

## AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO CRISÂNTEMO (*Chrisantemum spp.*) CULTIVADO EM ESTUFA PLÁSTICA

**André Luiz Teixeira Fernandes<sup>1</sup>; Marcos Vinícius Folegatti<sup>2</sup>; Antonio Roberto Pereira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Pró Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, Universidade de Uberaba, Uberaba, MG,

[andré.fernandes@uniube.br](mailto:andré.fernandes@uniube.br)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

### 1 RESUMO

Com o objetivo de estudar métodos de controle de irrigação numa cultura de crisântemo, instalou-se uma estação agrometeorológica automática, numa estufa de 5600 m<sup>2</sup>, com sensores de temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar, radiação solar global e lisímetro de pesagem com célula de carga, conectados a um coletor de dados. A partir dos dados meteorológicos obtidos, estimou-se a evapotranspiração da cultura utilizando-se os seguintes métodos: Tanque evaporimétrico, Camargo, Makkink, Radiação solar, Jensen-Haise, Linacre, Hargreaves-Samani, Penman, Penman-piche e Penman-Monteith. Os resultados foram comparados com as medições do lisímetro, considerado padrão. Os métodos que obtiveram maiores índices de correlação foram: Jensen-Haise (72,50%); Radiação Solar (71,53%); Makkink (71,53%), Penman-Monteith (71,16%) e Penman (72,09%).

**UNITERMOS:** evapotranspiração, comparação entre métodos, cultura do crisântemo, cultivo protegido.

### FERNANDES, A. L. T.; FOLEGATTI, M. V.; PEREIRA, A. R. VALUATION OF DIFFERENT EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE METHODS FOR (*Chrysanthemum spp*) CULTIVATED IN PLASTIC GREENHOUSE

### 2 ABSTRACT

In order to study some methods to control irrigation of a chrysanthemum crop, an automatic weather station was installed inside a 5600 m<sup>2</sup> greenhouse with the following sensors connected to a data logger: air temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation and a weighing lysimeter. Evapotranspiration (ET) was estimated by the weather station data using the following methods: Solar Radiation, Pan Evaporation, Camargo, Makkink, Jensen-Haise, Linacre, Hargreaves-Samani, Penman, Penman-piche and Penman-Monteith. The results were compared with the ones from the weighing lysimeter data, which were considered standard. The best correlation indices were obtained by: Jensen-Haise (72.50%); solar radiation (71.53%); Makkink (71.53%), Penman-Monteith (71.16%) and Penman (72.09%).

**KEYWORDS:** evapotranspiration, comparison of methods, chrysanthemum crop, protecting culture

### 3 INTRODUÇÃO

A eficiência de um sistema de irrigação está intimamente ligada ao seu manejo, que deve considerar aspectos econômicos, sociais e ecológicos. O manejo inadequado da irrigação e a falta de drenagem têm sido as principais causas do baixo desempenho da maioria dos projetos de irrigação no Brasil. Essa situação se agrava ainda mais quando o sistema de produção é conduzido dentro de ambientes protegidos. Nestes casos, a irrigação tem uma importância ainda maior, por se tratar da única forma de fornecimento de água, além do fato de grande parte da aplicação dos fertilizantes ser realizada via água de irrigação.

Existem vários métodos dos quais o irrigante pode dispor para programar a irrigação, podendo ser classificados em: a) baseados no solo; b) baseados na planta; c) baseados no balanço de água no solo; d) evaporímetros e e) informações meteorológicas (HILL, 1991). Devido às dificuldades operacionais de obtenção de dados meteorológicos em estações convencionais, os métodos de manejo de irrigação baseados em informações meteorológicas não têm sido utilizados em grande escala. Entretanto, com surgimento de sistemas armazenadores de dados (dataloggers) e sensores precisos com um custo acessível, com possibilidade de processar os dados em tempo real, o emprego de estações agrometeorológicas automáticas para o controle da irrigação torna-se bastante promissor. A partir dos dados obtidos nas estações automáticas, muitos métodos podem ser utilizados para se estimar o consumo de água pelas culturas.

