

COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO EM LABORATÓRIO

BEUTLER, Amauri Nelson²
CENTURION, José Frederico³
ROQUE, Cassiano Garcia²

RESUMO: O conhecimento do conteúdo de água retido à capacidade de campo é fundamental para o manejo racional da água em solos irrigados. Este estudo objetivou comparar o método da câmara de Richards com a mesa de tensão na determinação da capacidade de campo (0,006 MPa), e testar o modelo matemático proposto por Arruda, em ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, textura arenosa (PVA), LATOSSOLO VERMELHO, textura média (LVd) e, LATOSSOLO VERMELHO, textura argilosa (LVef). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial, 3 x 2 (3 solos e dois métodos), com 8 repetições, totalizando 48 amostras indeformadas, coletadas com anéis volumétricos na profundidade de 0,02 a 0,05 m para determinação da retenção de água, porosidade, densidade e, 24 amostras deformadas para determinação da composição granulométrica e do teor de matéria orgânica. A mesa de tensão subestimou em 17 % o conteúdo de água na capacidade de campo em relação a câmara de Richards, nos solos de textura média e argilosa, LVd e LVef, respectivamente, não diferindo no PVA. O modelo matemático proposto por Arruda não foi adequado para estimar o conteúdo de água retido na tensão de 0,03 MPa, determinado em câmaras de Richards, em amostras indeformadas.

Termos para indexação: câmara de Richards, mesa de tensão, conteúdo de água, solos

INTRODUÇÃO

O manejo racional da água é fundamental para a maximização da produção dos vegetais, sendo sua falta ou excesso prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Assim, quando ocorre falta de água é

Trabalho desenvolvido na FCAV/UNESP, Jaboticabal (SP).

Doutorando do Departamento de Solos e Adubos - FCAV/UNESP Jaboticabal/SP.

Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP: 14870-000. Bolsista da FAPESP.

amaurib@yahoo.com.br

Prof. Adjunto do Departamento de Solos e Adubos - FCAV/UNESP Jaboticabal/SP.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.55-68, 2003

necessário efetuar a irrigação. Entretanto, se a aplicação de água for em excesso, poderá haver lixiviação de nutrientes, decréscimo da produção e, aumento do custo/benefício da irrigação (BERNARDO, 1989).

Em projetos de irrigação, a quantidade de água a ser aplicada é calculada com base no déficit hídrico à capacidade de campo. A capacidade de campo, em manejo de culturas agrícolas através da irrigação, é assumida como sendo o conteúdo de água do solo na qual a drenagem interna torna-se praticamente desprezível, o que ocorre normalmente 2 a 3 dias após a chuva (REICHARDT, 1985).

Visto que a capacidade de campo representa a umidade máxima do solo para qual a perda de água por drenagem é pequena, é necessário determiná-la no campo (VAN LIER, 2000). No entanto, devido as dificuldades para tal, foram desenvolvidos vários métodos práticos de laboratório. Entretanto, é necessário o conhecimento da precisão da medida do conteúdo de água retido na capacidade de campo, obtida através dos métodos de laboratório.

O aparelho rotineiramente utilizado para determinação da capacidade de campo é a câmara de pressão de Richards, com placas porosas (RICHARDS, 1949). As câmaras de pressão são ligadas a atmosfera por meio de uma placa porosa permeável apenas à água, sobre a qual é colocada a amostra de solo, sendo que a parte inferior da placa encontra-se sob pressão atmosférica. Desta forma, a água é retirada da amostra até que se estabeleça um equilíbrio e, o potencial matricial de água é lido através de colunas de mercúrio (REICHARDT, 1985).

Segundo os estudos de REICHARDT (1988), a capacidade de campo para fins de projetos de irrigação deve ser elevada para potenciais matriciais da ordem de 0,006 a 0,01 MPa, que ocorrem com maior frequência em solos tropicais submetidos a drenagem em condições de campo. Estudando a capacidade de campo *in situ* com a determinada em laboratório por câmaras de Richards, nas tensões de 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05 MPa, FERNANDEZ MEDINA & OLIVEIRA (1987) concluíram que a tensão de 0,01 MPa se aproximou mais à capacidade de campo *in situ*, porém, subestimou o valor obtido no campo, em Latossolo Amarelo muito

argiloso. Estes autores indicaram a necessidade de mais estudos com utilização de tensões mais baixas, utilizando a mesa de tensão. Neste sentido, SYKES (1969) relata que vários pesquisadores obtiveram tensões de água à capacidade de campo tão baixas como 0,002 MPa.

