

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS BRASILEIROS COM ELEVADOS TEORES DE MATERIAL ORGÂNICO¹

Gustavo Souza Valladares²; Marcos Gervasio Pereira³; Lúcia Helena Cunha dos Anjos³;
Adierson Gilvani Ebeling⁴

² Embrapa Monitoramento por Satélite. Av. Dr. Júlio Soares de Arruda, 803, Parque São Quirino. CEP: 13088-300, Campinas-SP. e-mail: gustavo@cnpm.embrapa.br

³ Depto. de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). BR 465, km 7. CEP: 23890-000, Seropédica-RJ. e-mail: gervasio@ufrj.br, lanjoso@ufrj.br

⁴ Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia/Ciência do Solo, UFRRJ. BR 465, km 7. CEP: 23890-000. Seropédica, RJ.

RESUMO: Dentre as classes de solos que ocorrem no território brasileiro, os Organossolos e solos afins, com elevados teores de material orgânico, apresentam pequena extensão territorial mas têm elevada utilização agrícola e grande importância ambiental. Este estudo foi desenvolvido com base em dados de perfis descritos e coletados em levantamentos de solos e trabalhos científicos e técnicos, principalmente da Embrapa e de Universidades brasileiras em várias regiões do país. O objetivo do trabalho foi caracterizar melhor os Organossolos e solos afins no Brasil, com elevado teor de matéria orgânica nos horizontes superficiais, quanto aos atributos morfológicos, físicos e químicos. Foram avaliados os seguintes atributos: cor, consistência, estrutura, densidade, pH em água, pH em KCl, H⁺, Al³⁺, CTC, soma de bases, saturação por bases, nitrogênio total, carbono orgânico, relação C/N, fósforo assimilável e as relações entre alguns desses atributos. São mais comuns no Brasil solos com horizontes hísticos com espessuras de até 120 cm a partir da superfície do solo. A cor dos materiais orgânicos e a estrutura do solo podem apresentar grande variação, predominando as cores escuras e a estrutura maciça e granular. Os solos estudados apresentam baixos valores de densidade do solo, variável esta que se correlaciona negativamente ao teor de carbono orgânico. São predominantemente ácidos, em especial os com materiais sulfídricos, apresentam alta capacidade de troca catiônica, soma de bases muito variável e saturação por bases baixa. A relação C/N apresentou grande variação e se correlacionou negativamente com o pH do solo.

Palavras-chave: turfa, Organossolos, matéria orgânica, propriedades físicas, propriedades químicas, horizonte hístico

CHARACTERIZATION OF SOILS WITH HIGH ORGANIC CARBON CONTENT

ABSTRACT: Amongst the soil classes that occur in the Brazilian territory, the organic soils and soils with high organic matter content account for a small territorial extension but have intense agricultural use and great environmental importance. This study was developed based on soil profiles collected and described in soil surveys for scientific and technical studies, mainly done by Embrapa and Brazilian Universities in some regions of the Country. The objective was to characterize the surface horizons of Brazilian organosols and related soils with respect to their morphological, physical, and chemical attributes. The following attributes were evaluated: color, consistency, structure, density, pH in water, pH in KCl, H⁺, Al³⁺, CEC, sum of bases, base saturation, total nitrogen, organic carbon, C/N ratio and assimilable phosphorus, and the relations between some of these variables. Soils with a histic horizon with depths up to 120 cm from the surface are the most common in Brazil. The color of the organic material and soil structure presented great variation, being the dark colors and the hard and granular structures the predominant ones. The studied soils present low values of soil densities, which correlated negatively with organic carbon content. They are predominantly acid soils, in special with sulfidric materials, present high cation exchange capacity, sum of bases with high variability, and low base saturation. The C/N ratio presented great variability and had negative correlation with soil pH.

Key words: peat, Histosols, organic matter, physical properties, chemical properties, histic horizon

¹Parte da Tese do primeiro autor apresentada ao CPGA-CS da UFRRJ. Projeto financiado pelo CNPq.

INTRODUÇÃO

Existem poucas informações no Brasil sobre Organossolos e solos afins, com elevado teor de matéria orgânica. Este fato é devido principalmente às pequenas extensões territoriais desses solos no País, cerca de 1% de território nacional. Também deve-se aos níveis de detalhamento da maioria dos levantamentos pedológicos que são de reconhecimento ou exploratório, em escalas menores do que 1:250.000, o que limita o seu mapeamento. Aliado a estes fatos, muitas vezes esses solos ocorrem em unidades denominadas complexos de solos. Os trabalhos existentes com tais solos, como os de Couto (1984); Berg et al. (1987); Sakai e Lepsch (1987); Conceição (1989); Lepsch et al. (1990); Mendonça (1999), em sua maioria são pontuais caracterizando solos de um determinado local, sendo exceção o trabalho de Galvão e Vahl (1996), que estudaram os Organossolos do litoral da região sul do País.

O conceito de material orgânico, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2006), que deriva de FAO (1974) e de Estados Unidos (1975) e também é utilizado pelo sistema australiano (Isbell, 1996), é aquele constituído por compostos orgânicos, podendo comportar proporção variavelmente maior ou menor de material mineral, desde que apresente 8% ou mais de carbono orgânico na fração terra fina seca ao ar.

Segundo EMBRAPA (1999), FAO (1991) e Soil Taxonomy (Estados Unidos, 1999), horizonte hístico é um tipo de horizonte definido pela constituição orgânica, resultante de acumulações de resíduos vegetais depositados superficialmente, ainda que, no presente, possa encontrar-se recoberto por horizontes ou depósitos minerais e mesmo camadas orgânicas mais recentes.

