



Água disponível em um Neossolo Quartzarênico após adição de um condicionador mineral do solo¹

Cícero S. Costa², José J. V. Rodrigues², Antônio C. Cavalcanti³, Ligia B. Marinho⁴, Luiz A. Almeida Neto² & Tonny J. A. Silva²

RESUMO

Objetivou-se, com o estudo, avaliar a adição do estéril resultante da extração da gipsita, como condicionante do solo, sobre a disponibilidade de água em um Neossolo Quartzarênico coletado no Município de Petrolina, PE. A capacidade de campo (CC) foi obtida pela saturação e subsequente drenagem de um perfil simulado de solo em uma coluna de cilindros de PVC com 100 cm de altura, nas proporções de 0, 20, 40, 60 e 80 g kg⁻¹ do estéril, incorporadas nos 40 cm superiores. O ponto de murcha permanente (PMP) foi determinado pelo método fisiológico; adicionalmente, a CC e o PMP foram pela metodologia usual utilizando-se o extrator de Richards com uma pressão de 10 e 1500 kPa, respectivamente. A incorporação de doses crescentes do estéril aumentou a água disponível do solo, de 4,8 para 8,67%, quando determinado pelo método tradicional, nas doses 0 e 80 g kg⁻¹, respectivamente, e de 14,76 para 15,08%, nas mesmas doses, quando a água disponível foi determinada a partir da CC e o PMP obtidas pelo método da coluna de drenagem e método fisiológico, respectivamente. Inserindo-se a umidade gravimétrica da capacidade de campo obtida pelo método da coluna de solo na curva de retenção de umidade, vê-se que este parâmetro foi melhor representado por um potencial matricial próximo -6 kPa.

Palavras-chave: retenção e disponibilidade de água, capacidade de campo, ponto de murcha permanente

Available water in a Quartzsandy Neosol after addition of a mineral soil conditioner

ABSTRACT

This work aimed at evaluating the addition of the sterile material resulting from gypsite mining as a soil conditioner on the water availability of a Quartzsandy Neosol collected in the municipality of Petrolina, PE. Field capacity (FC) was obtained by the saturation and subsequent drainage of a simulated soil profile in a column made up of PVC cylinders 100 cm high where doses of 0, 20, 40, 60 and 80 g kg⁻¹ of the sterile material were incorporated to the upper 40 cm. The permanent wilting point (PWP) was determined by the physiological method. In addition, the FC and the PWP were determined by the usual methodology using Richard's pressure plate with the pressures of 10 and 1500 kPa, respectively. The incorporation of increasing doses of sterile material increased the available soil water from 4.8 to 8.67%, determined by the traditional method, and from 14.76 to 15.08% in the same doses when available water was defined with the FC and the PWP determined by the column and physiological methods, respectively. By inserting the gravimetric water content of FC obtained by the column method in the soil water release curve, this parameter was best represented by a matric potential close to -6 kPa.

Key words: water retention and availability, field capacity, wilting point

¹ Extraído da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Agronomia/Ciências do Solo/UFRPE

² Departamento de Agronomia/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP 52071-030, Recife, PE. Fone: (81) 3320-6229. E-mail: ciceroagro@yahoo.com.br; jubavilar@oi.com.br; luizz_antonio@hotmail.com; tonny.silva@pq.cnpq.br

³ Embrapa CPATSA, BR 428, Km 152, Zona Rural, C. P. 23. CEP 56300-000, Petrolina, PE. Fone: (87) 3862-1711. E-mail: cabral@cpatsa.embrapa.br

⁴ DTR/UFRPE, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP 52071-030, Recife, PE. Fone: (81) 3320-6276. E-mail: ligia_jua@hotmail.com

INTRODUÇÃO

No solo, a água tem sido estudada desde o início do século passado (Buckingham, 1907; Gardner, 1920; Richards, 1928), na tentativa de se avaliar a relação entre seu conteúdo no solo e o potencial e suas implicações no movimento e na disponibilidade de água às plantas.

Grande parte dos trabalhos iniciais estava focado na tentativa de se definir a fração da água no solo disponível para o uso nas plantas. Briggs & Shantz (1912) investigaram o coeficiente de murcha para a definição do limite inferior para a extração da água do solo pelas plantas; este conceito foi largamente utilizado e renomeado como o ponto de murcha permanente (Richards & Weaver, 1943); no entanto, de uma perspectiva da fisiologia da planta, a determinação da murcha permanente pode ser, em alguns casos, de difícil execução e de resultados ambíguos (Bigelow et al., 2004).

