

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) NO MUNICÍPIO DE RIO REAL-BA

ROGERIO MOREIRA CHAGAS¹; GREGÓRIO GUIRADO FACCIOLI²; ANTENOR DE OLIVEIRA AGUIAR NETTO²; INAJÁ FRANCISCO DE SOUSA²; ANDERSON NASCIMENTO DO VASCO³ E MARINOÉ GONZAGA DA SILVA³

¹Departamento de Ciências Florestais/UFS, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, CEP 49100-000, São Cristóvão, SE, Fone: (79) 2105-6929, E-mail: rmoreirachagas@yahoo.com.br

²Departamento de Engenharia Agrônômica/UFS, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, CEP 49100-000, São Cristóvão, SE, Fone: (79) 2105-6929, E-mail: gregorioufs@gmail.com, ifsousa@ufs.br, antenor.ufs@gmail.com

³Instituto Federal de Sergipe, Rodovia BR-101, Km 96, Povoado Quissamã, CEP 49100-000, São Cristóvão, SE, Fone: (79) 3711-3050, E-mail: anderovasco@yahoo.com.br, marinoegonzaga@gmail.com

1 RESUMO

Determinar o suprimento de água ideal para uma cultura está diretamente relacionado com a determinação ou estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). O documento FAO-56 determina o método de Penman-Monteith como padrão para estimativa da ET_o. No presente trabalho foi realizada a comparação entre cinco métodos de estimativa da ET_o com o método de Penman-Monteith, no período seco e período úmido do ano no município de Rio Real-BA. Para avaliar o ajuste dos métodos de estimativa da ET_o com o método de Penman-Monteith (FAO-56) utilizou-se os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e de correlação (r), do Erro Padrão da Estimativa (EPE) e do Erro Padrão da Estimativa Ajustado (EPE_{ACO} e EPE_{ACC}), e os índices de concordância (d) e desempenho (c). Para todos os critérios estatísticos utilizados os métodos Penman 63, FAO-Penman corrigido, FAO-Radiação e FAO-Blaney-Criddle foram os que apresentaram melhor avaliação quando comparados com o método de Penman-Monteith em ambos os períodos de avaliação. O método de Hargreaves & Samani obteve classificação inferior aos demais métodos na estimativa da ET_o.

Palavras-chaves: Monitoramento climático, Necessidade hídrica, Penman-Monteith (FAO-56).

**CHAGAS, R. M.; FACCIOLI, G. G.; AGUIAR NETTO, A. de O.; SOUSA, I. F. de;
VASCO, A. N. do; SILVA, M. G. da
COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING REFERENCE
EVAPOTRANSPIRATION (ETO) FOR THE CITY OF RIO REAL-BA**

2 ABSTRACT

The determination of the ideal water supply for a culture is directly related to the determination or estimation of the reference evapotranspiration (ET_o). FAO Irrigation and

drainage paper 56 recommends the Penman-Monteith method as the standard method for estimating ETo. The present study compared five ETo estimation methods to Penman-Monteith in the dry and wet seasons in the town of Rio Real, Bahia, Brazil. Coefficients of determination (R^2) and correlation (r), the standard error of the estimate (SEE) and the adjusted standard error of the estimate (SEEACO and SEEACC) and the index of agreement (d) and of performance (c) were used to assess how the tested ETo estimation methods matched Penman-Monteith (FAO-56). In all statistical criteria employed, methods 63 Penman, FAO-corrected Penman, FAO-Radiation and FAO-Blaney-Criddle presented the best assessment when compared with the Penman-Monteith on both experimental periods. The Hargreaves & Samani's method scored worse in comparison to the other ETo estimation methods in both periods.

Keywords: Climate monitoring, water requirements, Penman-Monteith (FAO-56).

3 INTRODUÇÃO

Existem diversos fatores relacionados ao sistema solo-planta-atmosfera que afetam o desenvolvimento das culturas, dentre estes o adequado suprimento de água ao longo do seu ciclo. Determinar a quantidade de água nas diferentes fases do desenvolvimento de determinada cultura é fundamental para o dimensionamento de sistemas de irrigação e para o manejo da água na agricultura, visto que se trata de um recurso natural limitado e importante para sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

Para se estimar a necessidade hídrica de uma cultura em cada uma de suas fases de desenvolvimento o método usualmente utilizado tem como base a estimativa da evapotranspiração da cultura (ETc) que pode ser obtida através do valor da evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo) corrigida pelo coeficiente da cultura (K_c), coeficiente este que depende da cultura utilizada e de seu estágio de desenvolvimento (SILVA *et al.*, 2009). Segundo Leal e Sedyama (2004), o K_c é um parâmetro de ajuste que tem sua variação dependente da textura e do teor de umidade do solo, da profundidade e densidade radicular, das características fenológicas da planta e do método de estimativa da ETo.

SMITH *et al.* (1991) propuseram que fosse adotada uma definição padronizada, definindo ETo como a evapotranspiração de uma cultura hipotética, apresentando as seguintes características fixas: altura de 0,12 m, resistência do dossel de 69 s.m^{-1} e poder refletor (albedo) de 0,23, que são os parâmetros atualmente adotados para o cálculo da ETo preconizados pelo Boletim FAO de Irrigação e Drenagem nº 56 (ALLEN *et al.*, 1998).

