



Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.5, nº. 3, p.173- 187, 2011
 ISSN 1982-7679 (On-line)
 Fortaleza, CE, INOVAGRI – <http://www.inovagri.org.br>
 Protocolo056 11– 03/05/2011 Aprovado em 29/08/2011

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNÍCIPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

Lucas da Costa Santos¹, João Luiz Zocoler², Adma Viana Bezerra³, André Luiz Justi⁴,
 José Joaquim de Carvalho⁴

¹Mestrando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural UNESP, CP 237, CEP 18610-307, Botucatu-SP, E-mail: lucas.cs21@gmail.com

²Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, UNESP/Ilha Solteira-SP. E-mail: zocoler@agr.feis.unesp.br

³Geógrafa, Depto de Geografia, UESB/Vitória da Conquista-BA. E-mail: adelu2010@gmail.com

⁴Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Engenharia Rural UNESP/Botucatu-SP. E-mail: aljusti@fca.unesp.br; jjc@fca.unesp.com

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho, estimar e analisar a demanda evapotranspirométrica do município de Vitória da Conquista, localizado na região sudoeste do Estado da Bahia, e ainda avaliar o desempenho dos métodos empíricos de Penman Modificado – FAO 24, Radiação – FAO 24, Blaney-Criddle - FAO 24, Hargreaves-Samanni (1985), Priestley-Taylor e Turc (1961); os quais foram comparados com o método padrão Penman-Monteith – FAO 56, nas escalas de um, três, cinco e sete dias. Foram utilizadas variáveis climáticas referentes ao período de 1997 a 2010. Para comparar os valores de ET_0 estimados por meio das equações empíricas com os do método padrão, foram considerados os parâmetros da equação de regressão a e b, coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d) e do índice de confiança ou desempenho (c). Os resultados obtidos indicam que para fins de dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação na região de Vitória da Conquista/BA, deve-se adotar um valor de ET_0 máxima de 8 mm dia⁻¹, valor este determinado pela metodologia de Penman Monteith – FAO 56 para o período de 1997 a 2010. Quanto às demais metodologias, todas apresentaram comportamento satisfatório com classificação variando de Muito Boa a Ótima para as condições climáticas do município em estudo.

PALAVRAS CHAVE: Variáveis Climáticas, Equações Empíricas, Evapotranspiração de Referência

SUMMARY

STUDY OF EVAPOTRANSPIROMETER DEMAND THE CITY OF VITORIA OF CONQUISTA, BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this study, was estimate and analyze the demand evapotranspirometers of Vitoria da Conquista city, located in the southwestern state of Bahia/Brazil, and assess the performance of empirical methods of Modified Penman -

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

FAO 24, Radiation - FAO 24 Blaney -Criddle - FAO 24, Samanni-Hargreaves (1985), Priestley-Taylor and Turc (1961), which were compared with the standard Penman-Monteith - FAO 56, on scales of one, three, five and seven days. Climatic variables were used for the period 1997 to 2010. To compare the values of ET_0 estimated by the empirical equation and the standard method, were considered the parameters of the regression equation a and b, coefficient of determination (r^2), correlation coefficient (r), estimated standard error (ESE) agreement index (d) and the index of confidence or performance (c). The results indicate that for purposes of design and management of irrigation systems in the region of Vitoria da Conquista, Bahia/Brazil one must adopt a value of up to $8 ET_0 \text{ mm day}^{-1}$, a value determined by the method of Penman Monteith - 56 FAO for the period 1997 to 2010. For other methods, all performed quite well with ratings ranging from Very Good to Great for the climatic conditions of the city under study.

KEY WORDS: Climate Variables, Empirical Equation, Reference Evapotranspiration

INTRODUÇÃO

A grande variabilidade temporal e espacial da distribuição das chuvas, principalmente em regiões áridas e semiáridas, determina altos níveis de risco às atividades agrícolas. Nesse contexto, a irrigação é uma alternativa utilizada para viabilizar e aumentar a produção agrícola em locais de baixos índices pluviométricos.