O horizonte diagnóstico hístico (O ou H), é formado por material orgânico constituído por compostos orgânicos, podendo comportar material mineral em proporções variáveis (Santos et al., 2006). Os horizontes hísticos apresentam propriedades morfológicas e físicas particulares, que variam com o teor de carbono orgânico (C) e o grau de decomposição do material orgânico (Couto, 1984; Conceição, 1989; Mendonça, 1999). Na literatura, vários são os trabalhos que empregam atributos morfológicos, físicos e químicos no estudo ou classificação dos Organossolos (Andriessse, 1988; FAO, 1988; Isbell, 1996; Canada, 1998; Estados Unidos, 1998; Santos et al., 2006; D'Amore e Lynn, 2002; Kalbitz e Geyer, 2002; Wüst et al., 2003; Arnalds, 2004).

No Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS – Santos et al., 2006), Organossolos é a classe de solos constituídos por material orgânico proveniente de acumulações de restos de vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal a

muito mal drenados, ou em ambientes úmidos de altitude elevada, que estão saturados com água por poucos dias no período chuvoso, de coloração preta, cinzenta, muito escura ou marrom e com elevados teores de carbono orgânico.

A composição química dos solos com elevado teor de matéria orgânica é influenciada diretamente pela porção mineral, pela natureza do material orgânico, pelo grau de decomposição da matéria orgânica e pela composição química da água de formação, o que contribui para que ocorra uma ampla variação na composição do complexo sortivo desses solos entre si e entre os horizontes de um mesmo solo (Andriessse, 1988; Galvão e Vahl, 1996). Vários são os trabalhos que fazem inferência a atributos químicos dos Organossolos (Couto, 1984; Sakai e Lepsch, 1984; Sakai e Lepsch, 1987; Andriessse, 1988; Conceição, 1989; Galvão e Vahl, 1996; Mendonça, 1999; Scott et al., 2001; D'Amore e Lynn, 2002; Blombäck et al., 2003; Keller et al., 2004)

O objetivo deste trabalho foi caracterizar alguns atributos morfológicos, físicos e químicos de Organossolos e solos afins, com elevados teores de matéria orgânica, que ocorrem no Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados e utilizados dados provenientes de vários perfis de solos de diferentes regiões edafoclimáticas do Brasil, que foram objeto de estudos de Reuniões de Correlação e Levantamentos de Solos realizados pelas seguintes instituições: Embrapa, IAC, universidades de vários estados, entre outras. Com as informações de um total de 129 perfis, foi montado um banco de dados, no qual estão presentes a descrição da área de coleta dos perfis, propriedades morfológicas e algumas análises químicas e físicas do solo. Para a introdução das informações obtidas, foram elaborados três formulários, usando o programa Microsoft Access97, referentes à descrição da área, à descrição morfológica e dados analíticos, como também três tabelas, uma para cada um desses conjuntos de variáveis. Dentre os perfis, 63% são da região sudeste, 10% da nordeste, 15% da sul, 10% da centro-oeste e 2% da norte.

Os dados referentes às variáveis espessura total dos horizontes orgânicos, cor, consistência, estrutura, textura, densidade do solo (Ds), densidade das partículas (Dp), pH em água, pH em KCl, H^+ , Al^{3+} , valor T, valor S, valor V, nitrogênio total, carbono orgânico, relação C/N e fósforo assimilável foram analisados por métodos de estatística descritiva e análises de correlação linear simples de Pearson, utilizando-se o programa Microsoft Excell97. Para a Ds foram analisadas todas as amostras com C superior a 50 g kg^{-1} . Os

métodos de análises de solos foram variáveis, pois cada laboratório segue uma metodologia, seja da Embrapa, do IAC ou de outro órgão.

Para a criação do banco de dados, foram utilizados perfis de Organossolos e Solos com elevados teores de material orgânico. A seguir segue a classificação dos perfis segundo o SiBCS (Santos et al., 2006): 97 Organossolos, 11 Neossolos Litólicos, 11 Cambissolos e 10 Gleissolos. A distribuição de uso e cobertura dos solos nos locais onde os perfis foram coletados é a seguinte: 1% extração de argila, 15% culturas anuais, 19% pasto sujo, 13% pastagem plantada, 2% coqueirais, 3% capoeira, 18% campo nativo, 22% floresta ou mata e 7% espécies rupícolas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Espessura dos horizontes orgânicos

Os perfis com espessura total de horizontes hísticos igual a 20 cm correspondem a 16% dos perfis estudados, representados principalmente por Neossolos Litólicos, Cambissolos e Gleissolos, segundo o SiBCS (Santos et al., 2006).

Perfis com espessuras superiores a 120 cm de material orgânico (Figura 1) são menos freqüentes (18%), indicando ser comum o surgimento de horizontes minerais dentro dessa profundidade. Porém Sakai e Lepsch (1987) verificaram a existência de perfis com grande espessura de material orgânico no Vale do Ribeira, São Paulo, onde constataram espessuras superiores a 300 cm, sem atingir o material mineral.

