

ATRIBUTOS FÍSICOS DE LATOSSOLOS ÁCRICOS DO NORTE PAULISTA¹

L.R.F. ALLEONI

Seção de Algodão - IAC, C.P. 28 - CEP 13020-902 - Campinas, SP

O.A. de CAMARGO²

Seção de Pedologia - IAC, C.P. 28 - CEP 13020-902 - Campinas, SP.

RESUMO: Neste trabalho foram quantificadas a argila dispersa em água (ADA), a água disponível (AD) e a superfície específica (SE) de amostras superficiais e subsuperficiais de três latossolos ácricos paulistas. Estes atributos foram relacionados com a carga elétrica líquida, o ponto de efeito salino nulo e o potencial elétrico superficial. As quantidades de argila dispersa em água diminuíram bastante em profundidade, tendo seus valores variado de 0 a 2% no horizonte B. Nestas camadas, a densidade de carga elétrica, o potencial elétrico superficial e o Δ pH estiveram próximos da neutralidade, favorecendo a floculação dos colóides. Os teores de água disponível foram baixos em todas as amostras (<6%), com exceção da camada superficial de um dos latossolos, onde o teor foi médio (6-12%). Os baixos valores refletiram a forte microagregação destes solos, cujo movimento e retenção de água são similares aos de solos arenosos. Os valores de superfície específica de todas as amostras foram baixos (variando de 42 a 104m²/g), resultado da predominância de minerais caulínicos e oxídicos na fração argila dos solos. Foi observado efeito positivo da matéria orgânica e dos óxidos de ferro nos valores de SE ao longo dos perfis.

Descritores: solos ácricos, argila dispersa em água, água disponível, superfície específica.

PHYSICAL ATTRIBUTES OF ACRIC OXISOLS FROM THE STATE OF SÃO PAULO - BRAZIL

ABSTRACT: Physical attributes, i.e. water dispersible clay (WDC), available water (AW) and specific surface area (SSA) of surface and subsurface samples of three acric Oxisols from the São Paulo State - Brazil (two dusky red and one Una variant latosol) were studied. WDC decreased markedly with depth and their values were 0 and 2% for the B horizon. In that layer, electric charge density, surface potential and Δ pH were close to zero, promoting colloid flocculation. Amounts of AW were low (<6%) in all samples, with exception of the surface layer from one of the dusky red latosols, for which available water was medium (6-12%). Those low values reflected strong microaggregation of the acric Oxisols, whose water retention and movement are similar to sandy soils. SSA had small values, varying from 42 to 104m²/g, as a result of a predominance of kaolinite and oxides in the soil clay fraction. A positive correlation was obtained between SSA and the amounts of organic carbon and iron oxides.

Key Words: acric Oxisols, water dispersible clay, available water, specific surface area.

INTRODUÇÃO

Os solos ácricos são resultantes de intenso processo de intemperismo. Devido a isso, são normalmente profundos, atingindo espessura de vários metros, variando de argilosos a muito argilosos, sendo bastante friáveis e com fraco desenvolvimento de macroestrutura no horizonte B. A diferenciação entre horizontes é pouco nítida, sendo difícil separá-los sem que haja alguma arbitrariedade na demarcação dos limites.

A sensação de areia conferida a esses solos e observada por OLIVEIRA & PRADO (1987), é consequência de uma microagregação muito forte, oriunda de intenso processo de floculação e cimentação das partículas primárias. Isso permite que a infiltração e a percolação de água sejam livres ao longo do perfil (SHARMA & UEHARA, 1968). Estes processos, segundo PARAMANANTHAN & ESWARAN (1980), estão bem evidenciados em oxissolos altamente intemperizados, como os ácricos, pois a intensidade

¹ Parte da Dissertação de Mestrado apresentada pelo primeiro autor à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, para obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas.

² Bolsista do CNPq.

destas propriedades parece estar relacionada com o grau de intemperização e o teor de ferro livre no solo.

Com relação à superfície específica, sabe-se que ela influencia significativamente os atributos físico-químicos do solo, já que as reações físicas e químicas processam-se, em grande parte, na superfície de seus colóides (MORTLAND, 1954; GROHMANN, 1972a).

Outro atributo físico importante é a argila dispersa em água (ADA), que constitui importante fator na ocorrência de encrostamento superficial, taxa de infiltração e escoamento superficial de água (LEVY et al., 1993). Quando os macroagregados do solo (que são agregados maiores que 250mm, segundo OADES, 1984) se quebram e, concomitantemente, os valores de ADA são altos, a porosidade do solo diminui, podendo dificultar de maneira acentuada a movimentação de água no perfil.

