

CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA, POR TENSIOMETRIA, PARA DOIS SOLOS DA REGIÃO DE ALFENAS (MG)¹

FLÁVIO DE OLIVEIRA CUNHA SARVAS², SIDNEY ROSA VIEIRA³
ORLANDO MELO DE CASTRO³ e CONCEIÇÃO CORREA BARBOSA²

RESUMO - Um método que utiliza tensiômetros com cápsulas porosas de 10 mm de diâmetro instalados em orifícios abertos em anéis com amostras indeformadas foi testado quanto a sua praticabilidade e eficiência para determinação de curvas de retenção de água. O tensiômetro, o solo e o anel formam um conjunto que é submetido a pesagens e leituras, fornecendo pares de dados para a construção da curva. Foram utilizados dois solos de aspectos físicos distintos: um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa, e um Podzólico Vermelho-Amarelo de textura média/ argilosa. O método testado apresentou bons resultados, em tempo reduzido, fornecendo curvas coerentes com a descrição física de cada solo testado, com coeficientes de correlação bem próximos de 1 para o modelo ajustado.

Termos para indexação : tensiômetros, cápsulas porosas, orifícios de cápsulas, amostras indeformadas.

SOIL WATER RETENTION CURVES BY TENSIOMETERS FOR TWO SOILS FROM ALFENAS, MG, BRAZIL

ABSTRACT - A method which uses 10 mm diameter porous capsules installed in rings containing soil cores was tested for its efficiency and practicability in the determination of soil retention curves. The tensiometer, the soil and the ring form a set which, when submitted to weighings and concomitant tensiometer readings provides the data pairs needed for the curves. The soils used are a Dark-Red Latosol with clay A horizon, and a Yellow. Red Podzolic with clay to medium A horizon, which are very distinct physically. The method used provided good results, is very fast, and yielded curves which agree with the physical condition of the soils, and with high correlation coefficients to the model adjusted.

Index terms: tensiometry, porous capsules, capsule holes, nonindeformed soil samples.

INTRODUÇÃO

A água é fator fundamental na produção vegetal, e sua falta ou seu excesso afetam decisivamente o rendimento das culturas. Qualquer cultura durante seu ciclo de desenvolvimento consome um enorme volume de água, sendo que grande parte deste volume apenas passa pela planta, perdendo-se na atmosfera pelo processo da transpiração. Este fluxo de água é, porém essencial para o desenvolvimento vege-

tal. Crafts & Crisp (1971), citado por Hsiao (1973), afirmam que existem evidências claras de redução de translocação de fotossintetizados nas plantas com déficit moderado a severo de água.

O solo apresenta-se como um reservatório temporário de água, podendo fornecê-la às plantas à medida de suas necessidades ou capacidade de absorção.

A água ocupa os espaços porosos do solo estando retida sob tensão; este fator depende da proporção dos componentes granulométricos e dos seus arranjos. Tais propriedades possuem fundamental importância no fornecimento de água às plantas, bem como sua capacidade de absorvê-la. Segundo Arena (1945), a determinação da porosidade tem significado edafológico. Do conhecimento de sua grandeza,

¹ Aceito para publicação em 22 de novembro de 1991.

² Eng.-Agríc. Estagiário na Seção de Conservação do Solo, Inst. Agron. de Campinas, Caixa Postal 28, CEP 13100 Campinas, SP.

³ Eng.-Agr., Ph.D., Seção de Conservação no Solo, Inst. Agron. de Campinas. Bolsista do CNPq.

pode-se extrair importantes conclusões sobre o estado físico dos perfis do solo, seja para interpretar sua evolução natural, seja para julgar suas condições agronômicas.

O solo possui poros de dimensões e formas as mais diversas e irregulares. Fenômenos semelhantes à ascensão de água em capilar de vidro ocorrem no solo e conferem um estado de energia negativa à água nele contida. Esta energia negativa, ou tensão, é a componente matricial (ψ_m). Além do fenômeno de capilaridade, contribui, também, para o componente matricial, o fenômeno de absorção. O componente matricial de um solo é função de sua umidade (θ). Se o arranjo poroso não for alterado, a relação entre o componente matricial e a umidade é um parâmetro físico do solo. Esta relação entre (ψ_m) e (θ) denomina-se curva característica da água no solo ou, simplesmente, curva de retenção (Reichardt 1985).