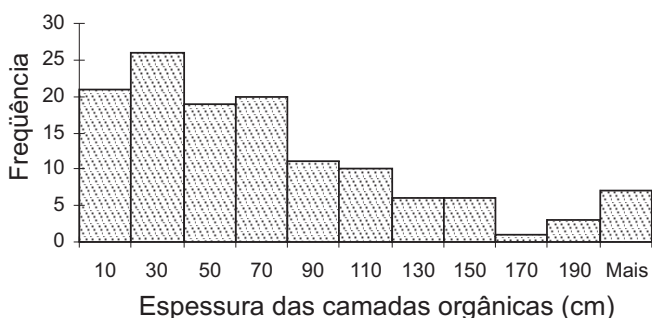


Figura 1 - Espessura total do material orgânico nos perfis estudados.

Os perfis estudados, formados em condições de hidromorfismo, tendem a ser mais espessos, quando comparados aos perfis formados em condições de altitude onde as baixas temperaturas desfavorecem a decomposição da matéria orgânica. Perfis com estas características podem ser encontrados na Serra da Baitaca, proximidades de Curitiba, PR, no Parque Nacional de Itatiaia em regiões altimontanas no Estado de Minas Gerais, como na Serra do Brigadeiro, Parque Nacional do Caparaó entre outros (Benites, 2002). Para

os solos que possuem horizontes hísticos formados sob esta condição, são raros no Brasil os com espessura superior a 100 cm, concentrando-se a maioria na faixa de espessura do horizonte hístico inferior a 60 cm.

Cor

Nos horizontes hísticos predominam cores escuras nas amostras úmidas com baixo valor e croma, sendo a cor preta a mais freqüente (Tabela 1), verificando-se também cores cinzentas e brunadas. São observadas em alguns horizontes cores mais claras, como cinzento e bruno claro acinzentado, constatando-se o predomínio do matiz 10YR e do matiz neutro (N). As cores secas seguem a mesma tendência observada para as amostras úmidas (Tabela 1), com predomínio da cor preta, porém com menor freqüência. Os resultados apresentados demonstram que existem solos com cores claras que ao serem analisados quanto ao teor de carbono orgânico, apresentam valores (8%) de carbono orgânico suficientes para classificá-los como horizontes hísticos.

Consistência

A Tabela 2 apresenta as freqüências e as proporções percentuais das classes de consistência seca, úmida e molhada. Observa-se que a maioria dessas amostras (81%) apresenta consistência dura ou muito dura quando seca, o que dificulta o manuseio e preparo do solo quando este se apresenta seco. Portanto, a secagem extrema de solos com horizontes hísticos, além de favorecer a subsidência e resultar em dificuldade de reumedecimento das amostras (Dekker e Ritsema, 2000), dificulta também seu manejo agrícola.

A dificuldade de reumedecimento, pode ser denominada de hidrofobicidade ou de repelência do solo à água (Pérez et al., 1998; Bauters et al., 2000). Pérez et al. (1998), trabalhando com amostras de solos arenosos e com elevados teores de carbono orgânico de diferentes regiões do Brasil, verificaram que alcanos de alto peso molecular originados da vegetação local eram os responsáveis pela hidrofobicidade. Essa propriedade de repelência à água, dificultando o reumedecimento do solo, pode causar problemas na execução de análises no laboratório, uma vez que são utilizadas soluções aquosas para a realização de algumas análises e, no campo, pode comprometer o desenvolvimento vegetal. A água que chega à superfície dos solos com propriedades hidrofóbicas tende a se infiltrar por caminhos preferenciais, não umedecendo o solo com eficiência, diminuindo assim as propriedades filtrantes, o que pode causar contaminação do lençol freático (Bauters et al., 2000).

A grande maioria dos horizontes hísticos apresenta consistência úmida friável (63%), indicando o fácil manuseio nesta condição de umidade, inferindo que esses solos não devem ser extremamente drenados para utilização agrícola.

Tabela 1 - Frequência, nome e matiz das cores dos horizontes hísticos estudados.

Nome/Matiz (úmido)	2YR	5YR	7,5YR	10YR	2,5Y	5Y	N	Total	%
Bruno muito escuro				13				13	5,1
Bruno-acinzentado				2	1			3	1,2
Bruno-acinzentado muito escuro				7				7	2,7
Bruno-acinzentado-escuro				4	1			5	2,0
Bruno-amarelado-escuro				1				1	0,4
Bruno-avermelhado-escuro		6						6	2,3
Bruno-claro-acinzentado				1				1	0,4
Bruno-escuro			7	2				9	3,5
Bruno-forte			1					1	0,4
Cinzeno				6			2	8	3,1
Cinzeno escuro				9			2	11	4,3
Cinzeno muito escuro			1	16		1	16	34	13,3
Cinzeno-brunado-claro				2				2	0,8
Cinzeno-oliváceo-escuro						2		2	0,8
Preto		7	3	63	3		76	152	59,4
Preto avermelhado	1							1	0,4

Nome/Matiz (seco)	5YR	7,5YR	10YR	2,5Y	N	Total	%
Bruno muito escuro		3	5			8	9,9
Bruno-acinzentado			3			3	3,7
Bruno-acinzentado muito escuro			1			1	1,2
Bruno-acinzentado-escuro			4	4		8	9,9
Bruno-claro-acinzentado			3			3	3,7
Bruno-escuro		3	1			4	4,9
Bruno			5			5	6,2
Cinzeno escuro			1		1	2	2,5
Cinzeno muito escuro	1		7		10	18	22,2
Cinzeno-brunado-claro			3			3	3,7
Cinzeno-rosado		1				1	1,2
Preto	1	3	14	1	6	25	30,9

Tabela 2 - Frequências e proporções percentuais das classes de consistência seca, úmida e molhada para os horizontes hísticos.

