

# CALIBRAÇÃO E ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM LISÍMETRO DE PESAGEM DE GRANDE PORTE

L. F. S. M. Campeche<sup>1</sup>, A. O. Aguiar Netto<sup>1</sup>, I. F. Sousa, G. G. Faccioli<sup>1</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi de calibrar e analisar o desempenho de um lisímetro de pesagem de grande porte, com base em célula de carga para determinação da evapotranspiração, bem como quantificar os erros de medidas. O lisímetro estudado tem 2,7 metros de diâmetro e 1,0 metro de profundidade. O sistema de pesagem do lisímetro é constituído de alavancas e contra-pesos com a finalidade de alívio de peso e uma única célula de carga acoplada a um datalogger. A calibração foi feita utilizando sacos com brita com massa conhecida, transformada em equivalente de milímetros de água, a fim de verificar a mudança de sinal de saída das células de carga por adição e retirada das mesmas. A linearidade desse equipamento foi excelente, e baixa histerese, sendo encontrado um alto coeficiente de determinação ( $r^2 = 0,99$ ). O lisímetro teve exatidão suficiente para mensurar valores em geral menores que 0,08 mm.

**PALAVRAS-CHAVE:** lisimetria, evapotranspiração, manejo da irrigação

## CALIBRATION AND ANALYZE THE PERFORMANCE OF A LARGE WEIGHING LYSIMETER

**ABSTRACT:** The aim of this research was to calibrate and to analyze the performance of a large weighing lysimeter with load cell for evapotranspiration studies as well as errors measurements. The lysimeter studied was 2.7 m of diameter and 1 m deep. The weighing system is a counterbalances and handspikes with the purpose of weight relief and an only load cell connected to datalogger. The calibration was performed using crushed stone bags with known mass, transformed in millimeter of water in order to verify the load cell output voltage. The response linearity and equipment hysteresis were excellent, showing a high coefficient of determination ( $r^2 = 0.99$ ). The lysimeter had accuracy enough the measure values less than 0,08 mm.

**KEYWORDS:** lysimetry, evapotranspiration, irrigation management.

## INTRODUÇÃO

---

<sup>1</sup> Prof. Dr. Universidade Federal de Sergipe, Depto. Eng, Agrônômica, São Cristóvão-SE. [campeche@ufs.br](mailto:campeche@ufs.br)

Desenvolvimento e montagem de lisímetros de pesagem com os mais variados tipos, tamanhos e materiais tem sido reportados em estudos na área de manejo da irrigação, hidrologia e, principalmente, a micrometeorologia. Na literatura não se encontra referência a um lisímetro padrão, com tamanho, forma, diâmetro ou massa pré-estabelecida. Kohnke et al. (1940) já afirmavam naquela época que, independente da forma ou material utilizado, a proposta do desenho do equipamento é baseada no grau do conhecimento das variáveis que envolvem uma determinada pesquisa. Anos mais tarde, Pruitt & Lourence (1985) fizeram uma análise crítica de lisímetros dos mais variados tamanhos e mecanismos de pesagem e apontaram a necessidade de avaliação minuciosa das culturas para representar alta qualidade dos dados de evapotranspiração, sendo que os erros deveriam ser conhecidos e quantificados, mesmo em lisímetros com grande precisão.

Um dos passos importantes antes do funcionamento de lisímetros de pesagem em campo é a calibração, que tem por finalidade estabelecer uma relação entre o sinal de saída da célula de carga (geralmente expresso em mV) e a massa do sistema. Outra finalidade da calibração é a verificação da linearidade e histerese da célula de carga. Lisímetros de pesagem devem ser preferencialmente calibrados *in situ*, nas mesmas condições climáticas do seu funcionamento, por adição e retirada de pesos previamente conhecidos. Howell et al. (1995) calibraram um lisímetro de 9 m<sup>2</sup> para determinação da evapotranspiração de referência com grama no Texas, USA. Meshkat et al. (1999) reportaram calibração de um lisímetro de pesagem utilizando um sistema de contrapeso acoplado a uma célula de carga de capacidade para 45 kg. Silva et al. (1999) descreveu os passos da calibração de um lisímetro de 0,92 m<sup>2</sup> de área para verificação da linearidade e histerese do equipamento em campo. Apesar dos tamanhos e massa diferentes dos lisímetros, todos esses autores encontraram um alto coeficiente de determinação ( $r^2$ ), grande linearidade das células de carga e baixa histerese, evidenciando a necessidade de calibração desses dispositivos em campo.

