

631.405

Revista Brasileira de Ciência do Solo

ÓRGÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO

BI
REVISTA BRASILEIRA DE ...
v.11, n.2, Maio. 1987

CDD 631.4

R.



CPAA-775-66

V. 11 N.2

p. 87-231

maio/ago. 1987

RELAÇÕES ENTRE CAPACIDADE DE CAMPO DETERMINADA *IN SITU* E EM LABORATÓRIO EM LATOSSOLO AMARELO MUITO ARGILOSO⁽¹⁾

B. FERNANDEZ MEDINA⁽²⁾ & R. C. de OLIVEIRA JR.⁽³⁾

RESUMO

Com a finalidade de encontrar um método de laboratório que melhor estime a capacidade de campo em um latossolo amarelo muito argiloso, valores médios de conteúdo de água do solo à capacidade de campo medida *in situ* foram comparados e correlacionados com aqueles determinados em amostras deformadas e indeformadas em equilíbrio com tensões de 0,01, 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05 MPa em extrator de placa porosa. A umidade do solo foi medida às profundidades de 0-10, 10-30 e 30-70cm. A essas mesmas profundidades, foram determinadas a densidade global do solo, macro-, micro- e porosidade total, água disponível às plantas e distribuição das partículas por tamanho. Não se encontraram variações importantes nos conteúdos de água do solo entre camadas, o que possibilitou a análise conjunta dos dados, facilitando a aplicação prática dos resultados. Os valores médios de água do solo, obtidos a diferentes tensões, que melhor estimaram a capacidade de campo do latossolo em consideração, corresponderam à tensão de 0,01 MPa, e os valores referentes às primeiras mais se aproximaram daqueles obtidos no campo. Com efeito, a correlação foi maior para as amostras deformadas ($r = 0,87$) do que para as indeformadas ($r = 0,53$), embora ambas fossem significativas. As restantes tensões subestimaram o teor de água à capacidade de campo, pelo que foram descartadas como métodos indiretos para estimar esse parâmetro físico-hídrico do solo. Verificou-se alta proporção de microporos (47%) em contraste com 8-9% de macroporos. Em face de seu alto teor de argila, que promove a formação de muitos microagregados, a quantidade de água disponível nesse solo é baixa. Mesmo não havendo qualquer vantagem no uso de amostras indeformadas (torrões) sobre as deformadas, segundo alguns pesquisadores, o uso destas últimas para determinação da capacidade de campo em latossolo amarelo muito argiloso deverá estar na dependência de resultados de mais estudos semelhantes que incluam amostras obtidas pelo método do anel volumétrico. De igual maneira, é conveniente efetuar novas experiências com amostras deformadas a tensões mais baixas, utilizando funis de placa porosa e/ou mesa de tensão. Por enquanto, recomenda-se a utilização do método direto para estimar a capacidade de campo nesta unidade taxonômica.

Termos de indexação: Capacidade de campo, latossolo amarelo muito argiloso, amostra de solo indeformada.

SUMMARY: RELATIONSHIP BETWEEN THE FIELD CAPACITY MEASURED *IN SITU* AND IN THE LABORATORY ON A VERY CLAYEY YELLOW LATOSOL

A study was conducted to find the laboratory method that makes the best and more reliable estimate of the field capacity of a very clayey yellow latosol. To attain this objective, *in situ* mean moisture values of field capacity were compared and correlated with those obtained on disturbed and undisturbed soil samples at equilibrium with suctions of 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 and 0.05 MPa. The moisture content was measured at depths of 0-10, 10-30 and 30-70 cm. At these same depths were determined the following physical parameters: bulk density, macro, micro and total porosity, available water, and particle size distribution. The mean moisture values, obtained at the different suctions, that made the best estimate of field capacity were those at equilibrium with a suction of 0.01 MPa on both disturbed and undisturbed samples. The correlation was better for the disturbed samples ($r = 0.87$) than for the undisturbed ones ($r = 0.53$), although both were highly significant. The remaining suctions underestimated field capacity measured directly thus they were discarded as indirect methods to assess field capacity. It was found a extremely higher proportion of micropores (around 47%) than micropores (8-9%), which is due mainly to the unusually high clay content of this soil. This in turn is responsible for its low amount of available water. In spite of the fact that in this soil no advantages were found in the use of undisturbed soil samples over the disturbed ones (soil clods), as suggested by some authors, recommendation on the use of the latter will depend on results of new studies including soil samples collected with a cylindrical metal sampler. Similarly, more studies using lower tensions by means of ceramic pressure cells and/or water-tension table are suggested. In the meantime the use of the direct method is recommended to estimate field capacity in the very clayey latosol of the State of Amazonas, Brazil.