A determinação da quantidade total de água para uso da planta também requer uma definição do limite superior de disponibilidade. Veihmeyer & Hendrickson (1931) introduziram o conceito de capacidade de campo definido como “a quantidade de água retida no solo depois do excesso da água gravitacional ter sido drenado e após a taxa de movimento da mesma para baixo ter diminuído significativamente”; apesar disso, ainda não foi desenvolvida uma técnica simples e precisa de laboratório que apresente uma correlação ampla dos valores obtidos com a determinação da capacidade de campo *in situ*.

O grau de disponibilidade da água no solo a medida em que as plantas secavam até o limite inferior, foi outro aspecto estudado por vários autores. Veihmeyer & Hendrickson (1950) revisaram grande parte das pesquisas iniciais e afirmaram haver pouca inibição do crescimento da planta até que o teor de água no solo diminuísse até próximo ao ponto de murcha permanente.

Em um esforço para definir, de modo prático, o limite inferior de disponibilidade de água às plantas, Richards & Weaver (1943) determinaram, pelo método de laboratório que um potencial matricial de -1500 kPa correspondeu a aproximadamente $\pm 1,5\%$ de teor de água gravimétrica, obtido pelo método fisiológico, em 102 de 119 solos testados. Colman (1947) propôs uma definição termodinâmica da capacidade de campo para o limite superior como sendo a água retida a um potencial mátrico de -33 kPa; entretanto, para muitos solos seus dados mostraram considerável desvio entre a capacidade de campo, determinado no campo, e a umidade a -33 kPa; para solos de textura grosseira, a capacidade de campo é, comumente, assumida a ocorrer a um potencial mais alto, ou seja, de -10 kPa (Cassel & Nielsen, 1986); porém Rivers & Shipp (1978) determinaram que para solos arenosos a capacidade de campo ocorreria em um potencial de água ainda maior, ou seja, igual a -6,7 kPa.

No caso da capacidade de campo, diferenças têm sido observadas entre os diversos métodos apresentados quando comparados com o método direto no campo, considerado o mais preciso (Reichardt, 1988). Esse mesmo autor alerta para a impressão errônea de que a capacidade de campo é uma característica intrínseca do solo e que independe do método

empregado em sua determinação. Para o referido autor, o método da panela de pressão, descrito por Richards (1947), apesar de fornecer dados práticos aceitáveis, carece de respaldo teórico.

Segundo Souza & Reichardt (1996), o ponto de murcha permanente é, normalmente, considerado uma característica estática, ao contrário da capacidade de campo, que é considerada dinâmica.

O material utilizado na presente pesquisa como condicionador do solo, foi também estudado por Cavalcanti (1994). Retirado de uma das cavas da mineradora Super-gesso, trata-se de um material argiloso formado por várias camadas de sedimentos distintos, com espessura total variando de 15 a 30 m, localizado sobre o depósito de gipsita. Em termos mineralógicos, este material representa o estéril da extração de gesso das mineradoras localizadas na região da Chapada do Araripe, ocorrendo em grandes quantidades, podendo ser uma alternativa para utilização como melhorador de solos arenosos.

Sendo assim, neste trabalho se objetivou avaliar a água disponível em um Neossolo Quartzarênico determinada por diferentes métodos, após a adição de um condicionador mineral do solo em doses crescentes.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de um Neossolo Quartzarênico (RQ) foram coletadas na camada de 0 a 0,40 m em uma área da Fazenda Rocha Agropecuária, no Vale do São Francisco, município de Petrolina, PE, cujas coordenadas geográficas, são: latitude $9^{\circ} 20' 54''$ S e longitude $40^{\circ} 20' 25''$ W; o solo apresentou, na camada de 0 a 0,40 m, as seguintes características físicas: 6,7, 112,8, 355,9, 253, 162,6, 40 e 69 g kg⁻¹ de, respectivamente areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte e argila; sua densidade foi de 1,64 Mg dm⁻³, a densidade de partículas foi de 2,55 Mg m⁻³ e a porosidade total, de 35%; como características químicas o solo apresentou valores de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ de, respectivamente, 0,7, 0,02 e 0,15 cmol_c dm⁻³; pH 5,03 e 4,7 g kg⁻¹ de matéria orgânica.

Fez-se a coleta do material utilizado como condicionador do solo em uma das minas da Empresa Mineradora Super Gesso, situada na região do Pólo Gesseiro de Araripina, no município de Araripina, PE.