Consistência seca	Muito dura	Dura	Ligeiramente dura	Macia	Solta
Frequência	36	30	8	6	2
Proporção	44%	37%	10%	7%	2%

Consistência úmida	Solta	Muito friável	Friável	Firme	Extremamente firme
Frequência	2	28	73	12	1
Proporção	2%	24%	63%	10%	1%

Pegajosidade	Não pegajoso	Ligeiramente pegajoso	Pegajoso	Muito pegajoso
Frequência	36	63	50	21
Proporção	21%	37%	30%	12%

Plasticidade	Não plástico	Ligeiramente plástico	Plástico	Muito plástico
Frequência	29	52	72	17
Proporção	17%	31%	42%	10%

Observa-se predomínio da classe ligeiramente pegajosa (37%) na avaliação da consistência molhada (pegajosidade), o que pode ser um reflexo da presença de fibras e tecidos vegetais nas amostras, diminuindo a sua pegajosidade. Tal comportamento indica que mesmo quando molhados ou encharcados, a maioria desses materiais orgânicos é de fácil manuseio, pois não tendem a aderir-se às ferramentas. Horizontes classificados como pegajosos correspondem a 30% e muito pegajosos 12%.

A grande maioria das amostras (73%) apresenta consistência molhada (plasticidade) plástica ou ligeiramente plástica, indicando certa facilidade em serem moldadas. Horizontes com elevados teores de resíduos vegetais praticamente não decompostos (fíbricos), tendem a apresentar baixa plasticidade. Já horizontes com material orgânico mais decomposto (sáprico), normalmente apresentam maior plasticidade. A granulometria do substrato mineral também exerce forte influência nesta propriedade. Amostras que possuem uma maior participação da fração mineral constituída por areia ou cascalho tendem a apresentar-se não plásticas e não pegajosas, já as com materiais mais argilosos possuem características opostas a estas.

Estrutura

Verificou-se uma relativa diversidade de tipos de estrutura quando na avaliação dos horizontes hísticos, como pode ser observado na Figura 2. Foi verificada até a estrutura em grãos simples, descrita para um horizonte subsuperficial, cujo substrato mineral tem textura arenosa e apresenta 12% de carbono orgânico (Dubroeuq e Volkoff, 1998). Algumas estruturas foram descritas como grumosas, o que talvez possa corresponder à estrutura granular muito pequena, como pode ser observado em algumas descrições de

perfis realizadas por pedólogos brasileiros (Sakai e Lepsch, 1984; Sakai e Lepsch 1987). Alguns horizontes hísticos foram classificados como apédicos, ou ainda variações dessa como apédico fibroso, podendo ser classificada como maciça ou maciça fibrosa ou com fibras. Outro tipo de estrutura descrito, que provavelmente se ajuste a essa descrição de maciça, é a do tipo sem agregação aparente.

A drenagem de solos com horizontes hísticos formados em condições de drenagem impedida desencadeia o processo de contração do material orgânico, que submetidos a sucessivos ciclos de umedecimento e secagem, favorecem a agregação do solo e assim a mudança no seu tipo de estrutura. A drenagem também acelera o processo de mineralização da matéria orgânica, diminuindo o teor de fibras e com a produção de compostos orgânicos de natureza coloidal, o que também tende a favorecer a agregação do solo. Assim, os horizontes hísticos em condições de boa drenagem possuem predominantemente estruturas com unidades individualizadas do tipo granular (45%), blocos (16%) e até mesmo a prismática. Os tamanhos e graus são variados, desde muito pequeno até grande. Os graus de estruturação mais fortes parecem estar associados a horizontes onde a drenagem artificial foi mais intensa ou ocorreu por mais tempo, assim ficam secos por um maior período de tempo ao longo do ano. Os horizontes que ficam permanentemente molhados ou muito úmidos, normalmente apresentam grau fraco de desenvolvimento dos agregados ou estrutura maciça (44%), devido o ambiente não favorecer os ciclos de umedecimento e secagem (Couto, 1984; Conceição, 1989; Mendonça, 1999; Santos et al., 2005). A Figura 2 apresenta a freqüência dos tipos de estrutura nos horizontes hísticos estudados.

