

## ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DOS COMPONENTES DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES – SAMANI PARA A REGIÃO DE BEBEDOURO – SP

LUIZ FABIANO PALARETTI<sup>1</sup>; EVERARDO CHARTUNI MANTOVANI<sup>2</sup>; GILBERTO CHOHAKU SEDIYAMA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciência Agrárias e Veterinárias, Departamento de Engenharia Rural, Jaboticabal, SP, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa, MG, Brasil

lpalaretti@fcav.unesp.br, everardo@ufv.br, g.sedyama@ufv.br

Recebido Junho de 2012 - Aceito Agosto de 2013

### RESUMO

A estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) subsidia os cálculos de consumo de água na agricultura irrigada. O uso de metodologias mais simples são comuns, porém devem ser criteriosamente estudadas. No presente estudo avaliou-se a sensibilidade da equação de Hargreaves – Samani frente ao padrão Penman-Monteith – FAO, na estimativa da ET<sub>o</sub>, para as condições climáticas da região de Bebedouro-SP, simulando os efeitos de acréscimos e decréscimos de 5% nas temperaturas, resultando em dez cenários distintos (PM – Penman-Monteith – FAO; S0 – Hargreaves Samani original; S1 à S8 – Hargreaves Samani – com alterações). Os resultados foram comparados em sensibilidade, por regressão linear, precisão e o índice de concordância. Conclui-se que a equação de Hargreaves – Samani superestima valores mensais de ET<sub>o</sub> em 13% comparado ao método padrão. Uma variação de 5% nas temperaturas máximas e mínimas resultaram em erros de até 1 mm dia<sup>-1</sup>, sendo o acréscimo mais expressivo na temperatura máxima.

**Palavras-chave:** irrigação, consumo de água, Penman-Monteith, citros

### ABSTRACT: SENSITIVITY ANALYSIS OF HARGREAVES SAMANI EQUATION COMPONENTS FOR BEBEDOURO REGION – SP

The estimation of reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) subsidizes the calculations of water consumption in irrigated agriculture. The use of simpler methodologies are common however should be carefully studied. The present study evaluated the sensitivity of the Hargreaves - Samani equation compared to the standard Penman-Monteith - FAO to estimate ET<sub>o</sub> for the climatic conditions of the Bebedouro-SP region, simulating the effects of increasing and decreasing 5 % in the temperatures, resulting in ten different scenarios (PM - Penman-Monteith - FAO; S0 - original Hargreaves Samani; S1 to S8 - modified Hargreaves Samani). The obtained results of sensitivity, linear regression, accuracy and concordance index, were compared. We concluded that the Hargreaves - Samani equation overestimates the monthly values of the ET<sub>o</sub> in 13% compared to the standard method. A variation of 5% in maximum and minimum temperatures resulted in errors of up to 1 mm day<sup>-1</sup> (monthly average) and this increase is more expressive in maximum temperature.

**Keywords:** irrigation, water consumption, Penman-Monteith, citrus crop.

## 1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração, considerada como uso consuntivo de água, é um componente do ciclo hidrológico, que contabiliza, o somatório da evaporação de água do solo e da transpiração vegetal.

Os métodos de estimativa da evapotranspiração são agrupados em categorias: (i) empíricos; (ii) aerodinâmico; (iii) balanço de energia; (iv) combinados; (v) correlação dos turbilhões (Pereira et al., 1997).

A metodologia padrão para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), envolve a interação entre o processo físico de perda de água, parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos da planta. A proposta de Penman-Monteith considera uma superfície coberta por vegetação hipotética com 12 cm de altura, resistência aerodinâmica da superfície de 70 s.m<sup>-1</sup> e albedo de 0,23 (Allen et al., 1998). Embora seja considerado o método com melhor desempenho na estimativa, apresenta restrições quanto à grande quantidade de informações necessárias para tal. Sendo que a maioria destas, principalmente relacionadas ao clima, nem sempre estão disponíveis regionalmente, em quantidade e qualidade.

É de fundamental importância para a região de Bebedouro - SP, pela sua expressividade no cenário citrícola nacional, a determinação correta da ET<sub>0</sub>, uma vez que a irrigação de citros, nesta região, evoluiu em sistemas e áreas. Estima-se que 26,6 % dos pomares Brasileiros (FNP, 2011; IBGE, 2006) sejam irrigados, logo, incertezas nos valores de ET<sub>0</sub> refletem-se em maiores custos e riscos, podendo afetar negativamente a rentabilidade do setor.

