

## Curva de retenção de água em Nitossolo Vermelho: comparação de métodos<sup>(1)</sup>.

**Ismael Meurer<sup>(2)</sup>; Fernando Henrique Setti Gimenes<sup>(3)</sup>; Helon Hébano de Freitas Sousa<sup>(4)</sup>; Paulo Leonel Libardi<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq);

<sup>(2)</sup> Pesquisador (Mestrado); Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP; Piracicaba, São Paulo; imeurer@usp.br; <sup>(3)</sup> Pesquisador (Doutorado); Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP; <sup>(4)</sup> Pesquisador (Doutorado); Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP; <sup>(5)</sup> Professor Titular; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.

**RESUMO:** O solo fornece suporte e atua como reservatório de água para as plantas. O objetivo deste trabalho foi determinar e comparar a curva de retenção da água no solo obtida pelos métodos de placa porosa e de evaporação num Nitossolo Vermelho. O estudo foi realizado em área experimental no Campus da Esalq/USP em Piracicaba-SP. Foram coletadas 15 amostras de solo a fim de determinar os seguintes parâmetros: curva de retenção da água pelos métodos de placa porosa e evaporação, densidade e porosidade do solo, densidade de sólidos e granulometria. O solo apresentou porosidade total adequada para a produção agrícola, porém, sua densidade foi considerada elevada, o que pode indicar redução da qualidade física. Devido ao movimento lento da água neste solo, o método de evaporação registrou conteúdos de umidade inferiores ao método de placa porosa. O método de evaporação não mostrou paridade com o método da placa porosa, uma vez que o primeiro subestimou os valores de umidade para as mesmas tensões.

**Termos de indexação:** propriedades físicas, horizonte B nítico, água no solo.

### INTRODUÇÃO

O solo fornece suporte e atua como reservatório de água para as plantas, promovendo condições fundamentais para o desenvolvimento das culturas. A distribuição do tamanho dos seus poros é uma das propriedades determinantes de sua qualidade físico-hídrica, sendo diretamente relacionada com a sua retenção e disponibilidade de água (Tormena et al., 1998). Assim, quaisquer alterações em seu comportamento poderão refletir-se em prejuízos à dinâmica da água e nutrientes e ao crescimento das raízes (Letey, 1985).

A curva de retenção (Childs, 1940), que correlaciona o conteúdo ( $\theta$ ) com o potencial mátrico ( $\psi$ ) da água no solo, permite avaliar os aspectos relacionados à variação da geometria porosa do solo causada pelo manejo, além de servir como base para quantificar diversos parâmetros de qualidade física, como o intervalo hídrico ótimo, o

índice S e a condutividade hidráulica, também essenciais no estudo das relações solo-planta.

Entre as diversas funções utilizadas para descrever a curva de retenção da água em solos não saturados, próxima à saturação, a proposta por van Genuchten (1980) proporcionou melhores valores de coeficiente de determinação, sendo dependentes apenas de dois parâmetros de ajuste estatístico.

O objetivo deste trabalho foi determinar e comparar a curva de retenção da água no solo obtida pelos métodos de placa porosa (Haines, 1930; Richards & Fireman, 1943) e de evaporação (Wind, 1968) num Nitossolo Vermelho.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área experimental no Campus da Esalq/USP em Piracicaba, centro-leste do estado de São Paulo. Situa-se nas coordenadas 22°42' de latitude sul e 47°37' de longitude oeste, com altitude de 566 m.

O clima da região, segundo Köppen, é mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (Cwa), com precipitação e temperatura média anual de 1247 mm e 19°C, respectivamente.

O solo em estudo foi classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico, sendo cultivado com cafezal já consolidado há mais de 10 anos.

### Tratamentos e amostragens

Foi aberta uma trincheira para a coleta das amostras a 0,35 m de profundidade. O tratamento utilizado foi o inteiramente casualizado.