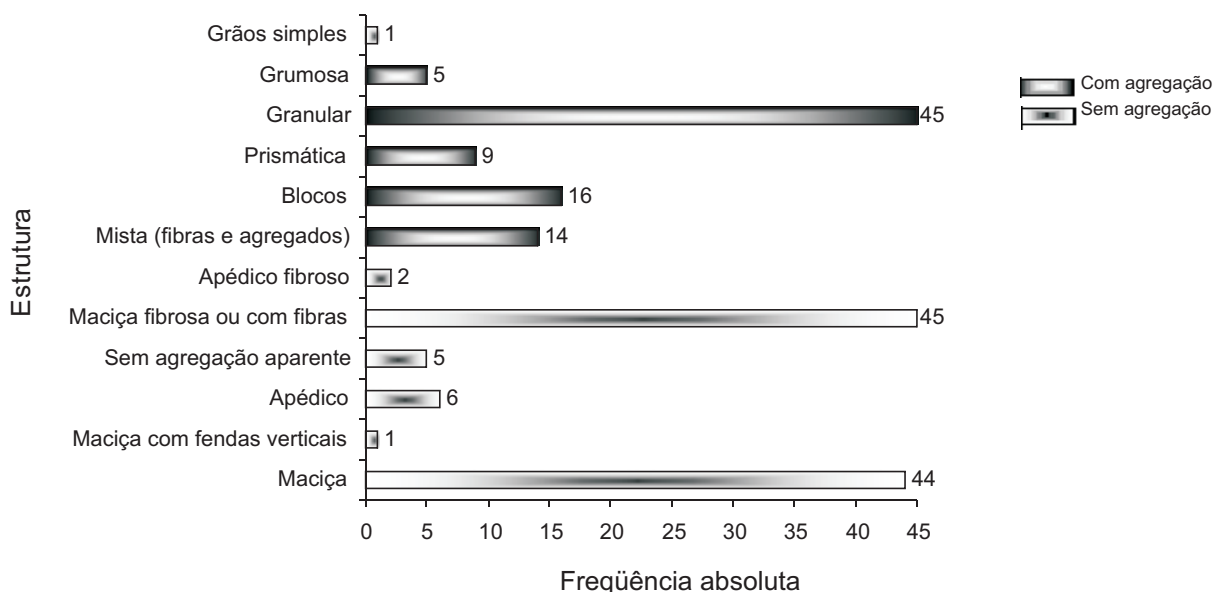


Figura 2 - Freqüência dos tipos de estruturas descritos nos horizontes hísticos.

Os horizontes superficiais de solos sob vegetação primária, principalmente arbustiva arbórea, podem apresentar estrutura do tipo mista ocorrendo agregados (blocos ou granular etc.) em conjunto com fibras e restos vegetais, podendo ser verificado ainda caules, folhas, pecíolos e outros fragmentos vegetais.

Densidade do solo e das partículas

A densidade do solo (D_s) nos horizontes hísticos e com teores de carbono orgânico maiores do que 50 g kg^{-1} pelo método da Embrapa (1979 ou 1997), variou de $0,05$ a $1,06 \text{ Mg m}^{-3}$, com média $0,57$, mediana $0,64$ e a classe modal entre $0,60$ e $0,75 \text{ Mg m}^{-3}$. Valores nessa magnitude foram também encontrados por Conceição et al. (1999). Segundo INCORA (1974), na Colômbia são mais comuns os valores inferiores a $0,50$. Estes resultados diferem dos verificados nos solos brasileiros, o que pode ser explicado pelo efeito da altitude na qualidade da matéria orgânica (espécies vegetais) e da natureza dos componentes da fração mineral, que podem apresentar minerais amorfos como alofanos.

Observa-se uma distribuição assimétrica dos valores de densidade do solo, diferente da distribuição normal (Figura 3). Horizontes com densidades iguais ou inferiores a $0,15 \text{ Mg m}^{-3}$, ocorrem em baixa proporção (12%), colocando em dúvida o limite de $0,15$ para D_s , utilizado no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 1999) como critério para separar os Organossolos Háplicos dos Mésicos no segundo nível categórico. Este comportamento sugere que talvez seja mais interessante utilizar a D_s como uma característica acessória e não como critério diagnóstico para diferenciar subordens nos Organossolos. Outro ponto limitante ao emprego desse atributo, é o fato da D_s ser uma característica facilmente alterável pela compactação do solo, seja por máquinas ou pisoteio animal, e pela subsidência e mineralização da matéria orgânica, conseqüentes à drenagem dos Organossolos. Estes dados demonstram coerência na revisão do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2003).

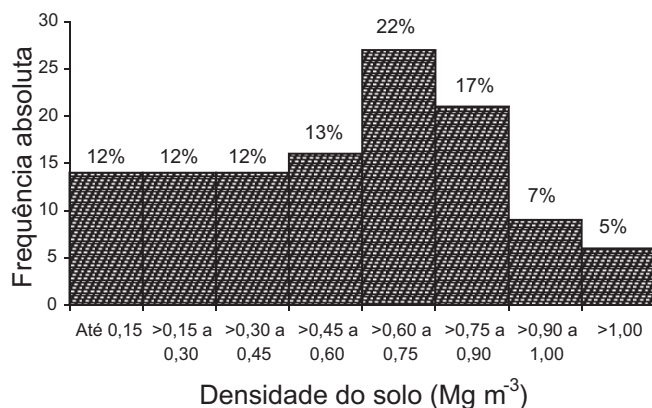


Figura 3 - Histograma da densidade do solo nos horizontes hísticos de solos brasileiros.

A Figura 4a apresenta o diagrama de dispersão e a regressão da D_s em função do teor de carbono orgânico. Apesar do coeficiente de determinação não ser elevado ($r^2=0,24$), o coeficiente linear da equação é significativo $0,1\%$.

A regressão indica que com o aumento do teor de carbono no solo ocorre diminuição da densidade, o que é explicada pela baixa densidade da matéria orgânica em relação à da fração mineral do solo. Além disso, maiores teores de C também podem estar associados à melhoria da agregação e aumento da macroporosidade e conseqüente redução da D_s . Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores (Conceição, 1989; Conceição et al., 1999; Mendonça, 1999; D'Amore e Lynn, 2002).