Segundo Pereira et al.(1997), os métodos para estimativa da evapotranspiração potencial ( $ET_o$ ) podem ser classificados da seguinte forma: a) empíricos: tanque Classe A, Thornthwaite, Camargo, Makkink, Radiação Solar, Jensen-Haise, Linacre, Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle; b) Balanço de Energia: Razão de Bowen e Priestley-Taylor; c) aerodinâmico: Correlação dos Turbilhões; d) combinados: Penman, Slatyer & Mc Ilroy; Penman simplificado e Penman Monteith. Esses métodos determinam a evapotranspiração potencial ( $ET_o$ ) a partir de fórmulas empíricas ou semi-empíricas. A opção por um ou outro método dependerá, na maioria das vezes, da precisão requerida ou do tipo de dado climatológico disponível, uma vez que nenhum deles parece desfrutar de preferência absoluta.

É grande a quantidade de trabalhos existentes na literatura que se referem a comparações entre métodos de estimativa da evapotranspiração.

No estudo da evapotranspiração em estufas, porém, são poucos os trabalhos que têm seguido a metodologia de Doorenbos & Kassan (1979) para estimar o consumo de água pelas culturas. Segundo esses autores, o método do tanque evaporimétrico, juntamente com os métodos da Radiação Solar (FAO) e de Priestley-Taylor são os melhores para estimar a evapotranspiração de referência no interior de estufas. (Prados, 1986, citado por Farias et al., 1994)<sup>1</sup>

Com o objetivo de estudar a evapotranspiração da cultura do crisântemo em vaso, Fynn et al. (1993) instalaram equipamentos para medir alguns parâmetros climáticos dentro e fora de

---

<sup>1</sup> PRADOS, N.C. Contribucion al estudio de los cultivos enarenados en Almeria: necesidades hídricas y estración del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno. Almeria, Espana, 1986. 195p. Tesis (Doutorado em Fitotecnia), Caja Rural Provincial, Almeria, 1986.

uma estufa de 7,3m<sup>2</sup>: velocidade do vento, temperatura do ar, temperatura do ponto de congelamento, concentração de CO<sub>2</sub>, evapotranspiração da cultura (lisímetro), temperatura da folha, índice de área foliar, radiação fotossinteticamente ativa e radiação solar global, sendo os dados coletados através de um “datalogger”. A partir desses dados, calculou-se a evapotranspiração da cultura utilizando-se um modelo derivado do método de Penman. Os autores concluíram que a equação combinada pode prever com relativa exatidão as necessidades hídricas de uma cultura de crisântemo em vaso. Apesar disso, os autores citam a dificuldade de se correlacionar a ET medida com o lisímetro e a ET calculada por métodos empíricos de estimativa, tendo em vista o grande número de fatores envolvidos.

Trabalhando com nove espécies ornamentais, Baille & Baille (1992) estudaram a estimativa da evapotranspiração a partir de dados de temperatura do dossel, déficit de pressão de vapor e radiação líquida, comparando os resultados com medidas diretas (lisímetro de pesagem). A partir dos dados obtidos com sensores instalados interna e externamente à estufa, foram desenvolvidos dois modelos de estimativa da evapotranspiração: a) uso do modelo de Penman-Monteith, com uso de fórmulas empíricas para a estimativa da resistência do dossel ( $r_c$ ) e b) método baseado no balanço de vapor de água na estufa, tendo como entradas a taxa de troca de ar e a diferença entre a umidade específica interna e externa. Ambos os métodos apresentaram boas performances, quando comparados com os dados observados (lisímetro). O primeiro deles tem a vantagem de ser bastante simples e preciso, se a  $r_c$  for corretamente estimada através de equações específicas e se a medida ou estimativa da radiação líquida for disponível. O segundo método tem o inconveniente da dificuldade da estimativa da taxa de troca de ar na estufa.

O manejo de água em cultivos protegidos deve levar em consideração alguns aspectos relacionados às mudanças climáticas verificadas nesse ambiente quando comparado com o cultivo em campo aberto.

Em trabalho realizado na região de Arthur Nogueira, SP, Folegatti et al. (1997) analisaram os efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos no interior da estufa e compararam modelos de estimativa de evapotranspiração da cultura do crisântemo. Os autores concluíram que a cobertura plástica alterou a quantidade de radiação solar global no interior da estufa, com valores médios próximos a 63% do total da radiação externa. Segundo estes autores, a melhor estimativa da evapotranspiração foi obtida quando foram utilizados valores medidos de radiação solar global.