Paralelamente, as diferentes culturas apresentam tensões admissíveis para um aproveitamento satisfatório da água disponível. Portanto, dados que relacionem direta ou indiretamente componente matricial e umidade têm suma importância no aproveitamento racional de água e no aumento de produção.

A curva de retenção é extremamente necessária em estudos que envolvem interações solo-planta, pois fornece, dados das relações entre a porcentagem de água existente por volume de solo.

Diversas metodologias são propostas para determinações de curvas características em laboratório. Porém, segundo Lal (1979), as curvas devem ser determinadas no campo, em condições de estrutura natural, o que confirma a afirmação de Sidiras et al. (1984), de que curvas determinadas em amostras cuja estrutura tenha sido deformada fogem à realidade do campo. Por outro lado, determinações de campo são excessivamente caras e trabalhosas. Os métodos de laboratório que melhor estimam a realidade usam amostras com estrutura indeformada, retiradas com anéis volumétricos, as quais, após saturadas, são submetidas a pressões constantes em câmaras com placas porosas com pesagens nos pontos de equilíbrio (Richards 1965). No

entanto, existem problemas na obtenção de curvas de retenção através de equipamentos de pressão, cuja determinação, do ponto de equilíbrio entre a pressão aplicada e a água retida no solo, merece a maior ênfase. Este problema é evidenciado por Oliveira (1968), que estabeleceu o ponto de equilíbrio efetuando sucessivas pesagens até doze horas após o tempo que poderia ser considerado como equilíbrio. Portanto, um equipamento capaz de detectar o ponto de equilíbrio através de uma simples leitura viabiliza a execução de um maior número de repetições em menor tempo.

Constatou-se que estes métodos apresentam resultados satisfatórios, mas deve-se considerar que a maior parte dos métodos de laboratório utilizam equipamentos importados e de alto custo. Neste sentido, Vieira & Castro (1987) sugeriram um método alternativo para obtenção de curvas características, com intuito de eliminar uma série de inconvenientes das determinações de campo, com baixo custo de execução e rapidez na obtenção dos resultados. Aparentemente simples, o método consiste na instalação de tensiômetros em orifícios abertos em anéis com amostras indeformadas.

Este trabalho objetivou testar o método proposto por Vieira & Castro (1987) e determinar as curvas características de água no solo para dois solos de aspectos físicos bastante distintos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os solos utilizados neste estudo são um Latossolo Vermelho-Escuro (LE) de textura argilosa e um Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), de textura média/argilosa, de Alfenas, MG, que vinham sendo utilizados com pastagem nativa por vários anos, situação representativa desta região. Para cada um dos locais, foram retiradas seis amostras em anéis metálicos de 10 cm de altura por 10 cm de diâmetro, totalizando 785 cm³ de volume, na profundidade de 2 a 12 cm, numa linha reta no sentido do declive com espaçamento de 2 entre amostras. No mesmo local, foram retiradas amostras de terra solta, que foram misturadas formando uma amostra composta de cada solo para determinação nos pontos de alta sucção para análise granulométrica.

No laboratório, foram colocadas gazes presas com elásticos na parte inferior dos anéis para evitar perda de terra nas pesagens, e foram instalados tensiômetros com cápsulas porosas conforme o esquema apresentado por Vieira & Castro (1987).

As cápsulas de tensiômetros utilizadas são fabricadas no Brasil, e já foram testadas quanto às suas propriedades (Sociedade Brasileira da Ciência do Solo 1985).

O anel, o solo e o tensiômetro formam um único conjunto, de maneira que, após estabelecido o equilíbrio hidráulico entre a cápsula porosa e o solo, este equilíbrio permanece, e a única alteração de peso possível será devida à perda de água. Isto acarretará uma diminuição na tensão da água no solo com consequente aumento na leitura nos tensiômetros. Pesagens do conjunto após saturação foram efetuadas juntamente às leituras nos tensiômetros, que correspondem aos pontos da curva de retenção de água no solo.

Parte das amostras de terra solta, passada na peneira de 2 mm, foi utilizada para a determinação dos pontos 3,0, 8,0 e 15,0 bar, em extrator de umidade de placas porosas. Estas determinações, apesar de desnecessárias para o objetivo deste trabalho, são importantes para verificar se a tendência das curvas determinadas têm seqüência nestes pontos. Estas determinações foram feitas com amostras peneiradas, assumindo-se que a influência da estrutura do solo perde importância nesta faixa de tensão, o que já tem sido mostrado para outros solos (Sidiras et al 1984).

