

COMUNICADO TÉCNICO

INSTALAÇÃO E CALIBRAÇÃO DE UM LISÍMETRO DE PESAGEM NO PROJETO DE IRRIGAÇÃO CURU-PARAIPABA, CE

Fábio Rodrigues de Miranda¹, Ronald E. Yoder² e Francisco de Souza³

RESUMO

O presente trabalho descreve os procedimentos da construção, instalação e calibração de um lisímetro de pesagem, no Campo Experimental do Curu/Embrapa Agroindústria Tropical, em Paraipaba, CE. O lisímetro é do tipo caixa metálica sobre balança eletrônica de precisão, similar àquele desenvolvido por Kirkham e colaboradores. Possui área superficial de 2,2 m², profundidade de 1,0 m e está instalado no centro de uma área gramada de 10.000 m², com a finalidade de determinar a evapotranspiração potencial de referência da região e ajustar modelos de estimativa da evapotranspiração. Os resultados de sua calibração mostraram que a correlação entre massas-padrão aplicadas e as leituras da balança foi linear ($r^2 = 0,9994$) com erro inferior a 1% em uma faixa de 176 kg, equivalente a cerca de 80 mm de evapotranspiração. O lisímetro se mostrou sensível às variações de massa, da ordem de 400 g, correspondente a uma lâmina d'água de 0,18 mm.

Palavras-chave: irrigação, evapotranspiração, lisímetro, calibração

INSTALLATION AND CALIBRATION OF A WEIGHING LYSIMETER IN PARAIPABA, CE

ABSTRACT

This paper describes the construction, installation and calibration of a weighing lysimeter in Paraipaba, State of Ceará, situated in Northeast of Brazil. The weighing lysimeter has a surface area of 2.2 m² with a depth of 1.0 m, and was installed in order to determine the reference potential evapotranspiration for the region and adjust evapotranspiration models. The lysimeter is similar to a design developed by Kirkham and coworkers. A platform-type electronic scale was placed below the soil surface to measure the weight changes of the soil container. The calibration of the lysimeter was conducted applying mass amounts equivalent to 80 mm of water. The lysimeter was sensitive to mass changes of 400 g (equivalent to 0.18 mm) and with less than 1% total error over a range of 176 kg equivalent to the 80 mm of evapotranspiration. Correlation between applied standard mass and balance readings was linear ($r^2 = 0,9994$).

Key words: irrigation, evapotranspiration, lysimeter, calibration

¹ Pesquisador, MSc, Embrapa Agroindústria Tropical, Rua Dra. Sara Mesquita 2.270, CEP 60511-110, Fortaleza, CE, E-mail: fabio@cnpat.embrapa.br, Fone. (085) 363-1182

² Professor, PhD, Universidade do Tennessee, Knoxville, TN, EUA, E-mail: ryoder@utk.edu

³ Professor, PhD, DEAg/UFC, Bl. 804, CP 12168, CEP 60356-001, Fortaleza, CE, E-mail: fsouza@ufc.br

INTRODUÇÃO

No Brasil, os dados de evapotranspiração (ET) utilizados no dimensionamento e no manejo de projetos de irrigação, quase sempre são obtidos utilizando-se equações que estimam a ET a partir de dados meteorológicos como, por exemplo, as equações de Hargreaves e Blaney-Criddle que, por sua simplicidade, estão entre as mais utilizadas na região Nordeste. Sabe-se, contudo, que é necessário submeter à prova a precisão dessas equações e calibrá-las, utilizando-se algum método direto de determinação da ET, para as diferentes condições agroclimáticas (Doorenbos & Pruitt, 1986).

A medição da variação de peso de um bloco de solo isolado (lisímetro de pesagem) é considerada um dos métodos de pesquisa mais práticos e precisos para se determinar diretamente a evapotranspiração das culturas, podendo ser utilizada para períodos de tempo menores que um dia (Howell et al., 1985).

Dentre os principais fatores ambientais e de projeto que podem afetar as medições de evapotranspiração nos lisímetros, citam-se: os efeitos da advecção, as dimensões do lisímetro, o regime de umidade do solo no seu interior, a espessura das paredes do lisímetro e a distância entre elas, a altura de suas bordas e diferenças de densidade entre a vegetação dentro e fora do lisímetro. Aspectos construtivos, de manejo e de manutenção de lisímetros, são encontrados em Aboukhaled et al. (1982) e Allen et al. (1991).

Para minimizar os efeitos das paredes do lisímetro sobre a evapotranspiração medida deve-se construí-las com a menor espessura possível e reduzir ao máximo a abertura existente entre as paredes interna e externa (Howell et al., 1985).