Dessa forma, é pertinente salientar que a escolha das informações utilizadas na estimativa do consumo de água pelas plantas deve ser criteriosa, evitando-se generalizações quanto ao uso das diversas metodologias, sob todas as condições, devendo-se considerar as interações de processos descritos na literatura clássica (Pereira et al., 1997).

O método de estimativa da ET<sub>0</sub> proposto por Hargreaves e Samani (1985) é considerado empírico (Pereira et al., 1997) e convenientemente requer uma menor quantidade de informações meteorológicas para tal. Indicado para estimativa em períodos superiores a 7 - 10 dias (Mendonça et al., 2003), este apresenta tendência a superestimativa dos valores de ET<sub>0</sub> em relação ao método padrão (Batista et al. 2007), e subestimativa em relação ao lisímetro (Souza et al. 2011), requerendo uma calibração dos coeficientes da equação, regionalmente, objetivando atenuar essa discrepância (Vega e Jara, 2009).

A calibração é feita por regressão linear, considerando uma variável dependente em função de uma independente. Uma vez encontrado o valor da variável dependente, estima-se o da independente (França Neto, 2003). O método padrão é utilizado

para tal finalidade onde se geram coeficientes de ajustes para aproximação dos valores do método empírico.

Após a definição dos parâmetros de calibração da equação, aliado ao fato de possíveis erros dos dados meteorológicos utilizados para determinação da ET<sub>0</sub>, recomenda-se a realização de uma análise de sensibilidade visando a explicitação da influência e dimensão desta, nos distintos componentes da equação de estimativa (Mello, 1998). Dessa forma, gera-se um coeficiente de sensibilidade de uma variável dependente em função de uma independente da equação, permitindo conhecer qual o efeito do erro no resultado final.

Um dos objetivos fundamentais de uma análise de sensibilidade é mostrar qual alcance de precisão é requerido para a introdução de uma variável ou de um componente no modelo. Consequentemente, onde será exigido mais critério na calibração do método, uma vez que, cada componente o influencia de forma diferenciada.

O presente estudo teve como objetivo analisar a sensibilidade dos parâmetros: temperaturas máxima e mínima na metodologia proposta por Hargreaves e Samani (1985), para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>).

## 2. DADOS E METODOLOGIA

O estudo foi realizado na região norte do estado de São Paulo. Considerou-se a cidade de Bebedouro, localizada nas coordenadas geográficas: latitude 20°53'16"S, longitude 48°28'11" W e altitude 601 m, como representante regional.

O clima da região é do tipo Aw, segundo classificação climática de Köppen modificada (Rolim et al. 2007), com médias anuais de temperatura mínima, máxima e precipitação de 17,5°C e 31 °C 1.440 mm, respectivamente.

Na estimativa dos valores de evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) foram utilizadas duas metodologias, escolhidas criteriosamente em função da quantidade de variáveis climatológicas requeridas para as estimativas. A metodologia de referência foi a proposta por Penman-Monteith (Allen et al., 1998) (Equação 1) e a outra por Hargreaves e Samani (Equação 2).

$$ET_0 = \left[ \frac{0,408(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \right] \times 0,408 \quad (1)$$

em que, ET<sub>0</sub>: evapotranspiração de referência (mm dia<sup>-1</sup>); Rn: saldo de radiação à superfície (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>); T: temperatura do ar a 2 m de altura (°C); G: fluxo de calor no solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>); U<sub>2</sub>: velocidade do vento à altura de 2 m (m s<sup>-1</sup>); e<sub>s</sub>: pressão de saturação de vapor (kPa); e<sub>a</sub>: pressão de vapor atual do ar (kPa); (e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>): déficit de pressão de vapor (kPa); Δ: declividade da

curva de pressão de vapor de saturação ( $kPa\ ^\circ C^{-1}$ ) e  $\gamma$ : coeficiente psicrométrico igual a  $0,0622\ (kPa\ ^\circ C^{-1})$ .

$$ET_0 = 0,0023 Q_o (T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n})^{0,5} (T_{m\acute{e}d} + 17,8) \quad (2)$$

em que:  $ET_0$ : evapotranspiração de referência ( $mm\ d^{-1}$ );  $Q_o$ : radiação extraterrestre ( $mm\ d^{-1}$ );  $T_{m\acute{a}x}$ : temperatura máxima ( $^\circ C$ );  $T_{m\acute{i}n}$ : temperatura mínima ( $^\circ C$ ) e  $T_{m\acute{e}d}$ : temperatura média diária ( $^\circ C$ ).

