

## ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO A PARTIR DE VASO SUBMETIDO À SUBIRRIGAÇÃO

João Carlos V. REIS<sup>1</sup>; Leandro F. da S. LOPES<sup>2</sup>; Arionaldo de SÁ JÚNIOR<sup>3</sup>

### RESUMO

A evapotranspiração em ambiente protegido consiste em uma informação substancial para o adequado manejo da irrigação. Todavia, os elementos necessários a estimativa desse parâmetro dependem de instrumentação que, em muitos casos, são de difícil aquisição e ainda são dependentes de ajustes por modelos específicos. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho realizar a estimativa, de modo alternativo, direto e com baixo custo, da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em ambiente protegido, utilizando-se, para tanto, um modelo reduzido de lisímetro de pesagem e técnicas de subirrigação. Os resultados obtidos mostraram que a evapotranspiração (ET) obtida através do vaso submetido à subirrigação é compatível com a ET obtida através do modelo de referência aplicado ao ambiente.

### INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de cultivos em ambiente protegido implica, naturalmente, na necessidade de irrigação, uma vez que os diferentes materiais utilizados nas coberturas das estufas agrícolas, como os filmes plásticos, são impermeáveis, impedindo a entrada da precipitação e que o uso de tais materiais instituem condições bastante diferentes daquelas encontradas a céu aberto. Portanto, torna-se indispensável observar as variáveis micrometeorológicas internas a estes

---

\* Projeto desenvolvido com recursos do IFSULDEMINAS - Câmpus Muzambinho.

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: [joao\\_carlosvr@hotmail.com](mailto:joao_carlosvr@hotmail.com);

<sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: [leandrofidelis16@hotmail.com](mailto:leandrofidelis16@hotmail.com);

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Muzambinho. Muzambinho/MG, email: [arionaldo.sa@muz.ifsuldeminas.edu.br](mailto:arionaldo.sa@muz.ifsuldeminas.edu.br);

ambientes de modo a indicar o momento adequado da irrigação em tempo e quantidade, promovendo, por conseguinte, o aproveitamento mais racionalizado da água e demais insumos como energia elétrica, fertilizantes e defensivos agrícolas, contribuindo para redução dos custos fixos e variáveis de sua produção e desta maneira, aumentar os possíveis lucros.

As informações micrometeorológicas observadas em um ambiente protegido consistem, preponderantemente, em uma grande fonte de dados para alimentar modelos matemáticos utilizados na estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) com o propósito de manejar eficientemente a irrigação. Contudo, a estimativa da ET<sub>o</sub> é dependente de observações as quais são necessários instrumentos precisos, complexos e muitas vezes onerosos, tornando-se assim, inacessível a maior parte dos pequenos produtores rurais. Todavia, este parâmetro é essencial às boas práticas da irrigação, tornando-se imprescindível ao uso apropriado das suas técnicas, contribuindo para utilização racional e sustentável da água na agricultura irrigada. Deste modo, o desenvolvimento de um modelo tecnológico de baixo custo, capaz de estimar de modo alternativo e direto a ET<sub>o</sub> em ambiente protegido, isto é, sem a necessidade de instrumentação complexa, contribuirá de forma substancial para a aplicação adequada das técnicas de irrigação, conferindo ao produtor irrigante possibilidades de minimização dos custos e maximização da produção.

Em estudo clássico, desenvolvido por DOOREMBOS & PRUITT (1976), aponta-se para a necessidade e estudos a respeito da evapotranspiração em ambientes protegidos como meio de estimar o consumo de água das culturas. Deste modo, BOULARD *et al.* (1990), concluíram que os aspectos micrometeorológicos reinantes em um ambiente protegido influenciam fortemente evapotranspiração e, conseqüentemente, na sua capacidade de propiciar condições satisfatórias às culturas, sendo portanto, fundamental sua estimativa.

Para CHAVES *et al.* (2005), a evapotranspiração consiste em uma variável básica da irrigação sendo depende dos elementos meteorológicos, da cultura e de parâmetros de solo, podendo ser medida diretamente (lisímetros ou evapotranspirômetros) ou indiretamente (modelos matemáticos) e que o conhecimentos de tais informações contribui com economia para o produtor uma vez que a maximização no rendimento das espécies vegetais depende, dentre outros fatores, do dimensionamento e manejo do sistema de irrigação, além do conhecimento da demanda hídrica da cultura.