Os lisímetros de pesagem geralmente são calibrados no próprio local, após sua instalação, cobrindo-se o solo para minimizar a evapotranspiração e colocando-se quantidades conhecidas de massa sobre a superfície, enquanto são tomadas leituras da balança (Howell et al. 1995).

O presente trabalho teve como objetivo descrever os procedimentos de instalação e avaliar os resultados da calibração de um lisímetro de pesagem no Campo Experimental do Curu, Paraipaba, CE.

MATERIAL E MÉTODOS

Construção e instalação do lisímetro

O lisímetro de pesagem foi instalado, no Campo Experimental do Curu, pertencente à EMBRAPA Agroindústria Tropical, localizada no Projeto de Irrigação Curu-Paraipaba, no Estado do Ceará (coordenadas geográficas: 3°17' Sul, 39°15' Oeste e altitude de 45 m). O lisímetro foi instalado no centro de uma área gramada medindo 100 m por 100 m, irrigada por aspersão e circundada por cultivos de fruteiras e culturas anuais irrigados por microaspersão e aspersão convencional. O solo do local é classificado como Areia Quartzosa.

O lisímetro em questão é similar ao desenvolvido por Kirkham et al. (1984) e foi construído em módulos para facilitar o transporte e a instalação; é constituído por duas caixas metálicas, sendo a caixa interna apoiada sobre uma balança eletrônica (Figura 1) enquanto a caixa externa e a balança são assentadas sobre uma base de concreto armado. As dimensões da caixa interna que contém o solo são de 1,50 m por 1,50 m de largura e 1,00 m de profundidade. Para minimizar os efeitos das paredes do lisímetro na evapotranspiração, as caixas foram construídas com chapa de aço de 1/4" (0,006 m) de espessura, contando com barras de reforço soldadas interna e externamente.

A caixa externa é dividida em duas partes, sendo que na parte de baixo a distância entre suas paredes e as da caixa interna é de 0,075 m e na parte do topo esta distância é reduzida para apenas 0,025 m, enquanto o topo de ambas as caixas está situado cerca de 5 cm acima da superfície do solo circundante.

A balança utilizada é eletrônica, tipo plataforma (modelo DS6060-10, Weigh-Tronix, Inc., Fairmont, EUA) e possui capacidade de pesagem de 4,54 Mg. A balança apresenta, como elemento sensível, quatro "barras de pesagem" torcionais, uma em cada canto, hermeticamente seladas para prevenir interferências causadas pela umidade ou poeira. O sinal de excitação da balança e as medições da resposta são realizados por um microprocessador eletrônico tipo datalogger, modelo 21X (Campbell Scientific, Inc., Logan, EUA).

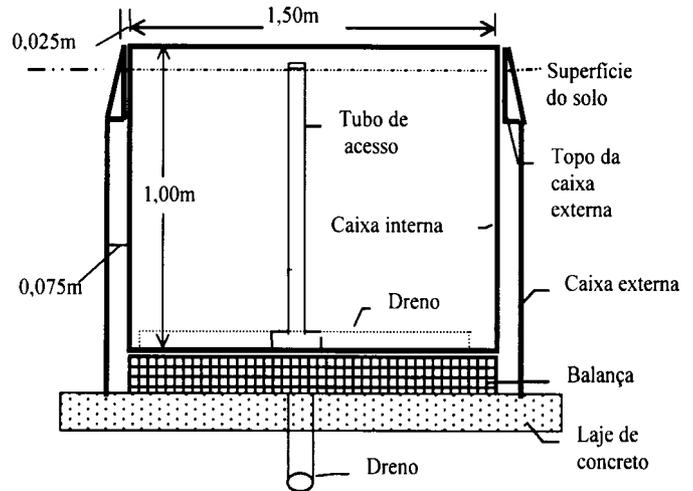


Figura 1. Esquema do lisímetro de pesagem instalado em Paraipaba, CE

Para a instalação do lisímetro retirou-se, manualmente, o solo de uma área de 150 cm por 150 cm de largura, em camadas de 25 cm de profundidade, tomando-se os devidos cuidados para se retirar e manter separado o volume exato de solo a ser recolocado na caixa interna para cada camada. Para cada camada de solo, era determinada a densidade aparente e a trincheira era ampliada para permitir a instalação da caixa externa e a construção da base de concreto.