Cerca de 20 coletas aleatórias de amostras simples, foram realizadas nas pilhas formadas pelo tombamento do material retirado; essas amostras simples foram levadas ao laboratório para serem homogêneas e transformadas em uma amostra composta, a qual apresentou composição granulométrica de 215, 283 e 502 g kg⁻¹ de respectivamente, areia, silte e argila e 1,38 e 2,30 Mg m⁻³ de, respectivamente, densidade do solo e de partículas, além de porosidade total de 40%. Como características químicas o estéril indicou 18,22, 10,43, 0,7 e 0,41 cmol_c dm⁻³ de, respectivamente, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ e K⁺ e pH de 8,3. Por sua vez, o estéril foi adicionado ao solo, na fração granulométrica < 4 mm, nas doses de 20, 40, 60 e 80 g kg⁻¹, em que o solo sem adição do estéril foi representado pela dose de 0 g kg⁻¹; para esses tratamentos se

determinaram as umidades na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e, pela diferença entre a CC e a PMP, foram calculados os valores de água disponível (AD). Os experimentos foram conduzidos em um delineamento de bloco ao acaso com quatro repetições.

A unidade equivalente à capacidade de campo foi determinada de duas formas: a) a amostra de solo (TFSA), foi saturada e colocada em placa cerâmica no extrator de Richards e submetida ao potencial de -10 kPa (EMBRAPA, 1997). b) método de drenagem de coluna de solo (MDCS) descrito por Juncker & Madison (1967).

No segundo método, para se obter um perfil de umidade do solo após a saturação e drenagem mais próximo às condições de campo, uma coluna de solo, na forma de terra fina secada ao ar, foi montada, utilizando-se anéis de PVC com 5 cm de diâmetro interno e 2 cm de altura, cada um; os anéis foram unidos entre si com uma fita adesiva impermeável, até formarem uma coluna de 100 cm de altura (Figura 1A).

Fixou-se, na base da coluna, uma tela de plástico com abertura de 2 mm de diâmetro; adicionalmente e para evitar a saída de solo durante o processo de drenagem, o anel da base da coluna foi preenchido com areia grossa (1-2 mm) e acima deste anel colocada outra tela idêntica à utilizada na base da coluna.

Para obtenção da compactação ideal realizou-se um pré-ensaio unindo-se 10 anéis de PVC com as mesmas dimensões, formando uma coluna de 20 cm. A amostra de solo foi

umedecida de tal forma que, para cada 10 g de solo, foi adicionado 1 mL de água, misturado e homogeneizado. O solo úmido foi colocado na coluna de 10 anéis e compactado através de 10 batidas sucessivas, a medida em que eram suspensas manualmente e soltas, de uma altura de aproximadamente 10 cm; os dois anéis, tanto da base como do topo da coluna, foram retirados com auxílio de um fio de nylon e descartados; as amostras de solo contidas nos 6 anéis centrais foram pesadas obtendo-se uma média da massa de solo por anel.

Após determinadas as quantidades de solo por anel foram montadas colunas de 50 anéis, cada um com 2 cm de altura, totalizando 100 cm; para cada anel foi colocada a massa de solo úmido determinado no pré-ensaio; a mistura de solo + estéril foi adicionada até 40 cm de profundidade da coluna, simulando a profundidade estimada de incorporação de condicionante em condições de campo (Figura 1B).

Uma vez preenchida, a coluna foi fechada na extremidade superior, colocada dentro de outro tubo de PVC com 10 cm de diâmetro por 105 cm de altura e adicionada água lentamente, até a borda da coluna de anéis, para promover a saturação de baixo para cima durante 24 h (Figura 1C); após o período de saturação, a água foi sifonada e a coluna submetida, durante mais 24 h, a drenagem livre; em seguida, os 50 anéis foram separados com um fio de nylon, pesados individualmente e levados à estufa, a temperatura de 105 °C, para determinação de umidade; este procedimento foi repetido 4 vezes para que se obtivesse uma relação entre a umidade do solo e a altura da coluna. Com os dados de umidade volumétrica de cada cilindro em função da altura da coluna de água (que corresponde ao potencial matricial), obteve-se a curva característica de umidade para cada tratamento; portanto, a umidade equivalente à capacidade de campo pelo método MDCS, doravante chamada capacidade de campo real (CCR), foi determinada acordo com o esquema demonstrado na Figura 2.