RAIJ (1971) afirma que a argila é completamente floculada quando o pH está em torno de 6,0 ou quando ele aproxima-se do ponto de efeito salino nulo (PESN), correspondente ao valor de pH obtido no cruzamento das curvas de titulação potenciométrica da amostra do solo, a diferentes concentrações de um eletrólito. GOMBEER & D'HOORE (1971) afirmam que condições ideais para dispersão são baixa saturação de alumínio e pH distante do PESN.

A dispersão ocorre de maneira simétrica, segundo ESWARAN & SYS (1979), no lado ácido ou no lado alcalino do PESN. A presença de uma carga líquida (que é negativa, na maioria dos casos, ou positiva, como em alguns solos levantados por OLIVEIRA & PRADO, 1987) produz forças repulsivas que são suficientemente grandes, particularmente em baixas concentrações de eletrólito, para sobrepujarem as forças eletrostáticas de atração. Neste caso, então, grande parte da argila permanece dispersa (GILLMAN, 1974).

O objetivo deste trabalho foi quantificar alguns atributos físicos, como argila dispersa em água, água disponível e superfície específica, e relacioná-los com a carga líquida, o ponto de efeito salino nulo e o potencial elétrico superficial de três latossolos ácidos do norte paulista, onde a agricultura encontra-se altamente desenvolvida, com predomínio de culturas anuais irrigadas e culturas semi-perenes, como a cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de terra foram estudadas em duas profundidades, sendo uma superficial, no horizonte A (0-20cm) e outra mais profunda, na maior expressão do horizonte B. Os solos e os respectivos municípios, foram os seguintes: latossolos roxos ácidos (LRác-1 - Ribeirão Preto e LRác-2 - Guaíra) e latossolo variação Una ácido (LUác) - Guaíra.

A metodologia utilizada foi àquela adotada no Instituto Agrônomo de Campinas (CAMARGO et al., 1986). Na determinação da superfície específica, em lugar do pré-tratamento das amostras com pentóxido de fósforo (P_2O_5), para retirada de água, foi feita secagem das amostras em estufa por 24h a 110°C, conforme RATNER-ZOMAR et al. (1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas e de alguns atributos químicos e eletroquímicos encontram-se nas TABELAS 1 e 2.

Argila dispersa em água (ADA)

Observa-se na TABELA 1 que os teores de ADA diminuíram de 17 a 22 vezes em profundidade, tendo atingido 0 e 2% no horizonte B. Um dos fatores que parece ter concorrido para um valor mais elevado de ADA na camada superficial foi seu maior teor de carbono orgânico. Primeiramente, porque a matéria orgânica constitui uma das principais fontes de carga negativa dos solos (RAIJ & PEECH, 1972). Em segundo lugar, há relatos de dispersão de caulinita (que é o argilomineral predominante nos latossolos ácidos), devido à ação de ânions orgânicos produzidos pela decomposição da matéria orgânica e por exsudados de raízes (OADES, 1984). LEVY et al. (1993) estudaram dois solos caulíníficos de locais distintos: um da Georgia (região úmida) e outro de Camarões (região semi-árida), tendo observado que no solo da Georgia o teor de carbono mais alto e a maior taxa de decomposição do material orgânico contribuíram para um maior valor de argila dispersa em água.

Nas camadas subsuperficiais dos três latossolos ácidos o pH em H_2O esteve bem mais próximo do ponto de efeito salino nulo (PESN) do solo do que nas camadas superficiais (TABELA 2).

TABELA 1. Teor de argila, argila dispersa em água (ADA), teores de água a 0,03 e 1,5MPa, água disponível (AD) e superfície específica (SE) de latossolos ácricos paulistas.

Solo	Camada cm	Teor de Argila					S.E. m ² /g
		ADA	U _{0,03} %	U _{1,5}	A.D.		
LRác-1	0-20	60	34	27,3	20,8	6,5	76
	100-180	64	2	23,7	20,2	3,5	48
LRác-2	0-20	70	43	25,6	22,4	3,2	104
	100-150	73	2	25,4	21,5	3,9	72
LUác	0-20	35	18	12,6	9,6	3,0	42
	40-60	45	0	14,0	11,7	2,3	62

TABELA 2. Teores de carbono (C), ferro total, pH, ponto de efeito salino nulo (PESN), ΔpH, potencial elétrico (ψ_o) e densidade de carga superficial (σ) de latossolos ácricos paulistas.