Para determinação do valor da lâmina de irrigação, são usadas diversas metodologias, sendo elas divididas em três grupos: as que se baseiam no monitoramento da planta, do solo e por último, e uma das mais utilizada no Brasil, à metodologia de monitoramento do clima, a qual estima através de variáveis climáticas a evapotranspiração de referência, o que permite, a qualquer momento, definir a quantidade de água utilizada pelas plantas bem como o momento de se irrigar e a lâmina de água necessária para repor o déficit hídrico no solo.

Entende-se por evapotranspiração de referência (ET_0), a perda de água para a atmosfera de uma área extensa coberta de grama com tamanho uniforme, com 8 a 15 cm de altura, em ativo crescimento, sombreando completamente o terreno e sem escassez de água (BERNARDO, 2006). Para Sedyama (1996) e Allen et al., (1998) o método de Penman-

Monteith FAO 56 é considerado como padrão na determinação da ET_0 , e para sua utilização são necessárias medidas de saldo de radiação (R_n), fluxo de calor no solo, temperatura e umidade do ar, pressão atmosférica e velocidade do vento a 2 m de altura. Os produtores rurais, contudo, nem sempre dispõem desses dados, sendo necessária a utilização de métodos mais simples para o cálculo de ET_0 .

De acordo com Grismer et al. (2002), existem cerca de cinquenta métodos para a estimativa da ET_0 , os quais exigem informações meteorológicas distintas e, portanto, produzem frequentemente, resultados inconsistentes.

Jensen et al. (1990) citam que é de fundamental importância fazer uma comparação e uma calibração dos diferentes modelos para cada localidade onde se deseja utilizá-los, levando em consideração as condições locais.

Alves Sobrinho et al. (1997) compararam a ET_0 estimada pelos métodos Penman-FAO, Hargreaves, Radiação-FAO, Blaney-Criddle-FAO e Tanque Classe A, com o método Penman-Monteith, para períodos mensais, em duas localidades no Estado de Mato Grosso do Sul. Com exceção do método Tanque Classe A, os resultados encontrados apresentaram altos níveis de correlação. Oliveira et

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

al., (2010) trabalhando apenas com os métodos de Hargreaves-Samanni e Makkink, metodologias estas, que só utilizam como dados de entrada a temperatura do ar e a radiação solar global incidente, obtiveram comportamento semelhante nas condições climáticas do norte da Bahia.

Esse fato indica a possibilidade de se utilizar métodos que exigem poucas variáveis climatológicas na estimativa da ET_0 , baseados no método de Penman-Monteith. Informações como estas são importantes, já que, a posse de dados climáticos regionais confiáveis geram estimativas mais precisas da evapotranspiração o que conseqüentemente leva a um melhor aproveitamento das precipitações naturais bem como no dimensionamento de sistemas de irrigação.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, estimar e analisar a demanda evapotranspirométrica na região sudoeste do Estado da Bahia, e ainda avaliar o desempenho dos métodos empíricos de Penman Modificado – FAO 24, Radiação – FAO 24, Blaney-Criddle - FAO 24, Hargreaves-Samanni (1985), Priestley-Taylor e Turc (1961); os quais foram comparados com o método padrão Penman-Monteith – FAO 56, nas escalas de um, três, cinco e sete dias.

MATERIAL E MÉTODOS

Vitória da Conquista é um município que está localizado a Latitude 14°51' S, Longitude 40°50' W e altitude de 941 metros, situado na região sudoeste do estado da Bahia. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região varia do tipo subúmido ao semiárido. Com temperaturas mínimas que variam de 9 a 15°C, no mês mais frio (julho), enquanto no verão as temperaturas máximas registradas oscilam de 22 a 30°C no mês mais quente (janeiro). A temperatura média

anual varia entre 19,5 a 20,5° C e possui umidade relativa do ar média anual variando de 70 a 85%.

Para estimativa da ET_0 foram utilizados dados obtidos na estação meteorológica instalada no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, operada em parceria com o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

O período de observação foi de quatorze anos (1997 – 2010), sendo que, para fins estatísticos, foi utilizada a média deste. Antes do processamento dos dados foi realizada análise e tratamento dos mesmos com o intuito de identificar e eliminar as informações que se mostraram inconsistentes, visando obter um agrupamento de dados mais representativos.