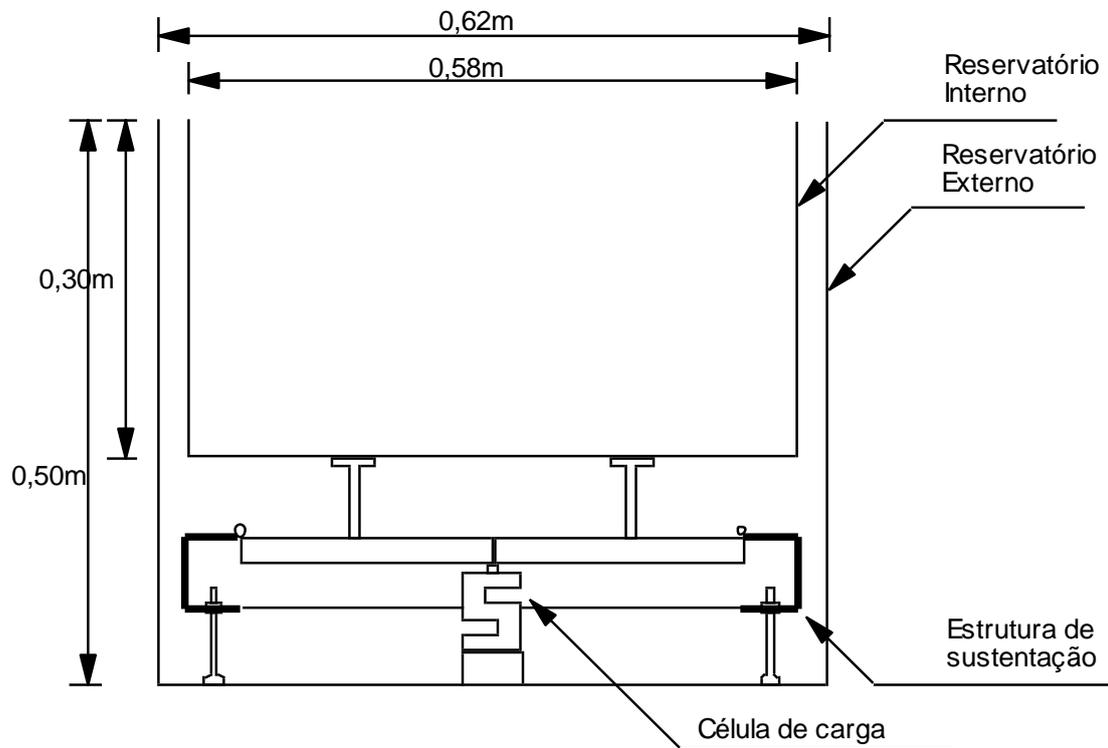
Dentro desse contexto, conduziu-se o presente trabalho, onde a viabilidade do uso de informações meteorológicas para estimar a evapotranspiração do crisântemo a partir de 10 métodos empíricos foi estudada mediante comparações com as medidas de evapotranspiração da cultura, obtidas através de um lisímetro de pesagem com célula de carga, instalado na área experimental.

A cultura do crisântemo ocupa posição de destaque na produção de flores de corte no Brasil, em especial no município de Holambra – SP, que se constitui num dos maiores produtores dessa flor no Brasil. Essa cultura, embora cultivada em condições de campo, é preferencialmente conduzida em condições climáticas controladas, ou seja, em casas de vegetação ou estufas, sendo o manejo da água e fertilizantes de extrema importância para uma garantia de alta produtividade e qualidade do produto.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em estufa na propriedade da Empresa Schoenmaker Van Zanten - Cooperativa Holambra, em Arthur Nogueira – SP (latitude: 22°33'S, longitude: 47°10'W, altitude: 600 m), no período de 15 de setembro a 05 de dezembro de 1995. A estufa do tipo Poly-Venlo (duas águas) apresentou as dimensões de 89,60 m de largura (14 módulos) por 62,22 m de comprimento (17 módulos), com área de 5.575m<sup>2</sup> e com altura do pé direito de 5,0 m, orientada NW-SE e coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), transparente, de 0,15 mm de espessura. As parcelas de produção foram divididas em áreas de 375 m<sup>2</sup> (2 módulos de 6,40 m x 8 módulos de 3,66 m), numa das quais foram instalados os equipamentos e monitorados os fatores climáticos, o desenvolvimento e consumo de água da cultura. A cultura implantada na estufa foi o crisântemo variedade Shuriky, utilizado para produção de mudas, plantado em canteiros de 1,30 m de largura, com espaçamento entre as plantas de 0,12 m x 0,12 m. O plantio foi realizado a partir de estacas enraizadas, em 07 de setembro de 1995 e a cultura foi monitorada a partir de 15 de setembro até 05 de dezembro de 1995. Uma semana após o transplante, fez-se o desponte manual, com o intuito de quebrar a dominância apical, ficando a planta com 5 folhas. Ao fim de três semanas a partir do desponte, começou a colheita das mudas.