MACLEAN & YAGER (1970), estudando 31 perfis de solos da Zâmbia com diferentes texturas e mineralogias, verificaram que a capacidade de campo a ser adotada deve ser o conteúdo de água retido a tensões de 0,005 a 0,01 MPa, visto que a tensão de 0,01 subestimou em 10 % e a tensão de 0,005 MPa superestimou em 4% o conteúdo de água.

Adotando-se o conteúdo de água retido na tensão de 0,006 MPa como a capacidade de campo, a mesa de tensão tem grande utilidade na determinação desta, substituindo as câmaras de pressão de Richards com placas porosas, que apresentam um custo elevado (OLIVEIRA, 1968; REICHARDT, 1988). Além disso, ao utilizar-se a retenção de água a 0,006 MPa como capacidade de campo, determina-se conjuntamente a macro, micro e porosidade total das amostras, importante no planejamento e dimensionamento da irrigação e manejo dos solos para fins agrícolas.

A determinação do conteúdo de água através da mesa de tensão consiste em aplicar uma sucção de 0,006 MPa as amostras, que são colocadas sobre papel mata-borrão, o qual se encontra sobre uma lâmina de vidro. No centro da lâmina de vidro tem-se uma mangueira transparente com água ligada ao frasco nível, que regula o fluxo de água (OLIVEIRA & PAULA, 1983). Estes autores afirmam que as câmaras de Richards e mesa de tensão apresentam resultados semelhantes, porém, não publicados.

Considerando a utilização intensiva da mesa de tensão, principalmente pelo baixo custo de construção, manutenção e operação, conduziu-se um ensaio objetivando comparar o método da mesa de tensão com as câmaras de Richards, na determinação do conteúdo de água na capacidade de campo (0,006 MPa) em solos tropicais e, testar o modelo matemático proposto por ARRUDA et al. (1987), em ARGISSOLO VERMELHO AMARELO, arenoso, LATOSSOLO VERMELHO, textura média, e LATOSSOLO VERMELHO, argiloso.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no Departamento de Solos e Adubos da UNESP/FCAV, Jaboticabal (SP), Brasil. Utilizaram-se amostras de três solos de grande expressão geográfica e agrícola no Brasil, classificados por PINOTTI (1997), como: ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutrófico, abrupto, textura arenosa/média, A moderado, caulínítico (PVA), coletadas no município de Monte Alto (SP); LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, típico, textura média/argilosa, A moderado, caulínítico hipoférrico (LVd), coletadas em área da UNESP de Jaboticabal (SP); LATOSSOLO VERMELHO Eutroférrico, típico, textura argilosa/muito argilosa, A moderado, caulínítico-oxídico (LVef), coletadas em área da UNESP de Jaboticabal (SP). Os solos LVd e LVef estavam sendo cultivados com milho (45 dias) no sistema de preparo convencional e o PVA estava sendo utilizado com pastagens.

As amostras indeformadas foram coletadas, na profundidade de 0,02 a 0,05 m, com auxílio de anéis volumétricos de 0,03 m de altura e 0,048 m de diâmetro, para determinação do conteúdo de água na capacidade de campo (0,006 MPa), utilizando a mesa de tensão (LEAMER & SHAW, 1941; OLIVEIRA, 1968) e, do conteúdo de água retido nas tensões de 0,006; 0,01 e 0,03 MPa através de extratores de placas porosas de cerâmica (0,1 MPa), por secamento (KLUTE, 1986). A densidade do solo foi determinada segundo BLAKE & HARTGE (1986), da microporosidade, por secamento (0,006 MPa), em câmaras de pressão de Richards com placa porosa (KLUTE, 1986) e da mesa de tensão (OLIVEIRA, 1968), da porosidade total segundo DANIELSON & SUTHERLAND (1986), e a macroporosidade foi obtida por diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

Em amostras deformadas foram determinadas a composição granulométrica através da dispersão com NaOH (0,1 mol L⁻¹) e agitação lenta durante 16 horas, sendo a argila obtida pelo método da pipeta (DAY, 1965) e, a matéria orgânica foi determinada segundo metodologia de RAIJ et al. (1987).

