

DESEMPENHO DE FUNÇÕES DE PEDOTRANSFERÊNCIA NO AJUSTE DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA E ESTIMATIVA DA DISTRIBUIÇÃO DE POROS NO SOLO.

The performance of pedotransfer functions in the curve fitting of water retaining and estimated distribution of soil pores.

LAURA FERNANDA SIMÕES DA SILVA¹
ANDERSON LUIZ DE SOUZA²
MARA DE ANDRADE MARINHO WEILL³
EDSON EIJI MATSURA⁴.

RESUMO

Funções de pedotransferência (FPTs) são modelos que permitem estimar atributos edáficos não mensuráveis diretamente a partir de outros atributos de mais fácil determinação. Este trabalho teve por objetivo geral estimar os parâmetros de entrada e ajustar curvas de retenção de água para um LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico empregando FPTs. As variáveis de entrada das FPTs incluíram parâmetros granulométricos, carbono orgânico e água retida no solo a 33kPa. Nas avaliações de desempenho dos modelos empregaram-se diferentes índices estatísticos. De acordo com o índice de confiança "c", as FPTs tiveram desempenhos ruins nas estimativas de teores volumétricos de água retidos no solo em diferentes potenciais mátricos. Quanto às distribuições de poros, as estimativas obtidas a partir das FPTs subestimaram os macro e mesoporos e superestimaram os ultramicroporos, sendo que os menores desvios foram observados para as classes de micro e de criptoporos. Os resultados obtidos para as aplicações avaliadas não permitem recomendar o uso dessas FPTs para o LATOSSOLO em questão. Por outro lado, o índice de confiança "c" trouxe informações adicionais relevantes na avaliação de desempenho realizada, em comparação informação isolada obtida somente por meio do coeficiente de correlação "r" ou do índice de concordância "d".

Palavras-Chaves: Qualidade estrutural do solo, distribuição de poros por tamanho, índice de confiança "c".

¹Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na área de Água e Solo, FEAGRI-UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, s.nº. Caixa Postal 6011, CEP 13083-875, Campinas-SP. E-mail: laurafsimoes@yahoo.com

²Professor Doutor na área de Estatística da Faculdade de Tecnologia de Tatui-FATEC, Rodovia Mário Batista Mori, 971, Jardim Aeroporto, CEP 18280-000, Tatui-SP.

³Professora Doutora na área de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, s.nº. Caixa Postal 6011, CEP 13083-875, Campinas-SP.

⁴Professor Titular na área de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI-UNICAMP, Cidade Universitária Zeferino Vaz, s.nº. Caixa Postal 6011, CEP 13083-875, Campinas-SP.

ABSTRACT

Pedotransfer functions (PTFs) are models that allow estimating soil attributes which could not be measured directly from other attributes that are easier appraised. The general purpose of this work was to estimate the entry parameters for adjusting water retention curves for a *Rhodic Hapludox* applying PTFs. Three PTFs were assessed having as entry variables textural parameters, organic carbon, and soil water at 33kPa. The models' performances were evaluated employing distinct statistical indexes. According to the confidence index "c", the performances of PTFs on estimating the volumetric contents of soil water at different matric potentials for that *Rhodic Hapludox* were poor. Relatively to the pores distributions, the PTFs has underestimated the macro and mesopores and overestimated the ultramicropores. The minor deviations were observed concerning with micro and criptopores. The results don't recommend the use of these PTFs for the soil class previously defined. On the other hand, the confidence index "c" got relevant additional information to the performance evaluation of the PTFs, in comparison with the information gathered using only the correlation coefficient "r" or the concordance index "d".

Keywords: Structural soil quality, pore distribution by size, confidence index "c".

