

Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Sete Lagoas, MG

Wander Lauro do Amaral⁽¹⁾; Paulo Emílio Pereira de Albuquerque⁽²⁾; Daniel Pereira Guimarães⁽³⁾; Crisálida Alves Correia⁽⁴⁾; Thaís Melo da Fonseca⁽⁴⁾; Christoph Hermann Passos Tigges⁽⁴⁾; Lorena Martins Brandão⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de São João del-Rei, bolsista Embrapa, Rod. MG 424, Km 45, 35.702-098, Sete Lagoas, MG, e-mail wanderlauro@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Engenheiro Agrícola, doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Embrapa; ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Engenheiro Florestal, doutorado Ciência Florestal, Embrapa; ⁽⁴⁾ Graduando (a) em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João del-Rei, Bolsista Embrapa; ⁽⁵⁾ Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ.

RESUMO: O Brasil vem sofrendo uma grande crise hídrica e medidas para minimizar seus efeitos já vêm sendo vistas como emergenciais. Sabe-se que agricultura é o maior consumidor de água no país, portanto a busca de alternativas, para um manejo de irrigação adequado, aliado a um baixo custo de implantação se faz necessária. Avanços na tecnologia e o equilíbrio de métodos de teledetecção permitem estimativas cada vez mais precisas e repetíveis para evapotranspiração de referência (ET₀). O uso de imagens via satélite e de métodos mais simples para determinação de variáveis agrônomicas surgem como alternativa para a agricultura no país. Em função das necessidades atuais, o presente trabalho objetivou-se avaliar o desempenho de métodos indiretos para estimativa da ET₀ para a cidade de Sete Lagoas, MG. Foram analisados os seguintes métodos para estimar ET₀: Penman-Monteith FAO 56, FAO24-Penman e Priestley-Taylor e imagens de satélite. Independente do período do ano, os métodos de FAO24-Penman e Priestley-Taylor podem ser usados para a cidade de Sete Lagoas. A ET₀ obtida por imagens via satélite se mostra eficaz apenas no período seco.

Palavras-chave: Evapotranspiração, satélite, modelos.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil vem sofrendo uma grande crise hídrica e medidas para minimizar seus efeitos já vem sendo vistas como emergenciais.

Sabe-se que a agricultura é o maior consumidor de água no país, em contrapartida é uma atividade fundamental para sua economia (Bicudo, Tundisi e Scheuenstuhl, 2010). Tudo isso leva a um dilema aos produtores e melhoristas que travam uma batalha diária, visando acréscimos em produtividade e contínua melhora na qualidade do que se produz, ao mesmo tempo em que a redução do consumo de

água nas lavouras se torna preponderante ao bem-estar público.

Diante desse fato, a busca de alternativas, para um manejo de irrigação adequado, aliado a um baixo custo de implantação tornando-se uma alternativa viável para produtores que contam com baixo nível tecnológico, se faz necessária.

A determinação da evapotranspiração (ET₀) pode ser feita por meios diretos (atmômetros, tanque classe A, lisímetros) e por métodos indiretos (modelos matemáticos) que se baseiam em variáveis meteorológicas Pereira et al. (2009). Dos métodos indiretos a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) recomenda o modelo de Penman-Monteith como método padrão para a estimativa da ET₀ (ALLEN et al., 1998). “Entretanto, esse método necessita de grande número de elementos meteorológicos, que nem sempre estão disponíveis em algumas regiões[...]” (PEREIRA et al., 2009). Por isso o uso de métodos mais simples se fazem necessários para redução de custos.

O uso de imagens via satélite e de métodos mais simples para determinação de variáveis agrônomicas surgem como alternativa para a agricultura. Esta ideia é reforçada por Savoca et al. (2013), ao afirmarem que avanços na tecnologia e o equilíbrio de métodos de teledetecção permitem estimativas cada vez mais precisas e repetíveis para evapotranspiração de referência.