Os dados de retenção de água obtidos para cada anel foram ajustados ao modelo proposto por Genuchten & Nielsen (1985), o qual é descrito pela equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s + \theta_r)}{[1 + (\alpha h)^m]^m}$$

onde, θ é a umidade volumétrica do solo (cm^3/cm^3), θ_r é a umidade residual, θ_s é a umidade de saturação, α é identificado como o recíproco do valor de entrada de ar do solo ($1/\text{cm}$), h é a tensão da água no solo (cm), N e M são parâmetros empíricos. Seguindo sugestões de Genuchten & Nielsen (1985), o valor de M foi fixado em $M = 1 - 1/N$.

O método aqui testado possui o inconveniente de não apresentar pontos de tensão específica, como, por exemplo, 0,06 bar, utilizado para discriminar macro e microporos. Diante de tal fato, optou-se pelo modelo de ajuste acima descrito, que permite estimar com certa rapidez e facilidade porcentagens de umidade nos diversos pontos de tensão que se desejar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises granulométricas para os dois solos estão na Tabela 1, e nela referidos com LE e PV. É importante lembrar que as amostras foram retiradas na superfície, perdendo, portanto, o efeito de gradiente textural conotado no nome Podzólico.

Os parâmetros da equação de ajuste, os quais seguem o modelo proposto por Genuchten & Nielsen (1985), estão na Tabela 2. Os dados demonstram uniformidade nos valores de satu-

TABELA 1. Análises granulométricas do Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa (LE) e do Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa (PV).

	Argila total	Argila natural	Silte	Areia fina	Areia grossa
	%	%	%	%	%
LE	66	41	12	11	11
PV	43	32	24	14	19

TABELA 2. Parâmetros da equação de ajuste utilizada.

	θ_s	α	N	Coef. M	Coef. R ²
Anel 1 LE	44,8507	47,5894	1,1685	0,1442	0,9890
Anel 2 LE	43,7246	39,4933	1,1868	0,1574	0,9847
Anel 3 LE	44,3132	65,2513	1,1868	0,1574	0,9437
Anel 4 LE	41,4020	14,3706	1,2173	0,1785	0,9515
Anel 5 LE	42,3785	34,1475	1,1760	0,1497	0,9871
Anel 6 LE	49,5739	82,1853	1,1751	0,1490	0,9642
Média	44,3738	47,1696	1,1851	0,1560	
Desvio-padrão	2,5983	21,8204	0,0158	0,0111	
C.V. (%)	5,8554	46,2595	1,3346	7,1122	
Anel 1 PV	40,8478	5,8623	1,2679	0,2113	0,9729
Anel 2 PV	42,8201	6,5814	1,2796	0,2185	0,8837
Anel 3 PV	42,3645	4,1757	1,3061	0,2344	0,9667
Anel 4 PV	42,4866	8,6206	1,2440	0,1961	0,9745
Anel 5 PV	42,6885	4,6638	1,2916	0,2257	0,9702
Anel 6 PV	38,0796	6,4070	1,2403	0,1938	0,9750
Média	41,5479	6,0518	1,2716	0,2133	
Desvio-padrão	1,6826	1,4427	0,0238	0,0148	
C.V. (%)	4,0498	23,8385	1,8746	6,9171	

ração em ambos os solos, com teores mais elevados para o LE, causados pelos teores de argila. Deve-se notar as características granulométricas, que conferem ao LE uma maior capacidade de armazenar água devido à quantidade de material fino. Os resultados desta tabela demonstram maior porosidade total e elevada porcentagem de microporos para o LE, confirmado pelos altos valores de α que determinam baixos índices de entrada de ar no solo. Devem-se observar, ainda na Tabela 2, os baixos coeficientes de variação para θ_s em ambos os solos, que indicam boa homogeneidade das amostras - o que contraria resultados encontrados por Vieira & Castro (1987).