Este trabalho tem como objetivo a calibração e análise de desempenho em campo de um lisímetros de pesagem de grande porte baseados em célula de carga.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A calibração do equipamento foi realizada na área experimental do Departamento de Engenharia Agrônômica da Universidade Federal de Sergipe DEA/UFS, em São Cristóvão-SE. Foi utilizado um lisímetro de pesagem, com as seguintes dimensões: 2,7 metros de diâmetro e 1,0 m de profundidade. O sistema de pesagem é constituído por um sistema de alavancas e contrapesos, semelhante ao usado por Faria et al. (2003). A célula de carga utilizada foi a da marca Alfa instrumentos.<sup>2</sup>, modelo SV200, de capacidade para 200 kg. Segundo o fabricante, a sensibilidade da célula é de 2 mV/V e acuracidade de 0,02% do fundo de escala, ou 0,007 mm de equivalente de evapotranspiração.

No processo da calibração, utilizou-se um datalogger (CR10X Campbell Sci.) realizando leituras a cada segundo, com média a cada minuto. As leituras foram armazenadas utilizando-se a instrução para este tipo de sensor (P6) do datalogger e a opção para alta resolução (P78) com “input range” de 10 mV (resolução de 0,33  $\mu$ V). Para a célula foi utilizada 1000 mV como voltagem de excitação.

A calibração do lisímetro foi executada seguindo basicamente o procedimento descrito a seguir. Procedeu-se a calibração em campo, e para evitar a mudança de massa do sistema devido à evaporação da água do solo durante o período de calibração, o lisímetro foi coberto com uma lona plástica. Inicialmente, foi registrada a média da milivoltagem do sistema sem os sacos de brita, teoricamente descarregado. Em intervalos de 2 minutos foram acrescentados aos lisímetros sacos de brita nº 1 hermeticamente fechado, de diferentes massas e pesados em balança de acuracidade de 0,1g. O primeiro minuto da medida foi descartado para análise, já que inclui as oscilações provocadas pelo acréscimo e decréscimo do peso. Em seguida foram retirados os pesos em intervalos de 2 minutos na mesma sequência sua adição. O peso utilizado no lisímetro assim como o valor máximo de peso acrescentado em cada um deles variou buscando obter um “range” de 0 a 130 mm de equivalente de água. Desta maneira, foi feita uma relação linear entre o somatório das saídas de sinal das três células de carga e a massa adicionada, em equivalente de milímetros de água (mV x mm).

Foram utilizados 100 sacos de brita, com 6,87067 kg de massa cada saco e 10 sacos de brita com 5,725566 kg, totalizando 110 sacos. No processo de calibração, foram adicionados 10 baterias de 5 sacos de 6,87067 kg, correspondendo a 60 mm (6 mm por bateria), e, logo após, adicionado 10 baterias de 1 saco de 5,725566 kg, correspondendo a 10 mm (1 mm por bateria). Em seguida foi adicionado 10 baterias de 5 sacos de 6,87067 kg, igual ao procedimento anteriormente mencionado. O total de peso acrescentado foi de 744,32266 kg, ou 130 mm de equivalente de água. A mesma metodologia foi adotada na sequência inversa

---

<sup>2</sup> A divulgação da empresa fabricante é apenas para orientação do leitor, e não para divulgação comercial

para retirada dos pesos. Desse modo, foi obtido 61 pares de pontos para confecção da curva de calibração do sistema.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão plotados os valores de saída das células de carga, em milivoltagem (mV) por volt de excitação e o equivalente em milímetros de água para o lisímetro. Verifica-se que o modelo linear descreveu adequadamente a relação, tendo em vista o alto coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,99. Percebe-se que a linearidade foi excelente e mínima histerese. Resultados semelhantes foram encontrados por Campeche (2002), Faria et al. (2003) Schneider et al. (1998), Howell et al. (1995) e Allen & Fischer (1991), utilizando metodologia semelhante na calibração.