INTRODUÇÃO

A relação entre o conteúdo de água e o potencial mátrico é uma parte fundamental da caracterização das propriedades hidráulicas de um solo (KLUTE, 1986). Essa relação é referida por curva de retenção de água no solo, podendo ser utilizada para estimar, entre outros atributos, a condutividade hidráulica não saturada (VAN GENUTCHEN, 1980), a capacidade de água disponível (CENTURION & ANDRIOLI, 2000), a porosidade drenável (MELLO et al., 2002) e a distribuição dos poros do solo por tamanho (LIBARDI, 2005).

A descrição matemática do potencial mátrico é bastante difícil, sendo sua determinação normalmente experimental (REICHARDT, 1985). Por outro lado, a curva de retenção de água no solo é muito dependente da granulometria e do arranjo das partículas sólidas ou estrutura do solo (SALTER & WILLIAMS, 1965; CRONEY & COLEMAN, 1954), sendo que sua forma é afetada pelo conteúdo de matéria orgânica e pela composição da solução do solo. No caso da matéria orgânica, o efeito é tanto direto, tendo em vista sua habilidade em adsorver água, quanto indireto, por seu efeito na estrutura do solo (DANE & HOPMANS, 2002).

Nesse contexto, as FPTs visam estimar atributos edáficos complexos ou não mensuráveis diretamente a partir de características ou propriedades de mais fácil obtenção. ARRUDA et al. (1987) selecionaram equações para estimativa da "capacidade de campo" e do "ponto de murcha permanente" a partir de dados de granulometria, enquanto que VEREECKEN et al. (1989), SCHAAP et al. (2001); TOMASELLA et al. (2000) estimaram a retenção de água no solo com base em outros atributos como a textura, a densidade do solo e o teor de carbono.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de três FPTs no ajuste de curvas de retenção de água para um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (*Rhodic Hapludox*) com a finalidade de estimar o conteúdo de água retido no solo em diferentes potenciais e a distribuição de poros em classes de tamanho.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no Campo Experimental da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em Campinas (SP), coordenadas geográficas 22°48'57" de latitude Sul e 47°03'33" de longitude Oeste, altitude média de 640 m e declividade de 0,09 m m⁻¹, em parcela experimental de 600 m² cultivada com a cultura do milho, sob sistema plantio direto. De acordo com levantamento semidetalhado, elaborado por OLIVEIRA et al. (1979), o solo pertence à unidade de mapeamento Barão Geraldo, classificado como sendo LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico (EMBRAPA, 2006).

Para determinação experimental da curva de retenção de água no solo, referida por M_0 e adotada como referência, e da densidade do solo (D_s), foram retiradas 15 amostras com estrutura indeformada empregando-se o anel metálico do tipo Köpcke, com volume de 100cm³, na profundidade de 0,10m, representativa da camada de 0-0,20m. No laboratório, conforme método descrito por KLUTE (1986), as 15 amostras indeformadas foram saturadas por meio da elevação gradual de uma lâmina de água numa bandeja, até atingir cerca de 2/3 da altura dos anéis. Foram empregadas câmaras de pressão de Richards para extração da água retida em diferentes potenciais mátricos (-0,1 -1, -6, -10, -33, -50, -75, -100 e -300kPa). Em cada potencial, atingido o equilíbrio, determinaram-se as massas úmidas dos anéis, conduzindo-os em seguida, para estufa a 105°C por 24 horas, para determinação das massas secas e cálculo do teor de água base peso (kg.kg⁻¹). Os conteúdos de água base volume (m³ m⁻³) foram calculados multiplicando o valor da umidade base peso pela densidade do solo. O ajuste da curva de retenção aos dados experimentais foi realizado empregando a equação (1) proposta por VAN GENUCHTEN (1980), calculando-se os parâmetros de entrada, α , m , n , q_s e q_r , com o programa Soil Water Retention Curve- SWRC (DOURADO NETO et al. 1990) e fazendo o ajuste das curvas no programa MATLAB 6.5.

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

Onde: θ , umidade do solo determinada experimentalmente (m³ m⁻³); θ_s , umidade do solo na saturação (m³ m⁻³); θ_r , umidade residual do solo (m³ m⁻³); ψ_m , potencial mátrico da água no solo (kPa); α , m , n , parâmetros de ajuste do modelo.