A Tabela 3 apresenta dados estatísticos dos percentuais de umidade por volume nas respectivas tensões, calculados de acordo com o modelo de ajuste. Através dos pontos de tensão indicados na tabela procura-se mostrar as porcentagens de umidade por volume de solo existente nas condições de saturação, limite hipotético entre macro e microporos, capacidade de campo, limite de funcionamento dos tensiômetros e ponto de murcha permanente. Apresenta-se, ainda, para cada uma destas condições, a quantidade de água disponível no solo para a profundidade em que foram retiradas as amostras. O termo "água disponível" é a quantidade de água existente em determinado volume de solo

entre os pontos de Cc e PMD, levando-se ainda em consideração a densidade do solo em questão e a profundidade que se deseja analisar.

Nota-se, então, na Tabela 3, uma maior quantidade de água disponível para o PV, com uma maior aeração indicada pelos baixos valores de α , o qual lhe permitiu reter maior quantidade de água gravitacional.

Seria de se esperar um comportamento diferente por parte do LE, com teores de umidade um pouco maiores que os do PV em fase das análises texturais de ambos os solos. No entanto, os resultados refletem qualquer anormalidade ligada à estrutura do LE, talvez uma consequência do arranjo de partículas deste solo. O pastoreio excessivo pode ter sido responsável pela compactação através de pisoteio, nas áreas onde foram retiradas as amostras de LE. Todavia, a Tabela 3 mostra ainda a possibilidade de se usarem tensiômetros como indicadores de falta de água, quando instalados no campo, apesar de sua faixa restrita de funcionamento, o que não impede um monitoramento racional de água e energia em lavouras irrigadas.

Na Fig. 1, encontram-se as seis curvas obtidas para os anéis que continham LE, onde os baixos coeficientes de variação (CV) mostrados nas Tabelas 2 e 3 refletem a homogeneidade das curvas de retenção para este solo. Tais curvas

TABELA 3. Dados estatísticos de porcentagens de umidade por volume nas respectivas tensões para os dois solos.

	0,01		0,06		0,1		0,33		0,8		15,0	
	IE	PV	LE	PV	LE	PV	LE	PV	LE	PV	LE	PV
1	42,6	40,6	36,2	38,9	33,7	37,5	28,0	31,7	24,2	27,0	14,8	12,3
2	41,8	42,5	35,5	40,4	32,9	38,7	26,9	32,2	22,9	26,3	13,0	11,9
3	41,1	42,2	33,4	40,9	30,2	39,7	24,9	34,2	21,1	28,0	12,2	11,9
4	40,7	42,1	37,2	39,6	35,0	37,7	28,8	31,4	24,1	26,1	12,9	13,0
5	40,8	42,5	35,4	41,0	33,1	39,7	27,4	34,0	23,6	28,0	14,1	12,4
6	45,4	37,8	36,7	36,2	33,9	34,9	27,7	29,8	23,8	25,1	14,3	12,7
\bar{M}	42,0	41,3	35,7	39,5	33,1	38,0	27,3	32,2	23,3	26,7	13,6	12,3
DP	1,8	1,8	1,3	1,8	1,6	1,8	1,3	1,6	1,1	1,1	1,0	0,4
CV %	4,3	4,4	3,8	4,5	4,9	4,8	4,9	5,1	5,0	4,3	7,1	3,5

