,5$ )

O baixo valor desta relação é indicativo da forte interação/estabilidade da matéria orgânica com a matriz mineral do solo. Este valor indica o predomínio do C-HUM e é observado em horizontes A chernozêmicos, principalmente, e outros horizontes minerais com textura argilosa.

Para os horizontes A chernozêmico, os altos valores do C-HUM, que representa a fração insolúvel da matéria orgânica do solo, demonstra haver uma elevada interação da matéria orgânica com a matriz mineral do solo. Esta interação é avaliada pela formação de complexos organo-minerais de elevada estabilidade, proporcionada pela associação dos minerais de argila do tipo 2:1 (ex. montmorilonita) na presença dos íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (Kononova, 1966; Duchaufour, 1976; Theng, 1979; Buol et al., 1980. Associado as condições mineralógicas e composição do complexo sortivo, destaca-se a ação da fauna bastante ativa, que homogeniza a massa de solo (Duchaufour, 1976, Driessen, 2001), promovendo condições favoráveis para a cimentação e dessa forma contribuindo para a formação de agregados com grau elevado de estabilidade.

Para os demais horizontes minerais, o C-HUM está relacionado com os altos teores de argila (Oades, 1988; Greenland et al., 1992; Zech et al., 1997) e  $\text{Al}^{3+}$ . Diferentemente dos horizontes A chernozêmico, a formação de complexos organo-minerais estáveis em superfície está relacionado à presença de grupos funcionais ionizáveis na matéria orgânica e minerais de argila como óxidos de ferro e alumínio amorfo que atuam como floclantes na presença de  $\text{Al}^{3+}$  (Spain et al., 1983; Oades, 1988; Sombroek et al., 1993). Os óxidos de ferro e os ácidos húmicos participam ativamente da agregação e estabilização dos agregados pela ação cimentante persistente ao se ligarem com cátions polivalentes como  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{Ca}^{2+}$  (Oades, 1995; Canellas et al., 2008, Tombácz et al., 2004).

b) Matéria Orgânica Iluvial (horizontes minerais subsuperficiais) – C-EA/C-HUM ( $\geq 2,0$ )

O alto valor desta relação é indicativo da translocação das frações alcalino-solúveis dentro do perfil de solo e indica zonas de acúmulo de carbono orgânico. Este valor indica o predomínio do C-FAF e C-FAH e é observado em horizontes subsuperficiais B espódicos e B ou C glei.

Este comportamento deve-se à natureza solúvel dos ácidos fúlvicos e húmicos, que percolam no perfil,

enquanto a humina, por sua natureza pouco solúvel, concentra-se nas camadas superficiais (Benites et al., 2001). Neste grupo, devem-se excluir os horizontes A enterrado e horizontes C com caráter flúvico, pois ambos não apresentam evidências de iluviação de matéria orgânica e sim de outros processos, além do que tendem a apresentar valores desta relação  $< 1,0$ , com predomínio do C-HUM.

A relação entre frações alcalino-solúveis e a gênese dos horizontes B espódicos está relacionada em parte pela translocação e acúmulo das frações húmicas isoladamente ou com alumínio e/ou ferro em subsuperfície (Buol et al., 1980). Quando ocorre a interação com íons metálicos, observa-se a formação na superfície do solo de quelatos (complexos organo-metálicos), sendo o acúmulo em subsuperfície decorrente da translocação pelo processo de eluviação/iluviação (queluviação).

Quanto a precipitação dos complexos organo-metálicos, Buurman (1985) relata que esta ocorre quando um determinado valor da relação carbono/metal é atingido, sendo esta, dependente do pH do solo e da acidez potencial dos compostos orgânicos. Schnitzer (1986) relata que os ácidos húmicos podem formar complexos insolúveis em valores de pH menores que 6,5, quando associados com colóides. Outra hipótese está relacionada à presença de lençol freático, onde a drenagem limitada impede a saída do material orgânico solúvel verticalmente (Andriesse, 1969).

## CONCLUSÕES

1. Propõe-se o uso das frações húmicas como características diferenciais para os níveis de família (quinto nível) e série (sexto nível) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: (a) matéria orgânica estável (horizontes minerais superficiais) – C-EA/C-HUM  $\leq 0,5$ ; (b) matéria orgânica iluvial (horizontes minerais subsuperficiais) – C-EA/CHUM  $\geq 2,0$ .