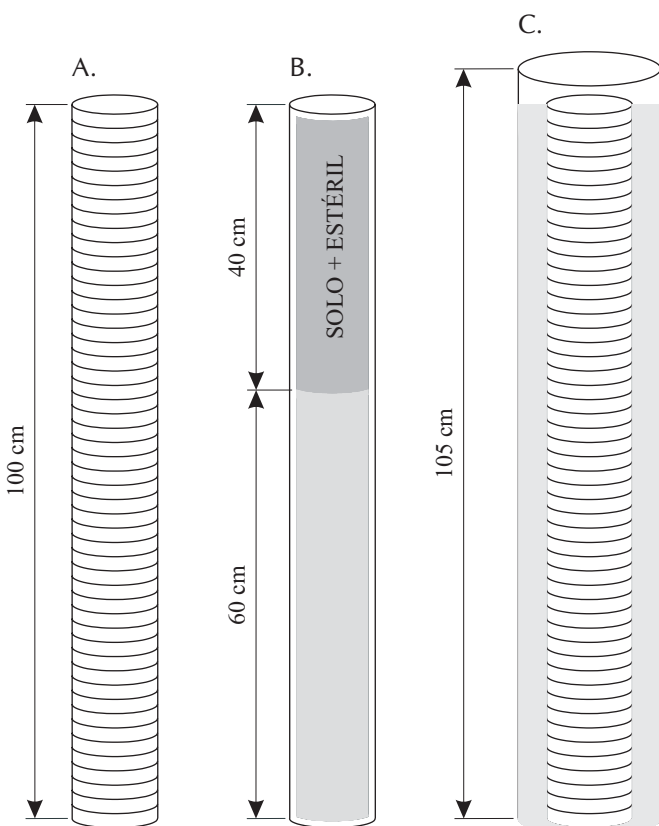


Figura 1. Montagem das colunas de anéis para determinação da capacidade de campo real. A) coluna formada por 50 anéis de PVC; B) detalhamento do preenchimento da coluna com a mistura de solo + estéril; C) imersão da coluna em um tubo de PVC para saturação

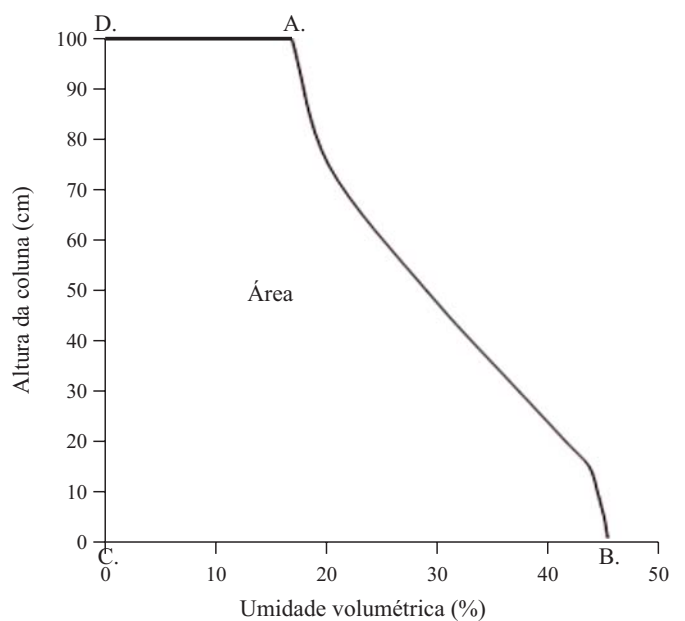


Figura 2. Esquema ilustrativo para demonstração da determinação da capacidade de campo real

Nesta figura, a curva de umidade de uma coluna de solo em função da altura é representada pela linha A-B; a capacidade de campo, neste caso, é representada pela área circunscrita em ABCD (que representa a umidade do solo), dividida pela altura da coluna, CD, ou seja:

$$CCR = \frac{ABCD}{CD} \quad (1)$$

Para determinação dos valores de CCR, o perfil de solo foi dividido em incrementos de 2 cm e calculada a diferença média da umidade volumétrica para cada intervalo; esta média é multiplicada por cada profundidade do intervalo o que propicia a umidade por intervalo; enfim, o somatório deste valor dividido pela altura total proporciona a CCR, ou seja:

$$CCR = \frac{\int_{z_1}^{z_2} \theta(z) dz}{z_2 - z_1} \quad (2)$$

onde:

CCR – capacidade de campo real média do perfil (cm³ cm⁻³)

Z₁ – nível do fundo da coluna = 0 cm

Z₂ – nível do topo da coluna = 100 cm

θ(z) – umidade volumétrica em função da profundidade do solo (cm³ cm⁻³)

dz – altura de cada cilindro (2 cm)

Além do PMP obtido em laboratório através do extrator de Richards no potencial de -1500 kPa, realizou-se a determinação do PMP fisiológico descrito por Peters (1965) com as modificações descritas abaixo, utilizando-se a cultura do melão, tipo cantaloupe, híbrido Acclaim.