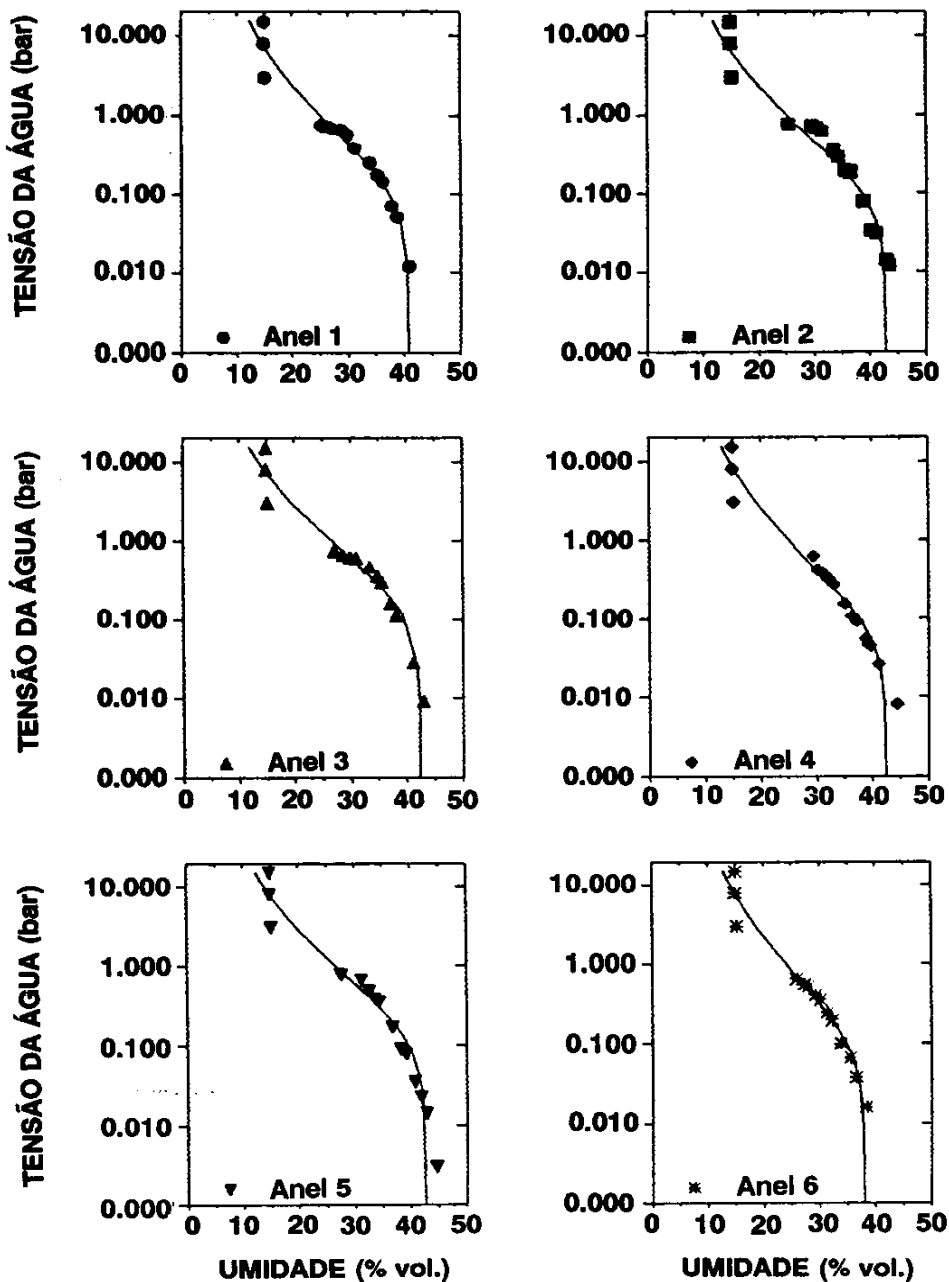


FIG. 1. Curvas de retenção de água para os seis anéis do Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa.

demonstram um solo argiloso com distribuição de poros uniforme, quase se aproximando de uma reta. De maneira geral, houve ajustes muito bons para os anéis, como pode ser visto pelos coeficientes de correlação indicados na Tabela 2. O distanciamento de alguns pontos da curva pode ser sido causado por vazamento de vácuo após uma refluxagem, ocasionando um funcio-

namento defeituoso do tensiômetro por pequeno espaço de tempo ou até mesmo oriundo da variabilidade espacial existente no campo de amostragem (Nielsen et al. 1973).

Como seria de se esperar, as inflexões nas curvas do PV foram bem mais notáveis do que as do LE, como pode ser visto na Fig. 2, devido à maior quantidade de macroporos. Nota-se, em

todas as curvas do PV uma discrepância nos pontos de alta tensão, fugindo ao traçado normal da curva. É importante ressaltar que foi coletada uma única amostra desestruturada para obtenção dos pontos de alta tensão, para ambos os solos, com o intuito de dar seqüência ao modelo utilizado. É possível que determinações feitas a 1 e 2 bar com amostras indeformadas, tenham proporcionado uma melhor seqüência à curva. É impossível deixar de notar a influência da estrutura neste caso, onde, ao invés de amostras peneiradas, a utilização de anéis com estrutura indeformada poderia trazer respostas mais coerentes para o complemento da curva, simulando melhor as condições de campo. Tal afirmativa concorda com os resultados obtidos por Sidiras et al. (1984).

