

HARGREAVES & SAMANI: ESTIMATIVA DA ET_0 E COMPARAÇÃO COM O MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH FAO 56

Glauccio L. Araujo¹, Leonardo C. Lacerda², Camila Aparecida da S. Martins³, Rogério R. Rodrigues¹, Venilton Santos³, Edvaldo F. dos Reis¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo /Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário Centro 29500-000 - Alegre, ES - Brasil – Caixa Postal: 16, glauccio_araujo@yahoo.com.br; rogeriorr7@hotmail.com; edreis@cca.ufes.br

²Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias/Departamento de Engenharia Florestal, Alto Universitário Centro 29500-000 - Alegre, ES - Brasil – Caixa Postal: 16, leocassani@hotmail.com

³Universidade Federal do Espírito Santo/Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Alto Universitário s/nº, Alegre-ES, CEP: 29.500-000, Caixa Postal 16, camila.cca@hotmail.com; vsantos50@gmail.com

Resumo- A evapotranspiração pode ser definida como a quantidade de água evaporada e transpirada de uma superfície vegetada durante determinado período de tempo. A evapotranspiração de referência pode ser estimada por diversos métodos, sendo o método de Penman-Monteith-FAO 56, considerado o método padrão de referência. Este trabalho foi comparar o desempenho do método de Hargreaves e Samani em relação ao método padrão proposto pela FAO, Penman-Monteith-FAO 56 em intervalos de um (1), três (3), cinco (5), sete (7) e dez (10) dias, nas condições climáticas da região Sul do Estado do Espírito Santo. O método Hargreaves e Samani superestimou a ET_0 em 29,08; 29,04; 29,13; 29,31 e 29,17% para os intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias, respectivamente.

Palavras-chave: Evapotranspiração de referência, Irrigação, Manejo da irrigação.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

A determinação das necessidades hídricas da cultura é um fator de suma importância, pois trata-se de um parâmetro de referência na realização de balanços hídricos, dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação (SILVA; FOLEGATTI, 2001). A evapotranspiração pode ser definida como a quantidade de água evaporada e transpirada por uma superfície vegetal durante determinado período, incluindo a evaporação da água do solo, a evaporação da água depositada na superfície das folhas e a própria transpiração do vegetal, utilizada no manejo da água de irrigação (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

A maioria dos métodos citados na literatura para a estimativa da evapotranspiração incorpora diferentes parâmetros do clima local e da cultura. Dessa forma, o uso de um método de estimativa em determinada região pressupõe sua validade, sendo fundamental fazer um contraste e calibração dos diferentes métodos para cada localidade onde se deseja utilizá-los (JENSEN; BURMAN; ALLEN, 1990).

Assim, em locais com disponibilidade suficiente de dados climáticos, a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) por meio de

um método mais complexo, como o de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), que pondera as diferentes variáveis climáticas, é preferível. Mas, em condições de manejo da irrigação em locais distantes de estações meteorológicas completas, a utilização de métodos simplificados baseados em dados de tanques de evaporação de água livre (tanque classe A, entre outros) ou temperatura do ar justifica-se devido a sua fácil utilização e interpretação dos resultados e do custo relativamente baixo. Neste sentido, em condições que se dispõe apenas de dados de temperaturas máxima e mínima do ar, frequentemente se utilizam métodos como o de Hargreaves e Samani (HARGREAVES; SAMANI, 1985).

Este trabalho teve o objetivo de estimar a evapotranspiração de referência pelo método de Hargreaves e Samani e comparar os resultados com o método padrão de referência para a estimativa da ET_0 , método de Penman-Monteith FAO 56, em intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias nas condições climáticas do Município de Alegre, localizado no Sul do Estado do Espírito Santo.

Metodologia

Os elementos climatológicos utilizados para os cálculos da evapotranspiração de referência (ET_0)

pelos métodos de Hargreaves e Samani (HARGREAVES; SAMANI, 1985) e Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998) foram coletados durante o período de 15 de março de 2009 a 14 de março de 2010, por meio de uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo situada no Município de Alegre, localizado na região Sul do Estado do Espírito Santo, latitude 20°45'1,16" Sul, longitude 41°29'20,04" Oeste e altitude de 138,0 m. O clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen. Os elementos climatológicos coletados a cada hora foram: temperatura do ar: máxima e mínima, umidade relativa do ar: máxima e mínima, radiação solar, precipitação e velocidade do vento a 2 m.

