

## **DESEMPENHO DO IRRIGÂMETRO NA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O ALTO PARANAÍBA, MG**

R. M. de Oliveira<sup>1</sup>, R. A. de Oliveira<sup>2</sup>, E. M. de Oliveira<sup>3</sup>

**RESUMO:** Comparado a outros métodos de manejo da irrigação, o Irrigâmetro é um aparelho recém-desenvolvido que necessita de pesquisas para maior conhecimento dessa nova tecnologia e possibilitar seu uso com maior eficiência. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo, avaliar o desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência para a região do Alto Paranaíba, MG. Este estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, situada no Município de Rio Paranaíba, MG. A metodologia para avaliar o desempenho do Irrigâmetro fundamenta-se na determinação das estimativas da evapotranspiração e foi feita com base nos valores do erro-padrão da estimativa (EPE), do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente angular (b) das respectivas regressões lineares simples. Conclui-se que: para a região do Alto Paranaíba, MG, o Irrigâmetro apresentou desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração de referência operando no nível de água no evaporatório igual a 4 cm.

**PALAVRAS-CHAVE:** manejo da irrigação, engenharia de água e solo

## **PERFORMANCE OF THE IRRIGAMETER IN ESTIMATE OF THE EVAPOTRANSPIRATION REFERENCE IN ALTO PARANAÍBA, MG**

**ABSTRACT:** Compared to other methods of irrigation management, the Irrigameter is a newly developed device that requires research to better understanding of this new technology and enable its use more efficiently. Therefore, this study aimed to evaluate the performance of Irrigameter the estimation of reference evapotranspiration for the region of Alto Paranaíba, MG. This study was conducted at the experimental station of the Federal University of Viçosa, Campus Paranaíba, located in the municipality of Rio Paranaíba, MG. The methodology for evaluating the performance of Irrigameter determination is based on estimates of evapotranspiration and was based on the values of standard error of estimate (SEE), coefficient of determination ( $r^2$ ) and slope (b) of the respective linear regression. We conclude that: for the Alto Paranaíba, MG, Irrigameter presented satisfactory performance in the

---

<sup>1</sup> Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental, DEA/UFV, CEP 36570-000, Viçosa, MG. E-mail: [reginaldomoliveira@hotmail.com](mailto:reginaldomoliveira@hotmail.com)

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG.

<sup>3</sup> Doutorando em Eng. Agrícola, Depto de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa, MG.

evapotranspiration reference in operating water level in evaporimeter equal to 4 cm.

**KEYWORDS:** irrigation management, water and soil engineering

## **INTRODUÇÃO**

No Brasil, a água utilizada na irrigação tem recebido tratamento especial, haja vista que é responsável por grande parcela do consumo total, pois cerca de 61% da água captada é usada na agricultura para a produção de alimentos (ANA, 2007), mas ressalta-se que a área irrigada em 2003/2004, estimada em 3,44 milhões de hectares, equivalia a aproximadamente 6% da área total plantada (CHRISTOFIDIS, 2008). Um desafio essencial na agricultura irrigada é o da necessidade de redução das perdas nos sistemas de irrigação, sejam perdas de água nos sistemas de condução e distribuição pelas infraestruturas hídricas, sejam perdas devido à prática de manejo inadequado da irrigação. A escolha dos métodos de irrigação mais adequados é crucial para os irrigantes, pois possibilitará um manejo mais eficiente, com práticas voltadas para sustentabilidade das atividades.

A técnica do manejo da irrigação consiste em determinar o momento apropriado de irrigar e o tempo indicado para o funcionamento do equipamento de irrigação, no caso de sistemas de irrigação por aspersão e localizada, ou a velocidade de deslocamento do sistema de irrigação, no caso de sistemas pivô central e linear, com a finalidade de aplicar a quantidade de água necessária a uma boa resposta econômica da cultura.

O Irrigâmetro é capaz de estimar a evapotranspiração com confiabilidade, sendo esse processo dependente das interações dos diversos elementos meteorológicos e suas inter-relações associadas ao correto ajuste do aparelho. Muitas pesquisas foram desenvolvidas utilizando os métodos de manejo da irrigação mais antigos, encontrando-se, assim, grande quantidade de informações na literatura relativas a esses métodos e suas características. Comparado a esses métodos, o Irrigâmetro é um aparelho recém-desenvolvido que necessita de pesquisas para maior conhecimento dessa nova tecnologia e possibilitar seu uso com maior eficiência. Assim, pesquisas conduzidas em regiões com condições climáticas diferentes permitirão chegar em ajustes mais precisos do aparelho em uma condição climática específica.