O PMP fisiológico foi realizado com colunas de PVC de 25 cm de altura e 7,5 cm de diâmetro interno, fechadas em sua base com tela sob uma camada de 1 cm de brita nº 19 para evitar perda de solo.

O experimento foi conduzido no Departamento de Agro-nomia da UFRPE, no período de 20/11 a 13/12/2006, em um telado de cobertura plástica, durante o qual a temperatura média no interior do telado variou entre 21,8 e 44,4 °C e a umidade relativa média entre 26 e 99%; o delineamento foi de blocos ao acaso com 5 tratamentos: 0, 20, 40, 60 e 80 g kg⁻¹ em que para cada tratamento foram realizadas 4 repetições, totalizando 20 parcelas experimentais.

Em cada coluna se plantaram 3 sementes de melão e após a germinação, ocorrida 3 depois da sementeira, realizou-se o desbaste, deixando-se 1 planta por coluna; as plantas foram irrigadas, com uma solução nutritiva formulada pela empresa Galuku (2002), até o ponto de estresse, provocado pela retirada da água. O estresse hídrico foi aplicado às plantas quando apresentaram 4 folhas definitivas, enquanto aquelas que mostravam sinais de perda de turgescência eram levadas, ao final da tarde, para uma câmara úmida dentro do laboratório e, no dia seguinte, ao recuperarem a turgidez, foram levadas de volta para o telado, procedimento que foi repetido até que a planta, após permanência na câmara úmida durante a noite, não recuperasse mais sua turgidez; então, a

planta era cortada e o solo da coluna era pesado e levado à estufa a 105 °C; decorridas 24 h de secagem era determinada a umidade do solo, correspondente ao ponto de murcha fisiológico (PMPmf); desta forma, foi possível se obter dois valores de água disponível para cada tratamento: água disponível teórica (ADT), obtida pela diferença das umidades nos potenciais de -10 e -1500 kPa, ambas determinadas pelo método do extrator de Richards; a outra foi a água disponível real (ADR), obtida pela diferença de umidade determinada a partir do método de drenagem de coluna de solo do ponto de murcha fisiológico; esses resultados foram submetidos ao teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade com auxílio do programa estatístico SAEG 9.0 (SAEG, 2005).

Realizaram-se também, as respectivas curvas características de umidade dos tratamentos até o potencial de -10 kPa utilizando-se o método do funil de placa porosa descrito por Haines (1930) as quais tiveram seus valores submetidos a análise de regressão com auxílio do SAEG 9.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na determinação do ponto de murcha permanente pelo método fisiológico (PMPmf), em todos os tratamentos, as plântulas de melão levaram, em média, 4 dias entre a suspensão da irrigação e o ponto de murcha permanente.

Para os valores de umidade no ponto de murcha permanente determinados pelos métodos de laboratório (PMPml) e fisiológico (PMPmf) ocorreu diferença significativa apenas na dose de 0 g kg⁻¹ tendo o PMPmf a maior umidade (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios de umidade volumétrica, no ponto de murcha permanente pelos métodos de laboratório (PMPml) e fisiológico (PMPmf), na capacidade de campo pelos métodos do extrator de Richards (CCml) e da coluna de solo (CCmc), e água disponível teórica (ADT) e real (ADR)

	Doses de estéril (g kg ⁻¹)				
	0	20	40	60	80
Umidades no Ponto de murcha permanente (%)					
PMPml	1,32 Bc	1,94 Abc	2,10 Aab	2,57 Aab	2,73 Aa
PMPmf	1,82 Ab	2,36 Aab	2,91 Aab	2,99 Aa	3,35 Aa
Umidades na Capacidade de campo (%)					
CCml	6,08 Bc	9,14 Bb	8,91 Bb	10,81 Ba	11,26 Ba
CCmc	16,35 Ab	17,65 ABa	17,32 Aab	17,58 Aab	18,43 Aa
Valores médios de água disponível (%)					
ADT	4,76 Bc	7,20 Bab	6,80 Bb	8,24 Bab	8,53 Ba
ADR	14,53 Aa	15,29 Aa	14,81 Aa	14,42 Aa	15,08 Aa
CV (%) Métodos					
PMPml	PMPmf	CCml	CCmc	ADT	ADR
12,28	12,89	3,90	3,60	6,31	4,27