Os métodos de estimativa da ETo podem ser classificados em diretos e indiretos. Para determinação direta da ETo são utilizados lisímetros, equipamentos que podem apresentar custos elevados ficando restritos à instituições de pesquisa. Os métodos indiretos são menos onerosos e se baseiam na aplicação de modelos matemáticos que utilizam dados climatológicos medidos em estações meteorológicas (PEREIRA *et al.*, 1997).

O interesse em se determinar um método indireto de estimativa da ETo adequado às características climáticas de determinada região e que melhor se ajuste ao método de Penman-Montheith, proposto no documento FAO 56, é motivo de estudo em inúmeros trabalhos científicos: (ALENCAR *et al.* 2011; DROOGERS e ALLEN, 2002; MENDONÇA *et al.* 2003; ANDRADE JÚNIOR *et al.* 2003; OLIVEIRA *et al.* 2005; BORGES e MENDIONDO, 2007; REIS *et al.* 2007; SOUSA *et al.* 2010 e SOUZA *et al.* 2011).

O interesse na utilização de métodos indiretos é justificável pelo fato do método padronizado pela FAO para estimativa da ETo exigir a disponibilidade de um número considerável de variáveis climatológicas, tornando-o muitas vezes pouco aplicável em regiões nas quais esse tipo de informação é incipiente, e onde verifica-se deficiência no monitoramento total dos elementos meteorológicos (CAMARGO & CAMARGO, 2000).

O município de Rio Real está localizado na região norte do estado da Bahia. Sendo uma região que se destaca na produção de citros, especificamente, de laranja 'Bahia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). O supracitado município é o único relacionado entre os dez maiores produtores do Brasil que está localizado fora do estado de São Paulo (IBGE, 2006).

O presente trabalho tem como objetivo comparar os métodos Penman 63, FAO-Penman corrigido, FAO-Radiação, FAO-Blaney-Criddle e Hargreaves & Samani com o método de Penman-Montheith (método padrão de estimativa da ETo adotado pela FAO) para a região do município de Rio Real-BA utilizando série de dados coletados em estação agrometeorológica automática, para um período de quatro anos completos, janeiro de 2004 a dezembro de 2007.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no município baiano de Rio Real, na Fazenda Lagoa do Coco (latitude 11° 29'S, longitude 37° 56'W e altitude de 160,0 m), região característica dos Tabuleiros Costeiros, platô litorâneos relacionados aos sedimentos da formação barreiras, que vão desde o estado do Rio de Janeiro até o Amapá, onde predominam os solos Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos e Vermelho-Amarelos que têm como característica marcante a presença de camadas coesas subsuperficiais, que se apresentam muito duras quando secas, e friáveis quando úmidas (SANTANA et al., 2006; SOUZA et al., 2007).

A propriedade tem uma área de 150,0 ha e está subdividida em glebas cultivadas com mamão (*Carica papaya* L.), laranja 'Bahia' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), lima-ácida 'Tahiti' (*Citrus aurantifolia* Swingle) e coco-da-baía (*Cocos nucifera* L.).

O clima característico da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo As, com temperatura superior a 18 °C no mês mais frio, temperatura média anual de 24°C, mês mais seco apresentando precipitação inferior a 60 mm e verão seco. A pluviosidade média anual é de 1.000 mm, com período mais chuvoso compreendido entre os meses de maio e julho, e período caracteristicamente seco entre os meses de outubro e dezembro (SANTANA et al., 2006).

Os dados relativos às variáveis climatológicas (temperaturas máxima, mínima e média (°C), umidade relativa do ar (%), velocidade do vento média (m.s⁻¹) e radiação solar incidente (W.m⁻²) foram obtidos através de uma estação agrometeorológica automática da marca METOS, modelo micrometos. O datalogger acoplado na estação armazena dados a cada cinco minutos, possuindo a possibilidade de armazenamento ininterrupto de dados ao longo de um ano.

4.2 Estimativa da Evapotranspiração de Referência (ETo)

Para a estimativa da ETo para os métodos de Penman-Montheith (1), Penman 63 (2), FAO-Penman corrigido (3), FAO-Radiação (4), FAO-Blaney-Criddle (5) e

Hargreaves & Samani (6) foi utilizado o programa REF-ET (2.13) desenvolvido por Allen (2000), que utiliza como dados de entrada valores diários das seguintes variáveis meteorológicas: temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, velocidade do vento média à altura de 0,5 m e radiação solar incidente.

$$ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 275} U_2 (e_a - e_d) \quad (1)$$

$$\lambda ET_o = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} 6,43(1 + 0,532U_2)(e_a - e_d) \quad (2)$$

$$ET_o = c \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} (R_n - G) + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma^*} 2,7(1 + 0,864U_2)(e_a - e_d) \right) \quad (3)$$

em que:

ET_o – evapotranspiração de referência (mm.d^{-1}); R_n – saldo de radiação à superfície ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$); G – fluxo de calor no solo ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$); T – temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$); U_2 – velocidade do vento a 2,0 m de altura (m.s^{-1}); $(e_a - e_d)$ – déficit de pressão de vapor (kPa); Δ – a declividade da curva de pressão de vapor de saturação ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$); λ – calor latente de evaporação (MJ.kg^{-1}); γ – constante psicrométrica ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$); e γ^* – constante psicrométrica modificada ($\text{kPa.}^{\circ}\text{C}^{-1}$).

$$ET_o = a + b \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) R_s \quad (4)$$

em que:

a – $-0,3 \text{ mm.d}^{-1}$; b – fator de ajustamento, que depende da umidade relativa média (UR_m) e da velocidade do vento do período diurno (U_d):

$$b = 1,066 - 0,0013.UR_m + 0,045.U_d - 0,0002.UR_m.U_d - 0,0000315.(UR_m)^2 - 0,0011.(U_d)^2;$$