Assim sendo, este trabalho teve como objetivo, avaliar o desempenho do Irrigâmetro na estimativa da evapotranspiração de referência para a região do Alto Paranaíba, MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, situada no Município de Rio Paranaíba, MG, entre agosto de 2008 e maio de 2009. As coordenadas geográficas do Município são 19° 12' 50" de latitude sul e 46° 07' 14" de longitude oeste e altitude de 1.090 m.

Na área experimental foram instalados 18 Irrigômetros, dispostos lado a lado e espaçados de 2,5 por 1,5 m, com o braço do aparelho voltado para o norte, de maneira que não houvesse sombreamento nos evaporatórios.

Foi instalada também, na mesma área, uma estação meteorológica automática da marca DAVIS, modelo Vantage Pro II, utilizada para coleta dos dados horários de radiação, umidade relativa, velocidade do vento e temperaturas máxima e mínima do ar, necessários para a estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) pelo método de Penman-Monteith FAO 56. Para estimativa da  $ET_0$  foi utilizado o programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000).

Os elementos meteorológicos horários, necessários para obter a evapotranspiração de referência, foram coletados na estação meteorológica automática localizada na área experimental e constituíram os dados de entrada para o programa computacional.

O desempenho do Irrigômetro na estimativa da evapotranspiração de referência foi analisado comparando-se os resultados obtidos no aparelho com os conseguidos com a equação de Penman-Monteith-FAO 56.

A comparação dos valores foi realizada seguindo-se a metodologia proposta por ALLEN et al. (1989), a qual se fundamenta no erro-padrão da estimativa (EPE), calculado pela equação:

$$EPE = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

em que:

EPE = erro-padrão da estimativa, mm d<sup>-1</sup>;

P<sub>i</sub> = evapotranspiração estimada pelo Irrigômetro, mm d<sup>-1</sup>; e

O<sub>i</sub> = evapotranspiração de referência obtida pelo método-padrão, mm d<sup>-1</sup>; e

n = número de observações.

A metodologia para avaliar o desempenho do Irrigâmetro fundamenta-se na determinação das estimativas da evapotranspiração e foi feita com base nos valores do erro-padrão da estimativa (EPE), do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e do coeficiente angular (b) das respectivas regressões lineares simples. A melhor alternativa foi aquela que apresentou maior  $r^2$ , menor EPE e b próximo da unidade.

O coeficiente de determinação indicou a precisão, ou seja, quanto a regressão explica a soma do quadrado total. A comparação entre a evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro e a estimada pelo método de Penman-Monteith foi realizada com uma adaptação da metodologia descrita por WILLMONTT et al. (1985). A aproximação dos valores obtidos pelo Irrigâmetro e aqueles estimados pela equação foi dada por um índice designado de concordância ou ajuste, representado pela letra “d” (WILLMOTT et al., 1985). Seus valores variam de zero para nenhuma concordância a 1 para a concordância perfeita.

O índice de concordância é dado pela seguinte expressão:

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n \left[ \left( |P_i - \bar{O}| \right) + \left( |O_i - \bar{O}| \right) \right]^2} \quad (2)$$

em que:

d = índice de concordância ou ajuste;

P<sub>i</sub> = evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro, mm d<sup>-1</sup>;

O<sub>i</sub> = evapotranspiração de referência obtida pelo método-padrão, mm d<sup>-1</sup>;

$\bar{O}$  = média dos valores de ET<sub>0</sub> obtidos pelo método-padrão, mm d<sup>-1</sup>; e

n = número de observações.

Para determinar o desempenho do Irrigâmetro, o experimento foi montado num delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram de Irrigâmetros operando com água nos evaporatórios nas seguintes alturas: N1 = 1, N2 = 2, N3 = 3, N4 = 4, N5 = 5 e N6 = 6 cm, tomadas a partir de um nível de referência numa, escala ascendente, próprio do aparelho, totalizando 18 Irrigâmetros.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, a evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro foi significativamente afetada pelo aumento do nível de água dentro do evaporatório.