Index terms: Field capacity, very clayey yellow latosol, undisturbed soil sample.

(1) Trabalho realizado com recursos financeiros do Convênio SUDHEVEA/EMBRAPA. Recebido para publicação em janeiro de 1986 e aprovado em maio de 1987.

(2) Consultor Contrato IICA/EMBRAPA, CNPDS-EMBRAPA, Caixa Postal 319, CEP 69000 Manaus (AM).

(3) Engenheiro-Agrônomo Pesquisador CNPDS/EMBRAPA, Caixa Postal 319, CEP 69000 Manaus (AM).

INTRODUÇÃO

O conhecimento da capacidade de campo de um solo é importante para as pesquisas em irrigação, erosão, hidrologia e drenagem. De acordo com a clássica definição de Veihsmeier & Hendrickson (1931), capacidade de campo é a quantidade de água retida no solo após o excesso de água gravitacional ter drenado e a sua taxa de movimento praticamente cessado. Em laboratório, o conceito tem-se associado com um dado potencial de água, geralmente 0,033 MPa (0,33 bar), ou com o teor de umidade retido por uma amostra de solo, previamente saturada, após ter sido submetida a uma força centrífuga mil vezes a da gravidade. Cavazza et alii (1973) questionam a validade desses métodos por considerarem que capacidade de campo não é um valor de equilíbrio, mas um valor transitório da função de drenagem interna do solo, no qual este apresenta uma condutividade hidráulica muito baixa. Hadas (1973) concorda com a apreciação anterior e afirma que é bastante difícil determinar o ponto no qual a taxa de distribuição de água é negligenciável, isto é, o ponto que define a capacidade de campo de um solo. Embora a água continue movimentando-se quando o solo atinge a capacidade de campo, qualquer diminuição posterior no conteúdo de água é tão vagarosa que, para limitados períodos de tempo, como os dos calendários de irrigação, pode ser desprezada (Gairon, 1973).

De acordo com Sykes (1969), vários pesquisadores têm relatado tensões de umidade à capacidade de campo tão baixas como 0,02 a 0,18 atm (0,002 a 0,018 MPa), embora para a maioria dos solos essas tensões se encontrem na faixa de 0,01 a 0,05 MPa, dependendo das suas propriedades físicas. Peter (1965) sugere valores de 0,2 a 0,1 atm (0,02 a 0,01 MPa), ao passo que Jamison, citado por Sykes (1969), revendo o trabalho de vários pesquisadores, afirma que índices de 0,2 a 0,5 atm (0,02 a 0,05 MPa) são comuns na maioria dos solos, com um valor normal de 0,33 atm (0,033 MPa), dependendo da textura, estrutura, teor de matéria orgânica, estratificação etc. Segundo Hillel (1979), é cada vez mais claro que, em um sistema dinâmico, conceitos estáticos, como capacidade de campo, ponto de murcha permanente, água capilar, água gravitacional etc. são, em verdade, arbitrários e carentes de base física, pelo que se tornaram anacrônicos.

Sendo o conceito de capacidade de campo, como já expresso, tipicamente dinâmico, os métodos usados para sua determinação deverão ser também baseados em um princípio dinâmico. Tais são os métodos de Feodoroff, citado por Cavazza et alii (1973), e o desses últimos autores. Ambos consistem em determinar o conteúdo de água alcançado pelo solo quando a curva que representa a taxa de

variação da umidade em função do tempo mostra uma abrupta mudança na sua direção.