Nos quinze locais também foram retiradas amostras deformadas para determinação da granulometria pelo método da pipeta. O carbono orgânico foi determinado por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico, empregando-se três amostras compostas de 5 subamostras cada, representativas dos terços superior, médio e inferior da parcela experimental. Os métodos de determinação citados constam de EMBRAPA (1997).

Foram avaliadas três funções de FTPs. Duas foram propostas por SCHAAP et al. (2001), sendo referidas neste trabalho por M_1 e M_2 , tendo como variáveis de entrada a textura e a densidade do solo (M_1) e essas duas variáveis mais o conteúdo de água a 33 kPa (M_2). Para estimativa dos parâmetros hidráulicos, os autores construíram um programa computacional denominado ROSETTA, que foi implementado em uma interface dentro do modelo computacional HYDRUS-2D, para facilidade de utilização (SIMUNEK et al., 1999). O desempenho geral do programa é feito com base em coeficientes de determinação e na raiz do erro médio quadrático.

A terceira FPT avaliada, aqui referida por M_3 foi desenvolvida por TOMASELLA et al. (2000) a partir de dados obtidos de mais de quinhentos horizontes de solos brasileiros, com a finalidade de estimar os parâmetros de entrada do modelo de van Genuchten. As variáveis de entrada de M_3 incluem os teores de areia grossa (ag), areia fina (af), silte (s) e argila (a) e o de carbono orgânico (co), conforme equações de 2 a 5.

$$\alpha = -237,0105 + 3,6242ag + 0,0043ags + 0,0014aga + 0,0898afa + 0,0178a^2 \quad (2)$$

$$n = 170,9352 - 0,0179 \text{ ag} \text{ s} - 0,0310 \text{ af} \text{ a} + 0,0094 \text{ af}^2 - 0,0081 \text{ s}^2 \quad (3)$$

$$\theta_s = 36,0797 + 0,3762s + 3,2576co - 0,0026aga + 0,0034 \text{ af} \text{ a} - 0,0032 \text{ sa} + 0,0028 \text{ a}^2 \quad (4)$$

$$\theta_r = 15,7568 + 0,1358 \text{ a} + 0,0052 \text{ sa} - 0,0028 \text{ ag}^2 - 0,0021 \text{ af}^2 - 0,0045 \text{ a}^2 \quad (5)$$

O desempenho de cada FPT, M_1 , M_2 e M_3 , foi avaliado por comparação com os resultados obtidos a partir da curva determinada experimentalmente (M_0) com relação: 1) às estimativas dos teores de água retidos no solo em diferentes potenciais; 2) às distribuições de poros por classes de tamanho equivalente com base na curva diferencial da curva de retenção de água.

Na avaliação de desempenho foram empregados os indicadores estatísticos referidos por precisão, exatidão e erro médio percentual (EMP), este último calculado pela equação 6.

$$EMP = 100 \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{|\theta_i - \theta_i^*|}{\theta_i} \right)}{n} \quad (6)$$

Onde: n, número de pontos utilizados no ajuste da curva de retenção; θ , umidade obtida experimentalmente em cada uma das n tensões aplicadas ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) e θ^* , umidade estimada pela FPT ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$).

A precisão é dada pelo coeficiente de correlação de Pearson "r", que indica o grau de dispersão dos dados obtidos em relação à média, ou seja, o erro aleatório. A exatidão está relacionada ao afastamento dos valores estimados em relação aos observados. Matematicamente essa aproximação é dada por um índice designado de concordância e representado pela letra "d" (WILLMOTT et al., 1985), calculado conforme a equação (7). Os valores de "r" e "d" variam de zero (nenhuma concordância) a 1 (concordância perfeita).