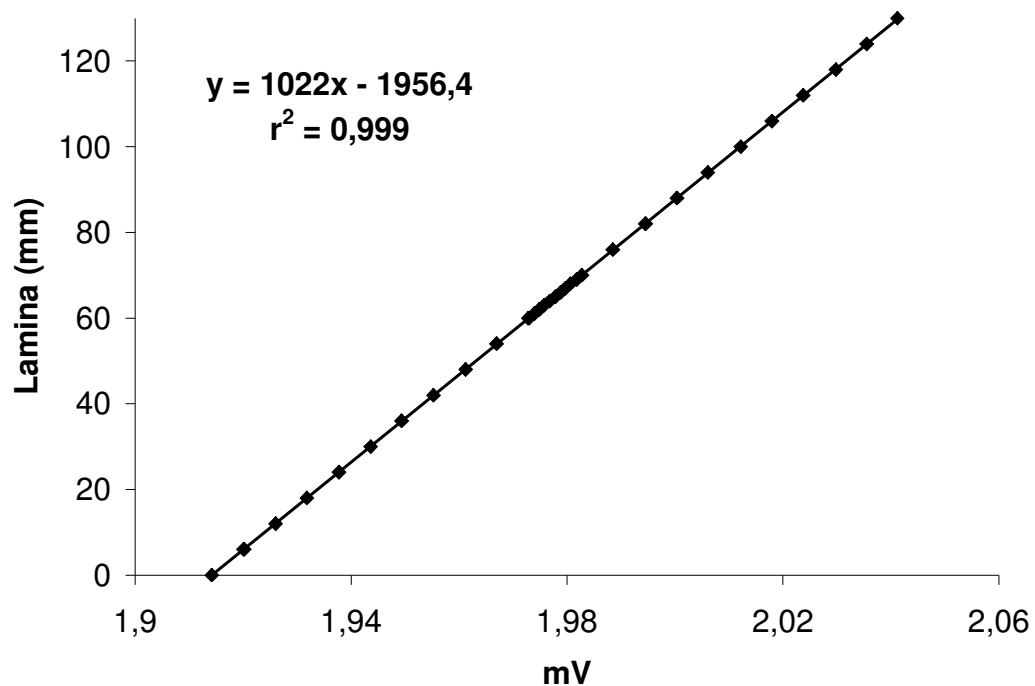


Figura 1. Relação entre variação de massa (mm) e voltagem (mV) da célula de carga

A Figura 2 mostra os erros entre os pesos medidos pelos lisímetro e os pesos padrões adicionados e retirados durante a calibração. Verificou-se que a exatidão do sistema foi de 0,08mm. Esse valor foi muito próximo aos encontrados por Campeche (2002) e Schneider et

al. (1998), trabalhando com metodologia semelhante, que encontraram valores variando de 0,02 a 0,1 mm.

