

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA DO CRISÂNTEMO CULTIVADO EM ESTUFA A PARTIR DE 10 MÉTODOS EMPÍRICOS

André L.T. FERNANDES¹; Marcos Vinícius FOLEGATTI²; Antonio Roberto PEREIRA³

RESUMO

Com o objetivo de estudar métodos de controle de irrigação numa cultura de crisântemo, instalou-se uma estação agrometeorológica automática, numa estufa de 5.600 m², com os seguintes sensores, conectados a um coletor de dados: temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar global e lisímetro de pesagem com célula de carga. 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, sendo que os métodos que obtiveram maiores índices de correlação foram: Jensen-Haise (76,89%); Radiação Solar (75,77%); Makkink (75,50%) e Penman (73,12%).

INTRODUÇÃO

A eficiência de um sistema de irrigação está intimamente ligada ao seu manejo, que deve considerar aspectos econômicos, sociais e ecológicos. O manejo deficiente e a falta de drenagem tem 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, como casas de vegetação ou estufas. Nestes casos, a irrigação tem uma importância ainda maior, por se tratar da única forma de fornecimento de água, além do fato da grande parte da aplicação dos fertilizantes ser realizada via água de irrigação.

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.

Basicamente, pode-se classificar os métodos de estimativa da evapotranspiração da seguinte forma (Pereira, 1994): a) Métodos empíricos: Tanque Classe A; Thornthwaite; Camargo; Makkink; Radiação Solar; Jensen-Haise; Linacre; Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle b) Métodos de Balanço de Energia: Razão de Bowen e Priestley-Taylor; c) Método aerodinâmico; d) Métodos combinados: Penman; Slatyer & Mc Ilroy; Penman simplificado e Penman Monteith e e) Método da Correlação dos Turbilhões. Esses métodos citados determinam a evapotranspiração 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 dos métodos propostos parece desfrutar de preferência absoluta. Sedyama (1987) afirma que existem disponíveis cerca de 50 métodos para estimativa da evapotranspiração, podendo ser divididos em quatro classes: os métodos que tem como base a temperatura, (Thornthwaite e Blaney-Criddle), os métodos baseados em temperatura e radiação (Jensen-Haise, Makkink e Hargreaves), os métodos combinados que associam os efeitos do balanço de energia e os termos de energia convectiva para estimar as perdas de água de superfícies cultivadas (Penman), e os métodos de evaporação em tanques (Tanque USWB e Tanque Classe A).

Procurando sistematizar os procedimentos para estimativa da evapotranspiração de referência, Doorembos & Pruitt (1977) selecionaram os métodos de Penman, de Blaney-Criddle, da radiação solar e do Tanque Classe A, calibrando-os com os valores medidos da evapotranspiração de grama, coletados em lisímetros, nos mais diferentes climas e regiões. Segundo esses autores, o método de Penman é o que melhor estima a Evapotranspiração de referência, seguido pelo método do tanque Classe A.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido numa estufa de crisântemo da propriedade de Schoenmaker

¹ Aluno de Pós Graduação em Irrigação e Drenagem a nível de Mestrado na ESALQ/USP

² Professor Dr. do Depto. de Engenharia Rural - ESALQ/USP

³ Professor Dr. do Depto. de Física e Meteorologia - ESALQ/USP

Van Zanten - Cooperativa Holambra, em Arthur Nogueira - SP (10 Km do município de Holambra), a 22º de latitude sul, com uma altitude de 600 m, no período de 15 de setembro a 05 de dezembro de 1995.

A estufa onde foi realizado o experimento é do tipo Poly-Vento (Capela) com módulos múltiplos de 6.40m de largura e múltiplos de 3.66m de comprimento, possuindo dimensões de 89.60m de largura (14 módulos) por 62.22m de comprimento (17 módulos), perfazendo uma área de 5.575m² (Figura 1) e com altura do pé direito de 5.0m. O plástico utilizado como cobertura é do tipo PEBD de 150 (m ou 0.150 mm). As parcelas de produção são divididas em áreas de 375m² (2 módulos de 6.40m x 8 módulos de 3.66m) numa das quais foram instalados os equipamentos e monitorados os fatores climáticos, o desenvolvimento e consumo de água da cultura.

A Evapotranspiração da cultura foi obtida a partir de dados coletados em um lisímetro de pesagem com célula de carga, instalado num dos canteiros experimentais no interior da estufa. Os dados obtidos a partir do lisímetro foram tomados como referência para as estimativas da evapotranspiração. 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 (obtido numa curva de calibração).

