



DESENVOLVIMENTO DE TENSÍMETRO MULTIMEDIDA

**Marcelo Couto de Jesus¹; Alexsandro dos Santos Brito²; Paulo Leonel Libardi³,
Jaedson Claudio Anunciato Mota⁴**

⁽¹⁾ Estudante do curso de Agronomia no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano Campus Guanambi; e-mail: marcelocouto.1308@gmail.com.

⁽²⁾ Doutor em Ciências/Solos e Nutrição de plantas (USP); Professor efetivo no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano Campus Guanambi; e-mail: alexsandrobrt@gmail.com.

⁽³⁾ Doutor em Agronomia/Solos e Nutrição de plantas (USP); professor Titular da Universidade de São Paulo – USP/ESALQ; e-mail: pllibard@usp.br.

⁽⁴⁾ Doutor em Ciências/Solos e Nutrição de plantas (USP); Professor Adjunto da Universidade Federal do Ceará; Campus do Pici; e-mail: jaedsonmota@yahoo.com.br.

RESUMO: O tensiômetro é um instrumento utilizado para medida direta dos potenciais mátrico e total da água no solo e, indiretamente, do conteúdo de água no solo. Por meio dessas duas medidas é possível monitorar a aplicação de água pelos sistemas de irrigação e adequar os sistemas de manejo do solo e da água, incluindo os sistemas de sequeiro, quanto à drenagem interna e a lixiviação de íons e moléculas advindas das fertilizações e aplicação de agroquímicos, água residuária e subprodutos dos processos industriais. Apesar de todos os avanços, o tensiômetro continua sendo um instrumento capaz de medir o potencial mátrico em apenas um ponto no perfil do solo, necessitando de alguns tensiômetros para a realização dos trabalhos técnico-científicos. Diante do exposto, o presente trabalho objetivou-se o desenvolvimento de um tensiômetro multimídia, o qual possibilitou medir o potencial mátrico em mais de um ponto no perfil do solo, num só instrumento.

Termos de indexação: Tensiômetro; conteúdo de água; potencial mátrico.

INTRODUÇÃO

Conhecer o comportamento da água no solo é essencial para a tomada de decisões referentes ao manejo racional dos cultivos, irrigados ou não. Nesse aspecto, uma importante variável a ser mensurada é a energia com que a água está retida pela fração sólida do solo, conhecida, na literatura que trata do tema, por potencial mátrico (BRITO et al., 2009).

O tensiômetro com manômetro de mercúrio, implementado inicialmente por Livingston em 1908 (OR, 2001), é um instrumento de medida direta do potencial mátrico da água no solo

(Libardi, 2005), possibilitando uma medida “in situ”, com precisão.

Embora apresente algumas limitações (BAKKER et al., 2007), como qualquer instrumento, o tensiômetro tem sido utilizado de modo satisfatório na determinação da energia com que a água está retida pela matriz do solo. Uma das limitações é que ele funciona até o potencial mátrico de -85 kPa. Considerando que o intervalo do potencial mátrico agronomicamente importante varia de 0 a -1.500 kPa, o tensiômetro poderia ser considerado um instrumento por demais limitado. No entanto, para a atividade agrícola, a faixa de interesse é de 0 a -100 kPa, na qual a densidade de fluxo da solução no solo é apreciável para a maioria dos solos cultivados (BRITO et al., 2009). Nesse contexto, portanto, o tensiômetro é um excelente instrumento de campo para o monitoramento da água no solo (REICHARDT, 1990) durante o ciclo da cultura, visando o controle da irrigação ou a realização do balanço de água no solo.

As características externas do tensiômetro mudaram pouco ao longo do tempo, embora algumas modificações tenham permitido ampliar a sua faixa de trabalho e a confiabilidade em suas respostas (BAKKER et al., 2007). Melhorias foram realizadas muito mais para facilitar a instalação e manuseio. Em linhas gerais, o tensiômetro, para medida do potencial mátrico na faixa de 0 a -85 kPa, mantém as suas características originais, sendo um instrumento bastante simples e, principalmente, com um custo relativamente baixo, quando comparado a instrumentos de medição indireta do potencial mátrico, como sondas capacitivas, TDR's, sonda de nêutrons entre outros (MORAES et al., 2006).

Entretanto, o tensiômetro é confeccionado para um ponto de medida do potencial mátrico no perfil do solo (**Figura 1**), onde o mesmo é instalado, sendo necessária a instalação de outros

tensiômetros em profundidades diferentes para as medidas de armazenagem, drenagem interna, ascensão capilar da água no solo e lixiviação de íons e moléculas para profundidades maiores que a explorada pelo sistema radicular das culturas agrícolas, independente do sistema de leitura utilizado.