Considerando-se que o latossolo amarelo muito argiloso é uma unidade taxonômica de alta representatividade no Amazonas, na qual não há estudos sistemáticos documentados acerca de suas principais propriedades físico-hídricas, realizou-se esta pesquisa que objetivou determinar as relações entre capacidade de campo medida *in situ* e aproximações de laboratório, de modo a se obter uma estimativa indireta fidedigna deste parâmetro do solo. Ademais, visando caracterizar melhor o solo e relacionar suas propriedades físicas com a capacidade de campo, efetuaram-se algumas análises físicas selecionadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado em um latossolo amarelo muito argiloso do campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê (CNPSP-EMBRAPA), desmatado há mais de dez anos e dedicado à experimentação com seringueira. No quadro 1 são mostradas algumas propriedades físicas e físico-hídricas selecionadas e o teor de matéria orgânica desta unidade taxonômica.

Determinação de capacidade de campo *in situ* — A capacidade de campo foi determinada *in situ* às profundidades de 0-10, 10-30 e 30-70 cm pelo método dinâmico descrito por Cavazza et alii (1973). Em três locais distribuídos no campo experimental às distâncias de aproximadamente 500 m, delimitaram-se três parcelas de 2 x 2 m, perfazendo um total de nove unidades experimentais. As parcelas foram saturadas com água à profundidade de 80 cm mediante aplicação de lâminas de água equivalentes a 50 cm. Imediatamente após saturação, as parcelas foram cobertas com lençóis de plástico para evitar evaporação, permitindo apenas condições de drenagem interna. O conteúdo de água, em função do tempo, começou a ser monitorado imediatamente após a água ter desaparecido da superfície do solo. Realizaram-se medições subseqüentes, 8, 24, 48, 72 e 96 horas depois. As amostras de solo para determinação de umidade (duas por parcela e por profundidade) foram retiradas com um trado tipo "holandês" e colocadas em latas que imediatamente se fecharam hermeticamente para evitar evaporação durante seu transporte ao laboratório para determinação do conteúdo de água (porcentagem base peso seco) pelo método gravimétrico.

As porcentagens de umidade do solo, em função do tempo, foram plotadas em papel milimetrado, estimando-se capacidade de campo como sendo aquele ponto no gráfico

Quadro 1. Características físicas e físico-hídricas e teor de matéria orgânica do latossolo amarelo de Manaus até a profundidade de 70 cm

Prof.	Matéria orgânica	Fração mineral			Dg ⁽¹⁾	Porosidade			Umidade ⁽²⁾	
		Areia	Silte	Argila		Macro	Micro	Total	CC	PMP
cm		%			g/cm ³	%				
0-10	4,6	11,3	12,6	76,1	1,16	8,1	47,3	55,4	40,8	29,3
10-30	1,6	9,1	3,5	87,4	1,18	7,8	46,8	54,4	39,7	32,1
30-70	0,6	5,7	4,1	90,2	1,15	8,9	46,9	55,8	40,8	32,9

(1) Densidade global. (2) CC: Capacidade de campo e PMP: Ponto de murcha permanente.

(conteúdo de água) a partir do qual a direção da curva mudava abruptamente.

Determinação da capacidade de campo por métodos de laboratório – O conteúdo de água de amostras de solo deformadas e indeformadas, coletadas em idêntico número e às mesmas profundidades que para determinação da capacidade de campo, foi medido por gravimetria, após equilíbrio às tensões de 0,01, 0,02, 0,03, 0,04 e 0,05 MPa em extrator de placa a pressão, seguindo a metodologia descrita por Richards (1965).

A preparação das amostras deformadas consistiu em secar o solo ao ar, destorroá-lo com rolo de borracha e passar em seguida por peneira de 2mm. As amostras indeformadas, por sua vez, constituíram-se de agregados (torrões), variando em tamanho, entre 3,0 e 4,0cm, aos quais se alisou, em úmido, uma de suas faces. Os torrões foram colocados na placa porosa do extrator sobre solo peneirado por 2,0mm, proveniente do mesmo perfil e profundidade da amostra. A face lisa do torrão ficou em íntimo contato com o solo através de um pedaço de papel permeável (toalha de papel).

A determinação da tensão que fez a melhor estimativa de capacidade de campo medida diretamente baseou-se nos valores médios de umidade do solo obtidos após o equilíbrio às diferentes succões e em correlações simples entre cada um desses métodos de laboratório e o método de campo.