Para medir o consumo de água da cultura durante o seu ciclo (evapotranspiração da cultura ou ET<sub>c</sub>), foi utilizado um lisímetro de pesagem com célula de carga, instalado em um dos canteiros experimentais no interior da estufa. Os dados de evapotranspiração estimada foram comparados com os dados obtidos com o lisímetro. O lisímetro, desenvolvido no Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, foi montado com um recipiente cilíndrico interno de 0,58 m de diâmetro e 0,30 m de altura e um recipiente cilíndrico externo de 0,62 m de diâmetro e 0,50 m de altura (Figura 1). Entre os recipientes foi colocada uma estrutura metálica de sustentação e transmissão para uma célula de carga HAINCO modelo HS150, com capacidade máxima de 150 kg, e precisão de 0,1 mm. O lisímetro foi instalado com sua face superior no mesmo nível que o canteiro, enterrando-se o recipiente externo no solo. Abaixo do lisímetro foi feito um orifício para a drenagem da água aplicada. Para enchimento do equipamento, foi utilizado o solo escavado em camadas no local de instalação do tanque externo, e as camadas foram cuidadosamente colocadas no tanque interno mantendo-se a ordem das camadas do solo da estufa. A calibração do lisímetro foi feita inicialmente em laboratório, com pequenos sacos de areia de massa conhecida (25 g) sendo colocados sobre a estrutura até um total de 1500 g e posteriormente repetida após a instalação no campo. A partir dos resultados obtidos foi determinada uma equação para transformação dos sinais da célula de carga em milivolts (mV) para massa (g) e depois transformados em milímetros de água. A calibração foi feita em dois sentidos: primeiramente adicionando-se os pesos em de 25 em 25 g, e depois retirando-se os pesos em tempos predeterminados.



**Figura 1** - Corte transversal do lisímetro.

Este equipamento foi ligado a um sistema de aquisição de dados (“datalogger”) e programado de forma a obter dados médios a intervalos de 1 hora. Estes resultados foram convertidos para lâmina de água (mm), através de um fator multiplicador.

Foi determinada a área foliar e calculado o índice de área foliar pelo método destrutivo a partir de amostras coletadas em intervalos de 15 dias. Com os valores do índice de área foliar, foi estabelecida uma equação de regressão para estimativa do valor diário do IAF bem como do coeficiente de cultura do crisântemo ( $K_c$ ).

As informações meteorológicas utilizadas neste trabalho foram obtidas através de um sistema de aquisição de dados modelo CR-10 da Campbell Scientific, no qual foram conectados os sensores de radiação solar global (piranômetro instalado a 1,0 m acima do dossel da planta), temperatura e umidade relativa do ar (“Relative Humidity/Temperature Probe – CS 500 – R.M. Young Company”) e velocidade de vento.

Também foram instalados, dentro da estufa, os seguintes equipamentos: tanque evaporimétrico (com dimensões reduzidas), tensiômetros (2 baterias com três profundidades: 10, 20 e 30 cm) e evaporímetro de piché.

A partir dos dados obtidos com o uso dos sensores, estimou-se a evapotranspiração potencial (ET<sub>o</sub>) no interior da estufa, utilizando-se os seguintes métodos: a) tanque evaporimétrico (Doorenbos & Kassan, 1979); b) Camargo (Camargo & Camargo, 1983); c) Makkink (Makkink, 1957); d) Radiação Solar (Doorenbos & Pruitt, 1977); e) Jensen-Haise (Jensen & Haise, 1963); f) Linacre (Linacre, 1977); g) Hargreaves - Samani (Hargreaves & Samani, 1985); h) Penman (Penman, 1948); i) Penman Piché (Villa Nova & Ometto, 1981); j)

Penman-Monteith (Monteith, 1965), que foram comparados com os dados medidos pelo lisímetro de pesagem.