Foram utilizadas as seguintes variáveis climáticas: radiação solar, temperatura máxima, mínima e média do ar, umidade relativa máxima, mínima e média do ar, velocidade média do vento e pressão barométrica. Para estimativa da ET_0 foi utilizado o Programa Computacional REF-ET (ALLEN, 2000), pelos métodos Penman Modificado – FAO 24, Radiação – FAO 24, Blaney-Criddle - FAO 24, Hargreaves-Samanni (1985), Priestley-Taylor e Turc (1961), os quais foram comparados com o método padrão Penman-Monteith – FAO 56, nas escalas diária, três, cinco e sete dias. Esses métodos foram estudados porque, à exceção dos dois últimos, eles são recomendados pelo Bolletim FAO 24 e 56.

Com os dados diários da ET_0 realizou-se análise de regressão onde se correlacionou os valores obtidos pelos métodos testados com os do método padrão.

A comparação dos valores foi realizada seguindo metodologia proposta por Allen et al., (1989). Esta metodologia fundamenta-se na determinação das estimativas da evapotranspiração, nos valores da estimativa do erro padrão

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

(EEP), do coeficiente de determinação (r^2), do coeficiente de correlação (r), do coeficiente angular (b) das respectivas regressões e no índice de desempenho (c) obtido pelo produto do coeficiente de correlação com o valor de d . A hierarquização das estimativas da evapotranspiração de referência foi realizada utilizando-se o índice de

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

Em que:

EEP – estimativa do erro padrão, mm dia⁻¹;

y – evapotranspiração de referência estimada pelo método padrão, mm dia⁻¹;

\hat{y} – evapotranspiração de referência obtida pelo método comparado, mm dia⁻¹; e

n – número de observações.

Foi usada ainda, uma adaptação da metodologia descrita por Willmott et

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

Em que:

d – índice de concordância ou ajuste;

P_i – evapotranspiração de referência obtida pelo método comparado, mm dia⁻¹;

O_i – evapotranspiração de referência obtida pelo método padrão, mm dia⁻¹;

\bar{O} – média dos valores de ET_0 obtida pelo método padrão, mm dia⁻¹; e

n – número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 observa-se o comportamento da demanda

desempenho, conforme classificação proposta por Camargo e Sentelhas (1997).

A melhor alternativa foi aquela que apresentou maior r^2 , maior r , menor EEP e b próximo da unidade.

A estimativa do erro padrão foi calculada por meio da Equação (1), proposta por Allen et al. (1986).

al. (1985); nesta, a aproximação dos valores obtidos pelos métodos testados e os estimados pela equação de Penman-Monteith FAO-56, foi dada por um índice designado de concordância ou ajuste, representado pela letra “ d ”. Seus valores variam de zero, para nenhuma concordância, a 1 para a concordância perfeita. O valor de “ d ” é calculado por meio da Equação (2).

evapotranspirométrica no município de Vitória da Conquista/BA, onde pode-se constatar que o mês de outubro é o que apresenta os maiores valores de ET_0 , elevando a média do período para 4,5 mm dia⁻¹. Já os meses de maio, junho e julho se opõem a este, apresentando os menores valores de ET_0 , sendo comuns lâminas que giram em torno de 2,5 mm dia⁻¹.

Os valores modais para a evapotranspiração de referência máxima nessa região oscilam entre 5 a 8 mm dia⁻¹, sendo que estes são mais comuns durante toda primavera e meados do verão.

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

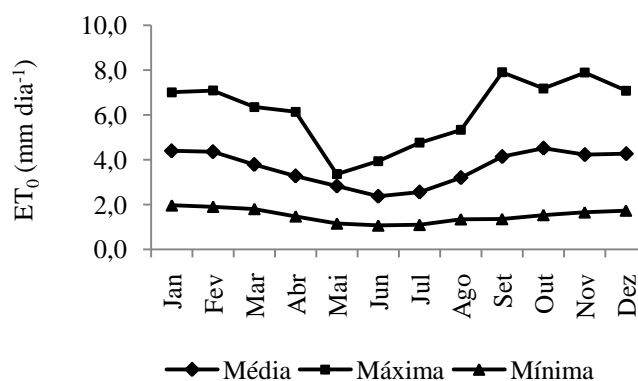


Figura 1. Comportamento da demanda evapotranspirométrica no município de Vitória da Conquista/BA, para o período de 1997-2010, determinada a partir da metodologia de Penman Monteith FAO-56.