As informações meteorológicas utilizadas neste trabalho foram através de um sistema de aquisição de dados modelo CR-10 da Campbell Scientific, no qual foram conectados os seguintes sensores de medida:

1. Temperatura e Umidade relativa (Temp./Relative Humidity Probe model 41327-YOUNG), instalados a 1.5m de altura, com faixa de medida de 0 a 100% de umidade relativa, com precisão de 2% para medidas de 0 a 90% e 3% para medidas de 90 a 100%. A faixa de medida para temperatura é de -50 a 50°C, com precisão de (0.3°C a 20°C).
2. Radiação global (LI- 200SZ Pyranometer sensor - Campbell Scientific)
3. Lisímetro de pesagem por célula de carga, de marca HAINCO, modelo HS 150, com capacidade máxima de 150 kg, e precisão de 0,1 mm

Também foram instalados os seguintes equipamentos, dentro da estufa: tanque evaporimétrico; tensiômetros; evaporímetro de Piche

A partir dos dados obtidos com o uso dos sensores, estimou-se a evapotranspiração potencial no interior da estufa, utilizando-se os seguintes métodos: do tanque evaporimétrico (Doorenbos & Kassan, 1979); de Camargo (Camargo & Camargo, 1983); de Makkink (Makkink, 1957); da Radiação Solar (Doorenbos & Pruitt, 1975); de Jensen-Haise (Jensen & Haise, 1963); de Linacre (Linacre, 1977); de Hargreaves - Samani (Hargreaves & Samani, 1985); de Penman (Penman, 1948); de Penman Piche (Villa Nova & Ometto, 1981) e de Penman-Monteith (Monteith, 1965).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados foram considerados o coeficiente de determinação (r^2) e o índice de ajuste ("index of agreement") d , cujos resultados estão na Tabela 1. 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, a exatidão dos valores estimados em relação aos medidos.

Tabela 1. Comparações entre dados estimados e observados.

Métodos	Coeficientes de regressão		r^2	d
	a	b		
Penman-Monteith	-0.1645	0.5883	0.6865	0.7485
Camargo	0.4624	0.8014	0.5929	0.8722
Penman	-0.4300	1.1989	0.7312	0.7662
Makkink	-0.5318	0.7642	0.7550	0.8948
Radiação solar	-0.9346	1.2684	0.7577	0.8995
Jensen-Haise	-0.9400	1.2642	0.7689	0.8848
Linacre	0.3104	0.9739	0.6593	0.5561
Hargreaves-Samani	0.2610	1.5066	0.6563	0.8947
Penman-simplific.	-0.7418	1.3651	0.6924	0.8518
Tanque evaporim.	0.0128	0.4224	0.4168	0.6466

Os métodos de Penman-Monteith, Camargo, Makkink, Linacre e Tanque evaporimétrico, subestimaram a evapotranspiração medida, de 3 até 58% e os métodos de Penman, Radiação solar, Jensen-Haise, Hargreaves-Samani e Penman-simplificado superestimaram a ET medida, desde 18 até 50%.

Essas variações 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.

CONCLUSÕES

As melhores correlações e concordâncias entre os valores estimados e medidos da evapotranspiração da cultura foram obtidas quando se utilizaram métodos que tinham como entrada valores de radiação solar e temperatura. Esses métodos foram: Jensen & Haise ($r^2 = 76.89\%$ e $d = 89.95\%$), Radiação Solar ($r^2 = 75.77\%$ e $d = 89.48\%$) e Makkink ($r^2 = 75.50\%$ e $d = 76.62\%$).

Apesar de se tratar de um método bastante utilizado e recomendado pela FAO, o método do tanque evaporimétrico não se ajustou satisfatoriamente com os dados medidos. 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.

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 é mais viável, nas condições do presente estudo, utilizar modelos mais simples, pela facilidade de cálculo e melhor estimativa da evapotranspiração.

BIBLIOGRAFIA

- CAMARGO, A.P. & CAMARGO, M.B.P. de Estimativa da Evapotranspiração potencial utilizando-se dados de temperatura do ar. In: III Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, p.229-244, 1983.
- DOORENBOS, J. ; PRUIT, J. O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome: FAO, 1977, 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).
- HARGREAVES, H. ; SAMANI, A. Reference crop evapotranspiration from ambiente air temperature. St. Joseph: American Society of Agricultura Engineers, 1985 (ASAE Paper 85-2517).
- JENSEN, M.E. ; HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, v. 89, p.15-41, 1963.
- LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperatura data alone. Agricultural Meteorology, v.18, p.409-24, 1977.
- MONTEITH, J.L. Evaporation and environment. Symp. Soc. Exp. Biology, London, 19:205-234, 1965.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London, Series A, v.193, p.120-145, 1948.
- PEREIRA, A.R. Apontamentos da disciplina LFM 704 - Evapotranspiração. Piracicaba: ESALQ/USP, Depto. de Física e Meteorologia, . SP, 1994, 91p.
- SEDIYAMA, G.C. Necessidade de água para os cultivos. Brasília: ABEAS, 1987, 143p. (Curso de Engenharia de Irrigação - módulo 4)
- 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., Fortaleza, 1981.