Os dados meteorológicos utilizados nas estimativas contemplam uma série histórica entre os anos de 1980 à 2000, registrada nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas nas cidades de Bebedouro, Colina e Barretos. Com base nos dados dessas três localidades geraram-se médias mensais das variáveis de temperatura.

Para dinamizar os cálculos de estimativas de evapotranspiração de referência, utilizou-se o software IRRIPUS<sup>®</sup>. O software apresenta em seu conteúdo uma seção que permite a realização de simulações, requerendo dados meteorológicos médios diários específicos em função da equação utilizada.

Para o estudo dos efeitos da variação das temperaturas máxima ( $T_{m\acute{a}x}$ ) e mínima ( $T_{m\acute{i}n}$ ) na estimativa da  $ET_0$ ,

simulou-se erros de cinco pontos percentuais. Os acréscimos e, ou decréscimos de 5% foram aplicados nos valores das temperaturas fornecidas pelas estações meteorológicas. As variações nas temperaturas geraram 8 cenários (Tabela 1) e posteriormente estimados os valores de  $ET_0$  utilizando as equações propostas.

Salienta-se que o estudo não contempla nenhuma alteração nas demais variáveis climáticas utilizadas nas estimativas da evapotranspiração de referência.

Quantitativamente gerou-se regressões lineares em função dos valores de  $ET_0$  estimados pelos métodos, com relevância dos coeficientes linear ( $\beta_0$ ) e angular ( $\beta_1$ ) e seu respectivo  $r^2$ .

Calculou-se o erro padrão de estimativa (SEE) e o erro padrão ajustado (SEEA) (Jensen et al.,1990), o qual foi modificado por Mantovani (1993). Avaliou-se os cenários em função dos valores de estimativa do SEE e SEEA, para o maior valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e da aproximação de zero do parâmetro  $\beta_0$  e de um para os parâmetros  $\beta_1$  e  $r^2$ .

Calculou-se a precisão, dos valores de evapotranspiração de referência encontrados nos referidos cenários, segundo o valor do coeficiente de determinação, que indica o grau em

**Tabela 1** – Cenários gerados pela simulação alterações provocadas nos valores de temperatura máxima e mínima, para cálculo da evapotranspiração de referências.

Simulações	Temperaturas	
	Máxima	Mínima
<sup>1</sup> PM - Padrão	Sem alteração	Sem alteração
<sup>2</sup> S0 – HG	Sem alteração	Sem alteração
<sup>3</sup> S1	+5%	Sem alteração
S2	-5%	Sem alteração
S3	Sem alteração	+5%
S4	Sem alteração	-5%
S5	+5%	+5%
S6	-5%	-5%
S7	+5%	-5%
S8	-5%	+5%

\*PM: Penman-Montheit; <sup>2</sup>HG: Método de Hargreaves-Samani; <sup>3</sup>SX: Hargreaves-Samani – Alterado.

que a regressão explica a soma do quadrado total e do índice de concordância (“d”), que expressa a aproximação dos valores de ETo estimados pelas combinações em relação ao estimado pelo padrão (Willmott et al. 1985), (Equação 3).

O índice de desempenho é distribuído nas seguintes classes: péssimo,  $d \leq 0,40$ ; mau,  $0,41 \leq d \leq 0,50$ ; sofrível,  $0,51 \leq d \leq 0,60$ ; mediano,  $0,61 \leq d \leq 0,65$ ; bom,  $0,66 \leq d \leq 0,75$ ; muito bom,  $0,76 \leq d \leq 0,85$ ; e ótimo,  $d > 0,85$  (Camargo e Sentelhas, 1997).

$$d = 1 - \left[ \frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O_i| + |O_i - O|)^2} \right] \tag{3}$$

em que;  $P_i$ : valor estimado por Hargreaves-Samani e suas variações (mm dia<sup>-1</sup>);  $O_i$ : valor calculado pelo método de Penman-Monteith (mm dia<sup>-1</sup>) e  $O$ : média dos valores calculada pelo método de Penman-Monteith.