A utilização de sensores automáticos possibilita a aquisição de informações diretas e necessárias a estimativa da evapotranspiração em ambiente protegido e contribuem para a redução dos custos, melhoria do aproveitamento da água e a qualidade dos frutos produzidos. Entretanto, o uso de tais equipamentos nem sempre é possível, devido ao custo e à falta de treinamento dos produtores (TAZZO *et al.*, 2012).

Nesse sentido, considerando a importância e dificuldade em determinar todos os aspectos micrometeorológicos intervenientes ao desenvolvimento dos cultivos em ambiente protegido, principalmente sob perspectiva do manejo da irrigação, objetivou-se com este estudo realizar a estimativa, de modo alternativo, direto e com baixo custo, da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em ambiente protegido, utilizando-se, para tanto, um modelo reduzido de lisímetro de pesagem e técnicas de subirrigação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido nas dependências do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, em ambiente protegido com dimensões de 3 m de largura por 6 m de comprimento com altura do pé-direito de 2,5 m e altura máxima do arco de 3,5 m, coberta por plástico impermeável (filme de polietileno de baixa densidade transparente com tratamento anti-UV e espessura de 0,15 mm. Nas laterais foi utilizado sombrite com 50% de sombreamento.

A altitude aproximada da superfície das estufas corresponde a 1022 m e o ponto central é designado pelas coordenadas geográficas lat.: 21,351375° S e Long.: 46,521248 ° W. Quanto à orientação geográfica, esta encontra-se instalada com o alinhamento de seus comprimentos na direção Noroeste-Sudeste, com um ângulo 284° no sentido horário, tendo o Norte como referência (0°).

Segundo SÁ JÚNIOR *et al.* (2012), o clima predominante da região é classificado, de acordo com metodologia proposta por Köppen, como do tipo Cwb.

Dentro do ambiente foram montadas duas bancadas com 1,2 m sobre a superfície do solo onde instalou-se dez vasos de subirrigação, cinco por bancada.

Em cada vaso, com volume correspondente a 20 litros, foi anexado, por meio de micro tubo com diâmetro de 2 mm, uma garrafa tipo PET com volume de 2 litros (figura 1).



Figura 1. Detalhe do vaso conectado a garrafa PET por microtubo.

Para o preenchimento dos vasos utilizou-se uma camada de brita nº 1 até 2 cm a partir do fundo do vaso e terra fina seca ao ar, retirada do próprio ambiente. Ao preencher todos os vasos, acrescentou-se água na garrafa pet que umedeceu gradativamente o solo. Após este processo, manteve-se uma carga hidráulica (nível de referência) na garrafa PET, correspondente a 0,14 m.

A evapotranspiração, ou evaporação de água do solo, observada nos vasos foi estimada relacionando-se o volume de água perdido no período de 24 horas e a área de exposição do solo ao ambiente. Para tanto, considerou-se a densidade da água limpa corresponde 1kg/l e, deste modo, o volume perdido foi obtido por diferença entre o nível de referência e o valor observado após 24 h. neste processo, utilizou-se uma balança de precisão portátil com resolução de 0,1 g. Após as pesagens diárias, as garrafas PET eram completadas para o nível de referência.

Para estimativa da evapotranspiração interno ao ambiente protegido, foi instalado um termohigrômetro digital datalogger obtendo informações da temperatura e umidade relativa do ar a cada 0,5 horas. Tais informações foram utilizadas para alimentar o modelo alternativo para estimativa da evapotranspiração, denominado Penman-Monteith-FAO *Missing Data*, conforme ALLEN *et al.* (1998). Este modelo foi oportunamente utilizados para a validação das informações de evapotranspiração observadas nos vasos.

O avaliação da evapotranspiração observada nos vasos e no ambiente foi realizada através de ajuste linear dos dados, obtendo-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ). Também foi utilizando o Índice de performance " $Ip$ ". Esse índice é uma atualização do índice de confiança proposto por CAMARGO E SENTELHAS, (1997), que consiste no produto do coeficiente de correlação " $r$ " (coeficiente de correlação de Pearson) e o índice de concordância refinado " $dr$ " (WILLMOTT *et al.*,

2012). Segundo ALVARES *et al.* (2013), este índice é a combinação de acurácia (exatidão) e precisão, onde a precisão é fornecido pelo coeficiente de correlação de “r”, que indica o grau de dispersão dos dados a partir da média, ou seja, o erro aleatório de dispersão e a exatidão conferida pelo modelo consolidado e refinado de WILLMOTT *et al.* (1985; 2012).

