



## ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO ESTIMADO PELO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO DE THORNTWAITE E MEDIDO POR UMA SONDA DE CAPACITÂNCIA

Fernando Pivetta<sup>1</sup>, Fabricio Tomaz Ramos<sup>2</sup>, Victor Arlindo Taveira de Matos<sup>2</sup>, Thiago Franco Duarte<sup>3</sup>, José Holanda Campelo Júnior<sup>4</sup>.

1 Eng. Agrônomo, Mestrando em Agricultura Tropical, UFMT, Cuiabá- MT, Fone: (65)9971 6840, nand\_ao@hotmail.com.

2 Eng. Agrônomo, Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical, FAMEVZ, UFMT, Cuiabá – MT.

3 Eng. Agrônomo, Doutorando em Física Ambiental, UFMT, Cuiabá- MT.

4 Eng. Agrônomo, Prof. Titular, Depto. Solos e Engenharia Rural UFMT, Cuiabá – MT.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de setembro de 2013 – Centro de Eventos Benedito Nunes da UFPA, Belém – PA.

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi monitorar a variação no armazenamento de água em um Neossolo Quartzarênico cultivado com caju, utilizando o balanço hídrico climatológico desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955) e comparar com os dados de umidade obtidos através de medidas indiretas realizadas com uma sonda de capacitância modelo Diviner 2000®. O experimento foi realizado no município de Santo Antônio de Leverger – MT, no período de maio de 2012 a maio de 2013. Verificou-se que o método de Thornthwaite & Mather explicou significativamente 66% as medidas da sonda e, com base nos resultados do índice de concordância de Willmott (0,958) e do índice de desempenho de Camargo & Sentelhas (0,849) o método foi classificado localmente como “muito bom”, embora os limites de concordância de Bland & Altman (1986) tenham apontado sub e superestimava de 32 e 50 mm, respectivamente, nas condições do presente trabalho.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Anacardium Occidentale* L., balanço hídrico no solo.

## SOIL WATER STORAGE ESTIMATED FOR WATER BALANCE OF THORNTWAITE AND MEASURED FOR CAPACITANCE PROBE

**ABSTRACT:** The purpose of this work was to monitor the soil water storage and the soil was a typical órtic Quartzarenic Neossol cultivated with cashew, using the water balance of Thornthwaite & Mather (1955) and compare with the of moisture data obtained through the indirect measures performed with for capacitance probe model Diviner 2000®. The experiment was accomplished in the Santo Antônio de Leverger- MT, in the period from May 2012 to May 2013. We conclude that the Thornthwaite & Mather method explained significantly around 66% of probe measurements and, based on the results of the Willmott agreement index (0.958), of the Camargo & Sentelhas (0,849) performance index (0.958), the method was classified locally as "very good", although the limits of agreement of Bland & Altman (1986) have pointed under and overestimation of 32 and 50 mm, respectively, under the conditions of this work.