### 3. RESULTADOS

Na Figura 1 estão apresentados os valores de temperatura do ar, considerando a média mensal dos 20 anos de dados meteorológicos obtidos nas estações regionais. Observa-se que a temperatura média variou de 19,18 °C em julho a 25,69 °C em dezembro, alcançando valores extremos de 36,16 °C em outubro e 10,59 °C em julho.

Os valores extremos médios da evapotranspiração variaram de 2,92 à 7,48 mm dia<sup>-1</sup> observados no método padrão (PM) e em S7, respectivamente (Figura 2). O comportamento observado em S7 é atribuído a redução de 5% na temperatura mínima, evidenciando o efeito notório da temperatura máxima na estimativa da evapotranspiração pelo método de Hargreaves-Samani.

Observou-se superestimativa dos valores de ETo, em relação ao método padrão, em todos os cenários estudados, com valores relativos extremos de 1,81 mm em S8 e 22,82 mm em S7, respectivamente. Este comportamento demonstra a forte influência da temperatura máxima na estimativa da evapotranspiração por este método empírico (Tabela 2).

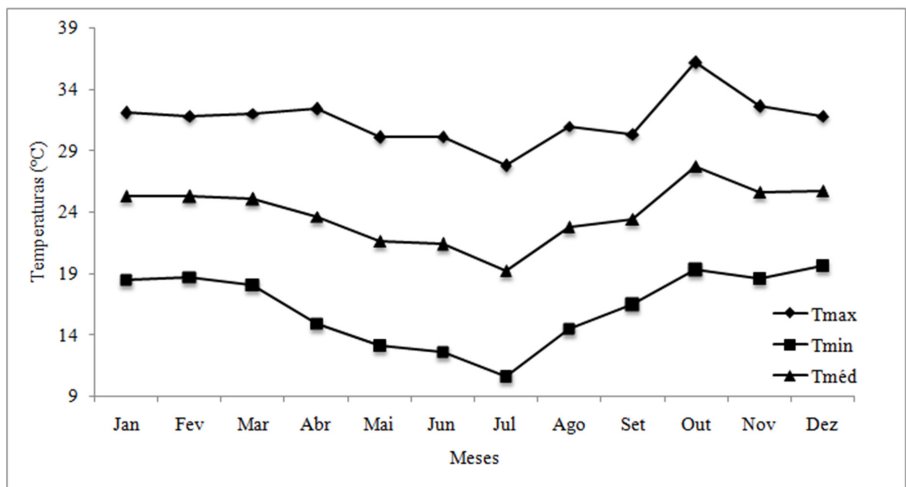
Observou-se que o desvio padrão dos valores de evapotranspiração de referência comporta-se como os da diferença relativa, com mínimo e máximo de 0,94 e 1,44 para os métodos de Penman-Monteith e S7, destacando o peso do componente  $T_{max}$  na superestimativa dos valores de ETo.

O coeficiente de variação é considerado alto para todas as estimativas, sendo o menor valor encontrado em PM e o maior em S7, refletindo a condição apresentada para o desvio padrão de médias.