A base de concreto armado foi construída medindo 2,0 m por 2,0 m de largura e 0,15 m de espessura. Um tubo de PVC de 0,1 m de diâmetro e 0,6 m de profundidade foi colocado no centro da base para permitir a drenagem no interior da caixa externa e sobre a base foi assentada e nivelada a balança e, em seguida, colocada a parte de baixo da caixa externa. A caixa interna foi cuidadosamente apoiada sobre a balança, com o auxílio de um guindaste; finalmente, fixou-se o topo da caixa externa.

Para se realizar a drenagem do solo do lisímetro, quando necessária, instalou-se sobre o fundo da caixa interna um tubo de drenagem (perfurado) de PVC de 50 mm de diâmetro e 1,60 m de comprimento, em cujo centro outro tubo de PVC de 50 mm se eleva até a superfície do solo, para a retirada da água com o auxílio de uma pequena bomba de vácuo manual. O tubo de dreno foi coberto com uma camada de 0,08 m de brita e, a seguir, iniciou-se o preenchimento da caixa interna do lisímetro com o solo. Os volumes de solo anteriormente separados por camadas foram recolocados na mesma ordem e levemente compactados.

Para evitar a entrada de pequenos animais e detritos, o espaço entre as caixas interna e externa foi coberto com uma lâmina plástica.

Próximo ao lisímetro instalou-se uma estação meteorológica automática com sensores de temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, velocidade e direção do vento e precipitação pluviométrica. O datalogger foi programado para coletar os dados meteorológicos e do lisímetro a cada 60 segundos e armazenar suas médias ou totais a cada 60 minutos em um módulo de armazenamento de dados modelo SM 192.

Calibração do lisímetro

Imediatamente após a instalação do lisímetro, iniciou-se sua calibração, utilizando-se, como massas-padrão, 176 sacos plásticos contendo, cada um, 1000 g de areia, os quais foram pesados em uma balança eletrônica de precisão e vedados. Sendo as dimensões internas do lisímetro 1,485 m por 1,485 m (área interna de 2,205 m²), cada 1000 g colocados sobre sua superfície correspondiam a uma lâmina de 0,453 mm de água, enquanto os 176 kg correspondiam a uma lâmina d'água de 79,8 mm, o que representa o dobro da faixa de operação prevista para o lisímetro, sob condições normais.

Durante a calibração ajustou-se o datalogger para a realização das leituras a cada 15 segundos. Para evitar a evaporação, a superfície do lisímetro foi coberta com duas lonas de polietileno sobrepostas. As massas-padrão foram colocadas e retiradas do lisímetro em séries de 4 kg. Para cada série foram realizadas três leituras da balança através do datalogger, em mV; em seguida, para testar a sensibilidade do lisímetro, o procedimento foi repetido utilizando-se massas-padrão de 200 g (equivalente a uma lâmina de 0,09 mm). O tempo total dessas operações foi de três horas. Os dados referentes às massas-padrão aplicadas e as respectivas leituras da balança do lisímetro foram submetidos à análise estatística de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os principais dados climáticos observados durante a calibração do lisímetro são apresentados na Tabela 1. Os valores baixos de velocidade do vento e pequenas variações de temperatura observados podem ter favorecido os resultados da calibração. Segundo Kirkham et al. (1984) testes com esse tipo de balança indicaram sensibilidade linear às variações de temperatura, da ordem de 0,5 kg °C⁻¹; no entanto, balanças instaladas sob o solo apresentam, em geral, variações de temperatura menores que ± 0,2° C dia⁻¹, o que corresponderia a uma lâmina d'água de ± 0,04 mm, mesmo sob variações extremas de temperatura na superfície.

Tabela 1. Valores médios de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento observados durante a calibração do lisímetro de pesagem no Campo Experimental do Curu, Paraipaba, CE

Hora	Temperatura do Ar (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s)
08:00	29,9	75,3	0,3
09:00	29,8	73,7	0,3
10:00	29,2	74,0	0,3
11:00	29,8	72,8	0,2
12:00	30,8	70,0	0,3

Os resultados da calibração do lisímetro são mostrados na Figura 2. A resposta da balança às massas-padrão aplicadas foi linear, com coeficiente de determinação r² de 0,9994. O erro-padrão de estimativa da regressão linear foi de 1,32 kg, o que equivale a uma lâmina d'água de 0,6 mm.