Os valores de silte mais argila foram utilizados para verificar a eficiência do modelo proposto por ARRUDA et al. (1987) para estimar o conteúdo de água retido na tensão de 0,03 MPa, em amostras deformadas, a seguir:

$$CC = 3,1 + 0,629x - 0,0034x^2$$

em que: CC é o conteúdo de água retido na capacidade de campo (%) e, x é o teor de silte + argila (%).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2 (3 solos e 2 métodos), com 8 repetições, para análise do conteúdo de água na capacidade de campo (0,006 MPa). Realizou-se a análise de variância e, quando significativa, realizou-se a comparação das médias pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 1 são apresentadas as composições granulométricas dos solos que foram utilizadas no cálculo para obtenção da capacidade de campo através do modelo proposto por ARRUDA et al. (1987) e o teor de matéria orgânica.

Quadro 1 - Composição granulométrica e matéria orgânica (MO) dos solos estudados.

Solo	Argila	Silte	Areia grossa	Areia fina	MO
..... g kg ⁻¹					
PVA	114	183	200	503	18
LVd	273	60	326	341	13
Lvef	553	227	87	133	23

No quadro 2 encontram-se os resultados das análises físicas determinadas, em amostras indeformadas, através da câmara de Richards e na mesa de tensão, no PVA, LVd e Lvef. A porosidade total aumentou e a densidade do solo diminuiu com o incremento no conteúdo de argila, do

PVA (textura arenosa) para o Lvef (textura argilosa), refletindo a importância da argila na estrutura do solo, concordando com WILLIAMS et al. (1983), que afirmaram que solos argilosos apresentam maior porosidade total e menor densidade do solo.

No PVA (Quadro 2), os menores valores de porosidade total e a reduzida macroporosidade refletem, em parte, a maior densidade do solo, atribuídos ao sistema de uso do solo com pastagens, confirmando os estudos de CENTURION et al. (2001), em que o sistema de manejo com pastagem apresentou maior resistência à penetração, comparado ao cultivo convencional com milho.

Quadro 2 - Porosidade total (Pt), macro e microporosidade e densidade do solo (Ds) do PVA, Lvd e Lvef determinadas pela câmara de Richards e na mesa de tensão.

Solo	Câmara de Richards				Mesa de tensão			
	Pt	Macro	Micro	Ds	Pt	Macro	Micro	Ds
	.....	m ³ m ⁻³	.....	Mg m ⁻³	.....	m ³ m ⁻³	.....	Mg m ⁻³
PVA	0,294	0,067	0,227	1,38	0,299	0,075	0,224	1,40
Lvd	0,399	0,103	0,296	1,25	0,402	0,156	0,246	1,25
Lvef	0,422	0,052	0,370	1,20	0,427	0,121	0,306	1,20

Verifica-se, ainda, que a média da porosidade total e da densidade do solo das amostras utilizadas para as determinações da macro e microporosidade, através da câmara de Richards e da mesa de tensão foram semelhantes, em cada solo, indicando que as diferenças na macro e microporosidade são inerentes aos métodos utilizados na sua determinação.

O valor da macroporosidade determinada pela mesa de tensão foi superior e da microporosidade inferior ao valor obtido pela câmara de Richards, e as diferenças aumentaram com o conteúdo de argila, mostrando que os métodos utilizados conduzem a conclusões diferenciadas.

O conteúdo de água retido foi superior nos solos de granulometria mais fina, independente do método utilizado (quadro 3), concordando com WILLIAMS et al. (1983), que estudando vários solos da Austrália, verificaram que os solos de granulometria mais fina retêm maior conteúdo de água, devido ao fato de possuírem maior conteúdo de material coloidal,

maior espaço poroso e superfície adsortiva que solos de textura mais grosseira.