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\theta_i - \theta_i^*)^2}{\sum_{i=1}^n (|\theta_i^* - \Theta| + |\theta_i - \Theta|)^2} \right] \quad (7)$$

Onde: n, número de pontos utilizados no ajuste da curva de retenção; θ , conteúdo de água estimado a partir da curva de retenção obtida experimentalmente em cada uma das n tensões aplicadas ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); θ^* , umidade estimada pela respectiva FPT ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$); Θ é a média das umidades obtidas experimentalmente ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$).

Adicionalmente, foi também utilizado o índice de confiança "c" proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997) que relaciona os coeficientes de correlação "r" e de concordância "d", de acordo com a Equação (8):

$$c = rd \quad (8)$$

Empregando o índice "c", os desempenhos das FTPs são classificados segundo CAMARGO e SENTELHAS (1997) de acordo com a Tabela 1.

TABELA 1- Classes de desempenho empregando o índice de confiança "c", segundo CAMARGO e SENTELHAS (1997).

Desempenho	Ótimo	Muito Bom	Bom	Mediano	Sufrível	Mau	Péssimo
Valor de "c"	>0,85	0,76 a 0,85	0,66 a 0,75	0,61 a 0,65	0,51 a 0,60	0,41 a 0,50	≤0,40

Na determinação da distribuição de poros por classes de tamanho equivalente empregou-se metodologia referida por LIBARDI (2005), a partir das curvas diferenciais das curvas de retenção de água no solo. Para facilidade de cálculo foi construído um algoritmo em ambiente computacional MATLAB 6.5. O diâmetro equivalente dos poros foi determinado pela expressão matemática (9) proposta por BOUMA (1991), sendo adotada a classificação de poros por tamanho proposta por BREWER (1976), apresentada na Tabela 2, assim como a interpretação funcional.

$$D = \frac{4\sigma \cos\alpha}{\psi_m} \quad (9)$$

Onde: D, diâmetro do poro (μm); σ , tensão superficial da água a 20°C (73,43 kPa μm a 20°C); α , ângulo de contato entre o menisco e a parede do tubo capilar; e, ψ_m , potencial mátrico da água no solo (kPa).

TABELA 2 - Classes de tamanho dos poros do solo (adaptado de BREWER, 1976).

Classes de Tamanho	Diâmetro efetivo(mm)	Interpretação Funcional
Macroporos	0,08 ± 0,005	Drenagem da água gravitacional e difusão de gases
Mesoporos	0,03 e 0,08	Retenção de água e movimento da água por capilaridade
Microporos	0,005-0,03	Retenção da água disponível às plantas
Ultramicroporos	0,0001-0,005	Retenção da água não disponível às plantas
Criptoporos	< 0,0001	Retenção da água não disponível às plantas

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise descritiva dos teores de areia grossa, areia fina, silte, argila e matéria orgânica (MO) e de densidade (Ds) do LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico constam da Tabela 3. Depreende-se dos resulta-

dos tratar-se de solo argiloso, com teores médios de matéria orgânica, entre 15 e 50 g dm⁻³ e densidade do solo relativamente elevada para a classe textural do solo.

TABELA 3 - VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS, MÍNIMOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO (CV%) DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS, DA DENSIDADE DO SOLO (DS) E DA MATÉRIA ORGÂNICA (MO) NA CAMADA ENTRE 0,0-0,2M DE UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRICO TÍPICO DA REGIÃO DE CAMPINAS, SP.

Atributo	Média	Max.	Min.	C.V. %
Areia Grossa (g kg ⁻¹)	142	193	124	11,3
Areia Fina (g kg ⁻¹)	146	165	132	6,90
Areia Total (g kg ⁻¹)	288	344	262	7,10
Silte (g kg ⁻¹)	187	225	154	9,90
Argila (g kg ⁻¹)	525	574	462	6,20
MO (g dm ⁻³)	36,20	43,10	31,03	17,17
Ds (kg dm ⁻³)	1,34	1,44	1,18	4,90

Na Tabela 4 estão relacionados os valores dos parâmetros de entrada do modelo de VAN GENUCHTEN e estimados pelas FPTs (M₁, M₂ e M₃).