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CPGA-CS/UFRRJ e do CNPq.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIESSE, J.P. Study of the environmental and characteristics of tropical podzols in Sarawak (East-Malasia). *Geoderma*, 2:201-227, 1969.
- ANJOS, L.H.C.; PEREIRA, M.G. & FONTANA, A. Matéria orgânica e pedogênese. In: SANTOS, G.A.; SILVA, G.A.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.65-86.
- BENITES, V.M.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MENDONÇA, E.S. & MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob campos de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (MG). *R. Bras. Ci. Solo*, 25:661-674, 2001.
- 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. (Com. Técnico, 16)
- BUOL, S.W.; HOLE, F.D. & Mc CRACKEN, R.J. Soil genesis and classification. Ames, Iowa State University, Press, 1980. 404p.
- BUURMAN, P. Carbon/ sesquioxide ratios in organic complexes and the transition albic-spodic horizon. *Journal of Soil Science*, 36:255-260, 1985.
- CANELLAS, L.P.; MENDONÇA, E.S.; DOBBS, L.B.; BALDOTTO, M.A.; VELLOSO, A.C.X.; SANTOS, G.A. & AMARAL SOBRINHO, N.M.B. Reações da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, G.A.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais & subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.45-64.
- CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; MENDONÇA, E.S.; RUIZ, H.A. & BASTOS, R.S. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região de várzeas de Souza (PB). *R. Bras. Ci. Solo*, 27:311-324, 2003.
- DRIESSEN, P. Lecture notes on the major soils of the world. Roma, FAO, 2001. World Soil Resources Reports, 94. 2001.
- DUCHAUFOR, P. Dynamics of organic matter in soil of temperate regions: its action on pedogenesis. *Geoderma*, 15:1-40, 1976.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.
- FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; NASCIMENTO, G.B.; ANJOS, L.H.C. & EBELING, A.G. Frações da matéria orgânica e fertilidade de solos de Tabuleiro sob diferentes coberturas vegetais no norte fluminense – RJ. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., Seropédica, 2001. Anais... Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. p.3-6.
- FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. & BENITES, V.M. Distribution of organic carbon in the humic fractions of diagnostic horizons from Brazilian soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 39:951-971, 2008a.
- FONTANA, A.; BENITES, V.M.; PEREIRA, M.G. & ANJOS, L.H.C. Substâncias húmicas como suporte à classificação de solos Brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:2073-2080, 2008b.
- FONTANA, A.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. & BENITES, V.M. Quantificação e utilização das frações húmicas como característica diferencial em horizontes diagnósticos de solos Brasileiros. *R. Bras. Ci. Solo*, 34:1241-1257, 2010.
- GOMES, J.B.V.; RESENDE, M.; REZENDE, S.B. & MENDONÇA, E.S. Solos de três áreas de restinga. II Dinâmica de substâncias húmicas, ferro e alumínio. *Pesq. Agropec. Bras.*, 33:1921-1932, 1998.
- 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, 1992. p.17-33.
- KONONOVA, M.M. Soil organic matter. 2.ed. Oxford, Pergamon Press, 1966.
- LEPSCH, I.F. & BUOL, S. Oxisols-Landscape relationships in Brazil. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, CLASSIFICATION CHARACTERIZATION, AND UTILIZATION OF OXISOLS, 8., Rio de Janeiro, 1988. Proceedings. Rio de Janeiro, Embrapa/SMSS/AID/UPR, 1988. Part 1. p.174-189.
- OADES, J.M. The retention of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, 5:35-70, 1988.
- OADES, J.M. Recent advances in organomineral interactions: implications for carbon cycling and soil structure. In: Huang, P.M. et al. (Eds) Environmental impact of soil