R_s – radiação solar à superfície (mm.d^{-1}).

$$ET_o = a + b [p(0,46T + 8,13)] \quad (5)$$

em que:

a – fator de correção, que depende do valor mínimo de umidade relativa diária (UR_m) e da relação de horas de brilho solar ($n.N^{-1}$); b – fator de correção, que depende do valor mínimo de umidade relativa diária (UR_m), da relação de horas de brilho solar ($n.N^{-1}$) e da velocidade do vento no período diurno (U_d).

$$a = 0,0043.UR_m - n/N - 1,41;$$

$$b = a_0 + a_1.UR_m + a_2 \cdot \left(\frac{n}{N} \right) + a_3.U_d + a_4.UR_m \cdot \left(\frac{n}{N} \right) + a_5.UR_m.U_d$$

em que:

a_0 , a_1 , a_2 , a_3 , a_4 e a_5 valem 0,8197; -0,0040922; 1,0705; 0,065649; -0,0059684; e -0,0005967, respectivamente;

p – percentagem das horas de luz solar possível em relação ao total anual, para um dado mês e latitude; T – temperatura média diária mensal (°C).

$$ET_o = 0,0023Ra\sqrt{TD}(TS+17,8) \quad (6)$$

em que:

Ra – radiação no topo da atmosfera ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$); TD – diferença das temperaturas médias máxima e mínima do mês (°C); TS – temperatura média do ar (°C).

Comparação entre os métodos de estimativa da ET_o

A série de valores de ET_o diários utilizada foi dividida em período seco (outubro a março) e período úmido (abril a setembro), de acordo com as características pluviométricas da região, que de acordo com Pereira et al. (2002) apresenta precipitações no período outono-inverno.

Na comparação dos valores de ET_o entre o método de Penman-Montheith com os demais métodos foram utilizados os critérios propostos por Jensen et al. (1990), envolvendo erro-padrão de estimativa (EPE) (7) e erro-padrão de estimativa ajustado (EPEa) (8), coeficiente de ajustes das equações lineares completas, como também seus respectivos coeficientes de determinação (R^2). Metodologia coincidente à utilizada por Oliveira et al. (2005) e Reis et al. (2007) para comparar vários métodos de estimativa da ET_o com o método padrão de Penman-Montheith.

$$EPE = \left(\frac{\sum (Y_i - Y_m)^2}{n-1} \right)^{0,5} \quad (7)$$

em que:

Y_i – evapotranspiração estimada pelo método ($mm.d^{-1}$); Y_m – evapotranspiração estimada pelo método padrão ($mm.d^{-1}$); e n – número total de observações.

$$EPEa = \left(\frac{\sum (Y_{ic} - Y_m)^2}{n-1} \right)^{0,5} \quad (8)$$

em que:

Y_{ic} – evapotranspiração estimada pelo método, corrigida pelos coeficientes da regressão linear ($mm.d^{-1}$); Y_m – evapotranspiração estimada pelo método padrão ($mm.d^{-1}$); n – número total de observações.

Na correlação dos valores estimados de ET_o testou-se também os parâmetros relativos à precisão (coeficiente de correlação “r”) (9), exatidão (índice de Willmott “d”) (10) e desempenho (índice “c”) (11). O índice “d” é descrito em Willmott et al. (1985) e seus valores variam entre zero (nenhuma concordância) e 1 (concordância perfeita). Já o índice de desempenho “c” é descrito em Camargo e Sentelhas (1997).

$$r = \sqrt{R^2} \quad (9)$$

em que:

r – coeficiente de correlação; R^2 – coeficiente de determinação.

$$d = 1 - \left[\frac{\sum (P_i - O_i)^2}{\sum (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \right] \quad (10)$$

em que:

P_i – valor estimado; O_i – valor observado; e O – média dos valores observados.

$$c = r \cdot d \quad (11)$$

em que:

r – coeficiente de correlação; d – índice de Willmott.

Na Tabela 1 constam os critérios adotados para interpretação dos métodos de estimativa da ETo utilizando o índice de desempenho “c”.

Tabela 1. Valores de “c” para critérios de interpretação do desempenho da estimativa da ETo (Camargo e Sentelhas, 1997).

Valores de “c”	Desempenho
> 0,85	ótimo
0,76 – 0,85	muito bom
0,66 – 0,75	bom
0,61 – 0,65	mediano
0,51 – 0,60	sofrível
0,41 – 0,50	mau
≤ 0,40	péssimo