Tabela 4 - Parâmetros de entrada do modelo de VAN GENUCHTEN obtidos por ajuste aos dados experimentais (M₀) e indiretamente empregando as FPTs (M₁, M₂, M₃).

Métodos	α	n	m	Θ_r	Θ_s
	kPa ⁻¹			cm ³ cm ⁻³	
M ₀	0,246	0,561	0,249	0,149	0,49
M ₁	0,019	1,284	0,221	0,099	0,48
M ₂	0,025	1,289	0,224	0,096	0,47
M ₃	0,011	1,709	0,415	0,157	0,37

Sendo: M_0 (experimental), empregando o modelo de VAN GENUCHTEN (1980); M_1 , empregando a FPT de SCHAAP et al. (2001) com dois atributos edáficos; M_2 , idem anterior, mas a partir de três atributos edáficos; M_3 , empregando a FPT de TOMASELLA et al. (2000).

Os valores dos parâmetros α , m , n , θ_s e θ_r da Tabela 4 foram substituídos na equação 1 de VAN GENUCHTEN (1980) para estimativa da umidade do solo em diferentes potenciais matriciais, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.

TABELA 5- Teores volumétricos de água retidos no solo sob diferentes potenciais determinados experimentalmente, obtidos a partir da curva ajustada aos dados experimentais (M_0) e estimados empregando as funções de pedotransferência M_1 , M_2 e M_3 .

Potencial Mátrico (kPa)	Umidade volumétrica do solo ($m^3 m^{-3}$)				
	Dados Experimentais	M_0	M_1	M_2	M_3
0,1	0,49	0,46	0,49	0,47	0,38
1	0,41	0,42	0,49	0,47	0,38
6	0,38	0,37	0,48	0,47	0,38
10	0,36	0,36	0,48	0,46	0,38
33	0,33	0,33	0,45	0,43	0,36
50	0,32	0,32	0,43	0,41	0,35
75	0,31	0,31	0,41	0,39	0,33
100	0,30	0,30	0,39	0,37	0,32
300	0,28	0,28	0,33	0,30	0,25
EMP (%)	-	1,3	26,1	20,7	9,6

EMP, erro médio percentual associado à estimativa.

Sendo: M_0 (experimental), empregando o modelo de VAN GENUCHTEN (1980); M_1 , empregando a FPT de SCHAAP et al. (2001) com dois atributos edáficos; M_2 , idem anterior, mas a partir de três atributos edáficos; M_3 , empregando a FPT de TOMASELLA et al. (2000).

Os resultados da Tabela 5 indicaram que o menor erro médio percentual foi obtido para os valores de umidade do solo estimados pela curva de retenção de água ajustada aos dados experimentais, no qual se empregou o modelo de VAN GENUCHTEN. Este resultado é coerente com o fato de que por esse modelo o ajuste dos parâmetros de entrada é feito de forma a minimizar a diferença entre os valores observados e os estimados (DOURADO NETO et al. 1990).

Com relação aos valores de umidade do solo extraídos das curvas de retenção de água ajustadas com base nos parâmetros de entrada estimados pelas FPTs, verificou-se que o EMP associado à função M_3 é consideravelmente menor que os erros associados aos valores estimados por M_1 e M_2 , podendo tal resultado ser atribuído ao fato de que M_3 foi desenvolvida com base em dados relativos a solos brasileiros.

Na Tabela 6 são apresentados os valores dos coeficientes de correlação ("r"), índices de concordância ("d") e de confiança ("c"), calculados em comparação com M_0 (referência), e a classe

de desempenho das funções M_1 , M_2 e M_3 na estimativa dos teores de água em diferentes potenciais.

TABELA 6-Coeficientes de correlação "r", índices de concordância "d" e de confiança "c" e desempenho dos diferentes métodos avaliados na estimativa do conteúdo de água retido no solo sob diferentes potenciais.