Foram coletadas 11 amostras de estrutura indeformada com auxílio de amostrador do tipo Uhland, utilizando anéis volumétricos com diâmetro e altura de 0,05 m. Após a coleta, as amostras foram devidamente acondicionadas e encaminhadas para o laboratório.

Antes de submeter as amostras para ensaio foi realizado o toaleta, retirando-se o solo excedente ao volume do anel. As amostras foram então saturadas gradualmente durante 24 horas para o início da determinação da curva de retenção utilizando o funil de placa porosa (Haines, 1930) para pontos nas

tensões de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 hPa, e câmara de pressão com placa porosa (Richards & Fireman, 1943) na tensão de 330 hPa.

Cada amostra foi submetida às 11 tensões estudadas, havendo assim 11 repetições por tensão. Logo após a pesagem na tensão desejada, a amostra era novamente saturada e assim, aplicada uma nova tensão. Após o equilíbrio na última tensão desejada, a amostra foi pesada e em seguida seca em estufa a 105°C até o peso se manter constante.

Foram ainda coletadas três amostras indeformadas com anel volumétrico de diâmetro e altura de 0,07 m para a determinação da curva de retenção pelo método de evaporação (Wind, 1968), utilizando um pequeno tensiômetro acoplado na amostra de solo através de um suporte (**Figura 1**). O conteúdo de água na amostra é medido pela perda por evaporação através de uma balança semi-analítica e, simultaneamente, o potencial mátrico é calculado pela elevação da coluna do manômetro de mercúrio fixado no suporte, relativa à tensão com que a água está sendo submetida na cápsula porosa, em contato hidráulico com o interior da amostra.

Determinou-se, ao final dos métodos, o conteúdo ( $\theta$ ) com o potencial mátrico ( $\psi$ ) da água no solo, permitindo a confecção da curva característica de retenção da água até a capacidade de campo.

Para a determinação granulométrica do solo foi realizada a coleta de uma amostra deformada na profundidade de 0,35 m, sendo esta destorroada, peneirada em malha de 0,0002 m e secada à sombra para obter Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). A granulometria foi determinada logo após pelo método de Bouyoucos (1927).

### Análise dos dados

A densidade do solo ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) foi determinada pela relação entre a massa de solo seco a 105°C e o volume por ela ocupado (Eq. 1), enquanto que a densidade de sólidos ( $\text{Mg m}^{-3}$ ) foi determinada pelo método do balão volumétrico.

$$\rho = \frac{M_{ss}}{V_t} \quad \text{Eq. 1}$$

A porosidade total (%) foi calculada em porcentagem de vazios pela razão entre a densidade do solo e a densidade de sólidos (Eq. 2).

$$\rho_s = \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right) \quad \text{Eq. 2}$$

Os dados de  $\psi(\theta)$  foram ajustados ao modelo proposto por van Genuchten (1980) (Eq. 3),

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha\psi)^n\right]^m} \quad \text{Eq. 3}$$

sendo  $\theta$ ,  $\theta_s$  e  $\theta_r$  o conteúdo volumétrico de água estimado, na saturação e residual ( $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ), respectivamente;  $\alpha$ ,  $n$ ,  $m$  e  $\lambda$  são parâmetros que definem o formato da curva, sendo que o primeiro representa o inverso do potencial de entrada de ar, e os demais, a distribuição do tamanho de poros. O parâmetro  $m$  foi calculado com base na restrição  $m=1-1/n$ .

As curvas de retenção foram elaboradas com o programa Table Curve 2D e, por fim, foram comparadas e discutidas através dos parâmetros que as descrevem.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo Kiehl (1979), o solo em estudo (**Tabela 1**) se caracteriza como apto para a produção agrícola, pois apresenta porosidade próxima a 50%.

**Tabela 1** - Análise física e granulométrica do Nitossolo Vermelho na profundidade de 0,35 m.

Horizonte	$\rho_s$	$\rho$	$\alpha$
	----- $\text{Mg m}^{-3}$ -----		%
B <sub>t</sub>	2,86	1,45	49,31
Classe	Areia	Silte	Argila
	----- $\text{g Kg}^{-1}$ -----		
Muito argiloso	247,27	137,70	615,03

$\rho_s$  = Densidade dos sólidos do solo,  $\rho$  = Densidade do solo,  $\alpha$  = Porosidade total.