Análises complementares – Visando a caracterizar melhor o solo e observar as possíveis relações entre algumas das suas propriedades físicas e a capacidade de campo, efetuaram-se as seguintes análises complementares: (a) densidade global (Blake, 1965); (b) macro-, micro- e porosidade total (Vomocil, 1965); (c) água disponível às plantas (Richards, 1965); e, (d) matéria orgânica (Nelson & Sommers, 1982).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações da umidade do solo em função do tempo nas três profundidades selecionadas encontram-se na figura 1.

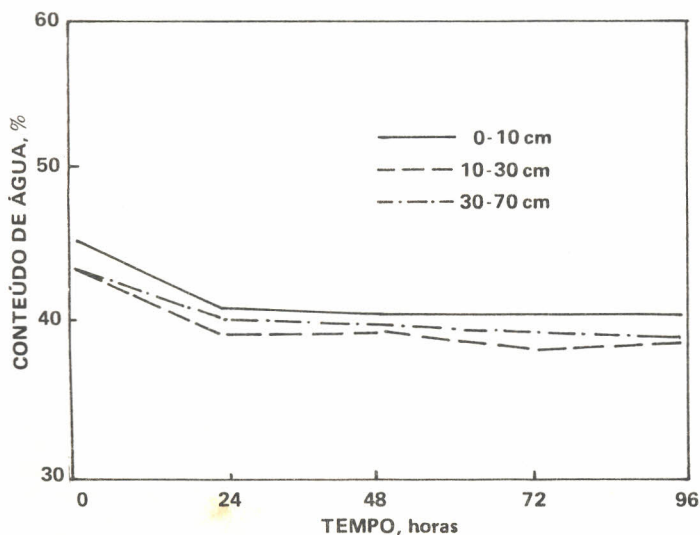


Figura 1. Conteúdo de água do solo em função do tempo para as profundidades de 0-10, 10-30 e 30-70 cm.

Para as três profundidades, a mudança na direção das curvas ocorreu 24 horas após a saturação com valores médios de 40,8, 39,7 e 40,8%, respectivamente, para as camadas de 0-10, 10-30 e 30-70cm. A partir desse tempo, a taxa de drenagem vertical de água tornou-se desprezível. Portanto, de acordo com a clássica definição de Veihmeyer & Hendrickson (1931) e os conceitos de Baver et alii (1972), Gairon (1973) e Hadas (1973), o solo havia atingido capacidade de campo.

Apesar de o teor de matéria orgânica diminuir acentuadamente com a profundidade, não se verificaram variações marcantes entre camadas nos valores de densidade do solo, capacidade de campo e ponto de murcha (Quadro 1), nem nos conteúdos de água às diferentes tensões, para amostras tanto deformadas quanto indeformadas (Quadro 2). Esse fato, que possibilitou a análise conjunta das três profundidades, ou seja, para a camada de 0-70 cm, deve-se provavelmente ao alto teor de argila do solo que mascarou a influência da matéria orgânica nas propriedades físicas e físico-hídricas do solo.

Quadro 2. Valores médios do conteúdo de água do solo à capacidade de campo determinada *in situ* e às tensões de 0,01 a 0,05 MPa em laboratório

Profundidade	Capacidade de campo <i>in situ</i>	Tensão (MPa)				
		0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
cm		%				
		Amostras deformadas				
0-10	40,8	39,5	36,5	34,5	34,5	35,2
10-30	39,7	38,2	36,4	34,6	33,9	33,0
30-70	40,8	39,7	38,2	36,5	35,8	34,6
Média	40,4	39,1	37,0	35,2	34,7	33,3
		Amostras indeformadas (torrões)				
0-10	40,8	36,8	35,0	34,8	34,3	33,2
10-30	39,7	37,5	36,5	36,1	35,7	35,2
30-70	40,8	38,7	37,5	36,6	36,6	36,3
Média	40,4	37,7	36,3	35,8	35,5	34,9

A tensão que proporcionou médias mais próximas à capacidade de campo, tanto para cada profundidade separadamente quanto para as três em conjunto (0-70cm), foi a de 0,01 MPa em amostras deformadas. Veio em seguida aquela que utilizou essa mesma pressão em amostras indeformadas (torrões), com valores em torno de 2,7 pontos percentuais menores. Todas as restantes tensões subestimaram a capacidade de campo em torno de 3 a 7 pontos percentuais.