**KEYWORDS:** *Anacardium Occidentale* L., soil water balance.

## INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium Occidentale* L.) pode ser uma alternativa para os agricultores de Mato Grosso. As regiões localizadas no bioma cerrado são caracterizadas por ter duas estações climáticas bem definidas, uma seca e outra chuvosa. Apesar do cajueiro ser uma planta que se desenvolve bem nesse bioma, a prática da irrigação pode trazer incrementos na produção, pois permite eliminar possíveis déficits hídricos no solo, sobretudo, na fase de florescimento e desenvolvimento inicial de frutos e pseudofrutos (EMBRAPA, 2003). Com isso, estimativas do conteúdo volumétrico de água do podem ser utilizadas para planejar a quantidade necessária para irrigação, de acordo com a fase fenológica da cultura. É possível estimar indiretamente, de acordo com infraestrutura do produtor, a umidade atual do solo com base em procedimentos teóricos e empíricos. A sonda de capacitância é um método indireto e empírico, que pode ser usado de forma automática para medir o conteúdo de água no solo, desde que esteja devidamente calibrada para o solo em que será efetuada a medida. Se, numa determinada situação, o balanço hídrico climatológico, desenvolvido por Torntwaite & Mather (1955), for validado, pode substituir medidas indiretas de umidade do solo, pois além de ser um método mais prático, rápido e independente de laboratório. O objetivo deste trabalho foi comparar o armazenamento de água no solo estimada através do balanço hídrico climatológico de Torntwaite & Mather (1955), com os dados medidos por uma sonda de capacitância modelo Diviner 2000, calibrada para um Neossolo Quartzarênico cultivado com cajueiros.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de maio de 2012 a maio de 2013, em um pomar de cajueiro, implantado em 2003 com as variedades FAGA 1, FAGA 10 e FAGA 11, na fazenda experimental da Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT, localizada no município de Santo Antônio de Leverger-MT, nas seguintes coordenadas: 15° 47' S, 56° 04' W e altitude de 140 m. O clima da região, baseado na classificação de Koppen, é do tipo Aw, tropical úmido, com duas estações distintas, uma chuvosa e outra seca, temperatura média anual em torno de 26°C, precipitação média de 1360 mm e umidade relativa do ar de 66% (Miranda & Amorim, 2000). O solo da área experimental foi classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico êutrício, A moderado, fase cerrado, relevo plano (EMBRAPA, 2006). A partir de setembro, após a reforma integral do sistema de irrigação localizado, com um microaspersor do tipo bailarina por planta, irrigou-se o pomar duas vezes por semana durante o dia todo com uma média de 170 litros por planta. A curva característica de retenção de água no solo foi determinada, após as amostras de solo serem submetidas às tensões de 0, 6, 8 kPa em mesa de areia (Eijkelkamp) e 33, 100, 300, 500 e 1000 kPa em câmara de Richards. Com estes valores umidade gravimétrica advindos do uso de diferentes tensões, as curvas foram ajustadas por meio do software Soil Water Retention Curve – SWRC (Dourado Neto et al., 2013). A umidade correspondente a capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) foram determinados, respectivamente, usando as tensões de 6 e 1500 kPa. Para calibração da sonda de capacitância, conforme SENTEK (2000), seis tubos de acesso de





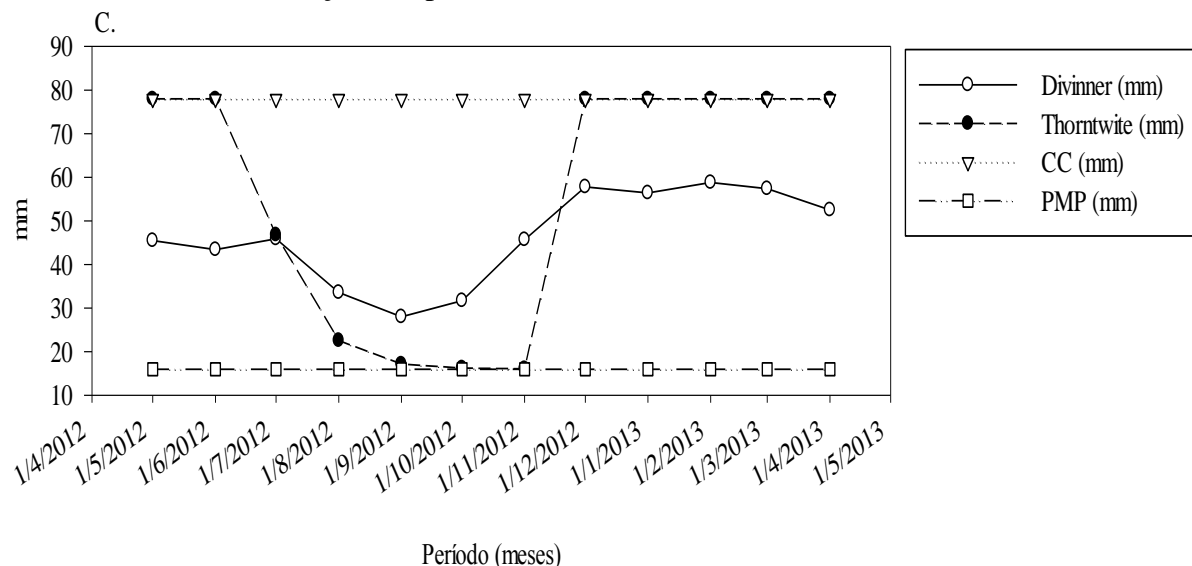
PVC (policloreto de vinil), com diâmetro de 51 mm, espessura de 5,5 mm e comprimento de 0,50 m, foram inseridos apenas até 0,4 m de profundidade, devido à existência de uma camada plúntica intransponível a ação da tráfegem e, simultaneamente às leituras da sonda, foram coletadas amostras indeformadas do solo e obtida uma curva de calibração por regressão potencial. Após a calibração para as camadas de 0,0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m, foram tomadas medidas semanais de umidade do solo ( $m^3 m^{-3}$ ), e transformadas em altura d'água (mm) para comparação com a água armazenada no solo estimada pelo método de Thornthwaite & Mather (1995), utilizando dos registros diários de rotina da Estação Agrometeorológica Padre Ricardo Remetter, que integra a rede do 9º DISME/INMET, instalada a aproximadamente 1 km do local do experimento. Os pares de dados foram ajustados por meio de regressão linear ( $y = a + bx$ ), em que:  $y$  = medida da umidade armazenada no solo por Thornthwaite & Mather (1955),  $x$  = medida da umidade armazenada no solo pela sonda, sendo “a” e “b” os coeficientes obtidos no ajuste. Para avaliar a associação entre os métodos, os pares de dados foram submetidos à análise de correlação pelo teste de Pearson ( $p < 0,05$ ) e para avaliar a concordância, submeteu-se à análise de regressão linear ( $p < 0,05$ ) para obter o coeficiente determinístico ( $R^2$ ). A acurácia desse ajuste também foi avaliada pelo índice de concordância de Willmott e o índice de desempenho de Carmargo & Sentelha (1997); e o limite de concordância proposto por Bland & Altman (1986).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