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

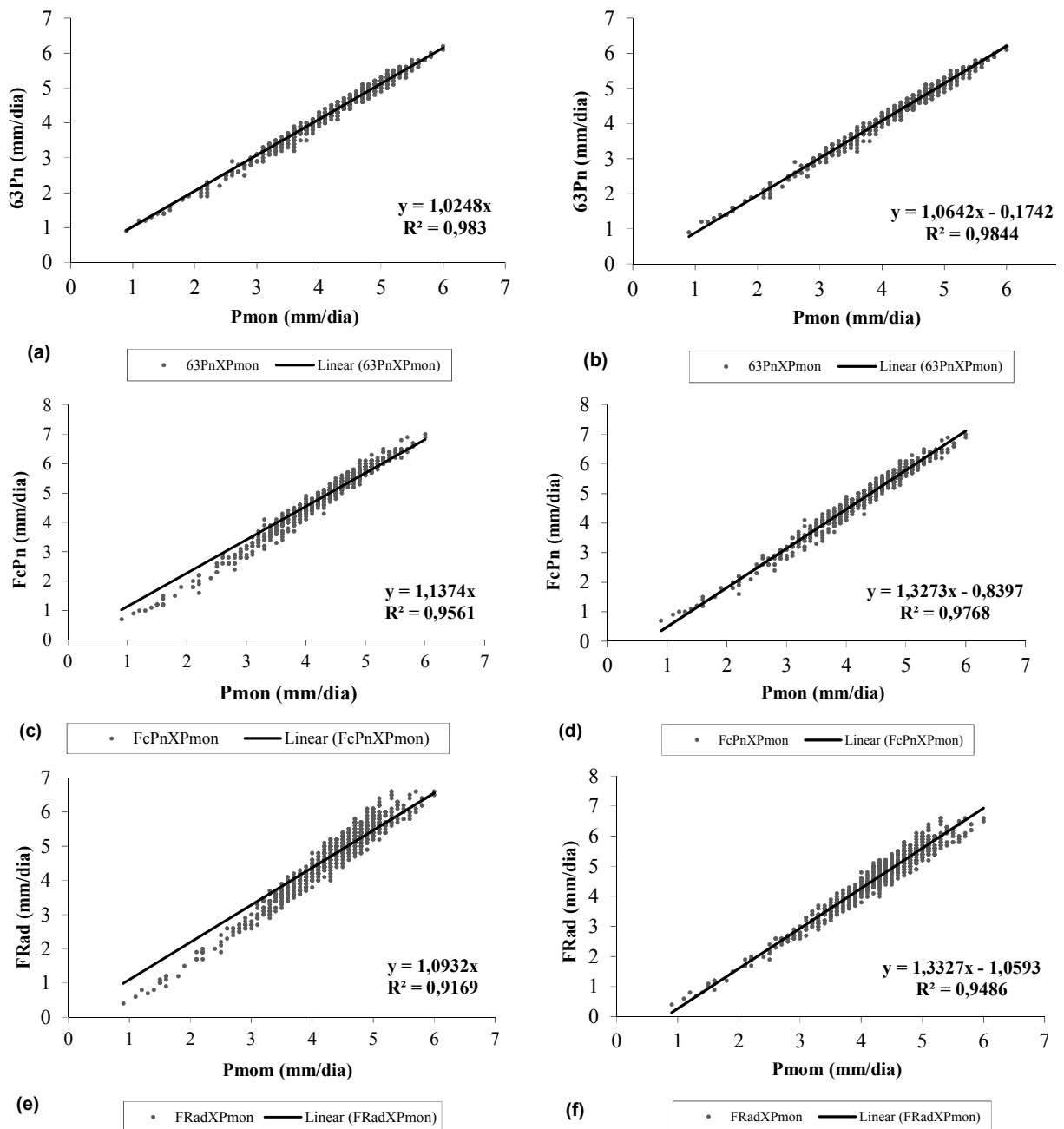
A Figura 1 está apresentada a análise de regressão linear entre os valores estimados de ETo, bem como os coeficientes de determinação (R^2) para as regressões forçadas pela origem e regressão completa, considerados para o período seco. Observa-se pelas Figuras 1(a), 1(c), 1(e) e 1(i) que os métodos Penman 63 (63Pn), FAO-Penman corrigido (FcPn), FAO-Radiação (FRad) e Hargreaves & Samani (Harg) superestimaram os valores de ETo em relação ao método de Penman-Monteith (Pmon) em: 2,48; 13,7; 9,32 e 20,55%, respectivamente. O método FAO-Blaney-Criddle (FB-C), Figura 1(g), subestimou os valores de ETo em comparação com o método de Penman-Monteith (Pmon) em 18,14%.

Reis et al. (2007) compararam métodos de estimativa da ETo para três municípios do Espírito Santo (Venda Nova, Sooretama e Cachoeiro de Itapemirim) para o período seco, e demonstraram que os métodos FRad, FB-C e Harg superestimaram em média o método padrão (Pmon) em aproximadamente: (19,5%; 8,0%; e 30%); (16,5%; 18,1%; e 31,4%) e (10,3%; 20,6%; e 26,2%), respectivamente.

Oliveira et al. (2005) compraram métodos de estimativa da ETo com o método padrão (Pmon) para Santo Antônio de Goiás, GO, no período seco, e determinaram

que os métodos FRad, Harg, FB-C e FcPn superestimaram em média Pmon em 38,8%, 24,5%, 22,1% e 17,9%.

Nas Figuras 1(b), 1(d), 1(f) e 1(h) observa-se que os modelos de estimativa da ETo (63Pn, FcPn, FRad e FB-C) apresentaram ótimos ajustes ao método padrão (Pmon), aproximadamente 98,4%, 97,7%, 95% e 83,5%, respectivamente. Já na Figura 1(j) observa-se que o modelo de Hargreaves & Samani não apresentou um bom ajuste ao método padrão (Pmon), aproximadamente 52%.