Nas Figuras 2 e 3, encontram-se as variações diárias dos valores dos elementos meteorológicos utilizados na

estimativa da evapotranspiração de referência, obtidos durante o período estudado.

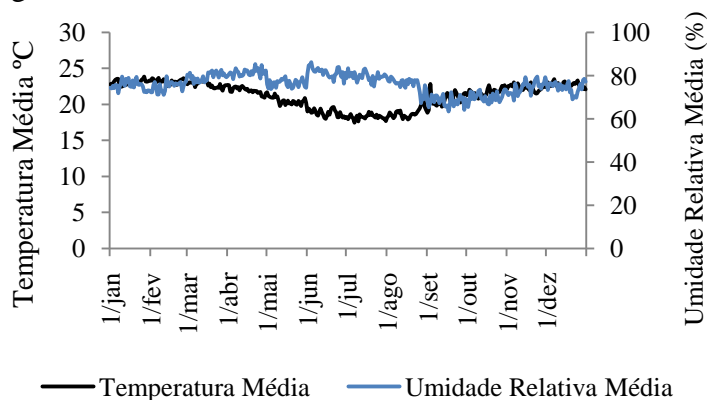


Figura 2. Variação diária da temperatura e da umidade relativa média do ar durante o período estudado.

Observa-se na Figura 2, que a umidade relativa média foi, em grande parte do período analisado, superior a 70%, (média de 76%) classificada como alta, com a ocorrência de valores extremos médios diários; sendo 35,6% e

97,8% os valores mínimo e máximo, respectivamente. A temperatura média do ar ficou em torno de 20,5 °C, sendo observados valores máximo e mínimo médio diário de 23,8 e 17,5 °C, respectivamente.

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

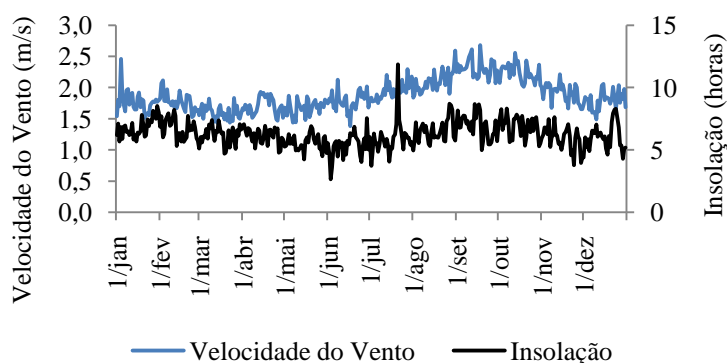


Figura 3. Variação diária da velocidade média do vento e da radiação solar ao longo do período estudado.

Observa-se na Figura 3 que a velocidade média do vento foi inferior a 2 m.s^{-1} , considerada leve, de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977). A insolação média diária foi de 6,2 horas.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados das comparações entre os

valores da evapotranspiração de referência obtidos pelos métodos estudados com os valores estimados pelo método de Penman Monteith FAO-56 nas escalas de um, três, cinco e sete dias.

Tabela 1. Parâmetros da equação de regressão (a, b), coeficiente de determinação (r^2), estimativa do erro padrão (EEP), coeficiente de correlação (r), índice de concordância (d), índice de confiança ou desempenho (c) e valores da ET_0 diárias, três, cinco e sete dias, para o período e 1997 a 2010 no município de Vitória da Conquista/BA.