A ET_0 foi estimada por meio dos métodos de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), que é considerado o padrão de referência e pelo método Hargreaves e Samani (HARGREAVES; SAMANI, 1985). O método de Penman-Monteith FAO 56 foi utilizado para testar a estimativa de ET_0 obtida pelo método de Hargreaves e Samani, conforme proposto por Allen et al. (1998). De acordo com Reis et al. (2007) o método padrão apresenta boa estimativa da evapotranspiração para a região em estudo. Os valores de ET_0 foram calculados com uso do aplicativo computacional REF-ET (ALLEN, 2000).

A análise do desempenho do método em estudo foi realizada por meio da comparação dos valores de evapotranspiração obtidos com o método de Hargreaves e Samani, com os estimados pelo método de Penman-Monteith-FAO 56. A metodologia adotada para comparação dos resultados foi proposta por Allen et al. (1998), e se fundamenta na estimativa do erro-padrão (EEP), calculada pela equação 1.

$$EEP = \left(\frac{\sum (y - \hat{y})^2}{n - 1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

onde:

- EEP - estimativa do erro-padrão, mm d⁻¹;
- y - evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;
- \hat{y} - evapotranspiração de referência estimada pelo método a ser testado, mm d⁻¹; e
- n - número de observações.

A exatidão está relacionada com a aproximação dos valores estimados em relação aos valores observados. A aproximação dos

valores de ET_0 estimados pelo método em estudo, em relação aos valores obtidos com o uso do método padrão, foi obtida por meio de um índice designado concordância ou ajuste, representado pela letra "d" (WILLMOTT; CKLESON; DAVIS, 1985), cujos valores variam de zero, onde não existe concordância, a 1, para a concordância perfeita. O índice de aproximação é calculado com a equação 2.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N \left[\left(|P_i - \bar{O}| \right) + \left(|O_i - \bar{O}| \right) \right]^2} \quad (2)$$

onde:

- d - índice de concordância ou ajuste;
- P_i - evapotranspiração de referência obtida pelo método a ser testado, mm d⁻¹;
- O_i - evapotranspiração de referência obtida pelo método-padrão, mm d⁻¹;
- \bar{O} - média dos valores obtidos pelo método-padrão, mm d⁻¹; e
- N - número de observações.

A precisão foi dada pelo coeficiente de determinação (r^2) que indica o grau em que a regressão explica a soma do quadrado total. Na análise de regressão linear o coeficiente β_1 representa a razão entre a estimativa da evapotranspiração obtida no método em estudo e a evapotranspiração de referência obtida pelo método padrão, quando o β_0 é anulado. O β_1 pode ser calculado de acordo com a equação 3, quando β_0 for igual a zero.

$$\beta_1 = \frac{\sum ET_0 ET_m}{\sum ET_0^2} \quad (3)$$

onde:

- β_1 - coeficiente angular da reta de regressão linear;
- ET_0 - evapotranspiração de referência obtida pelo método padrão, mm d⁻¹;
- ET_m - evapotranspiração de referência obtida pelo método a ser testado, mm d⁻¹.

A hierarquização das estimativas da evapotranspiração foi feita com base nos valores de estimativa do erro padrão (EEP), do coeficiente de determinação (r^2), dos coeficientes β_1 , e dos coeficientes de concordância de Willmott; Ckleson; Davis (1985) (d). Sendo que a melhor alternativa foi aquela que apresentou maior r^2 , menor EEP, β_1 próximo da unidade e d mais próximo de 1.

Resultados

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as variações médias mensais dos principais elementos meteorológicos utilizados para a

estimativa ET_0 , durante o período de condução do experimento.