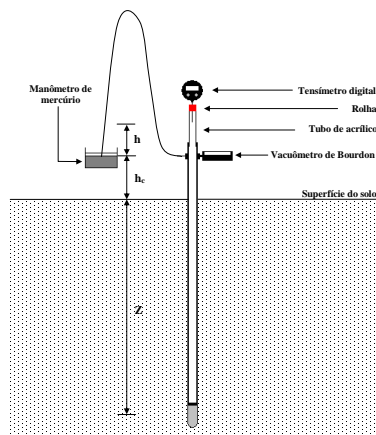


Figura 1. Diagrama esquemático do tensiômetro construído com os três sistemas de leitura (manômetro de mercúrio, vacuômetro de Bourdon e tensiômetro digital) acoplados em um tubo de PVC (BRITO et al., 2009).

Portanto, o desenvolvimento de um tensiômetro que possua mais de um ponto de medida do potencial mátrico da água no solo reduzirá o custo desse instrumento; facilitará os trabalhos técnico-científicos, em função da maior versatilidade.

MATERIAL E MÉTODOS

O tensiômetro multimedida proposto foi confeccionado no laboratório de Física do Solo do IFBaiano/Campus Guanambi e o sistema de leitura foi o manômetro de mercúrio, por esse ser de medida direta, mais preciso e ser utilizado como padrão, quando testado com outros sistemas de leitura.

Esse modelo foi constituído de duas cápsulas porosas intermediárias, instaladas a 0,15 e 0,30 m de profundidade, e uma cápsula porosa fixada na extremidade inferior do tubo PVC, a qual foi instalada a 0,45 m de profundidade (**Figura 2**).

Para tanto, foi necessária a confecção de uma cápsula porosa composta por dois gargalos, de modo que fosse possível se ter os pontos de medida intermediários, uma vez que os tensiômetros tradicionais tem apenas uma cápsula porosa instalada na extremidade inferior. A fluxagem (remoção de ar do sistema) foi realizado por uma mangueira de nylon (1/8" de diâmetro), comumente denominada de

espaguete, que perpassou por todas seções do tubo PVC.

Para cada cápsula porosa foi preciso delimitar uma câmara preenchida com água. Após a fluxagem (remoção do ar) e fechamento das câmaras, o tensiômetro foi ativado e a tensão da água presente no tensiômetro entra em equilíbrio com a tensão da água retida pelo solo. Dessa forma, forma-se um contínuo de água entre o solo e o tensiômetro, permitindo a medida do potencial mátrico da água no solo.

Para a criação da câmara no tensiômetro multimedida foi preciso à confecção de um conector (o material usado foi o nylon) que possibilitasse a passagem dos espaguetes das câmaras inferiores, ao mesmo tempo em que se delimitam as câmaras de cada cápsula.

Os tensiômetros foram instalados em baterias constituídas por um tensiômetro multimedida e tensiômetros tradicionais instalados nas profundidades correspondentes aos pontos de medida do potencial mátrico do tensiômetro multimedida. Esse delineamento também foi importante para testar se o contato entre as cápsulas porosas intermediárias e o solo foi estabelecido perfeitamente.

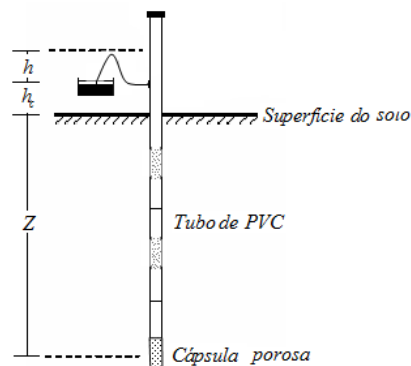


Figura 2. Diagrama esquemático do tensiômetro construído com as três cápsulas porosas acoplados em um tubo de PVC, para medida do potencial mátrico nas profundidades de 0,15; 0,3 e 0,45 m.

Esses tensiômetros foram instalados no setor de agricultura do Campus Guanambi. A área de instalação foi submetida a uma lâmina de água que possibilitasse a saturação do perfil de solo até a profundidade de 0,45 m. Desse modo, foram realizadas leituras esporádicas, durante três meses, analisando o funcionamento do tensiômetro multimedida numa grande faixa de umidade.

O delineamento estatístico foi inteiramente aleatorizado, composto por dois tratamentos (T_1 – tensiômetro convencional e T_2 – tensiômetro multimedida com duas cápsulas porosas intermediárias) e quatro repetições. Dessa forma,



foram necessárias 24 cápsulas porosas com condutância e pressão de borbulhamento semelhantes, uma vez que esses dois parâmetros influenciam no tempo de resposta dos tensiômetros à mudança do potencial mátrico da água no solo.