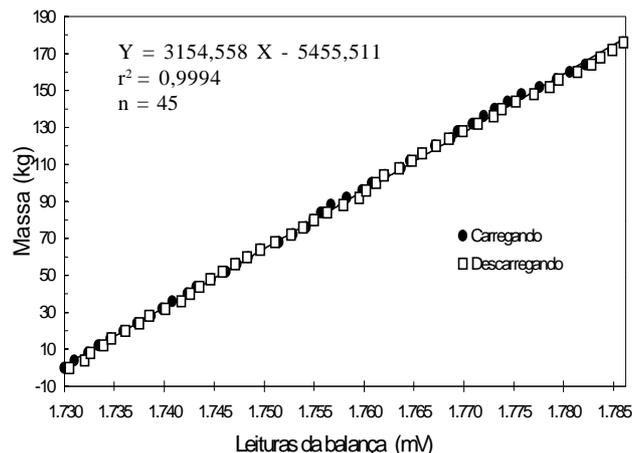


Figura 2. Resultados da calibração do lisímetro

A análise dos dados obtidos pelo carregamento das massas-padrão de 200 g mostrou que o lisímetro apresenta melhor sensibilidade às variações de massa a partir de 400 g, o que equivale a uma lâmina d'água de 0,18 mm.

Um exemplo dos dados gerados pelo lisímetro de pesagem instalado em Paraipaba, CE, é mostrado na Figura 3, que ilustra a variação da lâmina d'água armazenada no lisímetro, ao longo do dia. Nota-se que no período de tempo entre as 4:00 até as 7:00 horas houve aumento na lâmina armazenada, de aproximadamente 1,6 mm; de fato, neste período foi registrada, pelo pluviômetro da estação meteorológica, uma precipitação de 1,5 mm. A partir das 7:00h e ao longo do dia, a lâmina d'água decresce devido às perdas por evapotranspiração, que neste dia alcançaram 3,5 mm.

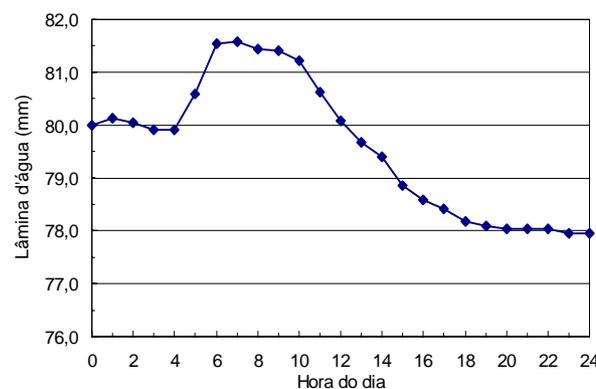


Figura 3. Variação da lâmina d'água armazenada no lisímetro durante o dia

Custos

O custo total do lisímetro, não incluídas as taxas de importação e transporte, foi de aproximadamente R\$ 12.850,00, com as seguintes despesas principais: (a) balança eletrônica R\$ 3.500,00; (b) sistema de aquisição e armazenagem de dados R\$ 4.050,00; (c) caixas metálicas R\$ 4.500,00; e (d) cabos, tubos, concreto, mão-de-obra etc. R\$ 800,00.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados conclui-se, que:

1. A instalação do lisímetro de pesagem foi facilitada pela simplicidade do projeto de construção, com custo relativamente baixo.
2. A resposta da balança do lisímetro às massas-padrão aplicadas na calibração foi linear, com coeficiente de determinação de 0,9994 e erro-padrão inferior a 1%;
3. O lisímetro mostrou-se adequado para estudos diários de evapotranspiração, apresentando sensibilidade à variação de massa equivalente a uma lâmina d'água de 0,18 mm.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa - FUNCAP, pelo apoio financeiro para a realização deste projeto de pesquisa, e aos funcionários do Campo Experimental do Curu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. **Lysimeters**. Rome: FAO, 1982. 68p. (FAO Irrigation and Drainage Paper N° 39)
- ALLEN, R.G.; PRUITT, W.O.; JENSEN, M.E. Environmental requirements of lysimeters. In: ALLEN, R.G, HOWELL, T.A., PRUITT, W.O., WALTER, I.A., JENSEN, M.E. (ed.). **Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements**. Proceedings of the International Symposium on Lysimetry, New York: ASCE, 1991. p. 170-181.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma: FAO, 1986. 194p. (FAO Irrigation and Drainage Paper N° 24)
- HOWELL, T.A.; McCORMICK, R.L.; PHENE, C.J. Design and instalation of large weighing lysimeters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 28, n. 117, p. 106-112, 1985.
- HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; DUSEK, D.A.; MAREK, T.H.; STEINER, J.L. Calibration and scale performance of Bushland weighing lysimeters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 4, p. 1019-1024, 1995.
- KIRKHAM, R.R.; GEE, G.W.; JONES, T.L. Weighing lysimeters recommendations for long-term water balance investigations at remote sites. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 48, p. 1203-1205, 1984.