

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 teledeteção 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 teledeteção 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 médias 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):

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

Onde:

d = coeficiente de desempenho de Willmott, %;

oi e ei = 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).
- CORTÊS, F. C. **Obtenção e validação de modelos de regionalização de vazão na bacia do rio dos Bois, Estado de Goiás.** 2004. 56f. Dissertação (Mestrado em

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.

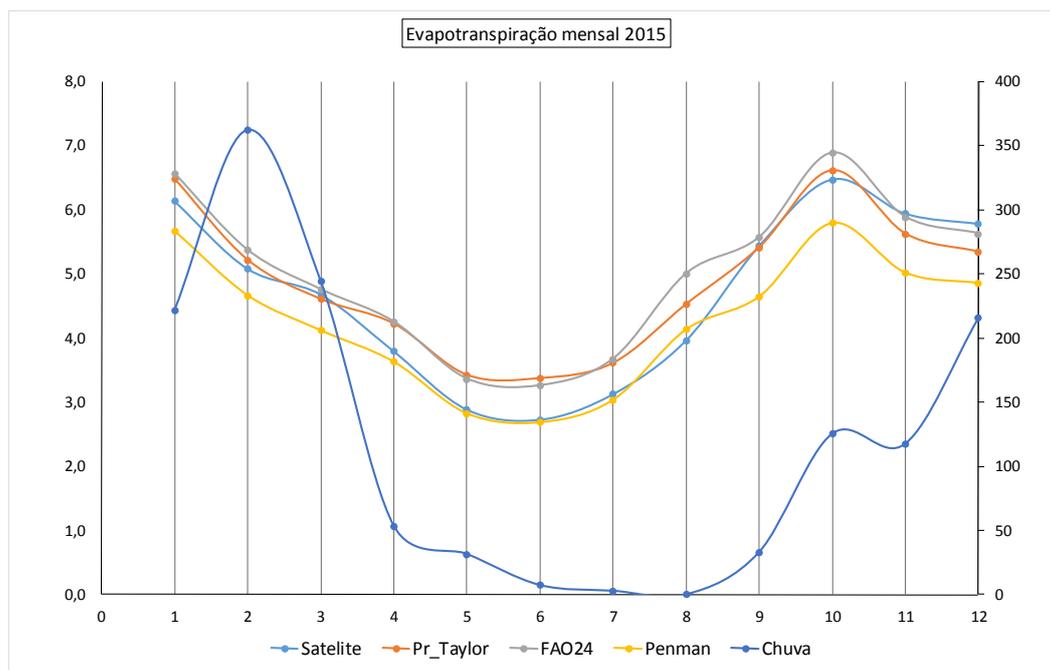


Gráfico 1 - Dados de chuva e evapotranspiração referentes ao ano de 2015 para cidade de Sete Lagoas, MG.