Quanto à densidade das partículas (D_p), observa-se uma variação de $0,99$ a $2,83 \text{ Mg m}^{-3}$, com média de $1,68 \text{ Mg m}^{-3}$ e mediana de $1,54 \text{ Mg m}^{-3}$. Valores de densidade superiores a $2,50 \text{ Mg m}^{-3}$ para horizontes hísticos são muito elevados para materiais dessa natureza (Brady e Weil, 1996), indicando que podem haver incorreções nos métodos empregados na análise de algumas amostras. INCORA (1974) cita valores médios de $0,98$ em solos na Colômbia.

pH e acidez do solo

Valores de pH em água dos horizontes orgânicos variaram de $1,7$ a $6,5$ com média de $4,4$, mediana de $4,5$ e moda de $4,5$. Ainda com referência a esta propriedade, do total de 254 horizontes, 11% apresentam pH em água igual ou inferior a $3,5$, valor de referência para a identificação da presença de materiais sulfídricos (Santos et al., 2006), e somente 3% apresentaram valores de pH superior a $5,5$, valor geralmente tomado como limite inferior para o desenvolvimento adequado da maioria das plantas cultivadas. Os valores de pH em KCl, normalmente menores do que em água, variaram de $1,4$ a $6,3$, com média de $3,6$, mediana de $3,7$ e moda de $4,0$. A correlação entre os valores de pH em água e em KCl foi elevada ($r = 0,82$, significativo a $p \leq 0,05$) (Tabela 3).

Os valores de Al^{3+} variaram de $0,0$ a $58,7 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, com média de $5,8$, mediana de $3,8$ e classe modal entre $1,1$ e $2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Os valores de H^+ variaram de $0,0$ a $142,9 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, com média de $35,8$, mediana de $30,1$ e classe modal entre $10,1$ e $20,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Os teores de Al^{3+} apresentaram correlação negativa com o pH em água, indicando que redução dos teores do elemento com o aumento do pH ($r=-0,56$, significativo a $p \leq 0,05$) (Tabela 3).

A elevada acidez dos horizontes hísticos, seja pelos elevados teores de ácidos orgânicos ou por tiomorfismo, pode causar superestimativa nos teores de Al trocável, assim faz-se necessário o desenvolvimento de pesquisas que testem a eficiência da

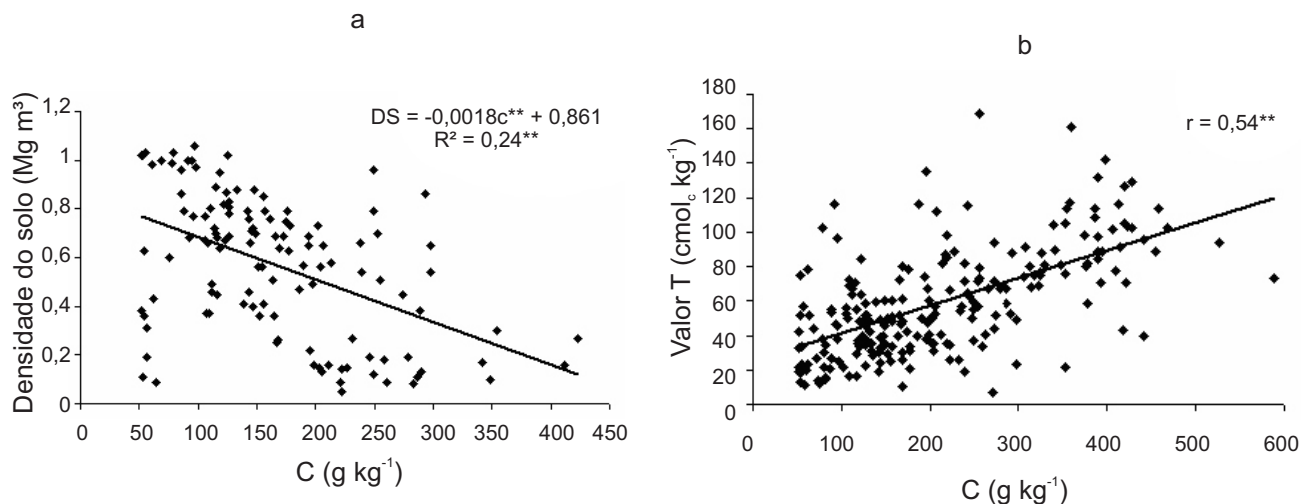


Figura 4 - Relação entre a densidade do solo (Ds) e o teor de carbono orgânico (C) e do Valor T com o C (a e b, respectivamente) nos horizontes hísticos de solos brasileiros. Coeficiente r^2 e r significativos a 0,1%.

determinação do Al trocável pelos métodos padrões Embrapa (1979 e 1997) para amostras com elevados teores de matéria orgânica. Deve-se também investigar se há toxidez às culturas nesses solos por Al trocável ou se a matéria orgânica por complexação elimina o efeito da toxidez, se isso ocorrer, não faz sentido classificar Organossolos, mesmo em níveis inferiores, quanto ao teor ou saturação por alumínio.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação entre alguns atributos químicos dos solos.

	C	pH água	pH KCl	Al ³⁺
pH água	-	-	0,82*	-0,56*
Valor T	0,54*	-	-	-
Valor S	0,31*	-	-	-
Valor V	-	0,34*	-	-
N	0,62*	-	-	-
C/N	-	-0,56*	-	-
P	0,04 ^{ns}	-	-	-

* - coeficientes de correlação significativos a 5% de probabilidade.

CTC do solo (Valor T)

O valor T apresentou correlação positiva e significativa ($r=0,54$, significativo a $p \leq 0,05$ – Tabela 3) com os teores de C orgânico (Figura 4b). O resultado da análise estatística, apesar de obtido com dados gerados em diferentes épocas e por diferentes laboratórios, evidencia a alta correlação da CTC com o teor de matéria orgânica dos solos.