Quadro 3 - Capacidade de campo (0,006 MPa), determinada através da câmara de Richards e da mesa de tensão no PVA, LVd e LVef.

Solo	Conteúdo de água retida na tensão de 0,006(Mpa)	
	Câmara de Richards	Mesa de tensão
	..... m ³ m ⁻³ .....	.....
PVA	0,227 Ca	0,224 Ca
LVd	0,296 Ba	0,246 Bb
LVef	0,370 Aa	0,306 Ab
CV (%)	3,94	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si ($P \leq 0,05$).

Outro aspecto, é a reduzida influência da fração silte na retenção de água, verificado no PVA em relação ao LVd, visto que a mineralogia da fração argila é caulinítica para os dois solos. Nestes solos, os valores das frações silte mais argila são semelhantes. No entanto, o conteúdo de argila é 1,4 vezes superior no LVd e o conteúdo de água retido é 0,44 vezes superior, comparado ao PVA, indicando que a argila foi a principal fração na retenção de água, visto que o teor de matéria orgânica foi inferior no LVd em relação ao PVA, confirmando os estudos de WILLIAMS et al. (1983) e SILVA et al. (1986).

O conteúdo de água, retido na capacidade de campo, determinado através da câmara de Richards foi superior ao obtido pela mesa de tensão e, as diferenças aumentaram com o conteúdo de argila. A mesa de tensão subestimou em 16,9 e 17,2 % o conteúdo de água retido no LVd, textura média e no LVef, argiloso, respectivamente.

Segundo estudos de CIRINO & CARVALHO GUERRA (1994), comparando o conteúdo de água na capacidade de campo obtido com câmaras de Richards e *in situ* pelo método de campo e pelo método fisiológico, em solos com diferentes granulometrias, as câmaras de Richards foram confiáveis na determinação da capacidade de campo. Estes

resultados nos permitem inferir que a mesa de tensão subestimou o conteúdo de água retido na capacidade de campo no solo de textura média e argilosa.

O método original da mesa de tensão descrito por LEAMER & SHAW (1941) utilizava folhas de mata-borrão de maior espessura que não são mais disponíveis no mercado e o método de OLIVEIRA (1968) utilizava duas folhas de mata-borrão menos espessas. Atualmente as mesas de tensão utilizam apenas uma folha de mata-borrão, as quais foram substituídas por folhas de menor espessura, aumentando a porosidade em relação ao método original. Esta modificação possivelmente é responsável pela subestimação do conteúdo de água em relação a câmara de Richards. Isto é confirmado pelos estudos de OLIVEIRA & PAULA (1983), em que foi realizado um tratamento das folhas de mata-borrão com uma suspensão de argila mais silte, para dar uma porosidade adequada, proporcionando resultados semelhantes entre a mesa de tensão e as câmaras de Richards.

Neste contexto, são necessários mais estudos comparando as câmaras de Richards e a mesa de tensão com a utilização do tratamento do mata-borrão com suspensão de argila ou utilização de dois mata-borrões ao invés de apenas um.

Estes resultados assumem, ainda, relevante importância na determinação das curvas de retenção de água no solo, as quais normalmente são determinadas através da mesa de tensão, baixas tensões, e em maiores tensões através das câmaras de Richards. Assim, são obtidas curvas de retenção de água incorretas, visto que em baixas tensões o conteúdo de água foi subestimado.

Neste trabalho, o baixo valor do coeficiente de variação dos dados (Quadro 3), utilizando-se oito repetições, mostra pouca variabilidade, sugerindo precisão. MORAES et al. (1993), utilizando câmara de pressão de Richards, verificaram que são necessários 3 a 4 valores para estimar a média a um dado nível de probabilidade.

Conforme os estudos de JAMISON & KROTH (1958), MACLEAN & YAGER (1970) e ARRUDA et al. (1987) as frações argila e silte são importantes na retenção de água na capacidade de campo, e podem ser utilizados na estimativa da retenção de água. Assim, foi testado

o modelo proposto por ARRUDA et al. (1987), para solos tropicais, na estimativa do conteúdo de água retido na capacidade de campo. Os resultados são apresentados no quadro 4.