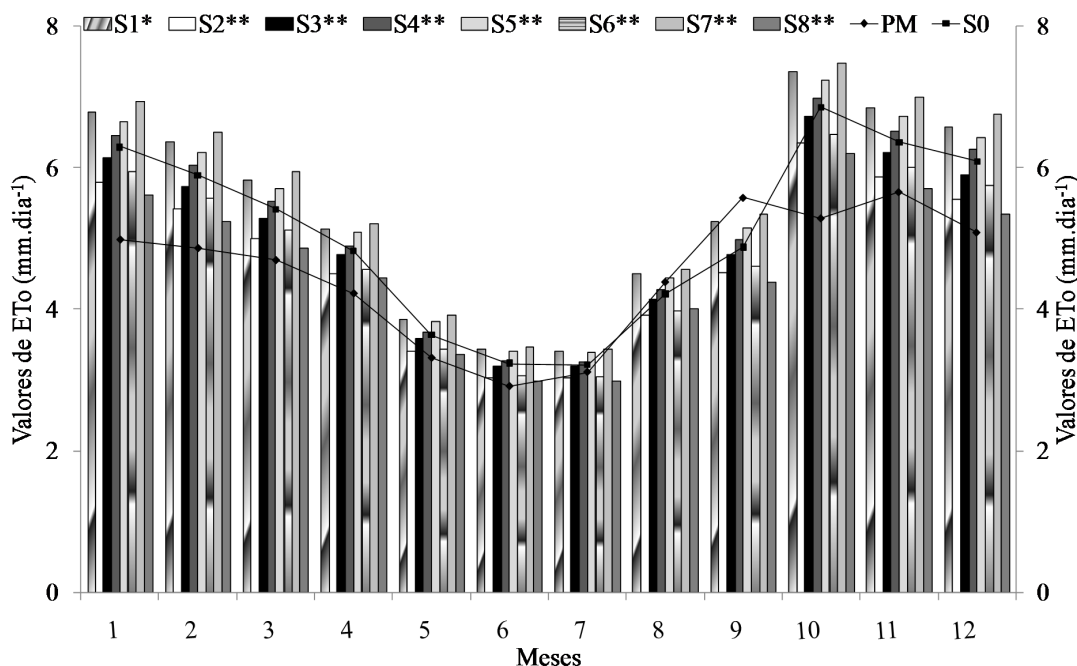
Quando o acréscimo de cinco pontos percentuais é sobre a temperatura mínima (S3), verifica-se que a superestimativa em relação ao padrão é menos expressiva, reduzindo a proporção quando  $T_{max}$  é reduzida conjuntamente (S6). Comparando S6 e S8 observa-se o peso da influência de  $T_{max}$  em  $T_{min}$  provavelmente, por efeito da temperatura média.

Analisando-se a variação de lâminas, que representa a diferença entre os valores de ETo média estimada no cenário e o obtido pela equação de Penman\_Montheit, observa-se que o maior valor foi próximo a um (S7). O valor de 1,03 mm dia<sup>-1</sup> representa baixa expressividade no consumo de água pelas plantas, uma vez que em condições de irrigação em campo, erros dessa magnitude durante a aplicação são praticamente desprezíveis.

As Figuras 3 e 4 indicam correlação semelhante entre os dados diários da evapotranspiração de referência estimado pelo método de Penman-Monteith – FAO e pelo método proposto por Hargreaves-Samani e as simulações, para a região de



**Figura 1** - Valores históricos de temperatura do ar, média, mínima e máxima do ar, considerando 20 anos de dados observados em estações meteorológicas da região de Bebedouro-SP.



**Figura 2** - Comportamento da ETo mensal, função dos métodos propostos e dos cenários simulados. Bebedouro – SP.

**Tabela 2** - Valores das médias mensais da ETo determinadas pelos métodos comparados, em mm, para Bebedouro, SP.

Parâmetros	PM	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Média - PM	4,51	5,08	5,46	4,70	4,97	5,18	5,36	4,81	5,54	4,60
Dif. Relativa	%	12,57	20,86	4,14	10,19	14,7	18,67	6,54	<b>22,82</b>	<b>1,81</b>
Dif. Lâmina	-	0,57	0,94	0,19	0,46	0,66	0,84	0,30	1,03	0,08
Desvio Padrão	0,94	1,28	1,40	1,15	1,23	1,32	1,35	1,20	1,44	1,09
Coef. Variação	20,89	25,10	25,60	24,52	24,65	25,53	25,19	24,98	25,97	23,66

PM: Penman-Monteith – FAO; Sx: Hargreaves e Samani (1985).

Bebedouro. Para a maioria dos resultados o valor do coeficiente de correlação “r” pode ser considerado de moderado a alto (Hopkins, 2012).

Na Tabela 3 observa-se uma superestimativa de 13% de Hargreaves-Samani (1985) em relação ao padrão, valor bem abaixo dos relatados na literatura, que descreve discrepâncias de 39,64% (Batista et al., 2007). O comportamento de superestimativa também foi observado nas demais condições simuladas, alcançando valores máximos de 23% em S7.