A distribuição do tamanho das partículas, realizada pelo método da pipeta (GEE & OR, 2002), e a classificação textural foram feitas com o objetivo de fundamentar a magnitude do potencial mátrico ao longo do tempo de avaliação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo escolhido para instalação dos tensiômetros e realização das avaliações foi um LATOSSOLO Vermelho Amarelo presente no Setor de Agricultura do IFBAIANO/Campus Guanambi, o qual é classificado como de textura média (**Tabela 1**). A densidade do solo nas camadas avaliadas foi condizente com a textura, não representando problemas com compactação.

Tabela 1. Valores de densidade do solo e classe textural do solo nas respectivas profundidades 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4 e 0,4-0,5 m.

Profundidade (m)	Densidade do solo (kg/m ³)	Areia (g/kg)	Silte (g/kg)	Argila (g/kg)	Classe textural
0-0,1	1.585	675	155	175	Média
0,1-0,2	1.580	650	150	190	Média
0,2-0,3	1.649	610	160	230	Média
0,3-0,4	1.620	615	155	230	Média
0,4-0,5	1.560	605	155	240	Média

As avaliações demonstram que o tensiômetro multimedida funciona e pode ser utilizado para medidas do potencial mátrico da água ao longo do perfil. O potencial mátrico medido na profundidade de 0,15 m foram iguais estatisticamente para os dois modelos de tensiômetros, sendo esse o comportamento esperado. Entretanto, para as profundidades de 0,30 e 0,45 m não ocorreu o mesmo comportamento (**Figura 3**).

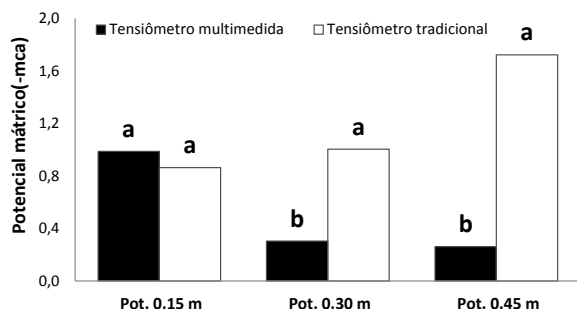


Figura 3. Potencial mátrico da água no solo medido por tensiômetros multimedida e tensiômetros tradicionais com cápsulas instaladas a 0,15; 0,30 e 0,45 m.

Algumas hipóteses foram levantadas sobre o que pode estar influenciando a medida do potencial mátrico nos tensiômetros instalados a 0,3 e 0,45 m, considerando que a diferença estrutural é a criação de uma câmara entre as cápsulas inferior e a intermediária e entre a intermediária e a superior, conforme a **Figura 2**.

As câmaras onde foram instaladas as cápsulas porosas a 0,30 e 0,45 m eram de tamanhos diferentes (menor) comparado a cápsula porosa instalada a 0,15 m. Observando os resultados, a dimensão das câmaras pode ter influenciado essa diferença do potencial mátrico entre o tensiômetros multimedida e o tensiômetro tradicional.

Nesse contexto, a temperatura pode ter influenciado nos resultados dos potenciais matriciais, pois, como as câmaras do tensiômetro multimedida são de tamanhos diferentes nas profundidades de 0,30 e 0,45 m, houve uma incidência diferenciada da temperatura para cada compartimento. Nesse sentido, estudando a influência da temperatura no potencial mátrico, Dexter et al. (2010) constatou que não há interferência direta, todavia, indiretamente a temperatura pode provocar a dissolução de substâncias orgânicas, fazendo com que essas substâncias proporcione uma diminuição do ângulo de contato da água com as interfaces sólida e gasosa do solo.

Essa influência térmica na medida do potencial mátrico existe, sobretudo nas horas mais quentes do dia. Entretanto, não se tem observado efeito do tamanho do tensiômetro (BUCHTER et al., 1999; BRITO et al., 2014), ou seja, do volume da câmara de água na magnitude da medida.

A priori, como a tensão da água é uma propriedade intensiva, o tamanho da câmara não teria influência. Quanto a esse aspecto, Buchter et al. (1999) verificaram que tensiômetros de diferentes tamanhos tiveram flutuações diárias de potencial mátrico semelhantes.

Analisando os dados publicados por Brito et al. (2014) e calculando a amplitude diária dos potenciais mátricos medidos com tensiômetros instalados a 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50 e 0,55 m de profundidade, observa-se que não existiu uma tendência linear de aumento do potencial mátrico. As amplitudes foram -1,51; -1,04; -1,04; -1,27; -1,87; -1,17; -1,43; -1,16 e -1,18 kPa, respectivamente. Entretanto, os autores saturaram o perfil do solo para avaliarem a variação do potencial mátrico em diferentes conteúdos de água, o que também foi feito neste trabalho. Para remover o efeito do conteúdo de água na variação térmica do solo, seria importante realizar as leituras numa época do ano com baixa variação de conteúdo de água,



uma vez que essa apresenta alto calor específico e tenderá a minimizar a amplitude térmica.