Segundo ARRUDA et al. (1987) a equação quadrática proposta representa satisfatoriamente o conteúdo de água retido em função dos teores argila + silte entre 76 e 890 g kg⁻¹. Isto não foi verificado neste estudo quando se compara o conteúdo de água retido pelas câmaras de Richards com o valor estimado a tensão de 0,03 MPa (Quadro 4).

Quadro 4 - Comparação da retenção de água obtida pelo modelo de ARRUDA et al. (1987) com valores determinados pelas câmara de Richards e mesa de tensão, em diferentes tensões (MPa), no PVA, LVd e Lvef.

Solo	Tensão (MPa)				Modelo*
	Câmara de Richards		Mesa de tensão		
	0,006	0,01	0,03	0,006	
	..... Conteúdo de água, m ³ m ⁻³				
PVA	0,227 B	0,204 C	0,194 D	0,224 B	0,263 A
LVd	0,296 A	0,271 B	0,231 D	0,246 CD	0,253 C
Lvef	0,370 A	0,347 A	0,294 B	0,306 B	0,378 A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si ($P \leq 0,05$). * Modelo matemático proposto por ARRUDA et al. (1987).

Observa-se que o modelo de ARRUDA et al. (1987) superestimou o conteúdo de água a 0,03 MPa e se aproximou ao conteúdo retido a 0,006 MPa. Isto possivelmente deve-se ao fato destes autores utilizarem amostras deformadas coletadas na profundidade de 0 a 50 cm dos horizontes A e B, na elaboração do modelo proposto. Foram utilizadas amostras indeformadas neste estudo, por melhor estimarem a realidade (SIDIRAS et al., 1984) e as condições de campo (JACCORD & CASTRO, 1976).

O modelo proposto por ARRUDA et al. (1987) para estimar o conteúdo de água na tensão de 0,03 MPa superestimou o valor em até 26 % comparado a câmara de Richards e se aproximou ao valor determinado a 0,006 MPa pela câmara de Richards, superestimando em 13 % e subestimando em 15 % o conteúdo de água no PVA e LVd, respectivamente.

O modelo apresentou correlações acima de 0,90 com os valores determinados com a câmara de Richards e a mesa de tensão a 0,006 MPa (Quadro 5). O conteúdo de água determinado com a câmara de Richards e a mesa de tensão a 0,006 MPa apresentaram correlação positiva de 0,96.

Quadro 5 - Correlações de Pearson entre o conteúdo de água retido pelo modelo proposto por ARRUDA et al. (1987) e valores obtidos pela câmara de Richards e mesa de tensão.

	Câmara de Richards		Mesa de tensão	
	0,006	0,01	0,03	0,006
Modelo de ARRUDA et al. (1987)	0,90**	0,91**	0,93**	0,94**
Mesa de tensão	0,96**	--	--	--

** Significativo a 1%.

CONCLUSÕES

A mesa de tensão subestimou em 17 % o conteúdo de água na capacidade de campo em relação a câmara de Richards, nos solos de textura média e argilosa, LVd e LVef, respectivamente, não diferindo no PVA de textura arenosa. O modelo matemático proposto por Arruda, com a utilização dos teores silte + argila, não foi adequado para estimar o conteúdo de água retido na tensão de 0,03 MPa, determinado em amostras indeformadas, coletadas na profundidade de 0,02 a 0,05 m, em câmaras de Richards.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G. Comparison of methods for determination of field capacity in laboratory. *Cultura Agronômica*, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.55-68, 2003.