Na Fig. 3 são apresentados os gráficos gerais para os dois solos. O LE apresentou melhor agrupamento dos pontos ao longo da curva, com um coeficiente de correlação mais alto que o do PV, que, por sua vez, concentrou os pontos obtidos em um menor segmento

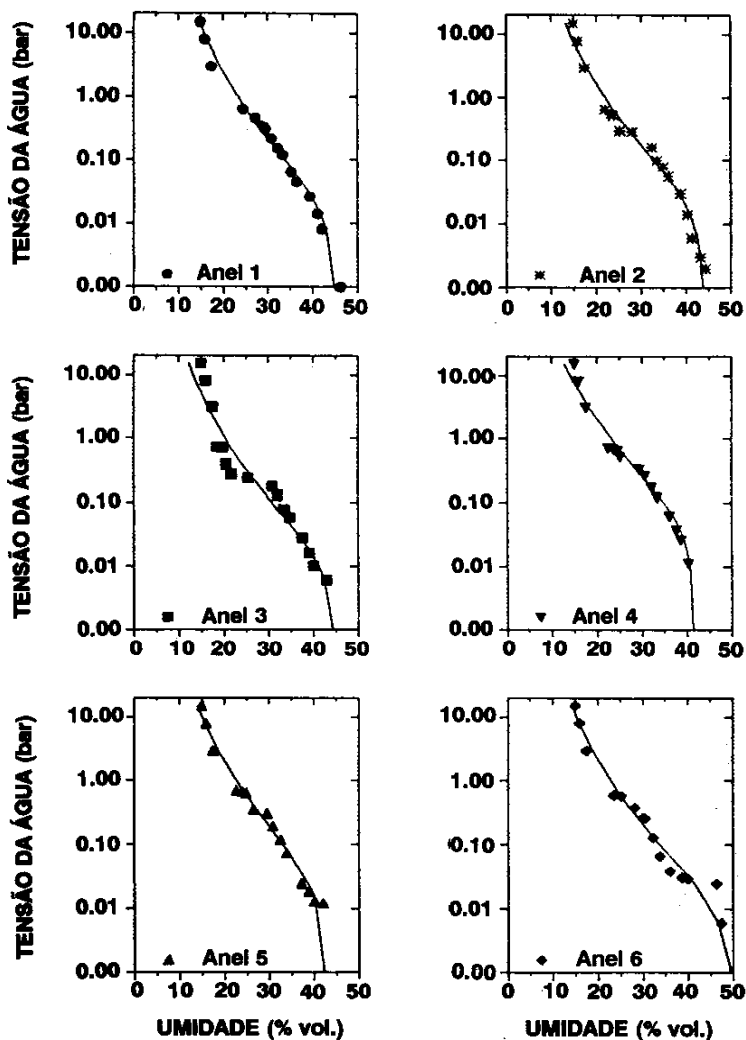


FIG. 2. Curvas de retenção de água para os seis anéis do solo Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa.