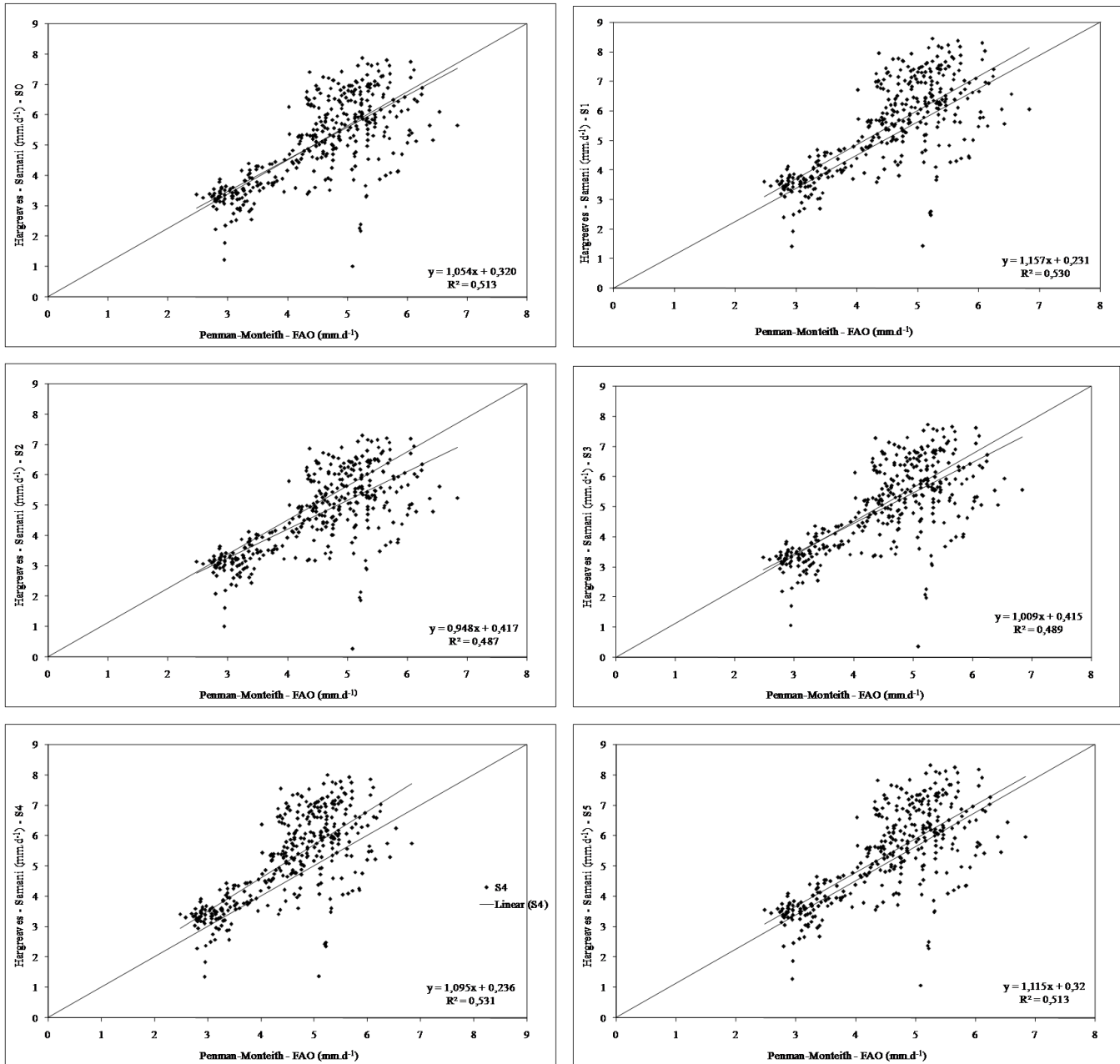
O SEE variou de 1,02 a 1,81 mm d<sup>-1</sup>, para S8 e S1, com os valores intermediários bem próximos entre si. Nos valores de SEEa observa-se a melhora após as correções, exceto em S2 e S8, onde a correção não surtiu eficiência na diminuição do

erro. A maior correção proporcionada pelo ajuste foi de 0,56 mm d<sup>-1</sup> em S7 e a menor 0,03 mm d<sup>-1</sup> em S6.