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade (Teste de Tukey)

ADT = CCml - PMPml e ADR = CCmc - PMPmf

Com o aumento das doses do estéril deu-se incremento da umidade no PMP tanto para o PMPml quanto para o PMPmf; este efeito é indesejável quando se busca um aumento na água disponível, sendo desejável um aumento da umidade na CC em uma proporção maior que o aumento promovido no PMP.

Tabela 2. Potencial matricial (Ψ_{cc}) na capacidade de campo real (CCR) obtida pela inserção dos valores de umidade (θ) determinada pelo método de drenagem em coluna de solo, na equação de ajuste das curvas características de umidade do solo

Doses (g kg ⁻¹)	Equações	R ²	Potencial matricial (kPa)*	Umidade na CCR (%)**
0	$\Psi_{cc} = 0,003\theta^3 - 0,296\theta^2 - 8,954\theta + 144,1$	0,99	63,72	16,35
20	$\Psi_{cc} = 0,005\theta^3 - 0,501\theta^2 - 15,78\theta + 205,8$	0,99	55,86	17,65
40	$\Psi_{cc} = 0,001\theta^3 - 0,128\theta^2 - 6,267\theta + 147,1$	0,99	71,75	17,32
60	$\Psi_{cc} = 0,006\theta^3 - 0,558\theta^2 - 17,73\theta + 232,6$	0,99	60,76	17,58
80	$\Psi_{cc} = 0,006\theta^3 - 0,583\theta^2 - 18,97\theta + 247,9$	0,99	58,75	18,43

* Determinado via equação da característica de umidade determinada pelo método do funil de Haines, para cada dose

** Umidade volumétrica correspondente à capacidade de campo definida pelo método da coluna de solo

Os resultados diferem daqueles obtidos por Klein et al. (2006), que compararam os valores de umidade na CC e no PMP e a água disponível, determinados por métodos de laboratório e fisiológico, utilizando as culturas do milho e do girassol, em um Latossolo argiloso e encontraram valores significativamente menores de PMPmf quando comparados com os valores determinados pelo PMPml. De forma semelhante, Souza et al. (2000) constataram valores médios de umidade de 10,96 (PMPml) e 5,54% (PMPmf) utilizando algodoeiro herbáceo indicando, também que o método de laboratório apresentou maior umidade do que o método fisiológico; sendo o melão planta mais sensível ao estresse hídrico e usado como planta indicadora, pode-se explicar, neste trabalho, o murchamento a níveis de potencial mátrico menos negativos que -1500 kPa.

Klein et al. (2006) observaram que o teor de água do solo no qual ocorre o ponto de murcha fisiológico das plantas foi significativamente menor que aquele obtido com as câmaras de Richards em potencial de -1500 kPa; já em estudos usando feijão-caupi como planta indicadora em três diferentes texturas de solo, franco argilo-arenoso e argilo-arenoso, Cirino & Guerra (1994) encontraram valores de umidade do solo no PMP (-1500 kPa) significativamente maiores para o método fisiológico, comparado com retenção de água no potencial matricial de -1500 kPa, para o método de laboratório, desta forma, corroborando com este estudo.

Para todas as doses de estéril, a umidade na capacidade de campo pelos métodos CCml e CCmc diferiu entre si, tendo a CCmc valores de umidade significativamente superiores a CCml. Os valores de umidade na CC apresentaram uma diferença média entre cada método de 8,26%, variando de 6,77 a 10,27%.

Com o incremento da dose de condicionante, ocorreu houve aumento da umidade na capacidade de campo pelos métodos da coluna de solo (CCmc) e de laboratório (CCml) (Tabela 1), comportamento semelhante ao verificado para o PMP.

