

CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) NO MUNICÍPIO DE SÃO MIGUEL DO IGUAÇÚ-PR

Wesley Esdras Santiago, Anderson Luís Scherer, Joseli Viviane Ditzel
Nunes, Luis Fernando Souza Gomes e Reginaldo Ferreira Santos
(Orientador/FAG), e-mail: wesley@fag.edu.br.

Faculdade Assis Gurgacz/Agronomia – Cascavel – PR.

Palavras-chave: evapotranspiração de referência, agricultura, água.

Resumo:

A variação da ocorrência de chuvas interfere consideravelmente no desenvolvimento da atividade agrícola, assim, a irrigação acaba tornando-se um grande aliado na compensação do déficit hídrico ocorrido em virtude da variabilidade da distribuição das chuvas. O objetivo deste trabalho é encontrar entre quatro métodos de estimativa de evapotranspiração de referência (Thorntwaite, Camargo, Thorntwaite – Camargo e Hargreaves-Sarmani) o que possui melhor correlação com o método padrão de Penman-Monteith para o município de São Miguel do Iguaçu – PR, para uma série de dados ininterrupta de 31 anos. A pesquisa foi desenvolvida utilizando-se de dados de uma estação meteorológica automatizada pertencente ao IAPAR que está instalada no município de São Miguel do Iguaçu. Pela análise estatística de regressão, entre os quatro métodos, apenas Thorntwaite-Camargo apresentou baixa correlação com o método padrão de Penman-Monteith, porém conclui-se que o método com melhor coeficiente de ajuste com o padrão e com maior possibilidades de uso na estimativa da ETo para o município de São Miguel do Iguaçu é o método de Camargo.

Introdução

A determinação da quantidade de água necessária para as culturas é um dos principais parâmetros para o correto planejamento, dimensionamento e manejo de qualquer sistema de irrigação. Sua quantificação é feita baseada na evapotranspiração que segundo Santiago *et al* (2008) é a perda de água global para o ar, através de um processo combinado de transferência de água do solo para a atmosfera, incluindo a evaporação da água do solo diretamente e o processo de transpiração através dos tecidos vegetais.

A variação da ocorrência de chuvas interfere consideravelmente no desenvolvimento da atividade agrícola, assim, a irrigação acaba tornando-se um grande aliado na compensação do déficit hídrico ocorrido em virtude da variabilidade da distribuição das chuvas.

O déficit hídrico afeta diretamente os aspectos que relacionam-se com o desenvolvimento das plantas, pois o mesmo provoca redução da área

foliar; causando diminuição da fotossíntese e conseqüentes alterações no metabolismo da planta. (MAEHLER *et al*, 2003).

Na agricultura, informações quantitativas da evapotranspiração são de grande importância na avaliação da severidade, distribuição e frequência dos déficits hídricos, o que torna a estimativa de evapotranspiração da cultura (ETc) o principal parâmetro a ser considerado no dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação e drenagem (HENRIQUE, 2006; FARIA, 2000).

Fatores como energia disponível na superfície, gradiente de pressão de vapor d'água entre a superfície e a atmosfera e resistências às transferências de vapor influenciam diretamente a evapotranspiração (FILHO, 2005). Para determinar a quantidade de água que está sendo perdida para o meio, é necessário a utilização de modelos que considerem fatores climáticos como temperatura, velocidade de ventos, radiação solar entre outros, além dos fatores característicos da cultura implantada.

Bergamaschi *et al* (2004), relatam que a ETo pode ser determinada por métodos diretos e indiretos, sendo os métodos diretos os que utilizam lisímetros, parcelas experimentais no campo, controle de umidade do solo e método de entrada e saída de água em grandes áreas. Dos métodos diretos, o procedimento mais preciso para se determinar a ETo é a utilização de lisímetros. Por apresentarem custos elevados, seu uso tem ficado restrito a instituições de pesquisas, tendo sua utilização justificada na calibração regional de métodos indiretos.