De acordo com Grego et al. (2011), horizontes B níticos, como o do solo estudado, têm estrutura de grau forte a moderado e em blocos, o que favorece maior retenção de água em microporos devido à compactação do empacotamento, fato expresso pelo valor médio de densidade do solo no B nítico ( $1,45 \text{ Mg m}^{-3}$ ) em comparação com o dos horizontes B latossólicos ( $1,17 \text{ Mg m}^{-3}$ ), mostrando que a macroporosidade do horizonte nítico é menor.

Em estudo com Nitossolo Vermelho de granulometria semelhante, Blainski et al. (2009) obteve valor de densidade do solo crítica de  $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ . A densidade do solo obtida nesse estudo foi ligeiramente superior, o que pode sinalizar a redução de sua qualidade física.

Os valores de  $\alpha$  (**Tabela 2**), associados à pressão de entrada de ar, variaram de 0,031 a 0,046 para as duas metodologias, sendo ligeiramente superiores ao obtido por Carsel & Parrish (1988) em solo argiloso (0,008). De acordo com Costa et al. (2008), os resultados para esse parâmetro podem ser afetados pela agregação da argila em solos com elevado teor deste mineral.

**Tabela 2** - Parâmetros de ajuste à equação de van Genuchten nas duas metodologias estudadas

Métodos	$\theta_{sat}$	$\theta_{res}$	$\alpha$	$m$	$n$	$r^2$
Evap.	0,356	0,272	0,046	0,458	1,845	0,99
Placa p.	0,489	0,309	0,031	0,402	1,672	0,97

A variação do parâmetro  $n$ , governado pela inclinação da curva, entre os diferentes métodos, indicou maior valor para o método de evaporação, porém, isso pode ser associado às características intrínsecas do método, uma vez que o volume e o tamanho de poros das amostras são, teoricamente, idênticos.

Quando a curva é determinada pelo método de placa porosa, é esperado que o conteúdo de água na amostra se equilibre para assim realizar sua medida, na tensão desejada. O mesmo não acontece no método de evaporação, onde o processo de medida da tensão ocorre enquanto a amostra perde água ininterruptamente, sem um determinado equilíbrio, havendo assim um gradiente de umidade.

Os valores de umidade volumétrica obtidos próximos à saturação foram de  $0,354 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o método de evaporação e  $0,488 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  para o método de placa porosa. Comparando esses valores com os obtidos pela equação de van Genuchten (**Tabela 2**), observa-se que o ajuste foi satisfatório.

Nota-se, no entanto, que há uma diferença entre os valores de umidade entre os dois métodos avaliados (**Tabela 2; Figura 2**), sugerindo que, para uma mesma tensão, o método de evaporação estaria subestimando os conteúdos de umidade em relação ao método de placa porosa.

Esta variação de umidade, segundo Teixeira et al. (2005), evidencia a dificuldade que normalmente é encontrada em estudos de drenagem interna, particularmente neste solo, onde o movimento de água é bastante lento, fato também observado por Cooper & Vidal-Torrado (2005) que identificaram, em horizonte B nítico, um comportamento característico de maior retenção de água e menor condutividade comparado ao B latossólico.

### CONCLUSÃO

O método de evaporação não mostrou paridade com o método da placa porosa, uma vez que o primeiro subestimou os valores de umidade para as mesmas tensões.

### AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro concedido.

### REFERÊNCIAS

BLAINSKI, E.; GONÇALVES, A. C. A.; TORMENA, C. A. et al. Intervalo hídrico ótimo num Nitossolo Vermelho

distroférrico irrigado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:273-281, 2009.

BOUYOCOS, G. J. The hydrometer method improved for the mechanical analysis of soil. *Soil Science*, Baltimore, 23:343-353, 1927.