Os altos valores de CCmc comparados aos valores de CCml resultaram em uma grande diferença entre os valores de ADT e ADR; a menor diferença (175%) ocorreu na dose de 0 g kg⁻¹, com valores de 8,24% (ADT) e 14,42% (ADR), e a maior diferença (305%), entre os valores de 4,76% (ADT) e 14,53% (ADR) na dose de 60 g kg⁻¹; todavia, os valores de ADR não diferiram significativamente com o aumento da dose de estéril, fortalecendo as observações feitas por Bigelow et al. (2004), em que os condicionadores inorgânicos de solo, mesmo proporcionando um aumento na capacidade de retenção de água, que tem boa parte retida nos poros inter-

nos desses materiais e não é disponibilizada às plantas.

A Tabela 2 apresenta as equações polinomiais que melhor ajustaram os valores de potencial matricial em função da umidade volumétrica a partir das curvas características e seus respectivos R², para os tratamentos do estéril adicionado ao solo nas doses de 0, 20, 40, 60 e 80 g kg⁻¹. Verifica-se, para os valores de umidade equivalente a CC obtidos pelo método de drenagem da coluna de solo que, ao serem interpolados utilizando-se a Eq. 1, estão mais próximos do potencial matricial de -6 kPa na curva característica determinada pelo método do funil de placa porosa e não de -10 kPa, como diversos trabalhos reconhecem como sendo o potencial equivalente a CC para solos arenosos (Souza et al., 2002; Stone et al., 2002; Nascimento et al., 2004; Silva et al., 2005; Klein et al., 2006).

Nascimento (1998) afirma que para solos de cerrado se tem empregado, para a obtenção da capacidade de campo, a umidade retida na tensão de -6 kPa. Ferreira & Marcos (1983) e Andrade et al. (1991) têm sugerido a tensão de -6 kPa como possível estimativa da umidade correspondente à CC; outros autores também utilizaram esse potencial para a CC (Guerra, 1994; Dedecek & Gava, 2005).

Devido ao dinamismo do sistema solo, água e planta e da dependência dos diversos fatores que envolvem este sistema, a CC deveria ser considerada característica do solo a ser determinada no campo, mas Ruiz et al. (2003) afirmam que testes de laboratório apresentam valores próximos aos dos medidos no campo, quando esta característica é avaliada em Neossolos Quartzarênicos, diferindo dos resultados encontrados na presente pesquisa.

O método da coluna de solo, apesar de ser mais trabalhoso quando comparado com o método de laboratório para se determinar a CC, pode não só representar melhor uma situação de campo, mas também podendo fornecer valores mais próximos daqueles que se encontrariam experimentalmente. Com a aplicação desse método foi possível incorporar o estéril até 40 cm de profundidade fazendo com que houvesse uma diferenciação entre materiais a partir dessa profundidade, semelhante ao que se encontraria no campo.

CONCLUSÕES

1. A umidade equivalente à capacidade de campo relacionou-se com o potencial matricial próximo de -6 kPa ao invés do valor de -10 kPa, normalmente adotado para solos arenosos.

2. Os valores de umidade equivalente ao ponto de murcha permanente determinada pelo método do Extrator de Richards foram semelhantes aos obtidos pelo método fisiológico.
3. Os valores de umidade equivalente à capacidade de campo apresentaram diferenças entre si de acordo com o método utilizado.
4. O tratamento com a dose 80 g kg⁻¹ apresentou maior valor de água disponível, tanto real como teórica.