Antes de se escolher o método a ser utilizado para a estimativa da ETo, é necessário saber quais os elementos climáticos disponíveis; a partir daí, verifica-se quais podem ser aplicados, uma vez que a utilização dos diferentes métodos para certo local de interesse fica na dependência dessas variáveis. É importante também que esse método seja prático e preciso, sem limitações de uso (CLARK e DIAS, 2006).

Este estudo procurou encontrar entre quatro métodos de estimativa de evapotranspiração o que possui melhor correlação com o método padrão de Penman-Monteith para o município de São Miguel do Iguazú – PR.

Materiais e Métodos

Utilizou-se de dados diários processados em médias mensais, obtidos durante o período de 31 anos (Janeiro/1976 a dezembro/2007) na estação meteorológica IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) em São Miguel do Iguazú - PR (latitude: 25°20', longitude: 54°20' e altitude: 307m).

Os dados climatológicos diários disponíveis para cálculo da ETo foram os seguintes: temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa, velocidade do vento medida a uma altura de 0,5 m e números de horas de brilho solar para o período. A ETo foi estimada empregando os métodos de Thorntwaite, Camargo, Thorntwaite – Camargo, Hargreaves- Sarmani e o método padrão de Penman-Monteith.

A seleção do modelo que melhor se ajustam as condições da região de São Miguel do Iguazú, PR, foi realizada comparando-se os resultados

obtidos pelos modelos Thorntwaite, Camargo, Thorntwaite – Camargo, Hargreaves- Sarmani, com o método padrão de Penman-Monteith.

A comparação dos valores de ETo entre o modelo tomado como padrão e os demais modelos, baseou-se no coeficiente de determinação (R²) das equações de regressão, tomando-se como melhor alternativa os que apresentaram maiores valores de R².

Método de Thorntwaite

De acordo com CAMARGO e CAMARGO (2000), na década de 40, Thorntwaite associado a Wilm, ao introduzir o conceito de evapotranspiração potencial, estava tencionando chegar a um elemento meteorológico único que representasse a real necessidade hídrica do ambiente relacionada com a precipitação pluviométrica do local, assim chegou a seguinte equação:

$$E_{To} = 16 [10^* T_n/l)a \quad 0 < T_n < 26,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Em que:

ETo- Evapotranspiração de referência (mm dia-1)

Tn – Temperatura média do mês, °C

l – Índice que expressa o nível de calor disponível na região.

Método de Camargo

Desenvolvido baseado no método de Thorntwaite

$$E_{To} = 0,01Q_0 T ND$$

Em que:

ETo- Evapotranspiração de referência (mm dia-1)

Q0 – irradiância solar global (cal/cm².dia)

T – Temperatura média do ar, °C

ND – Número de dias do período considerado.

Método de Thorntwaite-Camargo

$$E_{To} = 16 (10 T_{ef}/l)a$$

Em que:

ETo- Evapotranspiração de referência (mm dia-1)

Tef- temperatura efetiva (°C)

l – Índice que expressa o nível de calor disponível na região.

a- Função cúbica de l

Método de Hargreaves- Samani

$$ET_o = 0,0023 * Q_o * (T_{max} - T_{min})^{0,5} * (17,8 + T_{med}) * NDP$$

Em que:

ET_o- Evapotranspiração de referência (mm dia-1)

Q_o- irradiância solar extraterrestre (mm/dia)

T_{max}- Temperature máxima (°C)

T_{min}- Temperatura mínima (°C)

T_{med}- Temperatura média (°C)

NDP- Número de dias possíveis

Método de Penman-Monteith-Monteih*

$$ETP = \frac{0,408s(R_n - G) + \frac{\gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{T + 273}}{s + \gamma(1 + 0,34 U_2)}$$

Em que:

ETP- Evapotranspiração de referência (mm dia-1)

R_n – Saldo de radiação diária (MJm-2 d-1)

G – Fluxo de calor no solo (MJm-2 d-1)

γ – fator psicrométrico (kPa°C-1)

U₂ – velocidade do vento a 2m de altura (ms-1)

e_s – Pressão de saturação de vapor do ar (kPa)

e_a – pressão parcial de vapor do ar (kPa)

S – declividade da curva de saturação do vapor d'água (kPa°C-1)

Resultados e Discussão

A figura 01 indica os valores obtidos para a evapotranspiração nos cinco métodos analisados dado em mm dia¹.