CARSEL, R. F. & PARRISH, R. S. Developing joint probability distributions of soil water characteristics. *Water Resources Research* 24:755-769, 1988.

CHILDS, E. C. The use of soil moisture characteristics in soil studies. *Soil Science*, 50:239-252, 1940.

COOPER, M. & VIDAL-TORRADO, P. Caracterização morfológica, micromorfológica e físico-hídrica de solos com horizonte B nítico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:581-595, 2005.

COSTA, W. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; KATO, E. Modelos de ajuste e métodos para a determinação da curva de retenção de água de um Latossolo-vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:515-523, 2008.

GREGO, C. R.; COELHO, R. M.; VIEIRA, S. R. Critérios morfológicos e taxonômicos de latossolo e nitossolo validados por propriedades físicas mensuráveis analisadas em parte pela geoestatística. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:337-350, 2011.

HAINES, W.B. Studies of Physical properties of Soils: The hysteresis effects in capillarity properties and modes of moisture distribution associated. *Journal Agricultural Science*, 20:97-116, 1930.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: relação solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in Soil Science*, 1:277-294, 1985.

RICHARDS, L. A. & FIREMAN, M. Pressure plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, 56:395-404, 1943.

TEIXEIRA, C. F. A.; MORAES, S. O.; SIMONETE, M. A. Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29:161-168, 2005.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 22:573-581, 1998.

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 1:892-898, 1980.

WIND, G. P. Capillary conductivity data estimated by a simple method. In: WAGENINGEN SYMPOSIUM, 1., Gentbrugge, 1966. Anais. Gentbrugge: International Association Scientific Hydrological, 1968. p.181-191.

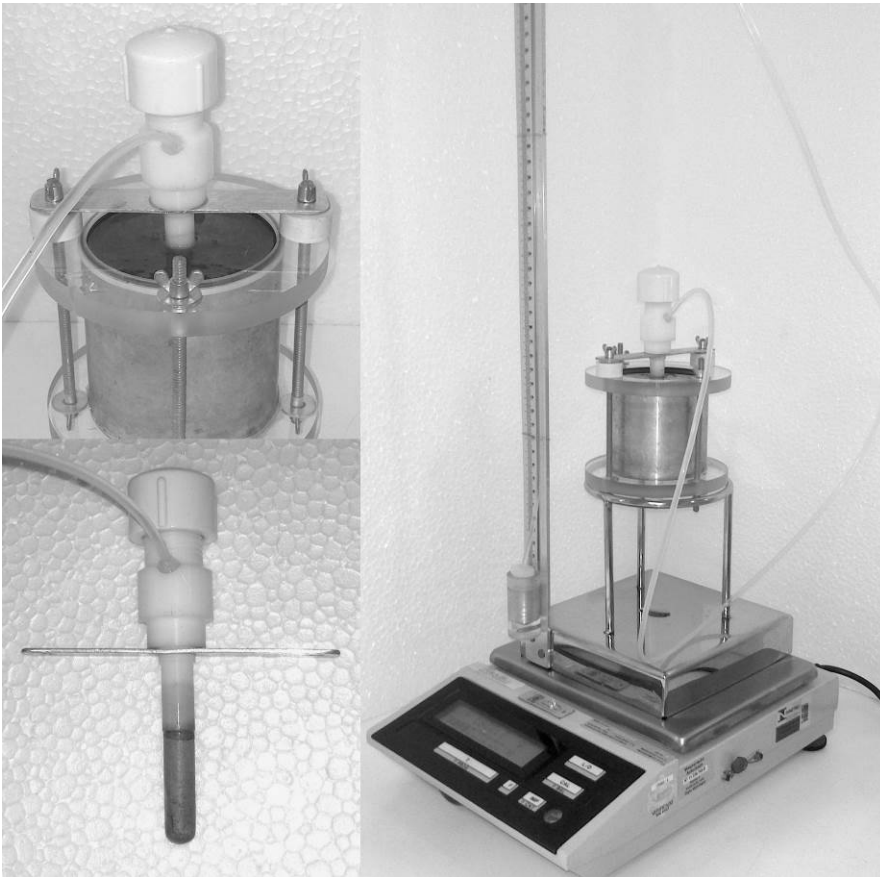


Figura 1 - Suporte para amostra com mini-tensiômetro e manômetro de mercúrio.