O fato de a pressão de 0,01 MPa, nas amostras consistentes em torrões, extrair, em média, aproximadamente 1,4% mais de água do que nas amostras deformadas (Quadro 2), sugere que, às profundidades estudadas, este solo retenha água disponível às plantas a tensões ainda menores que 0,01 MPa. Isso concorda com Sykes (1969), quando aponta que vários pesquisadores obtiveram tensões de água a capacidade de campo tão baixas como 0,02 bar (0,002 MPa).

A análise do comportamento do latossolo amarelo muito argiloso, nas suas relações com a água, sugere que este solo possua poros com geometria muito peculiar, que lhe permitem reter grandes quantidades de água a tensões baixas (0,01 MPa) e, ao mesmo tempo, drenar a uma taxa relativamente alta a água gravitacional dos macroporos. No quadro 1 pode-se apreciar que há nesta unidade taxonômica alta proporção de microporos intra-agregados (aproximadamente 47%) e poucos, porém bastante grandes, macroporos interagregados (8 a 9%). Contudo, a quantidade de água disponível às plantas neste solo é baixa, o que é decorrente de seu extremamente alto teor de argila (Quadro 1) e da presença de muitos microagregados, que possibilitam a retenção de significativas percentagens de água à tensão de 1,5 MPa (15 bar). Greenland (1979) afirma que muitos ultissolos e oxissolos parecem possuir agregados e microagregados estáveis, acrescentando que nesses solos, na maioria muito ácidos, há comumente algum óxido de alumínio ativo na fração argila que atua como um poderoso agente cimentante e floculante.

Segundo o anterior, neste solo, seria de interesse comparar valores médios de conteúdo de água e capacidade de campo medida no campo com os determinados a tensões menores que 0,01 MPa, utilizando funis de placa porosa e/ou mesa de tensão.

Considerando que o método indireto que melhor representou a capacidade de campo, neste solo, até a profundidade de 70 cm, foi aquele que consiste na aplicação de uma pressão positiva de 0,01 MPa em ambos os tipos de amostras (Quadro 2), efetuaram-se as correlações entre os conteúdos de água obtidos *in situ* e à dita tensão. Os resultados — Figura 2 — indicam correlações significativas ao nível de 1% entre as duas variáveis. A correlação foi melhor para amostras deformadas do que para os torrões ($r = 0,87$ vs $r = 0,53$), o que se deveria à maior homogeneização das primeiras pelo processo de preparo (destorroamento e peneiração), diminuindo, assim, as suas prováveis diferenças. Os valores dos coeficientes *a* e *b* das equações de regressão indicam que as amostras deformadas proporcionaram valores desses coeficientes mais próximos a zero e um, respectivamente, isto é, à reta $y = x$, que expressa a plena coincidência dos valores de ambas as variáveis.

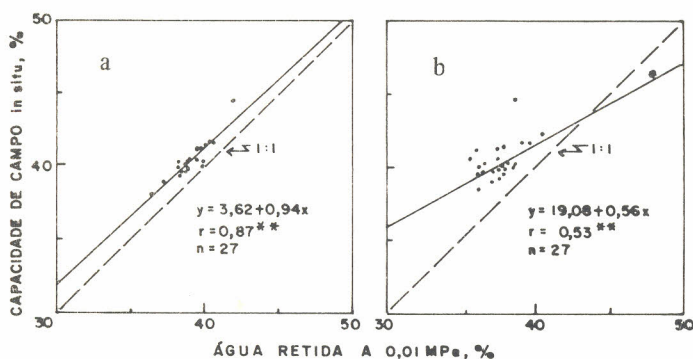


Figura 2. Relações entre os conteúdos de água na capacidade de campo *in situ* e aqueles retidos a 0,01 MPa, em amostras deformadas (a) e indeformadas (b).