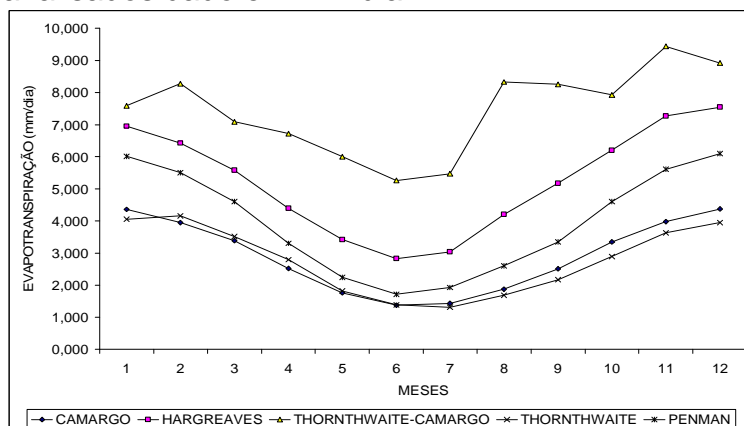


Figura 01: Estimativa da evapotranspiração média mensal dos últimos 31 anos.

Avaliando o método padrão verifica-se que a evapotranspiração máxima foi de $6,09 \text{ mm dia}^{-1}$ encontrada no mês de Dezembro e a mínima de $1,71 \text{ mm dia}^{-1}$ no mês de Junho. Entre os demais métodos, o de Camargo no mês de Julho obteve menor ETo, sendo $1,38 \text{ mm dia}^{-1}$. A média de evapotranspiração obtida entre todos os métodos foi de $2,86 \text{ mm dia}^{-1}$.