O valor T variou de 6,7 a 168,8, com média de 59,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. De um total de 220 amostras de horizontes

com mais de 5% de carbono orgânico, 57% das amostras apresentam valor T entre 27 e 75 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, valor considerado alto quando comparado ao observado em solos minerais. Somente 15% das amostras apresentou valores inferiores a 27 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Soma de bases (Valor S) e saturação por bases (Valor V)

O valor S variou de 0,2 (muito baixo) a 96,3 (muito alto), sendo a média de 13,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. De um total de 227 amostras de horizontes com mais de 5% de carbono orgânico, 29% das amostras apresentaram valor S menor ou igual a 3,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, demonstrando que muitos dos solos estudados são de baixa fertilidade natural e, se cultivados, pode necessitar de adubações, sejam estas minerais ou orgânicas. Porém, a maioria apresenta elevado valor S. Destaca-se, entretanto, que podem ainda haver limitações quanto à fertilidade dos solos, já que em alguns solos com alto valor S, ocorrem teores elevados de Na e Mg, indicando a presença de salinidade. Galvão e Vahl (1996), trabalhando com Organossolos do litoral da região sul do País, verificaram predomínio dos teores de magnésio quando comparados aos de cálcio na maioria das amostras. Foi verificada correlação positiva entre o valor S e o teor de carbono orgânico (Tabela 3), porém menos expressiva do que a observada para o valor T, com $r = 0,31$ ($p \leq 0,05$).

A saturação por bases variou de 1 a 80%, com 62% dos valores iguais ou inferiores a 20% e 91% dos valores iguais ou inferiores a 50%. Esses resultados expressam o predomínio do H⁺ no complexo sortivo do solo, confirmando a hipótese de que a alta CTC dos Organossolos não se traduz diretamente em alta fertilidade natural. A saturação por bases apresentou

correlação positiva com os valores de pH em água ($r = 0,34$, significativo a $p < 0,05$ – Tabela 3)

Nitrogênio

Os teores de nitrogênio total variaram de 0,5 a 34,5 g kg⁻¹, com valor médio de 12,9 g kg⁻¹. Mesmo com a grande diversidade de épocas e de laboratórios que analisaram as amostras, os teores de N apresentaram boa correlação com os teores de C orgânico do solo ($r = 0,62$, $p \leq 0,01$ – Tabela 3), indicando que, quanto mais elevados forem os teores de carbono do solo, maiores serão os teores de nitrogênio total. Porém, a avaliação da disponibilidade de N para as culturas não deve ser baseada somente no teor total de N, mas também na relação C/N. Nos horizontes hísticos, em dados compilados a partir dos levantamentos, a relação C/N variou de 5 a 99, com média de 19,9. Quanto à distribuição da relação C/N, a maioria das amostras apresentou valores entre 10 e 30 e, horizontes com C/N superior a 50 ocorrem com menor frequência.

Os valores da relação C/N apresentaram correlação negativa e significativa a 1% ($r = -0,56$) com os valores de pH em água (Tabela 3), indicando que quanto maior a relação C/N, o solo tenderá a ser mais ácido e, conseqüentemente, menor o grau de decomposição do material orgânico. Em solos com alta relação C/N é comum a deficiência do nitrogênio para as culturas, por haver grande competição do N com os microorganismos, onde este elemento fica imobilizado. E por outro lado o nitrogênio também é deficiente aos microorganismos decompositores, que têm sua população reduzida e nesse processo, a decomposição/mineralização da matéria orgânica torna-se mais lenta.

Fósforo

Os teores de fósforo (P) assimilável variaram de valores próximos a zero até 78 mg kg⁻¹, com média de 7 mg kg⁻¹. Os teores de P foram considerados baixos para a maioria das amostras, já que 82% dos horizontes apresentam valores iguais ou inferiores a 10 mg kg⁻¹ de P assimilável. Os teores de P não apresentaram correlação significativa, ao nível de significância testado com os teores de C orgânico (Tabela 3), sendo o coeficiente $r = 0,04$.

CONCLUSÕES

1. São mais comuns no Brasil solos com horizontes hísticos com espessuras de até 120 cm a partir da superfície do solo. Os materiais orgânicos podem apresentar grande variação de cor, predominando as escuras, porém cores mais claras também são observadas. A estrutura se apresenta muito variável, sendo a maciça e a granular os tipos predominantes.

2. Os solos estudados apresentam baixos valores de densidade do solo, variável esta que se correlaciona negativamente com o teor de carbono orgânico. São predominantemente ácidos, em especial os com materiais sulfídricos; apresentam alta capacidade de troca catiônica, soma de bases muito variável e saturação por bases baixa.

3. A relação C/N apresentou grande variação e se correlacionou negativamente com o pH do solo, indicando que quanto mais ácido for o horizonte do solo menor o grau de decomposição do material orgânico.

AGRADECIMENTOS

A todas as pessoas entre pesquisadores, professores, técnicos e estagiários que de alguma maneira viabilizaram a execução desse trabalho. Ao CNPq pelo apoio financeiro, CAPES e FAPERJ pelas bolsas concedidas. Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia / Ciência do Solo da UFRRJ.