Métodos	a	b	r^2	EEP	r	d	c	Classificação*	ET_0 (mm dia^{-1})	Diferença Relativa (%)
Diária										
FAO 56 PM									3,66	
Penman Mod.	-0,45	1,31	0,99	0,74	0,99	0,86	0,85	Muito Bom	4,35	+18,8
Radiação	-0,04	1,17	0,97	0,61	0,98	0,89	0,87	Muito Bom	4,23	+15,6
B. Criddle	0,33	0,83	0,96	0,36	0,98	0,94	0,92	Ótimo	3,36	-8,2
Harg-Samani	0,04	1,09	0,92	0,45	0,96	0,93	0,89	Muito Bom	4,02	+9,8
P. Taylor	0,06	1,04	0,92	0,33	0,96	0,96	0,92	Ótimo	3,88	+6,0
Turc	0,80	0,78	0,90	0,27	0,95	0,96	0,91	Ótimo	3,67	+0,3
Três dias										
FAO 56 PM									3,66	
Penman Mod.	-0,45	1,31	0,99	0,74	0,99	0,86	0,85	Muito Bom	4,36	+19,1
Radiação	-0,01	1,16	0,98	0,60	0,99	0,89	0,88	Muito Bom	4,24	+15,8
B. Criddle	0,37	0,82	0,97	0,36	0,98	0,94	0,92	Ótimo	3,36	-8,2
Harg-Samani	-0,06	1,11	0,94	0,43	0,97	0,94	0,91	Ótimo	4,02	+9,8
P. Taylor	0,03	1,05	0,93	0,32	0,96	0,96	0,92	Ótimo	3,88	+6,0
Turc	0,81	0,78	0,94	0,23	0,97	0,97	0,94	Ótimo	3,67	+0,3
Cinco dias										
FAO 56 PM									3,66	
Penman Mod.	-0,45	1,31	0,99	0,74	0,99	0,85	0,84	Muito Bom	4,35	+18,8
Radiação	0,00	1,16	0,99	0,60	0,99	0,89	0,88	Muito Bom	4,23	+15,6
B. Criddle	0,38	0,81	0,97	0,36	0,98	0,94	0,92	Ótimo	3,36	-8,2
Harg-Samani	-0,09	1,12	0,95	0,43	0,97	0,94	0,91	Ótimo	4,02	+9,8
P. Taylor	0,01	1,06	0,93	0,32	0,96	0,96	0,92	Ótimo	3,88	+6,0
Turc	0,81	0,78	0,95	0,22	0,97	0,98	0,95	Ótimo	3,67	+0,3
Sete dias										
FAO 56 PM									3,66	
Penman Mod.	-0,45	1,31	0,99	0,74	0,99	0,85	0,84	Muito Bom	4,35	+18,8
Radiação	0,03	1,15	0,99	0,59	0,99	0,89	0,88	Muito Bom	4,23	+15,6
B. Criddle	0,41	0,81	0,98	0,36	0,99	0,94	0,93	Ótimo	3,35	-8,5
Harg-Samani	-0,13	1,13	0,95	0,43	0,97	0,94	0,91	Ótimo	4,02	+9,8
P. Taylor	0,01	1,06	0,93	0,32	0,96	0,96	0,92	Ótimo	3,87	+5,7
Turc	0,82	0,78	0,96	0,21	0,98	0,98	0,96	Ótimo	3,67	+0,3

*Camargo e Sentelhas (1997)

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

Para a escala diária observa-se que os métodos de Turc, Priestley Taylor e Blaney-Criddle, tiveram os menores valores de Estimativa do Erro Padrão (EEP), 0,27; 0,33 e 0,36 mm dia⁻¹ e as maiores concordâncias 0,96; 0,96 e 0,94, respectivamente, apresentando portanto, os melhores desempenhos, ficando todos classificados como Ótimos. Os demais modelos ficaram classificados como Muito Bons.

SILVA et al. (2008) trabalhando com estes mesmos modelos observaram que, com exceção do método de Radiação, todos os outros demonstraram desempenho ótimo na escala diária. Esse comportamento, provavelmente, difere dos apresentados neste estudo em função do período avaliado ter sido de apenas dois anos, o que não torna representativo as condições climáticas de um local.

Os métodos de Penman Modificado e de Radiação apesar de terem apresentado um bom comportamento, sendo classificados como muito bons, apresentaram superestimativa da ordem de 18,8 e 15,6%, respectivamente. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al., (2008) em Viçosa/MG e por Lunardi et al., (1999) em Botucatu/SP, indicando que estes métodos necessitam de calibrações locais para estimativa confiável da ET₀.

A única subestimativa observada ficou por conta da metodologia de Blaney- Criddle, esta da ordem de 8,2% em relação ao método padrão de PM - FAO 56. Contudo, o método foi classificado como Ótimo. Este comportamento pode ser explicado pelo fato do modelo ter sido desenvolvido para as condições do Oeste dos Estados Unidos ajustando-se dessa forma às características climáticas da região em estudo.