- component interactions. Boca Raton: Lewis Publishers, 119-134, 1995.
- SCHNITZER, M. Binding of humic substances by soil mineral colloids. In: HUANG, P.M. & SCHNITZER, M., eds. Interactions of soil minerals with natural organics and microbes. Madison, Soil Science Society of America, 1986. p.77-102.
- SOMBROECK, W.G.; NACHTERGAELE, F.O. & HEBEL, A. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. *Ambio* 22:417-426, 1993.
- SPAIN, A.V.; ISBELL, R.F. & PROBERT, M.E. Soil organic matter. In: *Soils, an Australian Viewpoint*. CSIRO, Melbourne, Australia/Academic Press, London, UK, 551-563. 1983.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMNER, M.E., eds. *Methods of soil analysis: Chemical methods*. Madison, Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1996. Part 3. p.1011-1020.
- THENG, B.K.G. The chemistry of clay-organic reactions; Formation and properties of clay-polymer complexes. London, Adam Hilger, New York, Elsevier Science Publishing, 1979. 343p.
- TOMBÁČZ, E.; ZSUZSANNA LIBOR, Z.; ILLÉS, E.; ANDREA MAJZIK, A. & ERWIN KLUMPP, E. The role of reactive surface sites and complexation by humic acids in the interaction of clay mineral and iron oxide particles. *Organic Geochemistry*, 35:257-267. 2004.
- VALLADARES, G.S.; BENITES, V.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C. & EBELING, A.G. Proposta para classificação de Organossolos em níveis inferiores com base nas frações Húmicas. Campinas, Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 35p. (Boletim de Pesquisa e Desen., 2).
- VALLADARES, G.S.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; BENITES, V.M.; EBELING, A.G. & MOUTA, R.O. Humic substance fractions and attributes of Histosols and related high-organic-matter soils from Brazil. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 38:763-777, 2007.
- ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T.M.; MILTNER, A. & SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. *Geoderma*, 79:69-116, 1997.

**Tabela 1.** Valores médios e desvio padrão da média (entre parênteses) do carbono orgânico total e frações húmicas

| Horizontes     | COT <sup>(1)</sup> | C-FAF <sup>(2)</sup> | C-FAH <sup>(3)</sup> | C-HUM <sup>(4)</sup> | FAF <sup>(5)</sup> | FAH <sup>(5)</sup> | HUM <sup>(5)</sup> | C-FAH/<br>C-FAF | C-EA <sup>(6)</sup> /<br>C-HUM |
|----------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------------------|
|                | g kg <sup>-1</sup> |                      |                      |                      | %                  |                    |                    |                 |                                |
| O histórico    | 133,3 (42,4)       | 17,1 (9,8)           | 27,3 (18,8)          | 72,5 (32,5)          | 13 (6)             | 19 (10)            | 53 (16)            | 2,0 (1,7)       | 0,7 (0,3)                      |
| H histórico    | 292,3 (157,1)      | 15,8 (8,0)           | 82,8 (45,8)          | 113,1 (77,5)         | 6 (3)              | 29 (13)            | 39 (16)            | 5,6 (3,4)       | 1,3 (1,4)                      |
| A chernozêmico | 28,1 (15,8)        | 2,0 (0,9)            | 2,1 (1,7)            | 19,4 (10,5)          | 9 (4)              | 7 (5)              | 71 (10)            | 0,9 (0,6)       | 0,2 (0,1)                      |
| A húmico       | 35,4 (18,0)        | 5,4 (3,1)            | 8,5 (7,4)            | 15,8 (8,9)           | 17 (6)             | 22 (13)            | 47 (13)            | 1,7 (1,6)       | 1,0 (1,0)                      |
| B espódico     | 15,4 (7,9)         | 3,7 (2,8)            | 7,6 (6,9)            | 3,1 (2,2)            | 30 (22)            | 44 (24)            | 22 (14)            | 9,9 (34)        | 16,5 (38,5)                    |

<sup>(1)</sup>COT = carbono orgânico total. <sup>(2)</sup>C-FAF = carbono orgânico da fração ácidos fúlvicos. <sup>(3)</sup>C-FAH = carbono orgânico da fração ácidos húmicos. <sup>(4)</sup>C-HUM = carbono orgânico da fração humina. <sup>(5)</sup>FAF, FAH, HUM = relação de cada fração ao COT. <sup>(6)</sup>C-EA = carbono orgânico do extrato alcalino.