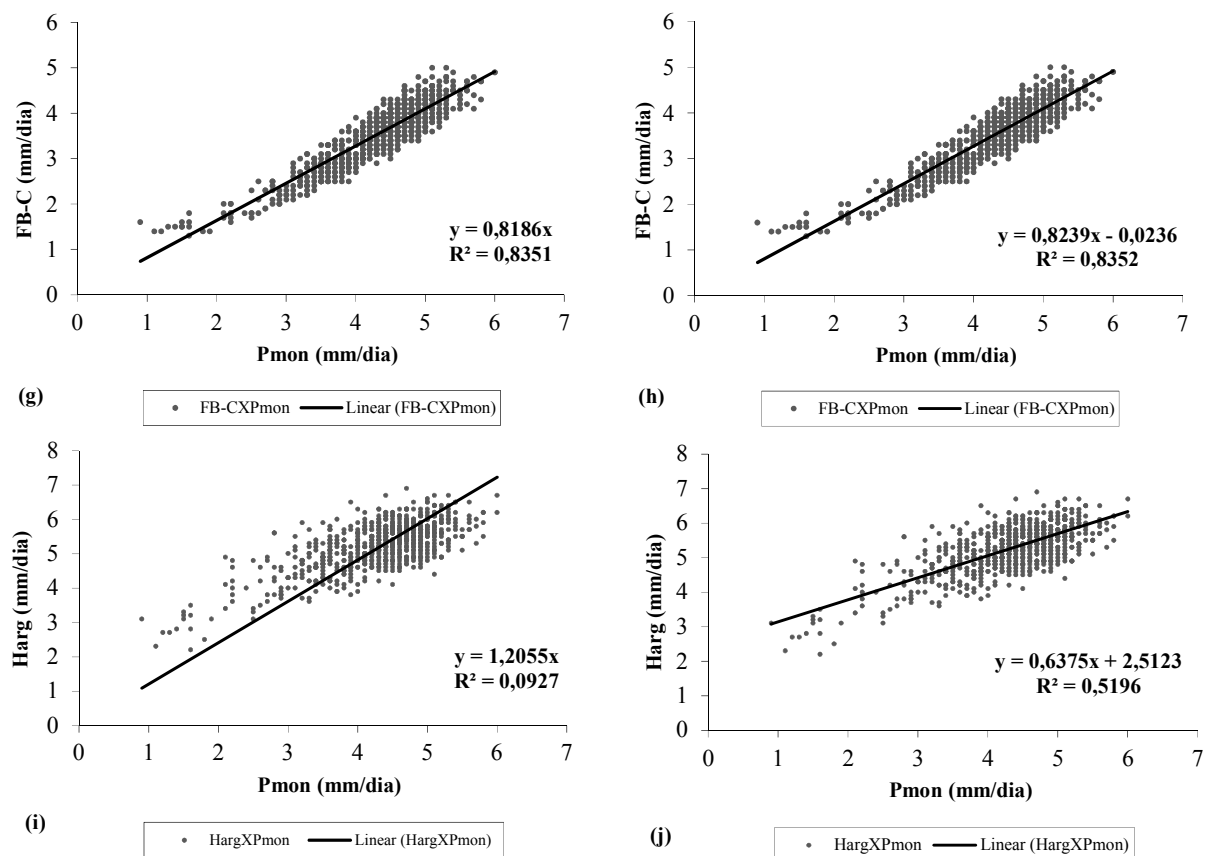


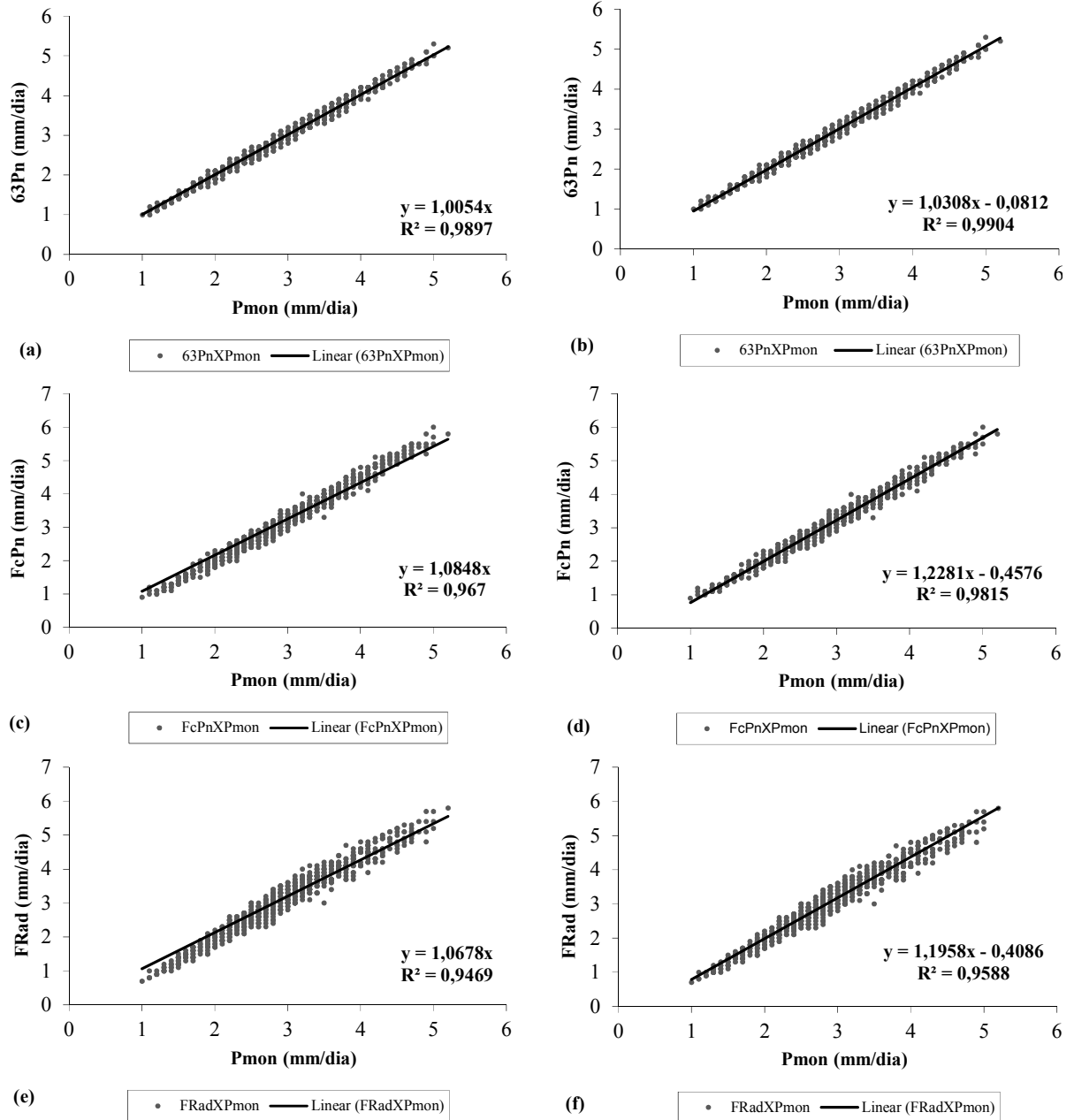
Figura 1. Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ETo) para o período seco, forçada pela origem e equação completa, estimados segundo o método de Penman-Monteith (Pmon) (eixo x) em relação aos métodos Penman 63 (63Pn) (a) e (b); FAO-Penman corrigido (FcPn) (c) e (d); FAO-Radiação (FRad) (e) e (f); FAO-Blaney-Criddle (FB-C) (g) e (h); e Hargreaves & Samani (Harg) (i) e (j) (eixo y).