O método de Hargreaves-Samanni, que dentre as metodologias analisadas, é a que apresenta a formulação mais simples, requerendo apenas dados de temperatura do ar, mostrou um bom desempenho com baixo valor de estimativa de erro padrão (0,45 mm dia⁻¹), e alta correlação ($r = 0,96$) quando comparado ao método padrão de Penman Monteith – FAO 56. Quanto à superestimativa, esta ficou em 9,8%, valor este inferior a de modelos mais complexos como os de Penman Modificado e Radiação. Estes resultados corroboram, em partes, com Jensen et al (1990), os quais citam que os métodos que se baseiam na temperatura do ar e na radiação, caso de Hargreaves-Samanni, tendem a superestimar a evapotranspiração de referência em 15 a 25%, em climas úmidos.

Diante disso, por apresentar simplicidade no seu uso, este método pode ser usado de maneira satisfatória na estimativa do consumo de água pelas culturas.

Analisando os dados da Tabela 1 em todas as escalas, observa-se que o agrupamento da ET₀ em períodos de três, cinco e sete dias, respectivamente, resultou em aumento dos coeficientes de determinação e de ajuste, com valores mais próximos da unidade e, uma redução da estimativa do erro-padrão, com valores mais próximos a zero, para a maioria dos métodos estudados, comparativamente aos valores obtidos em períodos diários. Isto era de se esperar, pois, segundo Tagliaferre (2006) o agrupamento dos valores de ET₀ em maior período de tempo melhora o desempenho dos métodos, devido à suavização das flutuações pontuais dos dados.

De modo geral, os altos valores de correlação, com coeficiente de determinação (r^2) superiores a 0,80,

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

para os modelos de Penman Modificado, Radiação, Priestley-Taylor e Turc, já era esperado, isto se explica, devido à própria formulação destes modelos que apresentam exigências semelhantes ao método de Penman Monteith – FAO 56, envolvendo o balanço de radiação, o qual segundo Pereira et al., (1997) e Bonomo (1999) é responsável por 80% da ET_0 .

Essas correlações fornecem a base para avaliar os métodos estudados em relação ao método de Penman-Monteith – FAO 56. Se o método estudado for semelhante ao método de PM - FAO 56, a linha de regressão deveria sobrepor-se a linha 1:1, ou seja, o ponto da reta onde “y” iguala-se a “x” e os pares de pontos deveriam estar próximos à linha de tendência. Quando isso não ocorre, mais a diferença é aceitável, a equação de regressão pode ser utilizada com precisão para fazer a correção do método estudado em relação ao método padrão.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 apresentam as correlações entre valores de ET_0 estimados pelos métodos estudados e pelo método de Penman-Monteith – FAO 56, para intervalos diários, de três, cinco e sete dias, respectivamente.

Analisando a Figura 4 verifica-se que os métodos de Penman Modificado e Radiação superestimaram

a ET_0 em todo período estudado e nas diferentes escalas analisadas, sendo mais significativa esta superestimativa para valores de evapotranspiração maiores que 3 mm d^{-1} . Resultados semelhantes foram encontrados por Tagliaferre (2010) na região de Eunápolis no extremo sul da Bahia.

O método de Hargreaves Samanni foi o que apresentou uma maior dispersão ao redor da linha de tendência, sendo que esta tende a intensificar-se a partir de valores de evapotranspiração de 4 mm dia^{-1} . Esse comportamento foi mais acentuado no intervalo diário, mostrando uma leve melhora para os períodos de três, cinco e sete dias.

Blaney-Criddle e Priestley-Taylor apresentaram bons ajustes, sendo que, o primeiro foi o único que subestimou o método padrão, como já mencionado anteriormente. E o segundo foi o que exibiu as melhores adaptações para os parâmetros da reta (a e b), sendo estes mais próximos de zero e um, respectivamente.

Nas demais metodologias não ocorreram grandes dispersões dos dados ao redor da linha de tendência e os mesmos acompanharam a reta de valores 1:1. Isso demonstra que os valores obtidos por esses métodos estão bem correlacionados com os do método de Penman-Monteith – FAO 56.