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com gotejadores tipo labirinto modelo GT da Asbrasil com de vazão de 3,6 L h<sup>-1</sup>, espaçados 0,40 m entre gotejadores e 0,32 m entre linhas (4 linhas de gotejadores por canteiro). Para avaliação do sistema de irrigação por gotejamento foram instalados coletores e medidas as vazões em cinco pontos na linha de gotejadores, dispostos no início da linha, a 25% do comprimento, 50% do comprimento, 75% do comprimento e no final da linha. Foram avaliadas as 4 linhas do canteiro onde foi instalado o lisímetro. A partir dos volumes coletados, foi calculado o CUC do sistema, que para o ensaio foi igual a 94,1%, com uma vazão média de 3,36 L h<sup>-1</sup> e uma lâmina média de 25,92 mm h<sup>-1</sup>.

Para se obter a evapotranspiração da cultura do crisântemo, utilizou-se a equação 1.

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (1)$$

em que:

$ET_o$  = evapotranspiração potencial estimada pelos diferentes métodos, mm.dia<sup>-1</sup>

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura, mm.dia<sup>-1</sup>

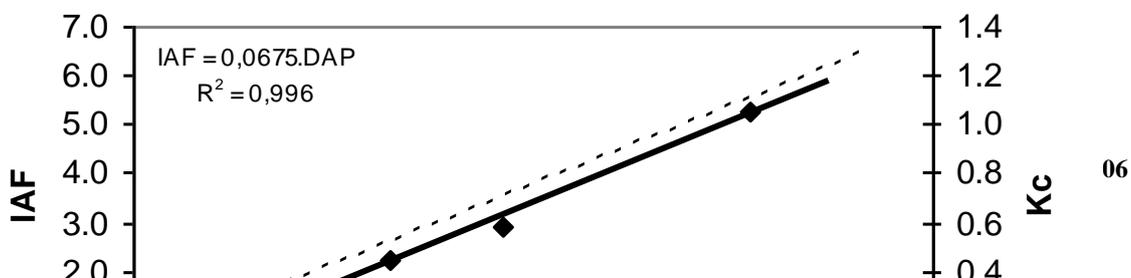
$K_c$  = coeficiente da cultura, obtido a partir da medição do índice de área foliar da cultura durante o seu ciclo.

Para o manejo da irrigação, adotou-se o critério de repor a evapotranspiração da cultura medida no lisímetro de célula de carga, procedimento realizado diariamente através do sistema de irrigação por gotejamento. Calculou-se diariamente o tempo necessário para repor a lâmina, considerando-se aplicação de 26 mm h<sup>-1</sup> pelo sistema de gotejamento.

Para a análise dos resultados, foram considerados o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e o índice de ajuste ( $d$ ), proposto por Willmott et al. (1982). O coeficiente de determinação mede a dispersão dos dados estimados em relação à reta da equação, enquanto que o índice de ajuste mede a dispersão dos dados em relação à linha 1:1, isto é, mede a exatidão dos valores estimados em relação aos medidos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) obtidos com as medidas do lisímetro foram comparados com os dados de evapotranspiração potencial ( $ET_o$ ) estimados pelos diferentes métodos, após serem transformados em  $ET_c$  com a utilização de um coeficiente de cultura ( $K_c$ ) obtido a partir dos valores do índice de área foliar, conforme Figura 2:

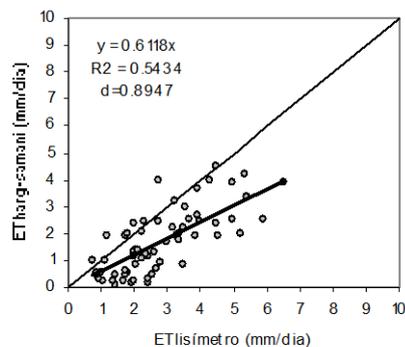
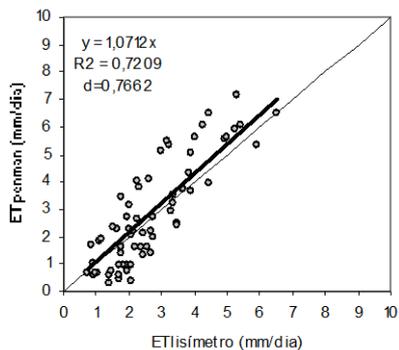
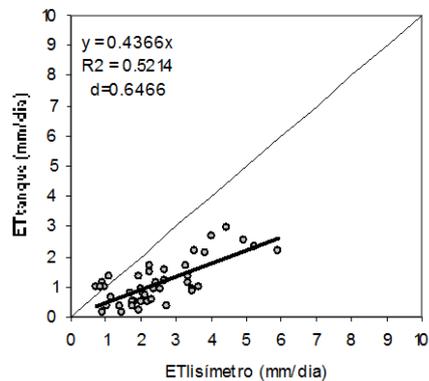
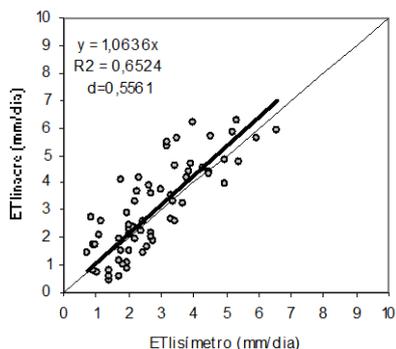
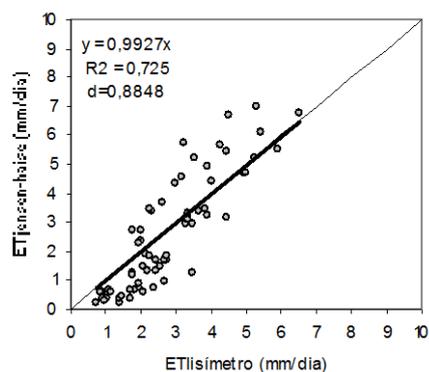
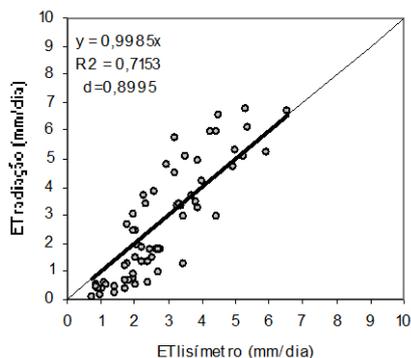
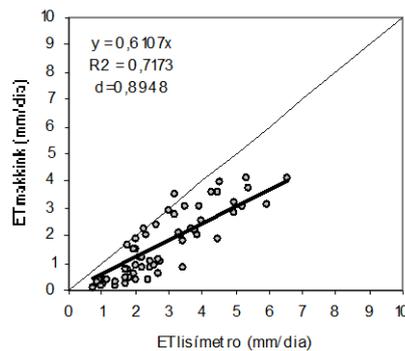
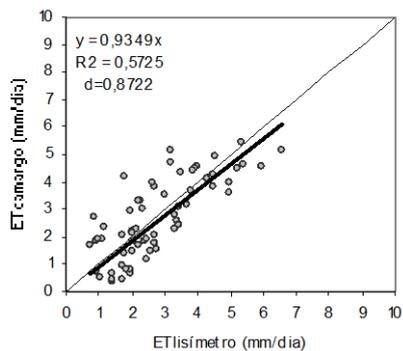


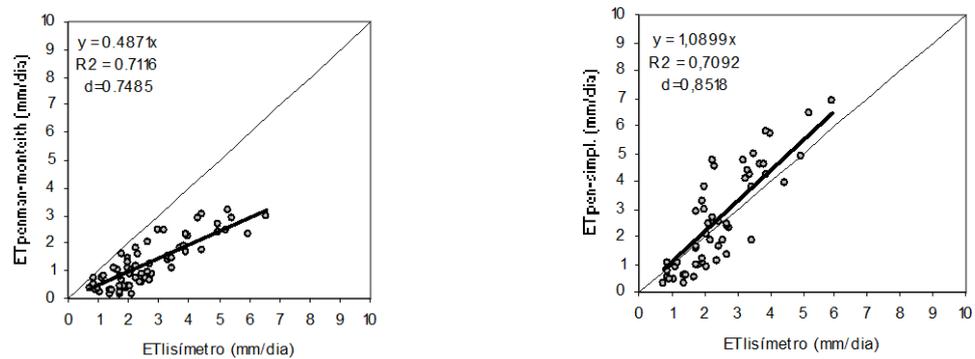
**Figura 2** – Valores de coeficiente de cultura do crisântemo ( $K_c$ ), índice de área foliar (IAF) medido (intervalos de 15 dias) e estimado ao longo do ciclo da cultura.