Solo	Camada cm	C ¹	Fe ₂ O ₃ ²	pH H ₂ O	PESN	ΔpH	ψ _o ³	σ ⁴
		----- % -----	-----			- mV -	meq.10 ⁻⁸ cm ²	
LRác-1	0-20	2,0	32,0	6,4	3,6	-0,9	-165	-5,3
	100-180	0,5	34,1	5,3	5,6	+0,3	+18	+0,2
LRác-2	0-20	2,5	25,6	5,1	3,4	-0,8	-97	-3,1
	100-150	0,6	27,0	5,1	5,8	+0,4	+41	+0,7
LUác	0-20	1,6	6,6	4,6	3,4	-0,5	-71	-3,8
	40-60	0,6	9,6	5,1	6,0	+0,6	+53	+0,7

¹ Após oxidação da matéria orgânica pelo dicromato de potássio, em meio sulfúrico, e titulação com sulfato ferroso amoniacal.

² Obtido após ataque sulfúrico.

³ Potencial elétrico (mV) = 59,1 (PESN - pH).

⁴ Valor obtido ao pH atual do solo, numa solução de KCl 0,01N.

De acordo com RAIJ (1971), esta proximidade do pH com o PESN é acompanhada de uma redução na carga superficial líquida e, devido à diminuição na repulsão entre as duplas camadas elétricas das partículas de argila, elas passam a interagir livremente, atraindo-se por forças de van der Waals, floculando-se

rapidamente. O aumento no PESN em profundidade esteve provavelmente relacionado com uma maior participação dos hidróxidos de ferro na geração de cargas positivas, já que seu PESN é elevado, entre 6,7 e 9,0, segundo WHITE & ZELASNY (1986). GILLMAN & BELL (1976) afirmam que este fenômeno, típico de solos

oxídicos altamente intemperizados, é acompanhado por uma diminuição do ΔpH (pH em KCl 1N - pH em H_2O), que chega a zero ou até atinge valores positivos.

Ao se examinar a TABELA 2, e considerando-se a hipótese de MEKARU & UEHARA (1972), na qual o ΔpH deve indicar a carga líquida do solo, nota-se que à medida que ele passou de valores negativos para positivos ao longo do perfil, a densidade de carga líquida também atingiu valores positivos, indicando que o somatório destas cargas suplantou o de cargas negativas. Juntamente com isso, o potencial elétrico superficial, que é diretamente proporcional à diferença entre pH e $PESN$, passou de valores negativos no horizonte A para positivos, e menores em módulo, no horizonte B. Estes resultados realçam a alta relação existente entre a argila dispersa em água e o balanço de carga de latossolos ácidos.

Teores de água ($U_{0,03}$ e $U_{1,5}$)

Os teores de água a 0,03 e 1,5MPa aproximaram-se de 25 e 21%, respectivamente, com exceção do LUác, cujos valores foram 50% menores do que os dos demais solos argilosos. Resultados semelhantes foram obtidos por UEHARA & GILLMAN (1981) para oxissolos altamente intemperizados. A maioria das amostras apresentou baixa quantidade (<6%) de água disponível, segundo limites definidos por OLIVEIRA et al. (1986), sendo que somente a amostra superficial do LRác-1 teve valor médio de água disponível (de 6 a 12%).

Os altos valores de água retida a altas tensões (TABELA 2) estão associados aos espaços vazios existentes dentro dos agregados de solos muito intemperizados (SHARMA & UEHARA, 1968). TSUJI et al. (1975) observaram, através de microscopia eletrônica, que em solos com microestrutura forte, como os ácidos, a quantidade de água retida a tensões maiores que 0,02MPa é maior do que nos solos com estrutura menos desenvolvida. HOLZHEY & KIMBLE (1986) obtiveram uma curva de retenção de água de um oxissolo que, em altas tensões, foi característica de solos argilosos; em tensões intermediárias, ela refletiu o baixo teor de silte sendo que, sob tensões mais baixas, houve uma queda acentuada da curva, explicada, pelos autores, por um número maior de poros com diâmetro superior a 0,1mm. Esta curva, segundo SHARMA & UEHARA (1968), é similar à de solos arenosos.

Os teores de água disponível foram baixos, resultado da baixa capacidade de armazenamento de água que os solos ácidos possuem. A baixa superfície específica, a presença de argila de baixa atividade e sua tendência de formar agregados estáveis em água, além da baixa quantidade de matéria orgânica, parecem explicar este fenômeno (UEHARA & GILLMAN, 1981).