Na Figura 2 pode-se observar a análise de regressão linear entre os valores estimados de ETo, bem como os coeficientes de determinação (R^2) para as regressões forçadas pela origem e regressão completa, considerados para o período úmido. Pode-se perceber que os métodos Penman 63 (63Pn), FAO-Penman corrigido (FcPn), FAO-Radiação (FRad) e Hargreaves & Samani (Harg), Figuras 2(a), 2(c), 2(e) e 2(i), superestimaram os valores de ETo quando comparados ao método de Penman-Monteith (Pmon) em: 0,54; 8,48; 6,78 e 18,88%, respectivamente. O método FAO-Blaney-Criddle (FB-C), Figura 2(g), subestimou os valores de ETo quando comparados ao método de Penman-Monteith (Pmon) em 18,48%.

Bragança et al. (2010), comparando métodos de estimativa da ETo para três municípios do Espírito Santo (Venda Nova, Sooretama e Cachoeiro de Itapemirim) para o período úmido, demonstraram que os métodos FRad, FB-C e Harg superestimaram em média o método padrão (Pmon) em aproximadamente: (11,3%; 0,9%; e 38,2%); (18%; 9,0%; e 3,5%) e (9,0%; 4,8%; e 37,7%), respectivamente.

Oliveira et al. (2005) compraram métodos de estimativa da ETo com o método padrão (Pmon) para Santo Antônio de Goiás, GO, no período chuvoso, e determinaram que os métodos Harg, FRad e FcPn superestimaram em média Pmon em 32,3%, 12,2% e 8,6%. Já o método FB-C subestimou em média Pmon em 6,7%.

Nas Figuras 2(b), 2(d), 2(f) e 2(h) observa-se que os modelos de estimativa da ETo (63Pn, FcPn, FRad e FB-C) apresentaram ótimos ajustes ao método padrão (Pmon), aproximadamente 99%, 98%, 96% e 91%, respectivamente. Já na Figura 2(j) observa-se que o modelo de Hargreaves & Samani apresentou ajuste ao método padrão (Pmon) inferior ao alcançado pelos demais métodos, aproximadamente 77,3%.