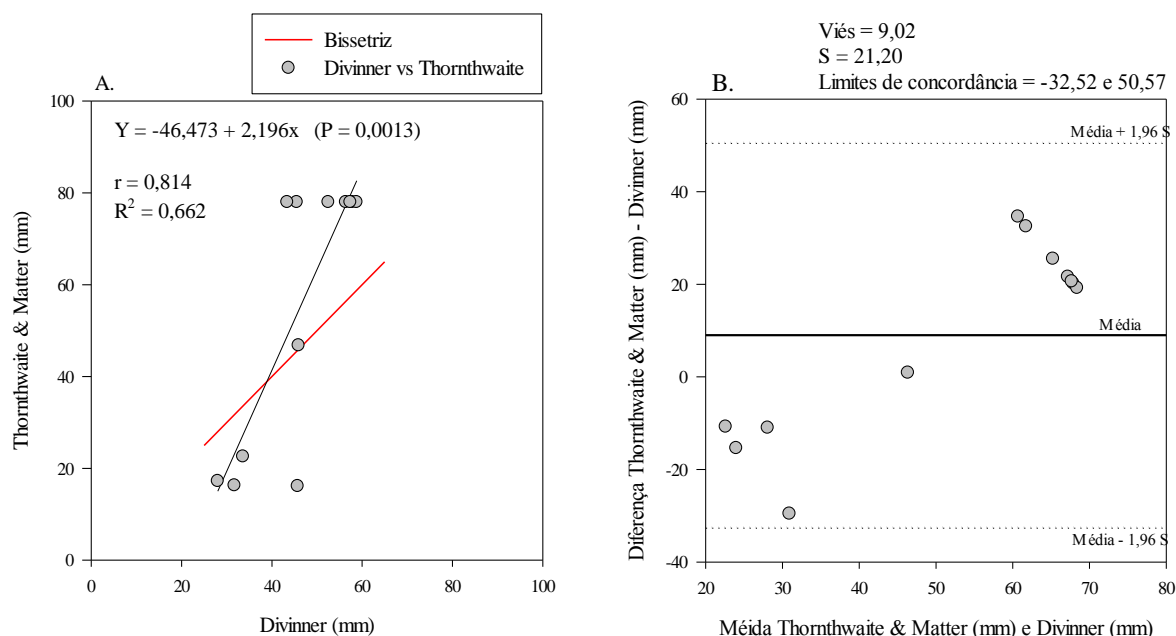
Os valores de densidade do solo foram de 1,608; 1,621 e 1,651  $kg m^{-3}$  para as camadas de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m respectivamente. Os ajustes das curvas de retenção de água no solo de respectivamente  $\theta = 0,5821 \cdot |\Psi|^{-0,3188***} \cdot D_s^{-0,5277}$  ( $R^2 = 0,9395$ ),  $\theta = 0,83461** \cdot |\Psi|^{-0,28741**} \cdot D_s^{-1,40649*}$  ( $R^2 = 0,9406$ ),  $\theta = 0,4103*** \cdot |\Psi|^{-0,2626***} \cdot D_s^{-0,04065}$  ( $R^2 = 0,9006$ ) para as profundidades de 0 a 0,10; 0,10 a 0,20 e 0,20 a 0,30 m. A capacidade de campo (CC), o ponto de murcha permanente (PMP) e capacidade de água disponível (CAD) para o solo do estudo foram respectivamente 78, 16 e 62 mm. Durante o período de estudo o total de precipitação acumulado foi de 1669,8 mm, com uma maior concentração das chuvas entre os meses de novembro a maio, isto é, 93% do volume total. O total de água aplicado por irrigação foi de 49,5 mm, de final de setembro a início de novembro, sendo suspensa a partir do início das chuvas. Na Figura 1 são apresentados os resultados do comportamento do balanço hídrico climatológico em relação àqueles medidos pela sonda de capacitância. Na Figura 2 A, estão os pares de dados de conteúdo de água no solo estimados pelo balanço hídrico climatológico e os obtidos no campo utilizando a sonda Diviner 2000®. O ajuste obtido foi significativo, com correlação positiva forte ( $r > 0,80$ ). O método de Thornthwaite & Mather explicou 66,70% da variação do conteúdo de água no solo ( $R^2$ ), no intervalo mínimo e máximo de 16 e 78 mm, respectivamente. Além disso, o índice de concordância de Willmott ( $d = 0,958$ ) evidencia que a relação entre os dados do balanço hídrico e os obtidos com a sonda, apesar da dispersão dos dados, não estão distantes da reta 1:1 (bissetriz). O traçado dessa linha revela que os dados do balanço hídrico proposto por Thornthwaite & Mather (1955), em geral, foram subestimados para uma condição de menor e superestimados em condição de maior conteúdo de água no solo; e finalmente, o índice de desempenho de Camargo & Sentelhas (1997) ( $c = 0,849$ ) indica que o balanço hídrico teve um desempenho local classificado com “muito bom”, embora