REFERÊNCIAS

- ANDRIESSE, J. P. **Nature and management of tropical peat soils**. Rome, FAO, 1988. (FAO SOILS BULLETIN 59).
- ARNALDS, O. **Volcanic soils of Iceland**. *Catena*, v. 56, p. 3-20, 2004.
- BAUTERS, T. W. J.; STEENHUIS, T. S.; DICARLO, D. A.; NIEBER, J. L.; DEKKER, L.W.; RITSEMA, C. J.; PARLANGE, J. Y.; HAVERKAMP, R. Physics of water repellent soils. **Journal of Hydrology**, v. 231-232, p. 233-243, 2000.
- BENITES, V. M. **Caracterização de solos e de substâncias húmicas em áreas de vegetação rupestre de altitude**. 2002. 71f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BERG, M. van den; LEPSCH, I. F.; SAKAI, E. Solos de planícies aluviais do vale do Rio Ribeira de Iguape, SP: II. Relações entre características físicas e químicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 11, p. 315-321, 1987.
- BLOMBÄCK, K.; ECKERSTEN, H.; LEWAN, E.; ARONSSON, H. Simulations of soil carbon and nitrogen

dynamics during seven years in a catch crop experiment. **Agricultural Systems**, v. 76, p. 95-114, 2003.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soil**. 11st ed. Upper Saddle River, New Jersey: USA. 740 pp. 1996.

CANADA. **Le système canadien de classification des sols**. 3.ed. Ottawa, Agriculture et Agroalimentaire, Canada Publication 1646, 1998. 187p.

CONCEIÇÃO, M. **Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí - Santa Cruz, RJ**. Itaguaí, RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1989. 123p. (Tese de Mestrado).

CONCEIÇÃO, M.; MANZATTO, C. V.; ARAÚJO W. S.; MARTIN NETO, L.; SAAB, S. C.; CUNHA, T. J. F.; FREIXO, A. A. **Caracterização de solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro, propriedades físicas e morfológicas como subsídios à classificação**. Rio de Janeiro, Pesquisa Andamento - Embrapa Solos, n. 4, 1999. 6p.

COUTO, E. G. **Caracterização, gênese e uso de solos utilizados pelos agricultores do alto vale do Rio Arrojado, Bahia**, 1984. 119p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

D'AMORE, D. V; LYNN, W. C. Classification of Forested Histosols in Southeast Alaska. **Soil Science Society American Journal**, v. 66, p. 554-562, 2002.

DEKKER, L. W.; RITSEMA, C. J. Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils. **Journal of Hydrology**, v. 231-232, p. 148-164, 2000.

DUBROEUCQ, D.; VOLKOFF, B. From Oxisols to Spodosols and Histosols: evolution of the soil mantles in the Rio Negro basin (Amazonia). **Catena**, v. 32, p. 245-280, 1998.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. 1v. p. irregular.

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

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de

Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

ESTADOS UNIDOS. **Keys to Soil Taxonomy**. 8.ed., Washington, United States Department of Agriculture (USDA), 1998. 327p.

FAO. **Soil map of the world: revised legend**. Rome, World Soil Resources Report, 60; FAO, 1988. 143p. Technical paper 20 – ISRIC Wageningen.

GALVÃO, F. A. D.; VAHL, L. C. Propriedades químicas dos solos orgânicos do litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, p. 131-135. 1996.

INCORA – Instituto Colombiano de la Reforma Agraria. **Mapificación caracterización Y clasificación de los suelos orgánicos del Valle de Sibundoy**. Bogotá, INCORA, 1974. 148p.

ISELL, R. F. **The Australian soil classification**. Collingwood, CSIRO, 1996. 143p.

KALBITZ, K.; GEYER, S. Different effects of peat degradation on dissolved organic carbon and nitrogen. **Organic Geochemistry**, v. 33, p. 319-326, 2002.

KELLER, J. K.; WHITE, J. R.; BRIDGHAM, S. D.; PASTOR, J. Climate change effects on carbon and nitrogen mineralization in peatlands through changes in soil quality. **Global Change Biology**, v. 10, p. 1053-1064, 2004.

LEPSCH, I. F.; QUAGGIO, J. A.; SAKAI, E.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J. M. A. da S. **Caracterização, classificação e manejo agrícola de solos orgânicos do vale do Rio Ribeira de Iguape, SP**. Campinas: Instituto Agronômico, 1990. 58p. (Boletim técnico, 131).

MENDONÇA, M. M. **Diagnóstico de propriedades edáficas em áreas agrícolas e de floresta com elevado teor de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro**. 1999. 195p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

PÉREZ, D. V.; SIMÃO, S. M.; SALATINO, A. Identificação e caracterização da repelência à água em alguns solos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 197-207, 1998.

SAKAI, E; LEPSCH, I. F. **Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Pariqueira-Açu**. Instituto Agronômico. Campinas. 56p. 1984.

(Boletim Técnico Nº 83).

SAKAI, E; LEPSCH, I. F. **Levantamento pedológico detalhado e distribuição espacial de características dos solos do Pôlder Registro-I, SP.** Campinas, Instituto Agrônômico, 1987. 56p. (Boletim Científico Nº 10).

SANTOS, H. G.; COELHO, M. R.; ANJOS, L. H. C.; JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; OLIVEIRA, J. B.; CARVALHO, A. P.; FASOLO, P. J. **Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 56p. (Embrapa Solos. Documentos; n. 53).

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema**

Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. v. 1. 306 p.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo.** 5. ed. Viçosa, MG: Editora Folha de Viçosa Ltda., 2005. v. 1. 100 p.

SCOTT, M. J.; JONES, M. N.; WOOF, C.; SIMON, B.; TIPPING, E. The molecular properties of humic substances isolated from a UK upland peat system. A temporal investigation. **Environment International**, v. 27, p. 449-462, 2001.

WÜST, R. A. J.; BUSTIN, R. M.; LAVKULICH, L. M. New classification systems for tropical organic-rich deposits based on studies of the Tasek Bera Basin, Malaysia. **Catena**, v. 53, p. 133-163, 2003.

Recebido:30/10/2006

Aceito: 05/02/2007