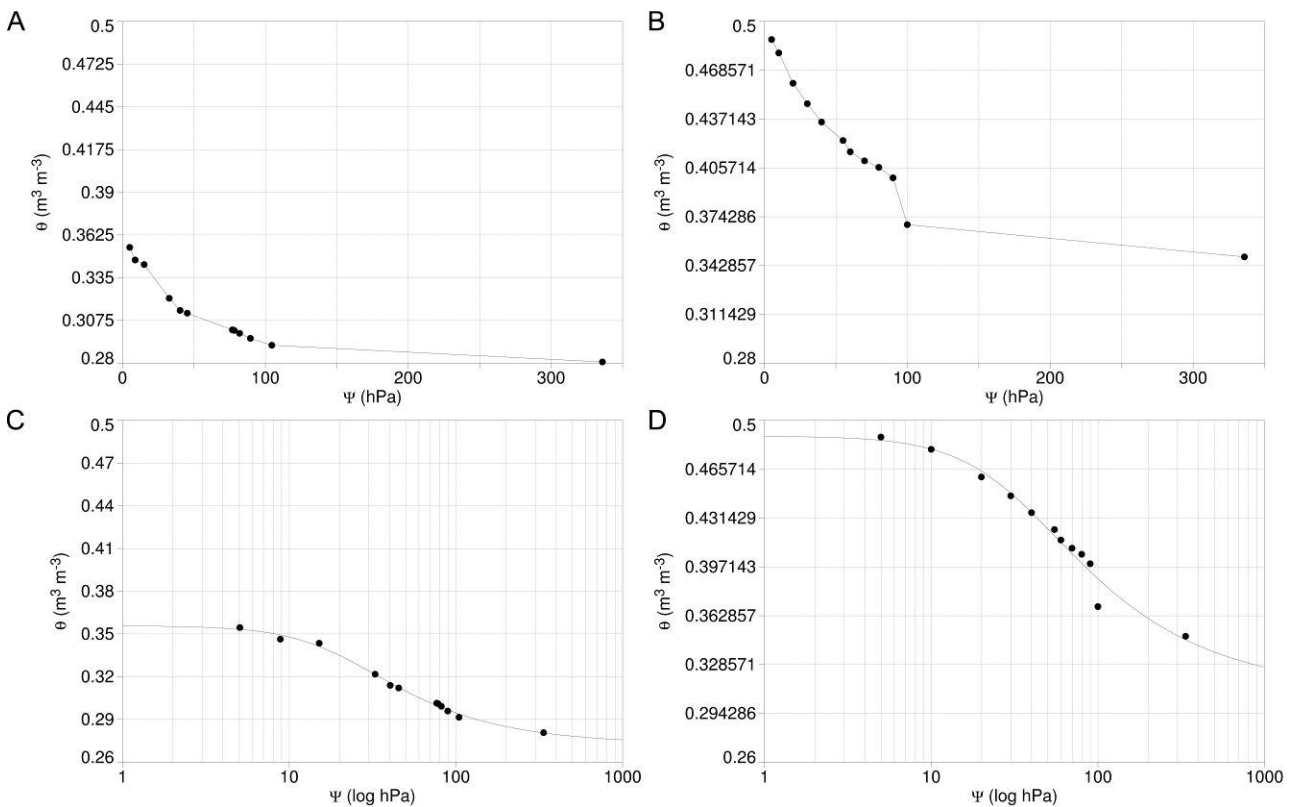


Figura 2 – Curva de retenção da água no solo pelo método de evaporação (A) e placa porosa (B) e curva de retenção ajustada pelo modelo de van Genuchten, método de evaporação (C) e placa porosa (D).