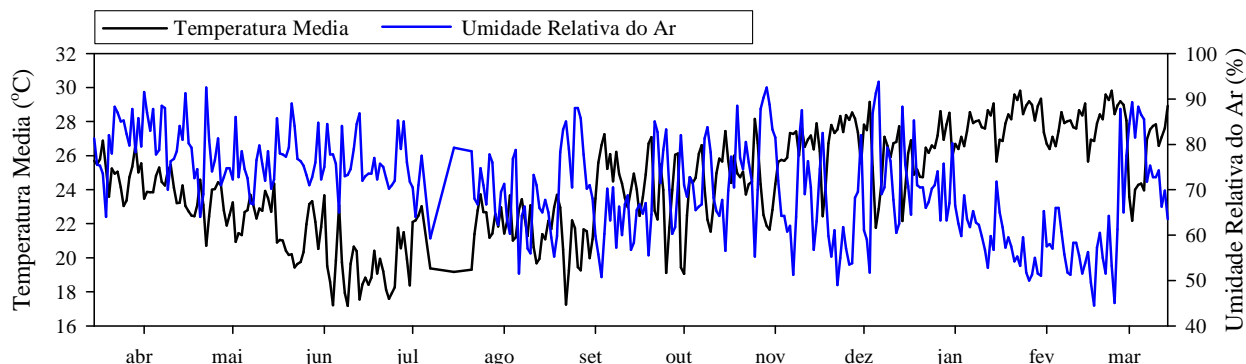


Figura 1 - Variações médias mensais dos elementos meteorológicos, Temperatura média do ar (°C) e Umidade Relativa do ar (%), para o período de março de 2009 a março de 2010.

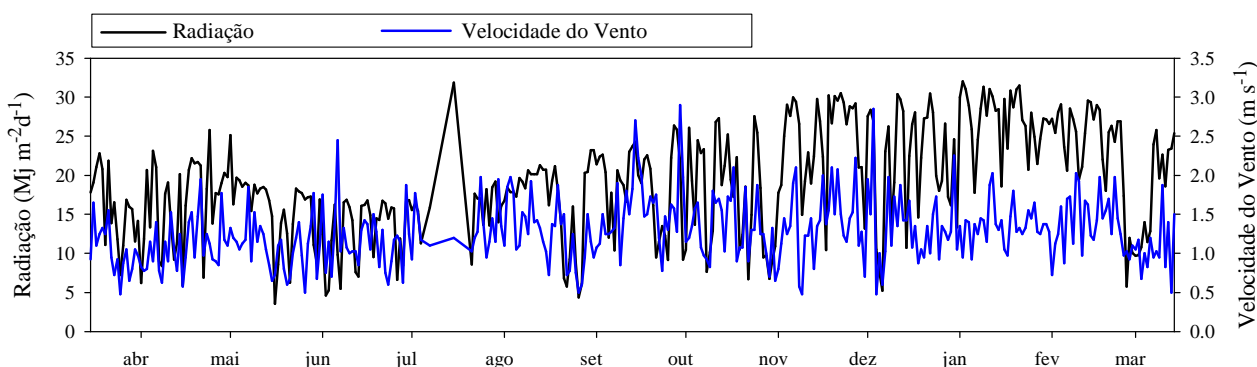


Figura 2 - Variações médias mensais dos elementos meteorológicos, Radiação ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$) e Velocidade do Vento ($m\ s^{-1}$), para o período de março de 2009 a março de 2010.

Na Tabela 1 se encontram os valores dos coeficientes β_1 , erro-padrão da estimativa, índice de concordância de Willmott; Ckleson; Davis (1985), coeficiente de determinação, obtidos das correlações entre os valores de ET_0 do método em estudo com os valores de ET_0 de Penman-Monteith-FAO 56, e valores de evapotranspiração, em $mm\ d^{-1}$, em intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias.

Tabela 1 - Valores dos coeficientes β_1 , erro-padrão da estimativa (EEP), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de determinação (r^2), obtidos das correlações entre os valores de ET_0 do método Hargreaves e Samani com os valores de ET_0 de Penman-Monteith-FAO 56 e os valores de evapotranspiração (ET_0) $mm\ d^{-1}$ para os intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias

Intervalo	β_1	EEP	d	r^2	ET_0 HS*	ET_0 PM*
1 dia	1,253	1,223	0,958	0,817	4,574	3,544
3 dias	1,267	1,133	0,988	0,903	4,572	3,543
5 dias	1,272	1,115	0,994	0,924	4,573	3,541
7 dias	1,276	1,111	0,996	0,937	4,571	3,535
10 dias	1,277	1,105	0,997	0,947	4,575	3,541

*HS: Método de Hargreaves e Samani; *PM: Método de Penman-Monteith FAO 56.

Nas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 são apresentados os gráficos das regressões lineares entre valores diários de evapotranspiração de referência estimados pelo método em estudado Hargreaves

& Samani em função do método de referência Penman-Monteith-FAO 56.

Monteith-FAO 56 com sua equação e coeficiente de determinação (r^2), para o intervalo de 5 dias.