conforme o gráfico de Bland & Altman (1986), os limites de concordância, que se refere à região em que se encontram no mínimo 95% das diferenças das medidas estudadas, indiquem que o método de Thornthwaite & Mather (1955) pode subestimar em até 32 mm e superestimar em até 50 mm, nas condições do presente trabalho.



**Figura 1.** Armazenamento de água no solo estimado por Thornthwaite & Mather e medido pela sonda de capacitância (C) em Neossolo Quartzarênico, cultivado com cajueiro, nas condições de Santo Antônio de Leverger-MT.



**Figura 2.** Regressão linear entre os dados medidos de armazenamento de água no solo pela sonda de capacitância Divinner e estimados pelo método de Thornthwaite & Mather (1955)



(A), em Neossolo Quartzarênico, cultivado com cajueiro, nas condições de Santo Antônio de Leverger-MT; Análise de concordância de Bland & Altman (1986) entre os métodos (B).

## CONCLUSÃO

O balanço hídrico climatológico pode ser utilizado para estimar o armazenamento de água em Neossolo Quartzarênico, cultivado com cajueiro, nas condições de Santo Antônio de Leverger-MT.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Ensino Superior – CAPES pela concessão das bolsas de Mestrado e Doutorado e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso – FAPEMAT pelos recursos obtidos pelo projeto.

## REFERÊNCIAS

- BLAND, J.M.; ALTMAN, D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, Philadelphia, v. 8, n. 1, p. 307-310, 1986.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. **Software to model soil water retention curves (SWRC, version 3.00)** Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/Ipv/soft.htm>>. 24 Jun. 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (BRASIL). **Cultivo do cajueiro**. EMBRAPA Agroindústria Tropical, versão eletrônica, janeiro de 2003 (Sistemas de Produção, 1). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Caju/CultivodoCajueiro/>>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (BRASIL). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.
- MIRANDA, L.; AMORIM, L. **Mato Grosso: atlas geográficos**. Cuiabá: Entrelinhas, 2000. 50 p.
- SENTEK. **Diviner 2000: user guide version 1.21**. Stepney: Sentek Pty Ltd, 2000.
- THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. The water balance. **Publications in climatologia**, New Jersey. Drexel Inst. Of Technology, 1995. 104 p.