Os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ), dos coeficientes de regressão e dos índices de concordância ( $d$ ), estão dispostos na Figura 3, para os diferentes métodos de estimativa.

Os métodos de Camargo, Makkink, Radiação solar, Jensen-Haise, Hargreaves-Samani, Tanque evaporimétrico e Penman-Monteith subestimaram a evapotranspiração medida, respectivamente em 7, 39, 0,2, 0,7, 39, 57 e 52% e os métodos de Linacre, Penman-piché e Penman superestimaram a ET medida, em 6, 9 e 7%, respectivamente. As melhores estimativas foram obtidas com os métodos da Radiação Solar e de Jensen-Haise, com subestimativas inferiores a 1%, e com  $r^2$  de 0,71 e 0,75 e índice  $d$  de 0,89 e 0,88, respectivamente. Ambos estes métodos utilizam dados de radiação solar global, que segundo Folegatti et al. (1997), em experimento conduzido sob as mesmas condições ambientais, se constitui no elemento meteorológico mais importante na estimativa da evapotranspiração da cultura. Camargo & Sentelhas (1997) avaliaram o desempenho de vinte métodos de estimativa da evapotranspiração potencial em três localidades do Estado de São Paulo, e encontraram as melhores correlações com os métodos de Camargo, Thornthwaite e Priestley & Taylor, com  $r^2$  entre 0,79 e 0,88.

O método de Hargreaves-Samani, que também utiliza dados medidos de radiação solar global, não apresentou boas estimativas, com subestimativas da ordem de 39%,  $r^2 = 0,54$  e  $d = 0,89$ , contrariamente aos resultados obtidos por Sentelhas & Camargo (1996), que avaliaram os métodos de Hargreaves – 1974 e de Hargreaves-Samani de 1982 para 3 localidades no Estado de São Paulo, comparando as estimativas com evapotranspirômetros, e obtiveram resultados muito superestimados em relação aos valores observados, tanto em nível decenal como mensal, com índice  $d$  entre 0,64 e 0,67. Já para Soriano & Pereira (1993), em experimento conduzido em Nhecolândia, utilizando dados mensais de temperatura do ar, umidade relativa do ar e horas de insolação, o método de Hargreaves-Samani subestima a ET, em menos de 2%.





**Figura 3** – Comparações entre os valores de evapotranspiração da cultura estimados pelos métodos de Camargo, Makkink, Radiação Solar, Jensen-Haise, Linacre, Hargreaves-Samani, Penman-piché, tanque evaporimétrico, Penman-Monteith e Penman e evapotranspiração da cultura medida no lisímetro de pesagem.

As estimativas de  $ET_o$  com o tanque evaporimétrico não se ajustaram com precisão às medidas realizadas pelo lisímetro, com subestimativa da  $ET_o$  em 57%,  $r^2 = 0,52$  e  $d = 0,64$ , resultados semelhantes aos obtidos por Silva et al. (1999), que obtiveram, com um tanque classe A padrão, valores de  $r^2$  abaixo de 0,1 e subestimativa da ordem de 36%, em comparação a um lisímetro de pesagem na região de Piracicaba, SP. As principais causas eventuais para tal comportamento são: utilização de coeficiente de tanque ( $K_p$ ) não específico para estufa, alteração do diâmetro padrão do tanque utilizado no experimento e não calibração deste tanque com um Tanque Classe A padrão.

As estimativas de  $ET_c$  pelo método de Penman-Monteith, apesar de apresentaram um coeficiente de determinação de 0,71 e um índice de ajuste de 0,75, foram caracterizadas por subestimativas de até 52% nos valores de ET, contrariamente aos resultados obtidos por Silva et al. (1999), que obtiveram superestimativa de 11% em relação ao lisímetro de pesagem, com  $r^2$  de 0,79, principalmente nos períodos com baixos valores de ET. Peres (1994), avaliando este método para as regiões de Campinas, Ribeirão Preto e Pindamonhangaba, verificou que o modelo superestimou a ET para as condições de Campinas e apresentou uma alta dispersão entre os valores medidos em lisímetro para as outras duas localidades. O motivo destas diferenças encontradas com este método pode ser devido à utilização de coeficientes de resistência à transferência de vapor de água não apropriados para as condições locais.