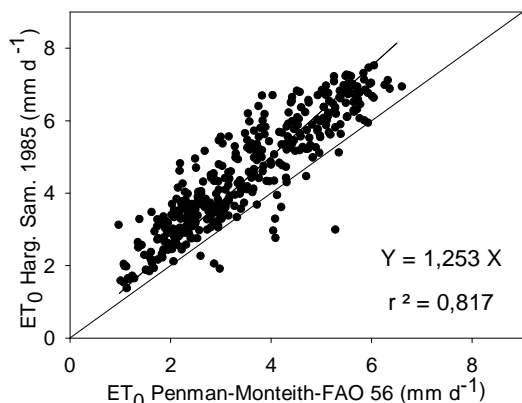


Figura 3 - Regressões lineares com β_0 passando pela origem para o método de Hargreaves e Samani em função do método de Penman-Monteith-FAO 56 com sua equação e coeficiente de determinação (r^2), para intervalos diários.

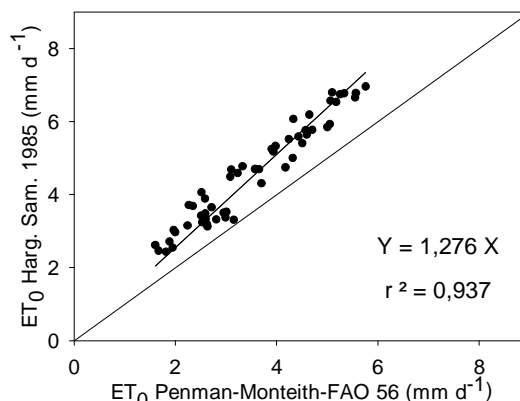


Figura 6 - Regressões lineares com β_0 passando pela origem para o método de Hargreaves e Samani em função do método de Penman-Monteith-FAO 56 com sua equação e coeficiente de determinação (r^2), para o intervalo de 7 dias.

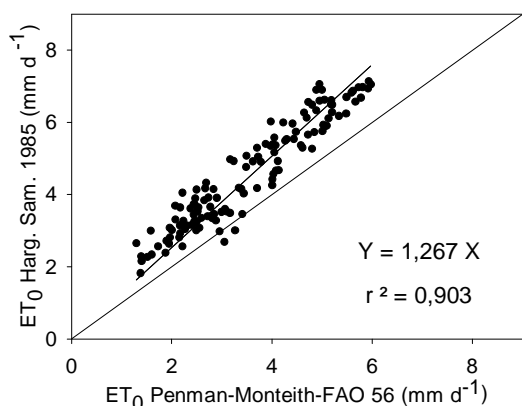


Figura 4 - Regressões lineares com β_0 passando pela origem para o método de Hargreaves e Samani em função do método de Penman-Monteith-FAO 56 com sua equação e coeficiente de determinação (r^2), para o intervalo de 3 dias.

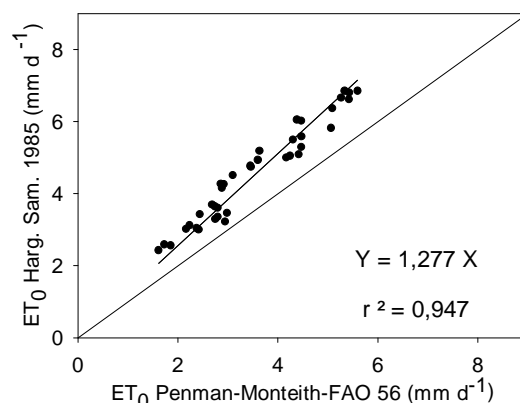


Figura 7 - Regressões lineares com β_0 passando pela origem para o método de Hargreaves e Samani em função do método de Penman-Monteith-FAO 56 com sua equação e coeficiente de determinação (r^2), para o intervalo de 10 dias.

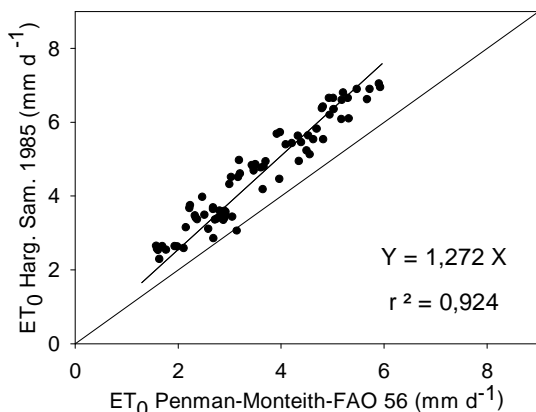


Figura 5 - Regressões lineares com β_0 passando pela origem para o método de Hargreaves e Samani em função do método de Penman-

Discussão

Os elementos meteorológicos apresentados nas Figuras 1 e 2 são os de maior influência na estimativa da evapotranspiração de referência, estes elementos são essenciais para o uso do método de Penman-Monteith-FAO 56.