Essas considerações são importantes, uma vez que não se observou diferenças estatísticas entre os potenciais mátricos medidos com tensiômetros multimedida nas profundidades de 0,3 e 0,45 (distância vertical de apenas 0,15 m), bem como os potenciais mátricos medidos com os tensiômetros tradicionais, nas profundidades supracitadas (**FIGURA 3**).

A fluxagem foi realizada com maior frequência devido ao aparecimento de bolhas de ar, sobretudo nos tensiômetros multimedida. A presença de bolhas de ar poderia ser uma explicação para as diferenças estatísticas encontradas para o tensiômetros instalados a 0,3 e 0,45 m de profundidade, uma vez que o ar possui a característica de alta expansibilidade e compressibilidade.

Em decorrência dessas observações, a padronização das câmaras de água dos tensiômetros talvez seja necessária para evitar possíveis os efeitos discutidos.

O mais importante é que a cápsula porosa instalada na extremidade inferior do tensiômetro foi confeccionada com um diâmetro ligeiramente maior que o das cápsulas intermediárias. Dessa forma, o contato das cápsulas intermediárias com o solo foi prejudicado, uma que foi necessária a escavação de um orifício com diâmetro maior.

Para contornar essa dificuldade, adicionou-se uma suspensão feita com o próprio solo, de modo que houvesse uma acomodação com o tempo. Dessa dificuldade surgiu a primeira recomendação para a confecção das cápsulas porosas, sendo que aquela instalada na extremidade seja feita com um diâmetro ligeiramente menor, de modo a permitir um perfeito contato entre o solo e as cápsulas intermediárias.

A dificuldade esperada era o processo de fluxagem dos tensiômetros inferiores, ou seja, a retirada de todo o ar. Entretanto, a instalação da mangueira de nylon (espaguete) funcionou perfeitamente.

O segundo fator influente nas medidas foi a sistematização da superfície do solo escolhido para a avaliação. A princípio, o nivelamento feito na área não foi suficiente para permitir a formação de uma lâmina de inundação uniforme, fazendo com que a água aplicada ficasse empoçada numa porção da área, não permitindo, dessa forma, o umedecimento uniforme do perfil do solo. Posteriormente, essa sistematização do terreno foi feita e a área foi submetida a uma lâmina de água, de modo que se obteve uniformização do conteúdo de água no perfil de

solo, no qual os tensiômetros foram instalados proporcionando maior uniformidade nos dados.

CONCLUSÕES

O tensiômetro multimedida funciona bem, mas as medidas devem ser feitas nas primeiras horas do dia; confeccioná-lo com menor porção externa ao solo e realizar a fluxagem com maior frequência. Estudos mais detalhados sobre o efeito da temperatura devem ser realizados para elucidar as ocorrências detectadas.

AGRADECIMENTOS

Os Autores agradecem ao IFBAIANO e ao CNPq pela concessão de bolsas de estudo e recurso financeiro para execução do projeto.

REFERÊNCIAS

- BAKKER, G.; VAN DER PLOEG, M.J.; DE ROOIJ, G.H.; HOOGENDAM, C.W.; GOOREN, H. P.A.; HUISKES, C.; KOOPAL, L.K.; KRUIDHOF, H. New Polymer Tensiometers: measuring matric pressures down to the wilting point. *Vadose Zone Journal*, v.6, n.1, p.196-202, 2007.
- BRITO, A.S.; LIBARDI, P.L.; MOTA, J.C.A.; KLEIN, V.A. Variação diurno-noturna do potencial mátrico e gradiente de potencial total da água no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, p. 128-134, 2014.
- BRITO, A.S.; LIBARDI, P.L.; MOTA, J.C.A.; MORAES, S.O. Desempenho do tensiômetro com diferentes sistemas de leitura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 17-24, 2009.
- BUCHTER, B.; HINZ, C.; WYDLER, H.; FLUHLER, H. Evaluation of temperature and bypass flow sensitivity of tensiometers in a field soil. *Geoderma* 87 (1999) 281-291.
- DEXTER, A.R.; RICHARD, G.; CZYZ, E.A. & GIOT, G. Changes in the matric potential of soil water with time and temperature. *SoilSci.*, 175:320-328, 2010.
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. São Paulo: EDUSP, 2005. 329p.
- MORAES, N.B. de; MEDEIROS, J.F. de; LEVIEN, S.L.A.; OLIVEIRA, A.M. de S. Avaliação de cápsulas de cerâmica de instrumentos de medida de tensão usados em tensiômetros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.1. p.58-63, 2006.
- OR, D. Who Invented the Tensiometer?. *Soil Science Society of American Journal*, v.65, n.1, p.1-3, 2001.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Editora Manole, 1990. 188p.