SUMMARY: The knowledge of water content to the field capacity is basic for rational management of water in irrigated soils. This study was carried out to compare the method of Richards chamber with the water-tension table in determination of the field capacity (0.006 MPa), and to test the mathematical model proposed by Arruda, in sandy Yellow Red Argisol (Kandiustalf), medium texture Red Latosol (Haplustox) and clayey Red Latosol (Eustrustox). The experiment design was complete randomized, in factorial scheme 3 x 2 (3 soils and 2 methods), with 8 replications totalizing 48 undisturbed samples, collected with volumetric rings in 0.02-0.05 m depth for determination of the water retention, porosity, bulk density and, 24 disturbed samples for determination of the granulometric composition and organic matter. The water-tension table underestimated in 17 % the water content in the field capacity in relation Richards chamber, in soils of medium and clayey texture, Haplustox and Eustrustox, respectively, not differing of the Kandiustalf. The mathematical model proposed by Arruda was not appropriate to estimate the water content in the tension of 0.03 MPa determined in Richards chambers, in undisturbed samples.

Key-words: Richards chamber, water-tension table, water content, soils.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, F.B.; ZULO J.; OLIVEIRA, J.B. Parâmetros de solo para o cálculo da água disponível com base na textura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.11-15, 1987.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1989. 596p.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H., 1986. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1986. p.377-382.

CENTURION, J.F.; CARDOSO, J.P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

Cultura Agrônômica, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.55-68, 2003

CIRINO, C.G.; CARVALHO GUERRA, H.O. Utilização das relações energia/umidade na caracterização físico-hídrica dos solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF., v.29, p.1973-1978, 1994.

DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L., 1986. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1986. p.443-461.

DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analyses. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy. 1965. p.545-566.

FERNANDEZ MEDINA, B.; OLIVEIRA JR. R.C. Relações entre capacidade de campo determinada in situ e em laboratório em latossolo amarelo muito argiloso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.91-95, 1987.

JACCOUD, A.; CASTRO, A.F. Curvas de caracterização de umidade de solos da área da universidade federal rural do Rio de Janeiro, município de Itaguaí. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF., v.11, p.1-9, 1976.

JAMISON, V.C.; KROTH, E.M. Available moisture storage capacity in relation to textural composition and organic matter content of several Missouri soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.22, p.189-192, 1958.

KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. Pt.1, p.635-662.

LEAMER, R.W.; SHAW, B. A simple apparatus for measuring noncapillary porosity an extensive scale. **Journal of America Society of Agronomy**, Madison, v.33, p.1003-1008, 1941.

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.55-68, 2003

MACLEAN, A.H.; YAGER, T. Available water capacities of Zambian soils in relation to pressure plate measurements and particle size analysis. **Soil Science**, Baltimore, v.113, p.23-29, 1970.

MORAES, S.O.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Heterogeneidade dos pontos experimentais de curvas de retenção da água no solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.50, p.393-403, 1993.

OLIVEIRA, L.B. Determinação da macro e microporosidade pela “mesa de tensão” em amostras de solo com estrutura indeformada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.3, p.197-200, 1968.

OLIVEIRA, L.B.; PAULA, J.L. **Determinação da umidade a 1/10 de atmosfera na terra fina pela “mesa de tensão”**. Rio de Janeiro: EMBRAPA SNLCS, 1983. 9p. (Boletim de Pesquisa, 22).

PINOTTI, A.A.R. **Caracterização e correlação de atributos de alguns solos do estado de São Paulo**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista/FCAV, 1997. 93p. (Trabalho de Graduação).

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.211-216, 1988.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo planta atmosfera**. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985. 445 p.

RICHARDS, L.A. Methods of measuring moisture tension. **Soil Science**, Baltimore, v.68, p.95-112, 1949.

SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R.; ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e

Cultura Agronômica, Ilha Solteira, v.12, n.2, p.55-68, 2003

preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.265-268, 1984.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.91-95, 1986.

SYKES, J. Disponibilidade da umidade do solo para as plantas. **Experientiae**, Viçosa, v.9, p.133-246, 1969.

VAN LIER, Q. J. Índices da disponibilidade de água para as plantas. In: NOVAIS, R.B.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. p.95-106

WILLIAMS, J.; PREBBLE, R.E.; WILLIAMS, W.T.; HIGNET, C.T. The influence of texture, structure and clay mineralogy on the soil moisture characterisitic. **Australian Journal of Soil Research**, Cambridge, v.21, p.15-32, 1983.