Os critérios para interpretação e/ou classificação do índice de performance “*Ip*” são apresentados na Tabela 1.

<b><i>Ip</i></b>	<b>Avaliação</b>
<b>&lt; 0</b>	Péssima
<b><math>0 \leq Ip &lt; 0,15</math></b>	Ruim
<b><math>0,15 \leq Ip &lt; 0,3</math></b>	Pobre
<b><math>0,3 \leq Ip &lt; 0,45</math></b>	Tolerável
<b><math>0,45 \leq Ip &lt; 0,6</math></b>	Boa
<b><math>0,6 \leq Ip &lt; 0,75</math></b>	Muito Boa
<b><math>\geq 0,75</math></b>	Excelente

Tabela 1. Classificação do índice de performance “*Ip*”.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, pode-se verificar graficamente o ajuste linear entre a evapotranspiração obtida no vaso e ambiente.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) obtido, acima de 78% indica, apesar que alguns dados discrepantes, ajuste adequado da evapotranspiração observada no vaso ao modelo utilizado como referências neste estudo. Pode-se ainda observar, através da equação de ajuste linear, que a evapotranspiração interna ao ambiente é superior ao vaso em aproximadamente 12%.

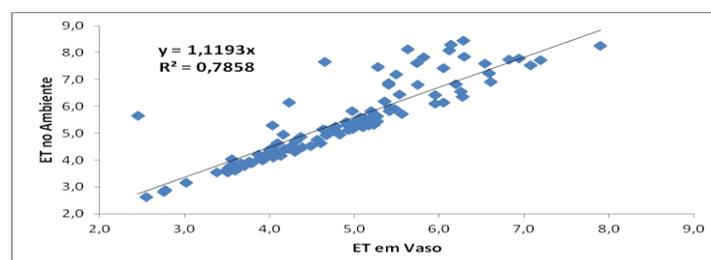


Figura 2. Ajuste linear da evapotranspiração em vaso e interna ao ambiente.

O valor do índice performance avaliado entre a evapotranspiração em vaso e no ambiente foi superior a 0,8283, mostrando-se excelente e indicando, desse modo, forte correlação positiva e exatidão entre os dados observados.

## CONCLUSÕES

Pôde-se concluir com este experimento que o modelo de vaso submetido à subirrigação pode estimar a evapotranspiração interna ao ambiente protegido, sendo este modelo passível de utilização para fins de irrigação nesses ambientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO Irrigation and drainage, 1998. 297p. (Paper 56). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>>. Acesso em: 28 jul. 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**. DOI 10.1007/s00704-012-0796-6. v. 110, n. 4, p.1-23, 2012.
- BOULARD, T.; RAZAFINJOHANY, E.; BAILLE, A.; JAFFRIN, A.; FABRE, B. Performance of greenhouse heating system with a phase change material. **Agric. For. Meteorol.**, Amsterdam, v. 52, p. 303-318, 1990.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M. de; MEDEIROS, J. F. de; BEZERRA, F. M. L.; MORAIS, N. B. de. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. **Revista Ciência Agronômica**, v.36, p.262-267, 2005.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma, Organization de las naciones unidas para la agricultura y La alimentacion, FAO. 1976. 194p. (Estudio FAO: Riego y drenaje, 24).
- SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G., SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theor Appl Climatol* 108:1–7. 2011.
- TAZZO, I. F.; HELDWEIN, A. B.; MALDANER, I. C.; PIVETTA, C. R.; STRECK, L.; RIGHI, E. Z. Evapotranspiração do pimentão em estufa plástica estimada com dados meteorológicos externos, na primavera. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p.275–280, 2012.
- WILLMOTT, C.J. et al. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v.0, n.C5, p.8995-9005, 1985.
- WILLMOTT, C. J.; ROBESON, S. M.; MATSUURA, K. A refined index of model performance. **Int J Climatol** 32:2088–2094. doi:10.1002/joc.2419. 2012.