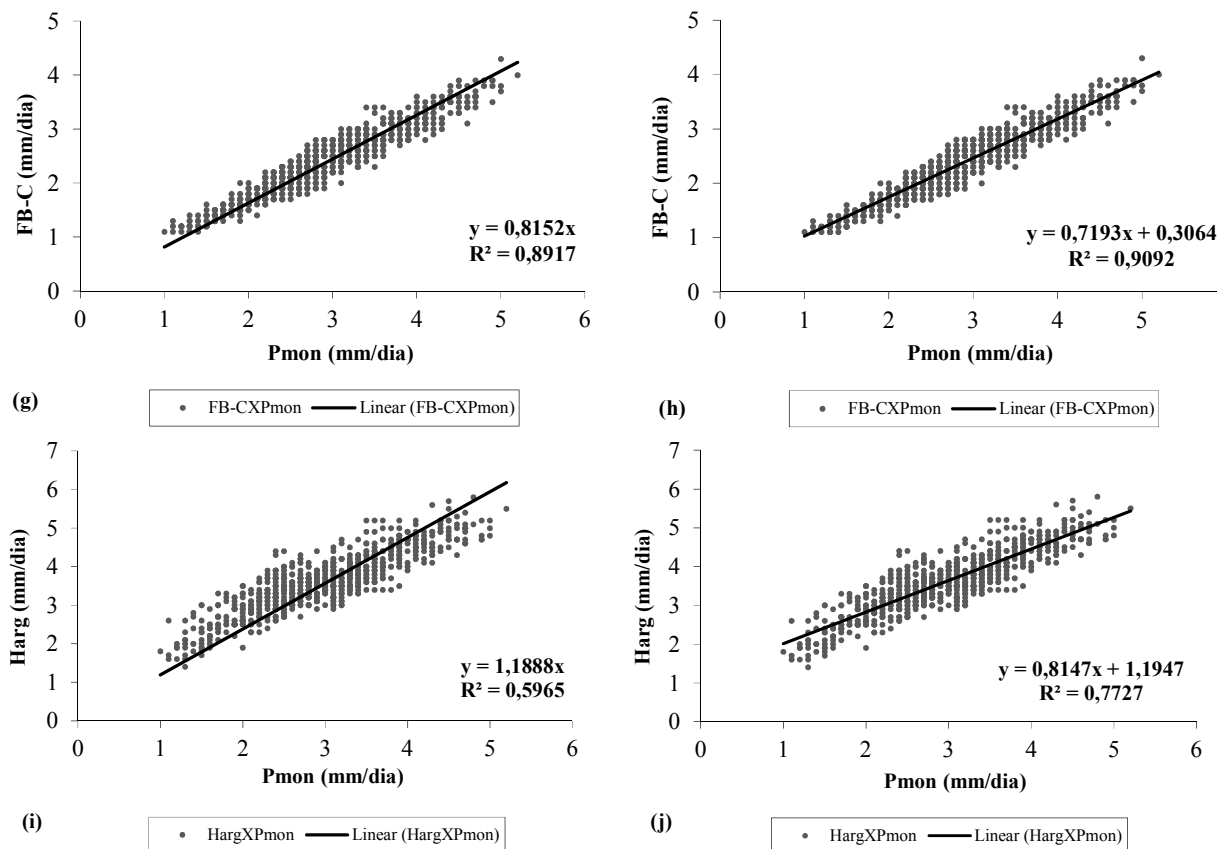


Figura 2. Regressão linear entre valores diários da evapotranspiração de referência (ET_o) para o período úmido, forçada pela origem e equação completa, estimados segundo o método de Penman-Monteith (Pmon) (eixo x) em relação aos métodos Penman 63 (63Pn) (a) e (b); FAO-Penman corrigido (FcPn) (c) e (d); FAO-Radiação (FRad) (e) e (f); FAO-Blaney-Criddle (FB-C) (g) e (h); e Hargreaves & Samani (Harg) (i) e (j) (eixo y).

Na Tabela 2, para ambos os períodos avaliados, pode-se observar pelos pares de valores (R^2 ; r) que os métodos de 63Pn (0,98; 0,99) e (0,99; 0,99), FcPn (0,97; 0,98) e (0,98; 0,99), FRad (0,94; 0,97) e (0,96; 0,98), FB-C (0,83 e 0,91) e (0,91; 0,95), foram aqueles em que os valores de ET_o estimados melhor se ajustaram aos valores calculados pelo método padrão (Penman-Monteith). O bom ajuste linear de tais métodos pode ser verificado também pelos valores encontrados para o Erro Padrão da Estimativa (EPE) e Erro Padrão da Estimativa Ajustado (EPE_{ACO} e EPE_{ACC}): 63Pn (0,1557; 0,1093; e 0,1008), FcPn (0,6388; 0,1980; e 0,1233), FRad (0,5138; 0,2890; e 0,1863) e FB-C (0,8417; 0,3581; e 0,3558), para o período seco; e 63Pn (0,0901; 0,0881; e 0,0832), FcPn (0,3223; 0,1751; e 0,1159), FRad (0,3158; 0,2222; e 0,1748) e FB-C (0,6052; 0,2569; e 0,2666), para o período úmido.

O método Hargreaves & Samani apresentou ajuste linear inferior com relação aos demais métodos avaliados comprovados pelos valores do par (R^2 ; r), para período seco e úmido respectivamente: (0,52; 0,72) e (0,77; 0,88). Ajustes inferiores para o método Hargreaves & Samani também foram observados por Alencar et al. (2011) para a cidade de Uberaba, MG.

Com relação ao índice “*d*” que avalia a exatidão (concordância) dos valores estimados de ETo pelos métodos propostos, Tabela 2, todos os métodos avaliados e comparados com o método padrão (Penman-Monteith) apresentaram valores que variaram de 0,82 a 0,99 (período seco) e de 0,93 a 0,99 (período úmido), considerados como de muito boa concordância.

Para o índice “*c*”, Tabela 2, para pares de valores (período seco; período úmido), os métodos 63Pn (0,98; 0,98), FcPn (0,97; 0,98), FRad (0,95; 0,97) e FB-C (0,86; 0,92), foram classificados como “ótimos” para o critério desempenho. O método de Hargreaves & Samani, com valores do índice de desempenho “*c*” de 0,59 e 0,82, foi classificado como “sofrível” e “muito bom”, período seco e período úmido, respectivamente.

Tabela 2. Valores do coeficiente de determinação (R^2), Erro Padrão de Estimativa (EPE), Erro-padrão da estimativa ajustado em relação à regressão linear forçada pela origem (EPEA_{CO}) e Erro-padrão da estimativa ajustado em relação à regressão linear completa (EPEA_{CC}), coeficiente de correlação (*r*) e indicadores de exatidão (*d*) e de desempenho (*c*), para os períodos seco e úmido, respectivamente.