Na Tabela 1, encontram-se o erro-padrão da estimativa (EPE), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de determinação ( $r^2$ ), coeficiente angular (b) e evapotranspiração estimada pelo Irrigâmetro em cada nível de água no evaporatório.

Tabela 1. Valores do erro-padrão da estimativa (SEE), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de determinação ( $r^2$ ), coeficiente angular (b) e valores de  $ET_I$ .

Nível (cm)	EPE	d	$r^2$	b	$ET_I$ (mm d <sup>-1</sup> )
1	2,35	0,47	0,29	0,39	2,29
2	1,98	0,52	0,25	0,43	2,74
3	1,24	0,74	0,64	0,75	3,41
4	0,79	0,87	0,75	0,80	3,86
5	1,37	0,72	0,53	0,83	5,48
6	2,01	0,61	0,53	1,01	6,14

Observa-se que a evapotranspiração obtida pelo Irrigâmetro aumentou com a elevação do nível de água dentro do evaporatório. À medida que aumentou o nível de água dentro do evaporatório, houve ampliação da área exposta e da superfície da água livre à atmosfera e, conseqüentemente, maior interceptação da radiação solar, variável que exerce grande influência no processo da evaporação, ao mesmo tempo que favorece a ação do vento, atuando na remoção do ar saturado sobre a superfície evaporante e acarretando maiores valores de evaporação.

O menor erro-padrão da estimativa e o maior índice de concordância foram obtidos com o Irrigâmetro operando com água no evaporatório no nível de 4 cm, indicando melhor desempenho para a estimativa da  $ET_0$ , diante dos demais níveis estudados. Assim, o Irrigâmetro operando com o evaporatório no nível N4 foi o que apresentou resultados mais próximos da  $ET_0$  estimada pelo método padrão, para intervalos diários.

Observa-se, na Figura 1, a comparação entre a evapotranspiração de referência e a evapotranspiração obtida pelo Irrigâmetro operando com o nível de água no evaporatório em 4 cm.

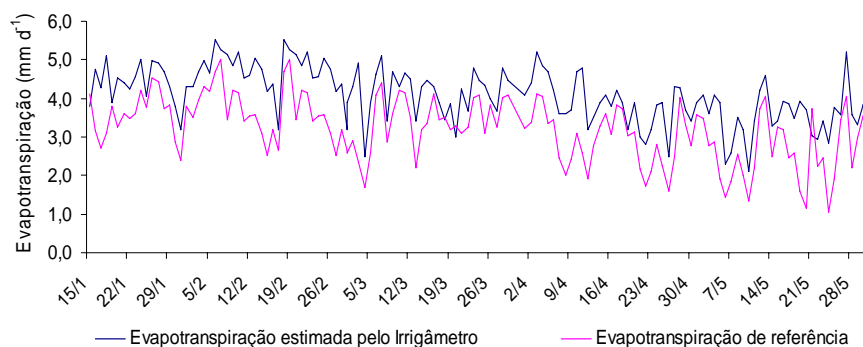


Figura 1. Evapotranspiração de referência estimada pelo método padrão e a evapotranspiração obtida pelo Irrigâmetro, operando com o nível de água no evaporatório em 4 cm.

Percebe-se, nessa Figura, comportamento semelhante entre os dois métodos, em que o Irrigâmetro operando no nível 4 cm superestimou o valor médio da evapotranspiração de referência em apenas 3,2%, quando se compararam as médias totais de todo o período experimental.

## CONCLUSÕES

1. Para a região do Alto Paranaíba, MG, o Irrigâmetro apresentou desempenho satisfatório na estimativa da evapotranspiração de referência operando no nível de água no evaporatório igual a 4 cm.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; BORNAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 650-662, 1989.

ALLEN, R. G. **REF-ET**: reference evapotranspiration calculator, Version 2.1. Idaho: Idaho University, 2000. 82 p.

ANA, 2007 - Agência Nacional de Águas. “**O Estado da Arte da Agricultura Irrigada e as Modernas Tecnologias no Uso Racional da Água na Irrigação**”. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/palestras/AntonioFelix/FelixANA.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2009.

CHRISTOFIDIS, D. “Água de irrigação e segurança alimentar”. **Revista ITEM**, Belo Horizonte, n. 77, 1º TRIM, p. 16 - 21, 2008a, ISSN 0102-115x.

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparasion of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.