As variações entre os resultados de correlação obtidos podem ser explicadas pelas diferenças entre os métodos de estimativa, seja no tipo de dados utilizados, seja nas diferentes condições climáticas de origem dos mesmos, que podem acarretar em diferenças significativas nas estimativas. Outro fator a ser considerado, é a periodicidade dos dados utilizados. Para se estimar a evapotranspiração da cultura, foram utilizados dados diários de temperatura, umidade relativa, radiação, etc., proporcionando uma correlação menor entre os dados nas comparações, quando comparadas a estimativas realizadas a partir de dados mensais, como os utilizados por Camargo & Sentelhas (1997).

## 6 CONCLUSÕES

As melhores estimativas foram obtidas com os métodos que utilizam dados de radiação solar e temperatura, como os da Radiação Solar e de Jensen-Haise, com subestimativas inferiores a 1%, e com  $r^2$  de 0,71 e 0,75. Os modelos de Penman, Penman-Monteith e Penman-piche apresentaram valores de coeficiente de determinação e índice de concordância inferiores a alguns métodos bem mais simples, como os métodos de Jensen-Haise, Makkink e Radiação Solar. Tendo em vista esses resultados, conclui-se que modelos mais simples, com o emprego de um menor número de dados podem ser utilizados para a estimativa da evapotranspiração da cultura.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILLE, M. ; BAILLE, A. Some comparative results on evapotranspiration of greenhouse ornamental crops, using lysimeter, greenhouse H<sub>2</sub>O balance and LVDT sensors. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.304, p.199-208, 1992.
- CAMARGO, A.P.; CAMARGO, M.B.P. de. Estimativa da evapotranspiração potencial utilizando-se dados de temperatura do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3. 1983, Campinas. **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1983. p.229-244.
- 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.
- DOORENBOS, J. ; PRUIT, J. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1975, 144p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- DOORENBOS, J. ; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979, 193p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 33).
- FYNN, R.P. et al. Evapotranspiration Measurement and Modeling for a Potted Chrysanthemum crop. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.6, p.1907-13, 1993.
- FOLEGATTI, M.V. et al. Efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos e evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.2, p. 155-163, 1997.
- HARGREAVES, H. ; SAMANI, A. Reference crop evapotranspiration from ambiente air temperature. St.Joseph: American Society of Agricultura Engineers, 1985. (**ASAE Paper 85-2517**).
- HILL, R. W. Irrigation scheduling. In: HANKS, R.J.; RITCHIE, J.T. **Modeling plant and soil systems**. Madison: American Society of Agronomy, 1991. p.491-509.

JENSEN, M.E. ; HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v. 89, p.15-41, 1963.

LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.18, p.409-24, 1977.

MAKKINK, G.F. Eksameno de la formulo de Penman. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.5, p. 290-305, 1957.

MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. **Symp. Soc. Exp. Biology**, London, v.19, p.205-234, 1965.

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of the Royal Society of London**, Series A, London, v.193, p.120-145, 1948.

PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.; SEDIYAMA, G. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PERES, J.G. **Avaliação do Modelo de Penman-Monteith, padrão FAO, para estimar a evapotranspiração de referência nas condições climáticas do Estado de São Paulo**. 1994. 116f., Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, A.P. Equação para a estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, baseada no Método de Hargreaves – 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p. 77-81, 1996.

SILVA, F.C. et al. Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p. 19-23, 1999.

SORIANO, B.M.A.; PEREIRA, A.R. Estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Nhecolândia, Pantanal Matogrossense. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p. 123-129, 1993.

VILLA NOVA, N.A. ; OMETTO, J.C. Adaptação e simplificação do método de Penman às condições climáticas do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 4, 1981, Fortaleza, **Anais...**, Florianópolis: Associação Brasileira de Hidrologia e Recursos Hídricos, 1981.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **American Meteorological Society**, New York, v.63, n.11, p.1309-1313, 1982.