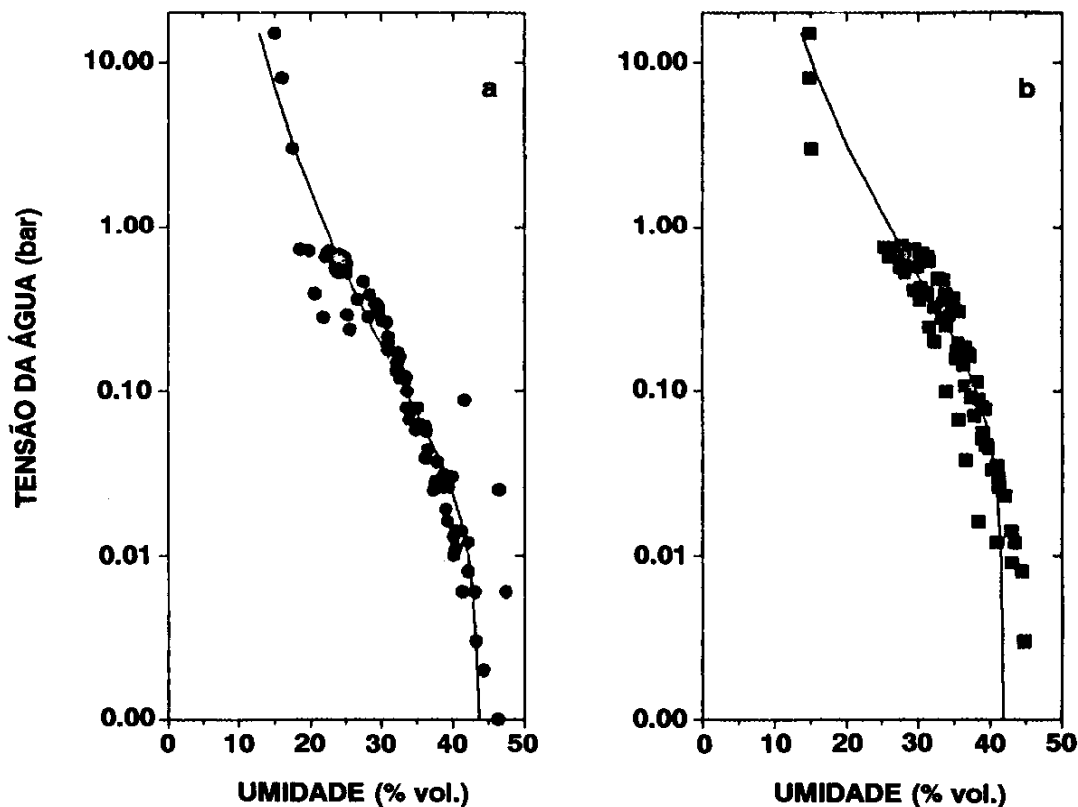


FIG. 3. Curvas de retenção de água englobando os pontos dos seis anéis do Latossolo Vermelho-Escuro (a) e do Podzólico Vermelho-Amarelo (b).

da curva, com um coeficiente mais baixo.

As curvas obtidas foram satisfatórias, com uma boa uniformidade na distribuição dos pontos, seguindo a tendência geral de forma definida. A utilização do modelo descrito por Genuchten & Nielsen (1985) proporcionou ajustes muito bons, com coeficientes de correlação bem próximos de 1, refletindo certa homogeneidade na amostragem e a precisão do método utilizado.

CONCLUSÕES

1. As curvas de retenção de água para o PV refletem bem as características físicas deste so-

lo, demonstrando uma capacidade de retenção maior que do LE em termos de água disponível.

2. As curvas de retenção de água obtidas para o PV apresentaram um agrupamento mais uniforme à curva de ajuste somente em pontos com tensões inferiores a 0,8 bars.

3. Os pontos de alta tensão, principalmente para o PV, apresentaram certo desvio, o que indica a importância de se utilizar amostras com estrutura preservada, pelo menos até 2,0 bars.

4. Curvas de inflexões diferentes para os dois tipos de solo ressaltam a influência dos macro e microporos na capacidade de retenção de água.

5. O método testado apresentou praticabili-

dade no estudo efetuado, proporcionando a obtenção de dados precisos.

REFERÊNCIAS

- ARENA, A. La porosidad de los torriones de suelo. Buenos Aires: Comisión Nacional de Cultura, 1945. 98p.
- GENUCHTEN, M.T. van; NIELSEN, D.R. On describing and predicting the hydraulic properties of unsaturated soils. *Annales Geophysicae*, v.3, n.5, p.615-628, 1985.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, v.24, p.519-570, 1973.
- LAL, R. Physical characteristics of soils of the tropics: determination and management. In: LAL, R.; GREENLAND, D.J. (Eds.). *Soil physical properties x crop production in the tropics*. [S.l.]: Wiley Inter Science, 1979. p.7-44.
- NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W.; ERH, K.T. Spatial variability of field measured soil-water properties. *Hilgardia*, v.42, p.215-260, 1973.
- OLIVEIRA, L.B. de. Determinação de Macro e Microporosidade pela "Mesa de Tensão" em amostras de solo com estrutura indeformada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.3, p.197-200, 1968.
- REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo planta-atmosfera*. 4.ed. Campinas: Fundação Cargil, 1985. 466p.
- RICHARDS, L.A. Physical Condition of Water in soil. In: Black, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, 1965.
- SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um latossolo roxo distrófico sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, p.265-268, 1984.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Cápsulas porosas para tensiômetro. *Boletim Informativo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.10, p.64, 1985.
- VIEIRA, S.R.; CASTRO, O.M. de. Determinação em laboratório de curvas de retenção de água com tensiômetros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, p.87-90, 1987.