



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 NA CLASSIFICAÇÃO DE HORIZONTES DIAGNÓSTICOS DE SOLOS BRASILEIROS

Ademir Fontana⁽¹⁾; Marcos Gervasio Pereira⁽²⁾; Vinicius de Melo Benites⁽¹⁾; Lúcia Helena Cunha dos Anjos⁽²⁾

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

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

Resumo – Com desenvolvimento do sistema de classificação de solos até o quarto nível categórico, busca-se a elaboração e padronização para os níveis hierárquicos mais inferiores (família e série). O trabalho tem como objetivo apresentar classes das frações húmicas para a classificação de horizontes diagnósticos no 5º ou 6º níveis categóricos (família e série) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 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. As propostas de classes estabelecidas para cada horizonte diagnóstico no 5º ou 6º níveis categóricos estão relacionadas ao C-FAH e C-HUM e, as relações C-FAH/C-FAF e C-EA/C-HUM. Para os horizontes O e H hístico apresenta-se classes com base na relação C-FAH/C-FAF. Nos horizontes A chernozêmico como base o C-HUM e a relação C-FAH/C-FAF e A húmico o C-FAH e C-HUM. Para os horizontes B espódico, apresenta-se classes a partir do C-FAH e das relações C-FAH/C-FAF e C-EA/C-HUM.

Palavras-Chave: SiBCS e classes de classificação.

INTRODUÇÃO

Com a publicação da 1ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (Embrapa, 1999), que normatiza a classificação dos solos até o quarto nível categórico, e sugere alguns atributos para os demais níveis, foi iniciado o processo de validação e aperfeiçoamento, sendo algumas mudanças apresentadas na 2ª edição (Embrapa, 2006). Entre outras ações, vem sendo realizadas Reuniões de Correlação, Classificação e Aplicação de Levantamentos de Solos, bem como organizadas mesas redondas e simpósios em congressos visando à elaboração e padronização da classificação no 5º e 6º níveis categóricos (família e série).

Pelo SiBCS, o 5º e 6º níveis categóricos são utilizados para atender funções pragmáticas, sendo avaliadas as características diferenciais e propriedades que possam vir a influenciar o uso e manejo do solo para fins diversos. Até o momento, são apresentadas apenas propostas de critérios e atributos taxonômicos para sua definição, carecendo ainda de sugestões que visem concluir a classificação (Embrapa, 2006).

A partir desta necessidade, tem-se apresentado propostas para estes dois níveis categóricos voltadas para as frações húmicas que compõem a matéria orgânica do solo. Valladares et al. (2003) sugerem a utilização das frações húmicas na ordem dos Organossolos com subdivisão de classes com base nos teores de carbono das frações ácidos fúlvicos (C-FAF) e ácidos húmicos (C-FAH) e na relação entre o carbono do extrato alcalino (C-EA) pela humina (C-EA/C-HUM) e assim, apresentada no SiBCS (Embrapa, 2006).

Nesta mesma linha de pesquisa, Fontana et al. (2008a,b) em estudos com diversas classes e horizontes diagnósticos de solos, relatam que a distribuição das frações húmicas pode ser usada para o entendimento dos processos pedogenéticos e para a caracterização de solos no nível de ordens e de horizontes diagnósticos. Nestes estudos os autores têm destacado a utilização das frações húmicas nos horizontes diagnósticos H hístico, A chernozêmico e B espódico.

O trabalho tem como objetivo apresentar classes das frações húmicas para a classificação de horizontes diagnósticos no 5º ou 6º níveis categóricos (família e série) do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS.

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). Foram avaliados os atributos químicos e físicos: pH (água), Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e Na^{+} , soma de bases (SB), H^{+} , Al^{3+} , capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CTC), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), saturação por bases (V%), e a granulometria pelo método da pipeta, quantificando-se as frações areia, silte e argila (Embrapa, 1997).

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).

Os valores das classes das frações húmicas foram obtidos tendo como referência as medidas de tendência central (média ou mediana) e/ou na distribuição de frequências. As classes foram estabelecidas pelos valores quantitativos (C-FAF, C-FAH, C-HUM) e qualitativos (C-FAH/C-FAF e C-EA/C-HUM), que se destacaram pela magnitude e ou participação, além da capacidade de formação de grupos distintos em cada horizonte diagnóstico.