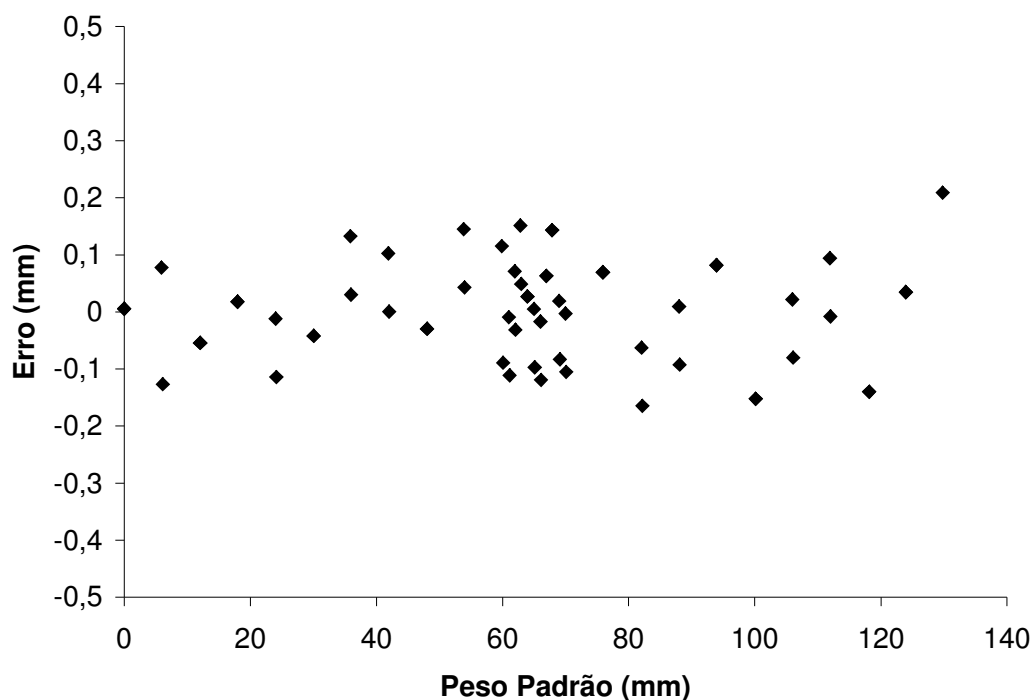


Figura 2. Erro entre o peso medido pelo lisímetro e o peso padrão durante a calibração

## CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos, pode-se concluir que a metodologia empregada na calibração dos lisímetros foi adequada, obtendo-se um coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,99 na equação de calibração, com isso o equipamento pode ser utilizado com êxito em estudos de evapotranspiração.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; FISCHER, D. K. Direct load cell-based weighing lysimeter system. In: ALLEN, R. G.; HOWELL, T. A.; PRUITT, W. O. et al. (Ed.) **Lysimeter for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1991. p. 114-124.

- CAMPECHE, L. F. S. M. Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração da cultura da lima ácida 'tahiti' (*citrus latifolia* tan.). Piracicaba, 2002. 74p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo
- FARIA, R. T.; CAMPECHE, L. F. S. M.; CHIBANA, E. Y.; MARUR, C. J. Construção e teste de lisímetros de alta precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13, Santa Maria **Anais...** Santa Maria: SBAGRO, 2003. (CD-ROM).
- HOWELL, T. A.; SCHNEIDER, A. D.; DUSEK, D. A. et al. Calibration and scale performance of Bushland weighing lysimeters. **Transactions of the ASAE**, v 38 n. 4, p 1019-1024, 1995.
- MESHKAT, M.; WARNER, R. C.; WALTON, L. C. Lysimeter design, construction, and instrumentation for assessing evaporation from a large undisturbed soil monolith. **Transactions of the ASAE**, v 15 n. 4, p 303-308. 1999.
- PRUITT, W. O.; LOURENCE, F. G. Experiences in lysimeter for ET and surface drag measurements. In: NATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN EVAPOTRANSPIRATION, Chicago, 1985: **Advances in evapotranspiration: proceedings**. St. Joseph: ASAE, 1985. p.51-69. (ASAE. Publication, 14-85).
- SCHNEIDER, A. D.; HOWELL, T. A.; MOUSTAFA, A. T. et al. A simplified weighing lysimeter for monolithic soil or reconstructed soils. **Transactions of the ASAE**, v14 n.3, p 267-273. 1998.
- SILVA, F. C.; FOLEGATTI, M.V.; MAGIOTTO, S. R. Análise do funcionamento de um lisímetro de pesagem com célula de carga. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 7, n. 1, p.53-58, jan./jun. 1999.