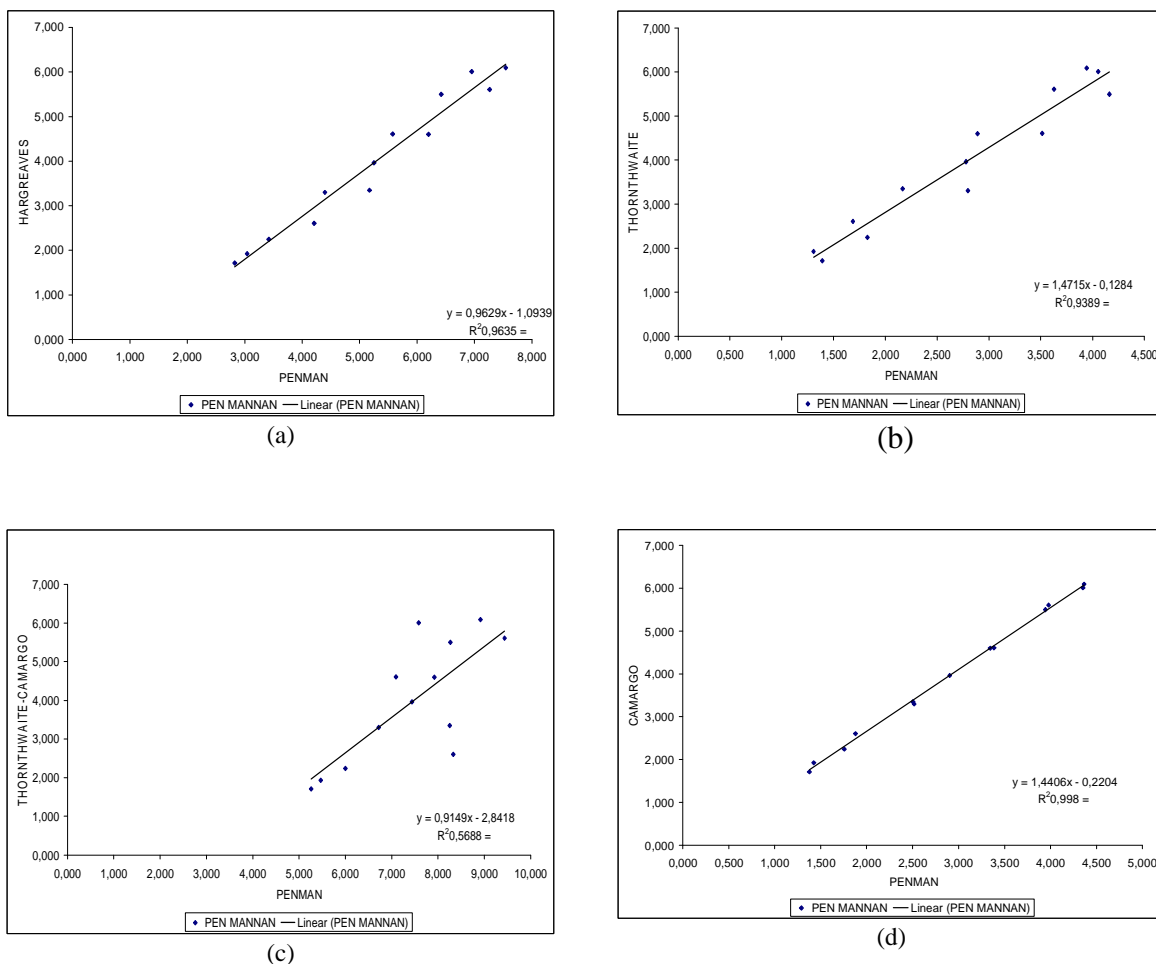


Figura 02: Curva de regressão com base no método de Penman-Monteith e nos métodos: Hargreaves Sarmani (a), Thorntwaite (b), Thorntwaite-Camargo (c) e Camargo (d).

Pelos gráficos de dispersão dos dados (Figura 2), percebe-se comportamento linear em todas as comparações com o método padrão, destacando-se o método de Thorntwaite-Camargo que obteve maior dispersão dos dados, o que é comprovado pelo baixo valor de correlação indicado pelo coeficiente de regressão (0,5688), e pelo método de Camargo com baixa dispersão e coeficiente de regressão de 0,998. Os métodos de Hargreaves e Thorntwaite também apresentaram boa correlação, indicando proximidade de resultados com o modelo padrão e maior homogeneidade dos dados. Conceição e Mandelli em 2005 encontraram o mesmo

comportamento ao trabalhar com o método de Hargreaves Sarmani ($R^2=0,89$) para a cidade de Bento Gonçalves no Rio Grande do Sul.

Os dados referentes as comparações entre os métodos estão dispostos na tabela 1, assim como seus respectivos coeficientes de regressão. De acordo com os valores do coeficiente de regressão, o método de Camargo obteve melhor correlação com Penman-Monteith, tendo uma variação de 0,2%. Santiago *et al* (2008), avaliando métodos de estimativa da ETo para Guarapuava encontrou uma variação de 0,59% para o método de Hargreaves – Sarmani, ocorrendo o mesmo em trabalhos feitos por FERNANDES *et al* (2006), ao avaliar métodos que utilizam radiação global e temperatura, reafirmando a citação de FOLEGATTI *et al.* (1997), onde em experimento conduzido sob as mesmas condições ambientais, dados de irradiação solar global constituem-se nos elementos meteorológicos mais importantes na estimativa da evapotranspiração de referência.