Correlação		Parâmetros estatísticos						
Período seco								
Y	X	R^2	EPE	EPEA _{CO}	EPEA _{CC}	<i>r</i>	<i>d</i>	<i>c</i>
63Pn	Pmon	0,98	0,1557	0,1093	0,1008	0,99	0,99	0,98
FcPn	Pmon	0,97	0,6388	0,1980	0,1233	0,98	0,99	0,97
FRad	Pmon	0,94	0,5138	0,2890	0,1863	0,97	0,98	0,95
FB-C	Pmon	0,83	0,8417	0,3581	0,3558	0,91	0,95	0,86
Harg	Pmon	0,52	1,1201	0,5597	0,7701	0,72	0,82	0,59
Período úmido								
63Pn	Pmon	0,99	0,0901	0,0881	0,0832	0,99	0,99	0,98
FcPn	Pmon	0,98	0,3223	0,1751	0,1159	0,99	0,99	0,98
FRad	Pmon	0,96	0,3158	0,2222	0,1748	0,98	0,99	0,97
FB-C	Pmon	0,91	0,6052	0,2569	0,2666	0,95	0,97	0,92
Harg	Pmon	0,77	0,7636	0,4177	0,4574	0,88	0,93	0,82

6 CONCLUSÕES

1. Os métodos Penman 63, FAO-Penman corrigido, FAO-Radiação e FAO-Blaney-Criddle apresentaram as melhores avaliações para todos os critérios estatísticos adotados para a comparação entre os valores diários estimados de ETo com o método de Penman-Monteith (FAO-56), em ambos períodos avaliados, sendo confiáveis para utilização para região do município de Rio Real;

2. O método de Hargreaves & Samani obteve avaliação inferior para todos os critérios de comparação com relação aos demais métodos de estimativa de ETo, tanto para o período seco quanto para o período úmido;

3. O método de Penman-Monteith (FAO-56) é ainda o método mais utilizado para estimativa da ETo, por ser o método que melhor se ajusta a valores de ETo medida em lisímetros, porém há uma necessidade em se pesquisar métodos alternativos de estimativa que

necessitem de um menor número de informações meteorológicas e que se ajustem às diferenças climatológicas de cada região de interesse.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALENCAR, L. P.; DELGADO, R. C.; ALMEIDA, T. S.; WANDERLEY, H. S. Comparação de diferentes métodos de estimativa diária da evapotranspiração de referência para a região de Uberaba. **Agrária** (Recife. Online), v. 6, n. 2, p. 337-343, 2011.

ALLEN, R. G. **REF-ET: Reference evapotranspiration calculator, Version 2.1**. Idaho: Idaho University, 2000. 82p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D. SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. Irrigation and drainage paper 56.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; SENTELHAS, P. C.; SILVA, A. A. G. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para Parnaíba e Teresina, Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.11, n.1, p.63-68, 2003.

BORGES, A. C.; MENDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na Bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.3, p.293-300, 2007.

BRAGANÇA, R.; REIS, E. F.; GARCIA, G. O.; PEZZOPANE, J. E. M. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso para três localidades no Estado do Espírito Santo. **Idesia**, v.28, n.2, p.21-29, 2010.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.

CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.5, n.1, p.89-97, 1997.

DROOGERS, P; ALLEN, R. G. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. **Irrigation and Drainage Systems**, v.16, n. 1, p.33-45, 2002.

IBGE. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: v.33, p.1-133, 2006.

JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York. ASCE, 1990. 332p.

LEAL, B. G.; SEDIYAMA, G. C. Modelo matemático para determinação da curva do coeficiente de Cultura, Kc. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.12, n.2, 124-133, 2004.

- MENDONÇA, J. C. ; SOUSA, E. F. ; BERNARDO, S.; DIAS, G. P. ; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região norte fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.2, p.275-279, 2003.
- OLIVEIRA, R. Z.; OLIVEIRA, L. F. C.; WEHY, T. R.; BORGES, L. B.; BONONO, R. Comparação de metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Goiânia, GO. **Biosci. J.**, v.21, n.3, p.19-27, 2005.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba – RS: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478p.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.
- 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.
- SANTANA, M. B.; SOUZA, L. S.; SOUZA, L. D.; FONTES, L. E. F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n. 1, p.1-12, 2006.
- SILVA, V. P. R.; CAMPOS, J. H. B. C.; AZEVEDO, P. V. Water-use efficiency and evapotranspiration of mango orchard grown in northeastern region of Brazil. **Scientia Horticulturae**, v.1, n.120, p.467-472, 2009.
- SMITH, M.; ALLEN, R.; MONTEITH, J.; PERRIER, A.; PEREIRA, L.; SEGEREN, A.; **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for predictions of crop water requirements**. Rome: FAO, 1991. 45p.
- SOUZA, A. P.; CARVALHO, D. F.; SILVA, L. B. D.; ALMEIDA, F. T.; ROCHA, H. S. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (Impressa), v. 46, n.3, p. 219-228, mar. 2011.
- SOUSA, I. F.; SILVA, V. P. R.; SABINO, F. G.; AGUIAR NETTO, A. 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 (Online)**, v. 14, n. 6, p. 633-644, 2010.
- SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S.; LEDO, C. A. S. Sistema radicular dos citros em Neossolo Quartzarênico dos Tabuleiros Costeiros sob irrigação e sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1373-1381, 2007.
- WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.