Para validação, os horizontes foram submetidos à classificação proposta e seguido com a comparação das classes estabelecidas pelos valores de pH, SB, H^+ , Al^{3+} , CTC, CTCe, V%, areia, silte e argila, em análise da variância e avaliação do teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Horizontes O hístico

Para o estabelecimento das classes de classificação, a variável C-FAH/C-FAF apresentou maior potencial de classificação (Tabela 1). Pela análise entre os atributos químicos de cada classe verifica-se diferenças significativas entre os valores de pH, H^+ e CTC. Os valores de pH foram maiores na classe fúlvico-húmico, enquanto os valores de H^+ e CTC foram maiores na classe hiperhúmico (Tabela 2).

Tabela 1. Proposta de classes de classificação de horizontes O hístico

Variável	Valor ⁽¹⁾	Classificação
C-FAH/C-FAF	$\leq 2,0$	fúlvico-húmico
	$> 2,0$	hiperhúmico

⁽¹⁾ Limite estabelecido com base na média

Tabela 2. Comparações⁽¹⁾ dos atributos químicos a partir da classificação proposta nos horizontes O hístico

Atributos	Fúlvico-Húmico (n = 9)	Hiperhúmico (n = 4)
pH	5,4 a ²	4,1 b
SB	2,10 a	3,00 a
H^+	22,1 b	42,4 a
Al^{3+}	1,8 a	3,9 a
CTC	36,10 b ²	49,40 a
CTCe	6,57 a	7,29 a
V(%)	8 a	6 a

⁽¹⁾ Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente a 5%.

⁽²⁾ Significativo a 10%.

Horizontes H hístico

Nestes horizontes, além das propostas já apresentadas por Valladares et al. (2003), observa-se uma nova possibilidade de separação de classes com o uso da relação C-FAH/C-FAF (Tabela 3).

Com base na Tabela 4, verificam-se diferenças significativas entre a maioria dos atributos, exceto, para a SB e CTCe. Os menores valores de pH e V%

foram observados na classe hiperhúmico, enquanto, os valores de H^+ , CTC e Al^{3+} foram menores na classe fúlvico-húmico. Tais resultados indicam que os solos hiperhúmicos tendem a apresentar menor fertilidade natural. Valladares et al. (2003) observaram padrão semelhante em relação à presença de horizontes tiomórficos na classe húmico (C-FAH $> 90 \text{ g kg}^{-1}$) da proposta de classificação com base nas frações húmicas para Organossolos.

Tabela 3. Proposta de classes de classificação de horizontes H hístico

Variável	Valor ⁽¹⁾	Classificação
C-FAH/C-FAF	$\leq 5,0$	fúlvico-húmico
	$> 5,0$	hiperhúmico

⁽¹⁾ Limite estabelecido com base na frequência

Tabela 4. Comparações⁽¹⁾ dos atributos químicos a partir da classificação proposta nos horizontes H hístico

Atributos	Fúlvico-Húmico (n = 17)	Hiperhúmico (n = 13)
pH	5,1 a	3,9 b
SB	17,00 a	7,90 a
H^+	22,2 b	47,9 a
Al^{3+}	1,1 b	2,6 a
CTC	44,10 b ²	59,30 a
CTCe	17,34 a	10,08 a
V(%)	43 a	17 b

⁽¹⁾ Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente a 5%.

⁽²⁾ Significativo a 10%.

Horizontes A chernozêmico

Para estes horizontes foram estabelecidas classes com base na C-HUM e na relação C-FAH/C-FAF, sendo esta última classe já apresentada por Lobova (1965), com valor $> 1,0$ para Chernossolos da Ásia Ocidental, no entanto a atual apresenta diferença no valor limite das classes (Tabela 5).

Pela comparação entre as classes hipohumina e humina, verificou-se que entre os atributos químicos houve diferenças significativas para os valores de SB, CTC, CTCe e entre os atributos físicos para areia e silte (Tabela 6). Para os atributos químicos e o silte, os maiores valores estão na classe humina, enquanto para areia, o maior valor foi observado na classe hipohumina. Na comparação entre as classes fúlvico e húmico, verificam-se diferenças significativas entre os valores de pH, H^+ e V% (Tabela 6). Os valores de pH foram maiores na classe fúlvico e refletem solos com menor acidez potencial, como evidenciado pelos menores valores de H^+ e V%.