LITERATURA CITADA

- Andrade, C. L. T.; Coelho, E. F.; Couto, L.; Silva, E. L. Parâmetros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: Faria, M. A.; Silva, E. L.; Vilela, L. A. A.; Silva, A. M. (ed.). Manejo de irrigação. Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.1-132.
- Bigelow, C. A.; Bowman, D. C.; Cassel, D. K. Physical properties of three sand size classes amended with inorganic materials or sphagnum peat moss for putting green root zones. *Crop Science*, v.44, p.900-906, 2004.
- Briggs, L. J.; Shantz, H. L. The wilting coefficient for different plants and its indirect determination. Washington: Department of Agriculture. 1912. 83p. Bulletin 230
- Buckingham, E. Studies on the movement of soil moisture. Washington: USDA Bureau, 1907. 61p. Soils Bulletin 38
- Cassel, D. K.; Nielsen, D. R. Field capacity and available water capacity. In: Klute, A. (ed.) Methods of soil analysis. Part 1 – Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison: SSSA, 1986. p.901-926. Book Series, 5
- Cavalcanti, A. C. Melhoria de solos arenosos por adição de material argilo-mineral de alta atividade, fertilidade, movimento e retenção de água. Botucatu: UNESP, 1994. 106p. Tese Doutorado
- Cirino, C. G.; Guerra, H. O. C. Utilização das relações energia/umidade na caracterização físico-hídrica dos solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.12, p.1973-1978, 1994.
- Colman, E. A. A laboratory procedure for determining the field capacity of soils. *Soil Science*, v.63, p.277-283, 1947.
- Dedecek, R. A.; Gava, J. L. Influência da compactação do solo na produtividade da rebrota de eucalipto. *Revista Árvore*, v.29, n.3, p.383-390, 2005.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.
- Ferreira, M. M.; Marcos, Z. Z. Estimativa da capacidade de campo de Latossolo Roxo distrófico e regossolo através do ponto de inflexão da curva característica de umidade. *Ciência e Prática*, v.7, n.1, p.96-101, 1983.
- Galuku Pty Ltd. Liquid feed guidelines for greenhouse cucumbers and greenhouse tomatoes. Sydney, 2002. <http://www.cocopeat.com.au/technical/hydroponics/pdf/Liqui_dfeedTom_Cuc.pdf>. 13 Jun. 2006.
- Gardner, W. The capillarity potential and its relation to soil moisture constants. *Soil Science*, v.10, p.357-359, 1920.
- Guerra, A. F. Manejo de irrigação da cevada sob condições de cerrado visando o potencial de produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n.7, p.1111-1118, 1994.
- Haines, W. B. Studies in the physical properties of soil. V. The hysteresis effect in capillary properties, and the modes of moisture distribution associated therewith. *Journal of Agricultural Science*, v.10, p.96-105, 1930.
- Juncker, P. H.; Madison, J. J. Soil moisture characteristics for a method of putting green construction. *USGA Green of sand-peat mixes*. Soil Science Society of American Journal, v.31, p.5-8, 1967.
- Klein, V. A.; Reichert, J. M.; Reinert, D. J. Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.3, p.646-650, 2006.
- Nascimento, J. L. Respostas de duas cultivares de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) a cinco lâminas de irrigação aplicadas durante o estágio de desenvolvimento vegetativo nos sistemas de plantio convencional e direto. Goiânia: UFG, 1998. 138p. Tese Doutorado
- Nascimento, J. T.; Pedrosa, M. B.; Tavares Sobrinho, J. Efeito da variação de níveis de água disponível no solo sobre o crescimento e produção de feijão caupi, vagens e grãos verdes. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.2, p.174-177, 2004.
- Peters, D. B. Water availability. In: Black, C. A. (ed.). Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.279-285.
- Reichardt, O. K. Capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.12, n.13, p.211-216, 1988.
- Richards, L. A. The usefulness of capillary potential to soil moisture and plant investigators. *Journal Agricultural Research*, v.37, p.719-42, 1928.
- Richards, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. *Agronomy Engineering*, n.28, p.451-454, 1947.
- Richards, L. A.; Weaver, L. R. Fitten-atmosphere percentage as related to the permanent wilting percentage. *Soil Science*, v.56, p.331-339, 1943.
- Rivers, E. D.; Shipp, R. F. Soil water retention as related to particle size in selected sands and loamy sands. *Soil Science*, v.126, p.94-100, 1978.
- Ruiz, H. A.; Ferreira, G. B.; Pereira, J. B. M. Estimativa da capacidade de campo de latossolos e neossolos quartzarênicos pela determinação do equivalente de umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.389-393, 2003.
- SAEG – Sistema para análises estatísticas, Versão 9.0: Viçosa: Fundação Arthur Bernardes/UFV, 2005.
- Silva, M. A. S.; Mafra, A. L.; Albuquerque, J. A.; Bayer, C.; Mielniczuk, J. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. *Ciência Rural*, v.35, n.3, p.544-552, 2005.
- Souza, C. C.; Oliveira, F. A.; Silva, I. F.; Amorim Neto, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.3, p.338-342, 2000.
- Souza, C. C.; Oliveira, F. A.; Silva, I. F.; Amorim Neto, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p.337-341, 2002.

- Souza, L. O. D.; Reichardt, K. Estimativas da capacidade de campo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, n.2, p.183-189, 1996.
- Stone, L. F.; Guimarães, C. M.; Moreira, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.2, p.207-212, 2002.
- Veihmeyer, F. J.; Hendrickson, A. H. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soil. *Soil Science*, v.32, p.181-193, 1931.
- Veihmeyer, F. J., Hendrickson, A. H. Soil moisture in relation to plant growth. *Annual Review of Plant Physiology*, v.1, p.285-304, 1950.