Apesar de não se ter detectado nenhuma vantagem das amostras representadas por torrões de solo em relação às deformadas, como relatam Young & Dixon (1966) e Arias Parra & Millar (1973), a recomendação acerca do uso destas últimas estará sujeita aos resultados de novos estudos, seme-

lhantes a este, que incluem amostras obtidas utilizando o método do anel volumétrico. Semelhantemente, nesta unidade taxonômica, seria de interesse efetuar mais estudos com amostras de estrutura deformada, utilizando tensões mais baixas mediante funis de placa porosa e/ou mesa de tensão. Por enquanto, o método de campo parece ser o mais indicado para determinação da capacidade de campo no latossolo amarelo muito argiloso do Amazonas.

CONCLUSÕES

No método direto, nas três profundidades estudadas, o solo atingiu a capacidade de campo 24 horas após a saturação. O método indireto, que proporcionou médias mais próximas às de capacidade de campo, foi o que empregou a tensão (sucção) de 0,01 MPa, em amostras deformadas. Veio, em seguida, o que utilizou essa mesma tensão em amostras indeformadas (torrões). A correlação foi maior para as primeiras ($r = 0,87$) do que para as indeformadas ($r = 0,53$), embora ambas tenham sido significativas a 1% de probabilidade. As restantes tensões, em ambos os tipos de amostras, subestimaram o conteúdo de água à capacidade de campo, pelo que não constituem métodos indiretos confiáveis para estimar essa variável no solo sob consideração. Apesar de não se ter detectado nenhuma vantagem das amostras consistentes em torrões em relação às deformadas, que são mais fáceis de coletar e preparar, a recomendação acerca do emprego das últimas, para determinação indireta de capacidade de campo em latossolo amarelo muito argiloso, dependerá, essencialmente, dos resultados de novos estudos que incluam amostras retiradas com anel volumétrico. Do mesmo modo, salienta-se a conveniência de efetuar mais estudos com amostras deformadas utilizando funis de placa porosa e/ou mesa de tensão. Por enquanto, o método direto (de campo) parece ser o mais recomendável para determinação deste parâmetro físico-hídrico do solo sob estudo. Finalmente, verificou-se neste solo alta proporção de microporos (47%), quando comparada com a de microporos (8-9%), assim como uma baixa quantidade de água disponível às plantas.

LITERATURA CITADA

- ARIAS PARRA, E. & MILLAR, A.A. Relaciones hídricas de tres suelos regados de la zona central de Chile. Turrialba, San José, 23:275-283, 1973.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil physics. 4. ed. New York, J. Wiley, 1972. 489p.
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.374-390. (Agronomy, 9)
- CAVAZZA, L.; COMEGNA, V. & LINSALATA, D. Correlation of field capacity between field and laboratory determinations. In: HADAS, A., ed. Physical aspects of soil water and salts in ecosystems. New York, 1973. p.187-193. (Ecological Studies, 4)
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.545-567. (Agronomy, 9)
- GAIRON, S. Important soil characteristics relevant to irrigation. 5.ed. In: YARON, B., ed. Arid zone irrigation. New York, 1973. p.227-247 (Ecological Studies, 5)

- GREENLAND, D.J. Structural organization of soils and crop production. In: LAL, R., ed. Soil physical properties and crop production in the tropics. Bath, G.B., John Wiley, 1979. p.47-56.
- HADAS, A.D. Water retention and flow in soils. 5.ed. In: YARON, B., ed. Arid zone irrigation. New York, 1973. p.89-109. (Ecological Studies, 5)
- HILLEL, D. The soil water regime and plant response. In: LAL, R., ed. Soil physical properties and crop production in the tropics. Bath, G.B., John Wiley. 1979. p.125-138.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., ed. Methods of soil analysis. Part 2. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.539-579. (Agronomy, 9)
- PETER, D.B. Water availability. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.279-280. (Agronomy, 9)
- RICHARDS, L.A. Physical condition of water in soil. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.128-151 (Agronomy, 9)
- SYKES, J. Disponibilidade da umidade do solo para as plantas. Experimentiae, Viçosa, 9:133-246, 1969.
- VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soil Sci., Baltimore, 32:181-193, 1931.
- VOMOCIL, J.A. Porosity. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1965. Part 1, p.299-314. (Agronomy, 9)
- YOUNG, K.K. & DIXON, J.D. Overestimation of water content at field capacity from sieved sample data. Soil Sci., Baltimore, 101:104-107, 1966.