Entretanto, de acordo com OLIVEIRA & PAULA (1988), o volume de água considerada disponível não tem explicado o comportamento de plantas cultivadas nestes solos, admitindo-se então a hipótese de que o volume realmente disponível é maior. Segundo os autores, a elevada porosidade total e a uniformidade textural dos horizontes ao longo do perfil contribuem para um aumento da porosidade de aeração e, consequentemente, para uma maior retenção de água a baixas tensões, que passaria a ser disponível para as plantas. Devido a isso, tem-se sugerido o valor de água retida a 0,01MPa em substituição a 0,03MPa no cálculo de água disponível. LAL (1979), por exemplo, encontrou melhor correspondência entre a estimativa da capacidade de campo e a água retida a 0,01 do que a 0,03MPa, para solos nigerianos. OLIVEIRA & PAULA (1988) contabilizaram um aumento de 4 a 6% na quantidade de água disponível de latossolos roxos e latossolos variação Una do Sudeste brasileiro, quando passaram a utilizar a equação modificada.

Superfície específica (S.E.)

Os valores de superfície específica foram baixos, como era de se esperar, visto que há predominância de minerais caulínicos e oxídicos na fração argila dos solos (ALLEONI, 1992), e foram semelhantes aos obtidos por GROHMANN (1970) e PAULA et al. (1986). Na TABELA 3 são mostradas as variações entre os horizontes A e B para superfície específica, teores de argila, ferro total e carbono orgânico.

Observa-se que nos latossolos roxos houve diminuição na superfície específica em profundidade, enquanto que no LUác houve aumento de 48%. Como GROHMANN (1972a) encontrou alta correlação positiva entre o teor de argila e a superfície específica de vários latossolos e podzólicos de São Paulo, supõe-se, então, que o acentuado aumento no valor deste atributo possa ter influenciado mais decisivamente a S.E. do latossolo Una do que a dos demais, principalmente pelo seu menor teor de argila.

TABELA 3 - Variação percentual [(valor do atributo no horizonte A - valor do atributo no horizonte B) x 100 / valor do atributo no horizonte A] entre alguns atributos, em profundidade (+ = aumento; - = decréscimo).

Solo	Superfície Específica	Teor de Argila %	Teor de Fe ₂ O ₃
LRác-1	-37	+7	+7
LRác-2	-31	+4	+5
LUác	+48	+29	+45

Outra possível causa do aumento da S.E. no LUác foi o aumento de 45% no teor de Fe₂O₃ do horizonte A para o horizonte B. GREENLAND et al. (1968) explicam que grande parte destes óxidos se apresentam como partículas distintas, com dimensões extremamente pequenas, o que lhes confere grande superfície específica. GROHMANN & CAMARGO (1974) verificaram uma redução média de 17% na S.E. de amostras superficiais e subsuperficiais, isentas de matéria orgânica, de latossolos roxos paulistas, após a retirada dos óxidos de ferro.

A matéria orgânica também contribui significativamente no valor da S.E. do solo, devido ao seu alto grau de subdivisão. GROHMANN (1972b) obteve valores de S.E. da matéria orgânica em torno de 870m²/g, para solos paulistas. No LUác a relação %C do horizonte A/%C do horizonte B, igual a 2,67, foi menor que as dos demais latossolos (4,0 para o LRác-1 e 4,2 para o LRác-2). Desse modo, o efeito da possível diminuição da superfície específica em profundidade, devido ao menor teor de matéria orgânica, parece ter sido menos evidente neste solo. GROHMANN (1972b), trabalhando com cinco latossolos semelhantes aos deste trabalho, obteve maiores decréscimos na S.E. de horizontes B quando os óxidos de Fe foram retirados, do que quando a matéria orgânica foi eliminada, corroborando, assim, à discussão até apresentada.

CONCLUSÕES

1. Houve associação positiva entre os baixos valores de argila dispersa em água, nas camadas

subsuperficiais, e o balanço de carga, o potencial elétrico e o ΔpH dos solos.

2. Os valores de superfície específica estiveram razoavelmente bem relacionados aos teores de matéria orgânica, o teor de argila e o teor de ferro dos latossolos ácricos.

3. Os teores de água disponível foram baixos, refletindo a forte microagregação, que confere aos solos estudados movimento e armazenamento de água similar aos dos arenosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEONI, L.R.F. Atributos eletroquímicos de solos ácricos do norte paulista. Piracicaba, 1992. 123p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas: IAC, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).

ESWARAN, H.; SYS, C. Argillic horizon in low activity clay soils formation and significance to classification. *Pedologie*, Ghent, v.29, p.175-190, 1979.

GILLMAN, G.P. The influence of net charge on water dispersible clay and sorbed sulphate. *Australian Journal of Soil Research*. Victoria, v.12, p.173-176, 1974.

GILLMAN, G.P. ; BELL, L.C. Surface charge characteristics of six weathered soils from tropical North Queensland. *Australian Journal of Soil Research*. Victoria, v.14, p.351-360, 1976.