Coeficientes	M_0	M_1	M_2	M_3
"r"	0,99	0,79	0,81	0,70
"d"	0,99	0,62	0,71	0,77
"c"	0,98	0,49	0,57	0,53
Desempenho	Ótimo	Mau	Sufrível	Sufrível

Sendo: M_0 (referência), empregando o modelo de VAN GENUCHTEN; M_1 , empregando a FPT de SCHAAP et al. (2001) com dois atributos edáficos; M_2 , idem anterior, mas a partir de três atributos edáficos; M_3 , empregando a FPT de TOMASELLA et al. (2000).

Numa primeira interpretação, valores dos coeficientes de correlação e dos índices de concordância, acima de 0,70, podem sugerir que as FPTs permitiram estimar apropriadamente os conteúdos de água retidos no solo em diferentes potenciais. No entanto, os baixos valores dos coeficientes de confiança revelam que o desempenho das FPTs foi de fato "ruim" ou "sofrível". Tais resultados aparentemente contrastantes revelam apenas que ao integrar o coeficiente de correlação e o índice de concordância em um único indicador (coeficiente

de confiança), o comportamento das diferentes curvas ajustadas é avaliado de maneira mais abrangente, sendo considerados simultaneamente os erros embutidos em cada coeficiente.

A Figura 1 ilustra as curvas de retenção de água ajustadas para o LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico a partir dos parâmetros da Tabela 4, determinadas a partir dos dados experimentais (M_0) e empregando as FPTs M_1 , M_2 e M_3 .

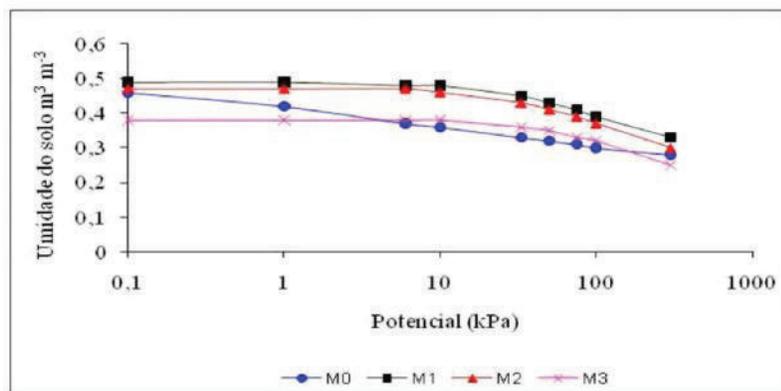


FIGURA 1- Curvas de retenção de água para um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico da região de Campinas, SP, determinadas a partir dos dados experimentais (M_0) e empregando FPTs (M_1 , M_2 e M_3).

Os resultados obtidos revelaram que as curvas de retenção de água no solo geradas a partir das FPTs (M_1 , M_2 e M_3) possuem o mesmo formato, mas diferenciando-se da curva M_0 (referência). O traçado da curva de retenção de água no solo é de extrema importância, refletindo a porosidade e, conseqüentemente, a distribuição do diâmetro dos poros. Segundo HILLEL (1980) as diferenças de retenção de água dos solos para um mesmo potencial mátrico comprovam as mudanças na distribuição de diâmetro de poros desses solos. No caso das curvas ajustadas a partir das FPTs M_1 e M_2 , observa-se que os valores de umidade estão superestimados em

toda a faixa de variação do potencial mátrico. No caso da curva ajustada a partir da FPT M_3 , ela se aproxima mais da curva experimental M_0 , mas com tendência a subestimar os valores na parte baixa da curva e a superestimá-los na faixa entre 6 e 100 KPa.

Quanto às distribuições de poros, observa-se na Figura 2 que os percentuais para macro e mesoporos estimados a partir das curvas ajustadas empregando as FPTs (M_1 , M_2 e M_3) são muito menores comparativamente aos resultados obtidos empregando o modelo de VAN GENUCHTEN aos dados experimentais (M_0).