Tabela 5. Proposta de classes de classificação de horizontes A chernozêmico

Variável	Valor ^(1 e 2)	Classificação
C-HUM	$\leq 20,0$	hipohumina
	$> 20,0$	humina
C-FAH/C-FAF	$\leq 0,8$	fúlvico
	$> 0,8$	húmico

⁽¹⁾ Limite estabelecido com base na média

⁽²⁾ Limite estabelecido com base na mediana

Tabela 6. Comparações⁽¹⁾ dos atributos químicos a partir da classificação proposta nos horizontes A chernozêmico

Atributos	Hipohumina (n = 25)	Humina (n = 17)
pH	7,0 a	7,2 a
SB	15,70 b	23,80 a
H ⁺	2,0 a	2,7 a
CTC	17,70 b	26,80 a
CTCe	15,67 b	23,76 a
V(%)	86 a	88 a
V(%)	462 a ⁽²⁾	210 b
Areia	309 b	424 a
Silte	297 a	361 a
Argila	Fúlvico (n = 22)	Húmico (n = 20)
pH	7,3 a	6,8 b
SB	20,00 a	17,80 a
H ⁺	1,7 b	2,9 a
CTC	21,70 a	21,00 a
CTCe	19,96 a	17,83 a
V(%)	90 a	83 b
Areia	314 a	331 a
Silte	342 a	371 a
Argila	344 a	299 a

⁽¹⁾Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente a 5%.⁽²⁾Significativo a 10%.**Horizontes A húmico**

As classes estabelecidas tiveram como base duas variáveis (Tabela 7). Pela análise entre as classes hipohúmico e húmico e entre hipohumina e humina, verificaram-se diferenças significativas entre os valores de H⁺, Al³⁺, CTC e CTCe (Tabela 8). No entanto, para as classes hipohumina e humina observou-se diferença significativa entre os valores de silte. Para ambos atributos, os maiores valores ocorreram na classe húmico e humina, refletindo a importância e relação entre os ácidos húmicos e humina com a acidez potencial e capacidade de troca catiônica.

Tabela 7. Proposta de classes de classificação de horizontes A húmico

Variável	Valor ⁽¹⁾	Classificação
C-FAH	≤ 6,0	hipohúmico
	> 6,0	húmico
C-HUM	≤ 15,0	hipohumina
	> 15,0	humina

⁽¹⁾Limite estabelecido com base na frequência**Tabela 8.** Comparações⁽¹⁾ dos atributos químicos a partir da classificação proposta nos horizontes A húmico

Atributos	Hipohúmico (n = 18)	Húmico (n = 21)
pH	4,8 a	4,8 a
SB	0,97 a	1,52 a
H ⁺	7,2 b	15,6 a
Al ³⁺	1,7 b ²	2,9 a
CTC	12,53 b	24,88 a
CTCe	3,3 b	6,0 a
V(%)	15 a	13 a
Areia	450 a	434 a
Silte	202 a	251 a
Argila	348 a	315 a

Tabela 8. Continuação...

Atributos	Hipohumina (n = 23)	Humina (n = 16)
pH	4,8 a	4,8 a
SB	1,00 a	1,66 a
H ⁺	8,8 b	16,0 a
Al ³⁺	1,9 b ²	3,0 a
CTC	2,66 b	6,39 a
CTCe	3,3 b	6,8 a
V(%)	13 a	17 a
Areia	484 a	381 a
Silte	175 b	306 a
Argila	341 a	313 a

⁽¹⁾Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente a 5%.⁽²⁾Significativo a 10%.**Horizontes B espódico**

Para estes horizontes, foram selecionadas três variáveis para o estabelecimento das classes (Tabela 9). Como o acúmulo de matéria orgânica iluvial é a principal característica diagnóstica destes horizontes, a proposta destacou principalmente a participação das frações alcalino-solúveis.

Pela análise dos atributos entre as classes hipohúmico e húmico, não foram verificadas diferenças estatísticas para os valores da SB e atributos físicos (Tabela 10). Os maiores valores de pH foram observados na classe hipohúmico, indicando a menor influência da acidez potencial, uma vez que nestes verificaram-se os menores valores de H⁺ e Al³⁺. Os maiores valores da CTC e CTCe foram encontrados na classe húmico, indicando a participação dos ácidos húmicos como contribuintes de cargas negativas.