GOMBEER, R.; D'HOORE, H. Induced migration of clays and other moderately mobile soil constituents. III. Critical soil/water dispersion ratio, colloid stability and electrophoretic mobility. *Pedologie*, Ghent, v.21, p.311-342, 1971.

GREENLAND, D.J.; OADES, J.M.; SHEWIN, T.W. Electron microscope observation of iron oxides in some red soils. *Journal of Soil Science*. London, v.19, p.123-126, 1968.

GROHMANN, F. A superfície específica e sua correlação com propriedades físicas e físico-químicas do solo. Piracicaba, 1970. 52p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

- GROHMANN, F. Superfície específica do solo de unidades de mapeamento do Estado de São Paulo. I - Estudo de perfis com horizonte B textural e B latossólico. *Bragantia*. Campinas, v.31, p.145-165, 1972a.
- GROHMANN, F. Superfície específica do solo de unidades de mapeamento do Estado de São Paulo. II - Influência da matéria orgânica, dos óxidos de ferro livres e dos cátions trocáveis, na superfície específica total do solo. *Bragantia*. Campinas, v.31, p.167-185, 1972b.
- GROHMANN, F.; CAMARGO, O.A. Superfície específica dos óxidos de ferro do latossolo roxo e da terra roxa estruturada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., 1973, Santa Maria. *Anais...* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1974. p.133-139.
- HOLZNEY, C.S.; KIMBLE, J.M. Constraints to the analytical characterization of Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1986. p.23-31.
- LAL, R. Physical properties and moisture retention characteristics of some Nigerian soils. *Geoderma*. Amsterdam, v.21, p.209-223, 1979.
- LEVY, G.J.; EISENBERG, H.; SHAINBERG, I. Clay dispersion as related to soil properties and water permeability. *Soil Science*, Baltimore, v.155, p.15-22, 1993.
- MEKARU, T.; UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soils. *Soil Science Society of America Proceedings*. Madison, v.36, p.296-300, 1972.
- MORTLAND, M.M. Specific surface and its relationships to some physical and chemical properties of soil. *Soil Science*. Baltimore, v.78, p.343-347, 1954.
- OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, The Hague, v.76, p.319-337, 1984.
- OLIVEIRA, J.B. de; PRADO, H. do. *Levantamento pedológico semi-detalhado do estado de São Paulo: quadrícula de Ribeirão Preto. II. Memorial descritivo*. Campinas: Instituto Agronômico, 1987. 133p. (Boletim Científico, 7).
- OLIVEIRA, L.B. de ; PAULA, J.L. de. Retenção e disponibilidade de água em latossolos do Sudeste e Sul do Brasil. In: REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA, 3., 1988, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1988. p.303-363.
- OLIVEIRA, L.B. de; ALMEIDA, J.C.; PAULA, J.L. de. Water retention in B subhorizons of some Oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1986. p.147-149.
- PARAMANANTHAN, S.; ESWARAN, H. Morphological properties of Oxisols. In: THENG, B.K.G., (Ed). *Soils with variable charge*. Palmerston North: New Zealand Society of Soil Science, 1980. cap.2, p.35-43.
- PAULA, J.L. de; OLIVEIRA, L.B. de; ALMEIDA, J.C. The relationships of specific surface area of soil with some parameters in subhorizons of Brazilian Oxisols and other orders. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. *Proceedings...* Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1986. p.150-151.
- RAIJ, B. van. Electrochemical properties of some Brazilian soils. Ithaca, 1971. 144p. Tese (Ph.D.) - Cornell University.
- RAIJ, B. van; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.36, p.587-593, 1972.
- RATNER-ZOHAR, Y.; BANIN, A.; CHEN, Y. Oven drying as a pretreatment for surface area determinations of soils and clays. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.47, p.1056-1058, 1983.
- SHARMA, M.L.; UEHARA, G. Influence of soil structure on water relation in low humic latossols: I. Water retention. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.32, p.765-770, 1968.
- TSUJI, G.Y.; WATANABE, R.T.; SAKAI, W.S. Influence of soil microstructure on water characteristics of selected Hawaiian soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.39, p.28-33, 1975.
- UEHARA, G.; GILLMAN, G. *The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays*. Boulder: Westview Press, 1981. 170p.
- WHITE, G.N.; ZELASNY, L.W. Charge properties of soil colloids. In: SPARKS, D.L., (Ed). *Soil physical chemistry*. Boca Raton: CRC Press, 1986. cap. 2, p.39-81.

Enviado para publicação em 02.03.94

Aceito para publicação em 20.04.94