Tabela 1: Análise da correlação existente entre os métodos de evapotranspiração para São Miguel do Iguazú

Métodos	Equação da reta	R ²
Hargreaves	$y = 0,9629x - 1,0939$	0,9635
Thorntwaite	$y = 1,4715x - 0,1284$	0,9389
Thorntwaite-Camargo	$y = 0,9149x - 2,8418$	0,5688
Camargo	$y = 1,4406x - 0,2204$	0,998

Conclusões

O método que obteve melhor correlação com o método padrão de Penman-Monteith foi o de Hargreaves Sarmani, seguido pelos métodos de Camargo e Thorntwaite-Camargo, assim conclui-se que é possível a utilização destes métodos, com ênfase no de Hargreaves Sarmani para calcular a ETo da cidade de Ponta Grossa em substituição do método de Penman-Monteith.

Referências

- Bergamemaschi H.; Dalmago, G. A.; Bergonci, J. I.; Menegassi, B.; Müller, A. G.; Comiran, F. e Heckler, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, 2004.
- Camargo, A. P. e Camargo, M. B. P. (Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial). Campinas, *Bragantia* 59 vol nº2, 2000.
- Carvalho, D. F. E Oliveira, L. F. C. (Regionalização da lâmina suplementar de irrigação e época de plantio da cultura de feijão, no Estado de Goiás). *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. vol.7 no.1, Campina Grande, Jan./Abr. 2003.
- Clark, E. T. e Dias, P. L. S (*As necessidades de observação e monitoramento dos ambientes brasileiros quanto aos recursos hídricos*). São Paulo. Nov. 2006.

Conceição, M. A. F. e Mandelli, F. (Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 13, n.2, p. 303-307, 2005.

Crusciol, C. A. C.; Arf, O.; Soratto, R. P.; Rodrigues, R. A. F. e Machado, J. R. (Manejo de irrigação por aspersão com base no "kc" e adubação mineral na cultura de arroz de terras altas). *Bragantia*, Campinas, v.62, n.3, p.465-475, 2003.

Fernandes, A. L.T. Folegatti, M. V.; Pereira, A. R. (Avaliação de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração da cultura do crisântemo (*chrisantemun* spp.) cultivado em estufa plástica). *Revista Irrigação*, Botucatu, v. 11, n.2, abr-jun, 2006.

Filho, J. D. C. S.; Ribeiro, A.; Costa, M. H. e Cohen, J.C.P. (Mecanismos de controle da variação sazonal da transpiração de uma floresta tropical no nordeste da Amazônia). *Acta Amazônica*, Belém, VOL. 35(2) P. 223 – 229, 2005.

Folegatti, M. V.; Scatolini, M. E.; Paz, V. P. S.; Pereira, A. R e Frizzone, J. A. (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.

Henrique, F.A.N. (*Estimativa da evapotranspiração de referência em Campina Grande-Pb*). Campina Grande, 2006. Tese (Pós-graduação) UFCG.

Maehler, A. R; Pires, J. L. F.;Costa, J.A. e Ferreira, F. G. (Potencial de rendimento da soja durante a ontogenia em razão da irrigação e arranjo de plantas). Brasília. *Pesquisa agropecuária brasileira*. v. 38, n. 2, p. 225-231, fev. 2003.

Oliveira, A. D. E Volpe, C. A. (Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência, utilizando dados de estações meteorológicas convencional e automática). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 253-260, 2003.

Oliveira, R. Z.; Oliveira, L.F.C.; Wher, T.R.; Borges, L. B. e Bonomo, R. (Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Goiânia, GO). *Biosci*, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 19-27, set. 2005.

Santiago, W.E.; Noreto, L. M.; Colet, C.; Valente, V. C.; Scherer, A. L.; Ferreira, D. T. L. E Santos, R. F. (Avaliação de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial para a cidade de Cândido Abreu –PR). *In: Anais do I Seminário científico de sistemas agroindustriais sustentáveis*, Cascavel, 2008.

Santiago, W.E.; Noreto, L. M.; Valente, V. C.; Scherer, A. L.; Ferreira, D. T. L. e Santos, R. F. (Avaliação de diferentes métodos de estimativa de evapotranspiração potencial para a cidade de Guarapuava – PR). *In: Anais do III Congresso da Academia Trinacional de Ciências*, Foz do Iguaçu, 2008.