O método de Hargreaves e Samani é um método que utiliza apenas dados de irradiância solar extraterrestre e temperatura para a estimativa da ET_0 , sendo comum a ocorrência de superestimativa dos valores estimados (HARGREAVES; SAMANI, 1985).

Na Tabela 1 podemos observar que o método apresentou valores para o coeficiente β_1 superiores a 1 indicando a ocorrência de

superestimação dos valores de ET_0 , independentemente do intervalo estudado.

O método de Hargreaves e Samani apresentou 29,08% de superestimativa da ET_0 em comparação ao método de Penman-Monteith FAO 56 no intervalo diário. Nos intervalos de 3, 5, 7 e 10 dias o método apresentou 29,04; 29,13; 29,31 e 29,17% de superestimativa da evapotranspiração de referência, respectivamente.

De acordo com Jensen, Burman e Allen (1990), os métodos que se baseiam na temperatura do ar e na radiação, que é o caso de Hargreaves e Samani, tendem a superestimar a evapotranspiração de referência em 15 a 25%, em climas úmidos.

O método apresentou elevados valores para estimativa do erro padrão, sendo que a estimativa do erro reduziu com o aumento do intervalo em estudo.

O método de Hargreaves e Samani apresentou elevados valores para índice de concordância, tendo em vista que a concordância aumentou na medida em que o intervalo foi ampliado, indicando maior exatidão para maiores intervalos.

O coeficiente de determinação tem o mesmo comportamento do índice de concordância, ou seja, seu valor aumenta com a ampliação do intervalo para a estimativa da evapotranspiração de referência, indicando maior precisão para o método em maiores intervalos.

Pelas Figuras 3, 4, 5, 6 e 7 verifica-se que ocorreu grande dispersão dos dados de evapotranspiração de referência, indicando baixa precisão do método. Além disso, também é possível observar que existe uma considerável distância entre a reta estimada e a reta de calibração (reta 1:1), o que indica baixa exatidão para a estimativa da evapotranspiração de referência pelo método Hargreaves e Samani em função do método de Penman-Monteith FAO 56 nos intervalos em estudo.

Conceição (2003) observou um coeficiente de determinação igual a 0,84 entre os valores mensais de ET_0 determinados pelo método de Penman-Monteith-FAO 56 e os valores obtidos pelo método de Hargreaves e Samani, sob as condições do noroeste paulista. Jensen, Burman e Allen (1990), encontraram boas estimativas de ET_0 pelo método de Hargreaves e Samani para intervalos de tempo maiores do que dez dias.

Oliveira et al. (2001) trabalhando em Goiás também encontraram valores superestimados de ET_0 utilizando método de Hargreaves e Samani.

Conclusão

O método de Hargreaves e Samani (1985) apresentou superestimativa da evapotranspiração de referência, nas condições climáticas do

Município de Alegre-ES e independentemente do intervalo analisado. O método não deve ser utilizado para o manejo da água na agricultura irrigada na localidade.

Referências

- ALLEN, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. **Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper, 56.** Rome: FAO, 1998. 310p.
- ALLEN, R. G. **REF-ET: Reference evapotranspiration calculator, Version 2.1.** Idaho: Idaho University, 2000. 82p.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.2, p.229-236, 2003.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, St Joseph, v.1, n.2, p.96-99, 1985.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York: ASCE, 1990. 332p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos.** 3. Ed., atual. e ampl. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355p.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CARVALHO, D. F.; ROMÃO, P. A.; CORTÊS, F. C. Estudo comparativo de modelos de estimativa da evapotranspiração de referência para algumas localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.31, n.2, p.121-126, 2001.
- REIS, E. F.; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G. O.; PEZZOPANE, J. E. M.; TAGLIAFERRE, C. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades do estado do espírito santo no período seco. **IDESIA**, v.25, n.3, p.75-84, 2007.
- SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V. Determinação da evapotranspiração do capim Tanzânia, utilizando um sistema automático de razão de Bowen e um lisímetro de pesagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais...** v.2, p.923.

XIV INIC

Encontro Latino Americano
de Iniciação Científica

X EPG

Encontro Latino Americano
de Pós Graduação

IV INIC Jr

Encontro Latino Americano
de Iniciação Científica Júnior

- WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5. p.8995-9005, 1985.