Em função das necessidades atuais, o presente trabalho objetivou-se avaliar o desempenho de métodos indiretos para estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Sete Lagoas, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o trabalho foram utilizados dados meteorológicos coletados na Estação Climatológica de Sete Lagoas, MG, pertencente à rede de estações convencionais do Instituto Nacional de

Meteorologia – INMET. A estação foi instalada em maio de 1926, coordenadas 19° 29' 04" S e 44° 10' 25" W e altitude de 753 metros. Os elementos climáticos obtidos da estação convencional referentes ao ano de 2015 foram usados na determinação da evapotranspiração de referência (ET₀). Com o auxílio do programa CLIMA - programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos - foram aplicados os seguintes métodos: Penman-Monteith FAO 56, FAO24-Penman e Priestley-Taylor. Para estimar a evapotranspiração de referência através de imagens de satélite utilizou-se a formulação operacional SSEBop (Senay et al, 2013).

a) O método Penman-Monteith FAO 56 é expresso pela seguinte equação (Allen et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Em que:

ET₀- evapotranspiração de referência, mm d⁻¹

Δ - declividade da curva de pressão de vapor na saturação versus temperatura do ar, kPa °C⁻¹

R_n - saldo de radiação na superfície do cultivo, MJ m⁻² d⁻¹

G - densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹

U₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹

e_s - pressão de vapor na saturação, kPa

e_a - pressão de vapor atual, kPa

T_{med} - temperatura média do ar tomada a 2 m de altura, °C

b) Método FAO24-Penman é sugerido por Doorenbos & Pruitt (1977), cuja evapotranspiração de referência é dada em (mm d⁻¹).

$$ET_0 = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} 2,7Wf(e_s - e_a)$$

Onde:

W - fator de ponderação para os efeitos da radiação, MJ m⁻² d⁻¹

f - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹

c) A equação empregada no método de Priestley-Taylor, tem a seguinte forma (Jensen et al., 1990; Allen, 2000):

$$ET_0 = 1,26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G)$$

d) A ET₀ obtida por imagens via satélite é calculada a partir de dados de parâmetros do clima que é extraído do *Global Data Assimilation System* (GDAS). Os dados GDAS são gerados a cada 6 horas pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Os campos VDR utilizados como entrada para o cálculo ET₀ incluem temperatura do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento, umidade relativa e radiação solar (onda longa, onda curta, de entrada e saída). A ET₀ é calculada através das equações que foram padronizadas de acordo com a publicação do manual FAO 56 para os cálculos de 6 horas (Allen et al, 1998). Os valores diários são ampliados (ou seja, multiplicada) por um fator de 100 para preservar a precisão de 0,01 mm.

e) As medias diárias foram submetidas a análise de variância com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), onde foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

f) Para se avaliar o desempenho dos métodos de determinação da ET₀ os valores estimados pelos métodos de FAO24-Penman, Priestley-Taylor e por imagens de Satélite foram confrontados com os valores estimados por Penman-Monteith FAO 56, por meio do índice de concordância proposto por Willmot, (1982):

$$d = 100 \left[1 - \frac{\sum(e_i - o_i)^2}{\sum[(e_i - \bar{o}) + (e_i - \bar{o})^2]} \right]$$

Onde:

d = coeficiente de desempenho de Willmott, %;

o_i e e_i = valores extremos observados e estimados, respectivamente;

\bar{o} = média dos valores extremos observados.

Em seguida, os valores obtidos de d foram classificados empregando-se a Tabela 1 (Cortês, 2004).

Tabela 1 - Classificação do coeficiente de desempenho de Willmott.

d (%)	Classificação
>85	Ótimo
76 a 85	Muito bom
66 a 75	Bom
61 a 65	Mediano
51 a 60	Sofrível
41 a 50	Mau
≤40	Péssimo

Fonte: Cortês (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos Penman-Monteith FAO 56 e Priestley-Taylor obtiveram médias semelhantes entre si e inferiores aos demais (Tabela 2). Assim como observado por Araujo et al., (2010) para o método FAO-24 Penman, esse o método apresentou leve superestimativa da evapotranspiração, para condições do presente trabalho.

Tabela 2 - Valores médios de evapotranspiração de referência (ET₀).

Métodos	ET ₀ Média
Penman-Monteith	4,25 C
Satélite	4,66 B
Priestley-Taylor	4,86 A
Penman-FAO	5,01 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

O valor de coeficiente de desempenho de Willmott (Tabela 3) para o ano de 2015 visando a obtenção da ET₀ por imagens de satélite apresentou índice de concordância mediano, entretanto, no período compreendido entre maio e agosto, meses que apresentaram baixos índices de pluviosidade na cidade de Sete Lagoas, esse método foi o que mais se assemelhou ao padrão (Penman-Monteith FAO 56) (Gráfico 1 e Tabela 4), onde se obteve índice classificado como ótimo.

Os demais métodos apresentaram índices de concordância de Willmott superiores aos obtidos por satélite e semelhantes entre si quando analisados os dados de todo o ano de 2015.

Percebe-se que os resultados se assemelham aos de Lisboa et al. (2011) que obtiveram melhor desempenho dos métodos em estudo no período sem chuva no norte de Minas Gerais.