Nas classes fúlvico-húmico e hiperhúmico, foram observadas diferenças significativas entre os valores de pH, Al³⁺, CTC e CTCe (Tabela 10). Os maiores valores de pH foram verificados na classe fúlvico-húmico, indicando, assim como na classe anterior, a menor influência da acidez potencial e, neste caso, a do Al³⁺, enquanto os maiores valores de CTC e CTCe ocorreram na classe hiperhúmico.

Nas classes hipoalcalino-solúvel e alcalino-solúvel, não foram observadas diferenças entre os valores da SB, V%, areia e silte (Tabela 10). Os maiores valores de pH foram observados na classe hipoalcalino-solúvel, indicando a menor influência da acidez potencial, como observado pelos menores valores de H⁺ e Al³⁺. Nestas classes, destacam-se as diferenças estatísticas entre os teores de argila, sendo maiores na classe hipoalcalino-solúvel.

Tabela 9. Proposta de classes de classificação de horizontes B espódico

Variável	Valor ⁽¹⁾	Classificação
C-FAH	≤ 5,0	hipohúmico
	> 5,0	húmico
C-FAH/C-FAF	≤ 2,0	fúlvico-húmico
	> 2,0	hiperhúmico
C-EA/C-HUM	≤ 3,5	hipoalcalino-solúvel
	> 3,5	alcalino-solúvel

⁽¹⁾Limite estabelecido com base na frequência

Tabela 10. Comparações⁽¹⁾ dos atributos químicos a partir da classificação proposta nos horizontes B espódico

Atributos	Hipohúmico (n = 23)	Húmico (n = 22)
pH	5,2 a	4,6 b
SB	1,33 a	1,08 a
H ⁺	7,0 b	11,7 a
Al ³⁺	0,5 b	2,0 a
CTC	9,17 b	15,19 a
CTCe	2,12 b	3,51 a
V(%)	16 a	7 b
Areia	828 a	825 a
Silte	73 a	84 a
Argila	99 a	90 a
Atributos	Fulvico-húmico (n = 26)	Hiperhúmico (n = 19)
pH	5,2 a	4,4 b
SB	1,25 a	1,15 a
H ⁺	8,3 a	10,6 a
Al ³⁺	1,0 b	2,4 a
CTC	10,56 b	14,19 a
CTCe	2,24 b	3,58 a
V(%)	15 a ²	9 b
Areia	824 a	831 a
Silte	76 a	82 a
Argila	99 a	90 a
Atributos	Hipoalcalino-solúvel (n = 22)	Alcalino-solúvel (n = 23)
pH	5,1 a	4,6 b
SB	1,19 a	1,22 a
H ⁺	8,0 b ²	10,5 a
Al ³⁺	1,0 b	1,8 a
CTC	10,20 b	13,90 a
CTCe	2,23 b	3,36 a
V(%)	14 a	11 a
Areia	806 a	847 a
Silte	83 a	75 a
Argila	112 a	79 b

⁽¹⁾ Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente a 5%.

⁽²⁾ Significativo a 10%.

CONCLUSÕES

1. O estabelecimento de classes de classificação a partir dos valores do C-FAH, C-HUM e das relações C-FAH/C-FAF e C-EA/C-HUM foi eficiente para a individualização de grupos distintos a partir da comparação com os atributos químicos e físicos, o que valida a proposta de utilização das variáveis relacionadas às frações húmicas para a classificação desses horizontes no 5º ou 6º níveis categóricos (família ou série) do SiBCS, uma vez que os atributos então comparados apresentam influência marcante na fertilidade natural dos solos.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- 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. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, p.65-86, 2008.
- 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, 2003a. 7p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 16), 2003.
- EMBRAPA. CNPS. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- EMBRAPA. CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412p.
- EMBRAPA. CNPS. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006, 306p.
- 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. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 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. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32:2073-2080, 2008b.
- LOBOVA, H. Sur les principes de la subdivision des zones en fâcies. D'après le type d'altération, le type d'humus et le caractere de la salinité des sols. In: AMERYCKX, J. ; DE LEENHEER, L.; DONIS, C.; FRIPIAT, J.; LAUDELOUT, H. MANIL, G.; NOIRFALISE, A.; SCHEYS, G.; STENUIT, D.; TAVERNIER, R.; VAN DEN HENDE, A. (Eds.). Classification des sols. Symposium International. Pedologie, p.165-175, 1965.
- 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. Madison: SSSA ASA. Soil Science Society of America Book, Series, 5. Part 3. Chemical methods. 1996. p.1011-1020.
- 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. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, 2003, 35p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2), 2003.