Para todos os cenários os valores de concordância foram classificados como muito bom (Camargo e Sentelhas, 1997), com valores variando de 0,7 a 0,8, semelhante ao relatado por Souza et al. (2011) para o método de Hargreaves e Samani (1985).

#### 4. CONCLUSÕES

O método de Hargreaves e Samani (1985) tende a superestimativa dos valores mensais de ETo em até 13%, quando comparado ao método padrão de Penman-Monteith – FAO, destacando-se maior discrepância quando se altera inversamente



**Figura 3** - Relação entre a ETo diária estimada pelo método de Penman-Monteith - FAO e pelo método de Hargreaves-Samani sem e com alterações de 5% nas temperaturas máximas e mínimas. Bebedouro – SP.

a temperatura máxima e mínima, com superestimativa de 23%, para a região de Bebedouro, SP.

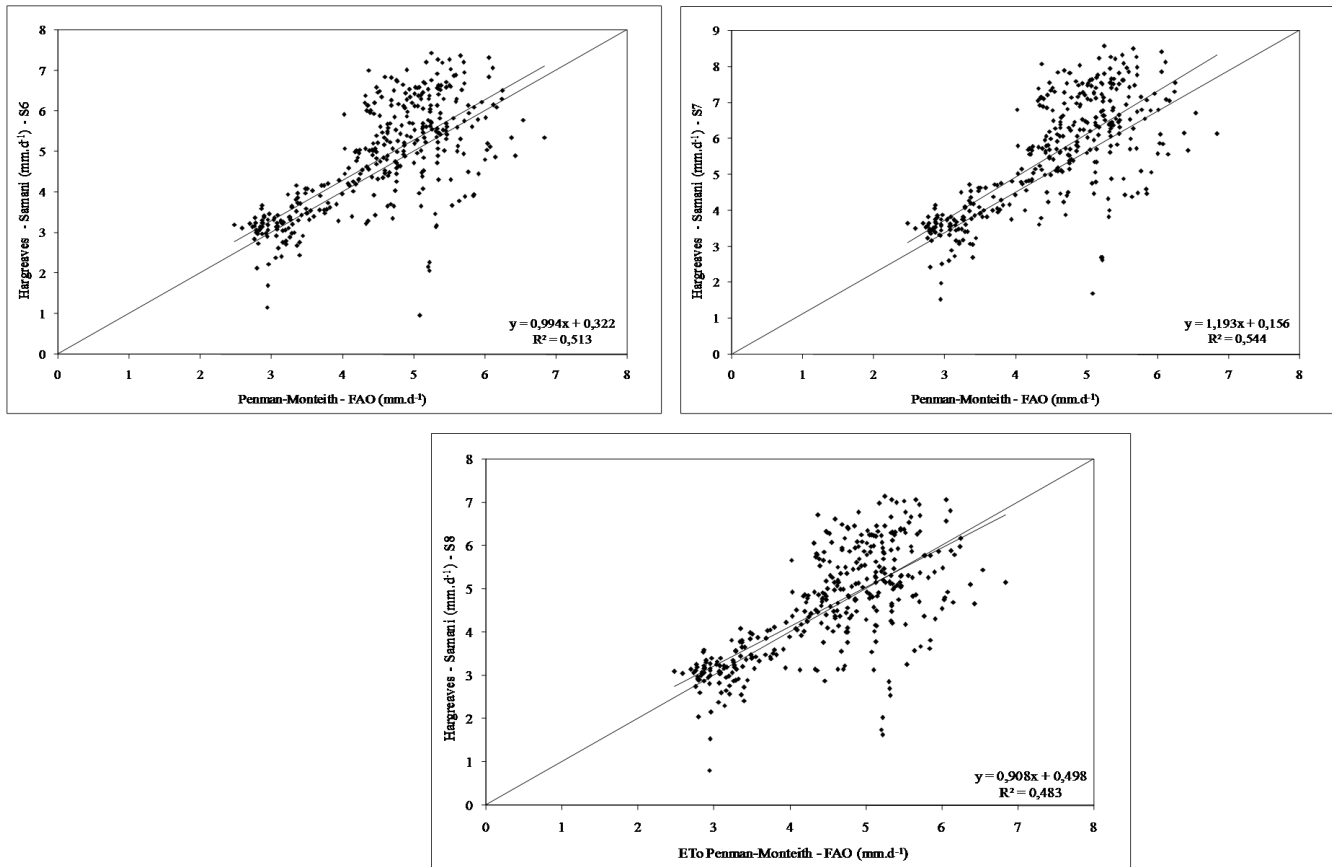
Uma variação de 5% nas temperaturas máximas e mínimas não inferem em erros grosseiros nas estimativas de ETo utilizando a metodologia proposta por Hargreaves e Samani (1985), com valores não ultrapassando a casa dos 1,03 mm dia<sup>-1</sup>, média mensal.