Oliveira et al. (2005) obtiveram o melhor índice para estimativa da evapotranspiração no período seco pelo método de Penman-FAO em comparação ao padrão Penman-Monteith FAO 56 para a região de Goiânia-GO. Nas condições do presente trabalho os dados de evapotranspiração obtidos por imagens de satélite se mostraram superiores aos encontrados pelo método Penman-FAO no mesmo período observado pelos autores citados.

Segundo Silva e Souza (2011) e Silva et al. (2010), o método Priestley-Taylor, de maneira geral foi o que apresentou o melhor comportamento. Embora esse método não apresente o maior coeficiente de desempenho, obteve um comportamento satisfatório para as condições de Sete Lagoas.

Tabela 3- Classificação dos métodos empregados quanto ao coeficiente de desempenho de Willmott para o ano de 2015.

Métodos	d (%)	Classificação
Satélite	63,28	Mediano
Priestley & Taylor	78,77	Muito bom
FAO24-Penman	78,88	Muito bom

Tabela 4 - Classificação dos métodos empregados quanto ao coeficiente de desempenho de Willmott para o período entre maio e agosto de 2015.

Métodos	d (%)	Classificação
Satélite	98,11	Ótimo
Priestley & Taylor	95,83	Ótimo
FAO24-Penman	95,92	Ótimo

CONCLUSÕES

Observou-se que, independente do período do ano, os métodos de FAO24-Penman e Priestley-Taylor podem ser usados para cidade de Sete Lagoas.

Quanto à evapotranspiração de referência obtida por imagens via satélite não se aplica para os períodos de maior precipitação, entretanto, para o período seco o método se mostra eficaz quando comparado ao padrão (Penman-Monteith FAO 56).

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional das Águas (ANA) pelo apoio financeiro. À Embrapa Milho e Sorgo pelo suporte no trabalho de levantamento de dados e pela bolsa de estágio do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 299p.

ARAUJO, G. L.; LACERDA, L. C.; MARTINS, C. A. S. da; RODRIGUES, R. R.; NAZÁRIO, A. A.; SANTOS, V.; REIS, E. F. dos. FAO-24 corrected penman: estimativa da et₀ e comparação com o método de penman-monteith FAO 56 **Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba, 2010.

BICUDO, C.E.de M.; TUNDISI, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo, Instituto de Botânica, p. 222, 2010.

CHIEW, F. H. S.; KAMALADASA, N. N.; MALANO, H. M.; McMAHON, T. A. Penman-Monteith, FAO-24 reference crop evapotranspiration and class-A pan data in Australia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 9-21, 1995.

CLIMA - programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos/ Rogério Teixeira de

Faria, et al. Londrina: IAPAR, 2002. 29p.:il. (IAPAR. Boletim Técnico, 66).

CORT **Gráfico 1** - Dados de chuva e evapotranspiração referentes ao ano de 2015 para cidade de regional Sete Lagoas, MG. Estado (

Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

DOORENBOS, J.; PRUITT W.O. **Guidelines for prediction of crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. 2ª Edition, FAO, Roma, 144p. 1977.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4.0**. In: reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 332p.

LISBOA, T. M.; BATISTA, C. H.; AQUINO, L. A. de; SILVA, H. R. F. de; MELO, V. L. de; SANTOS JUNIOR, V. C. Tanque evaporimétrico alternativo e equações para estimativa da evapotranspiração de referência na região norte de MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 1, p. 54-62, 2011.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. L.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 13-18, 2005.

PEREIRA, D. R.; YANAGE, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2488-2493, 2009.

SAVOCA, M.E., SENAY, G.B., MAUPIN, M.A., KENNY, J.F., and PERRY, C.A. Actual evapotranspiration modeling using the operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) approach. **U.S. Geological Survey Scientific Investigations**, 2013.

SENAY, G.B., BOHMS, STEFANIE, SINGH, R.K., GOWDA, P.H., VELPURI, N.M., ALEMU, HENOK, AND VERDIN, J.P., 2013, Operational evapotranspiration modeling using remote sensing and weather datasets - A new parameterization for the SSEB ET approach: **Journal of the American Water Resources Association**, v. 49, no. 3, p. 577-591.

SILVA, A. P. N.; SOUZA, L. R. **Estimativa de evapotranspiração de referência no Semiárido Pernambucano**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 003-022, out a dez, 2011.

SOUSA, I. F. de; SILVA, V. P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 633-644. 2010.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v.30, p.1309-1310, 1982.