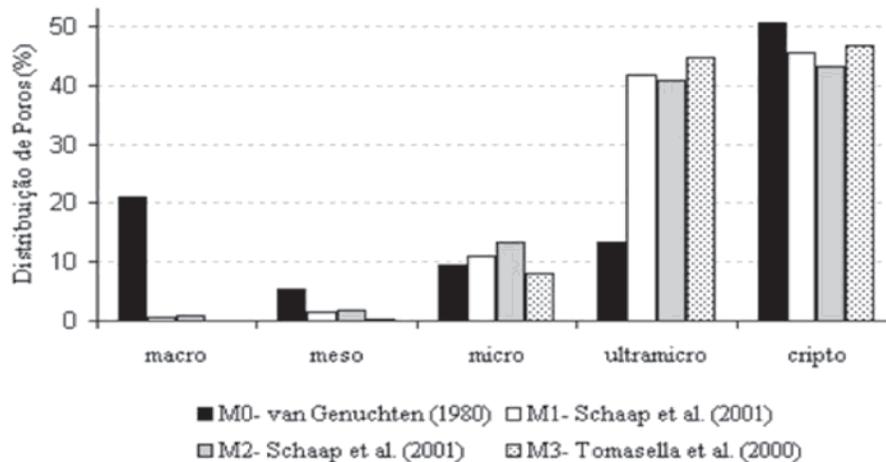


FIGURA 2-Distribuições de poros por tamanho para um LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico da região de Campinas, SP, determinadas a partir das curvas de retenção de água ajustada aos dados experimentais (M_0) e empregando FPTs (M_1 , M_2 e M_3).

Grandes diferenças também ocorreram em relação aos ultramicroporos, mas em sentido inverso, com percentuais muito maiores estimados por M_1 , M_2 e M_3 em relação à M_0 . As menores diferenças entre estimativas ocorreram para microporos e criptoros.

Os resultados mostraram que os ajustes das curvas de retenção de água obtidos a partir das FPTs avaliadas subestimaram a porosidade

relacionada com difusão de gases e drenagem gravitacional da água (macroporos) e com o movimento de água por capilaridade (mesoporos), atributos correlacionados com a estrutura do solo. Tais resultados são coerentes com o fato de que os parâmetros de entrada das FPTs basicamente incluem atributos granulométricos, que afetam mais a parte alta da curva, relacionada com a porosidade de retenção.

CONCLUSÃO

As FPTs avaliadas tiveram desempenho "ruim" ou "sofrível" quando aplicadas para estimativa dos conteúdos volumétricos de água retidos no solo em diferentes potenciais e da distribuição de poros por classes de tamanho, não sendo possível recomendar seu emprego para a classe de solo em questão. Por outro lado, a utilização do índice de confiança "c" trouxe informações adicionais relevantes, em relação à informação isolada obtida somente pelo coeficiente de correlação "r" ou pelo índice de concordância "d".

texture, bulk density and carbon content. *Soil Science*, Madison, WI, v.148, n. 6, p. 389-403, 1989.

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for the evaluation and comparison of models. *Journal of Geophysical Research*, USA, v. 90, n. C5, p.8995-9005,1985.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, F. B.; ZULLO, JR. J.; DE OLIVEIRA, J.B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 11, n. 1, p. 11-15, 1987.

BREWER, R. *Fabric and mineral analysis of soils*. New York: Robert E. Krieger Publishing, 1976. p.179- 204. 482 p.

BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. *Advances in Agronomy*, San Diego, CA , v.46, n. 1, p.2-37,1991.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, RS, v.5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 701-709, 2000.

CRONEY, D.; COLEMAN, J. D. Soil structure in relation to soil suction. *Journal of Soil Science*. Madison, WI, v.5, n.1, p.75-84, 1954.

DANE, J. H.; HOPMANS, J. W. Water retention and storage. In: DANE, J. H.; TOPP, G. C. (Co-editors). *Methods of Soil Analysis*. Madison: Soil Science Society of America, 2002. p. 671-673.