O acréscimo de cinco por cento na temperatura máxima refletiu nas maiores discrepância nos valores estimados de ETo

frente ao método padrão, com percentuais de estimativas da ordem de 18,7 a 22,8%. Já na temperatura mínima este reflete superestimativa menor em relação ao padrão.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior



**Figura 4** - Relação entre a ETo diária estimada pelo método de Penman-Monteith - FAO e pelo método de Hargreaves-Samani sem e com alterações de 5% nas temperaturas máximas e mínimas. Bebedouro – SP.

**Tabela 3** - Análise das variações em relação ao método padrão: (1) Percentagem de variação; (2) erro-padrão de estimativa (EPE - mm d<sup>-1</sup>); (3) erro-padrão de estimação ajustada (EPEa - mm d<sup>-1</sup>) e (4) índice de concordância, adimensional.

Método	%	EPE	EPEa	d	Método	%	EPE	EPEa	d
	1	2	3	4		1	2	3	4
PM	1,00	-	-	-	S4	1,15	1,60	1,33	0,75
S0	1,13	1,54	1,36	0,76	S5	1,19	1,73	1,36	0,71
S1	1,21	1,81	1,33	0,69	S6	1,07	1,38	1,35	0,80
S2	1,04	1,33	1,65	0,80	S7	1,23	1,88	1,32	0,68
S3	1,10	1,48	1,42	0,77	S8	1,02	1,27	1,40	0,81

(CAPES) pelo auxílio financeiro e a Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (EECB) pelo aporte institucional e de pessoal.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO – Irrigation and Drainage, 56).
- BATISTA, W. R.M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. Determinação e comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Canindé do São Francisco-CE. **Revista da Fapese**, v.3, n. 2, p. 71-76, 2007.
- CAMARGO, A. P. de; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 89 – 97, 1997.
- FNP CONSULTORIA & COMERCIO. **Agriannual 2011: Anuário da agricultura brasileira**. Sao Paulo, 2011. p. 245-306.
- FRANÇA NETO, A.C.F. Análise de métodos simplificados de estimativa da eto e da sensibilidade das variáveis do cálculo da lâmina de irrigação para a cultura do café. 2003. 82 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003..
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature. Chicago: American Society of Agricultural and Biological Engineers **Meeteng**, 1985. (Paper 85 -2517).
- HOPKINS, W. G. Correlation Coefficient, 2012. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso em: 14 out. 2012.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário** – 2006. Rio de Janeiro, 2009.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1990. 332 p.
- MANTOVANI, E. C. Desarrollo y evaluación de modelos para el manejo del riego: estimación de la evapotranspiración y efectos de la uniformidad de aplicación del riego sobre la producción de los cultivos. 1993. 184 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidade de Córdoba. Córdoba, 1993.
- MELLO, J. P. Análise de sensibilidade dos componentes da equação de Penman-Monteith-FAO. 1998. 79 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Viçosa, 1998.
- MENDONÇA, J. C. SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.
- PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapotranspiração**. Fundação de Estudos Agrários. Luiz de Queiros: FEALQ, Piracicaba, 183p. 1997.
- ROLIM, G.S. et al . Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, 2007.
- SOUZA, A. P. de et al . Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. Pesquisa Agropecuária, 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100204X2011000300001&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2011000300001&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 20 dez. 2012.
- VEGA, E.C.; JARA, J.C. Estimación de la evapotranspiración de referencia para dos zonas (costa y región andina) del Ecuador. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.3, p.390-403, 2009.
- WILLMOTT, C.J.; CKLESON, S.G.; DAVIES, R.E. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, n. C5, p. 8995-9005, 1985.