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

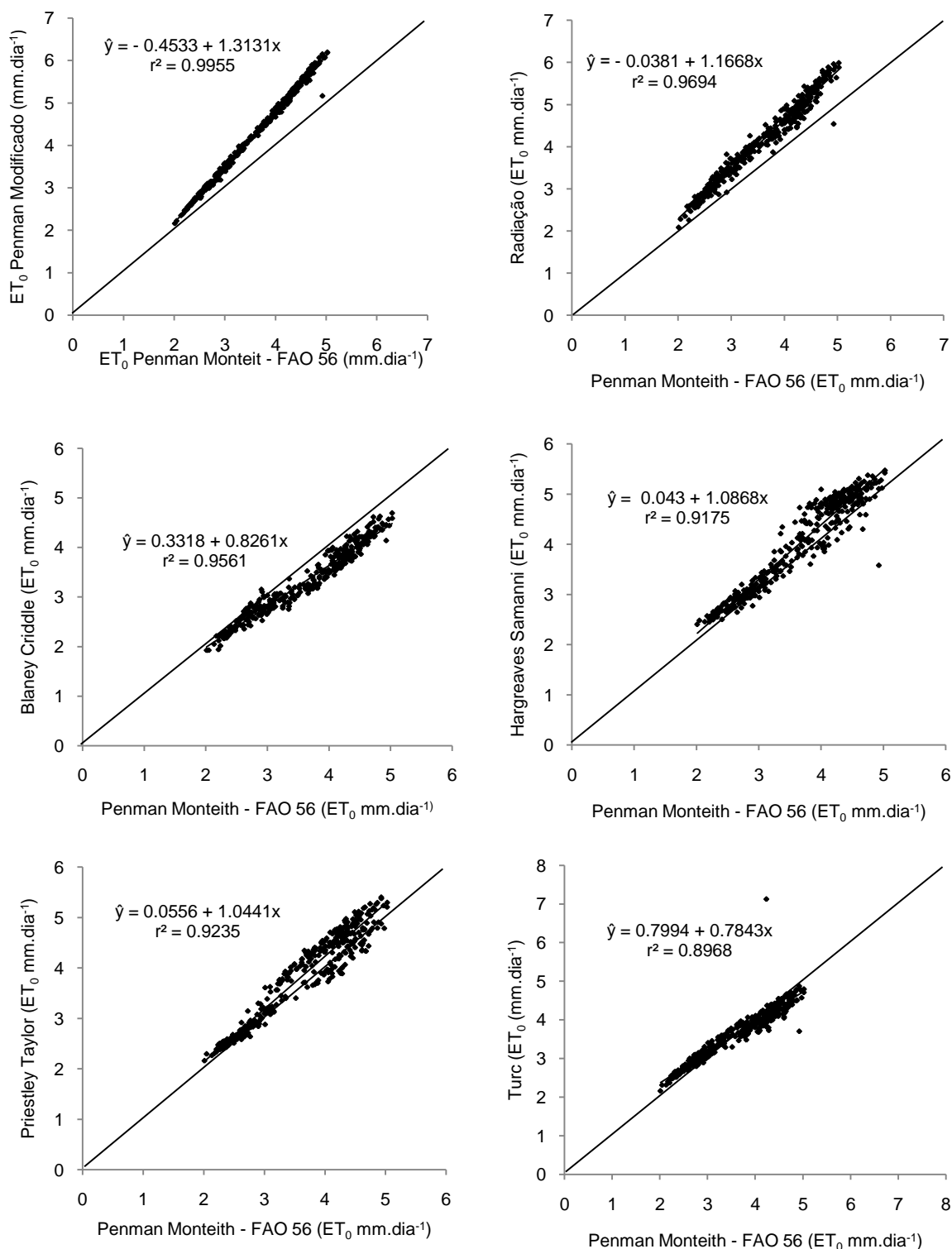


Figura 4. Equações e coeficientes de determinação obtidos entre os valores de ET₀ estimados pelos métodos de Penman Modificado, Radiação, Blaney Criddle, Hargreaves Samanni, Priestley Taylor e Turc, comparados com os determinados pelo método de Penman Monteith – FAO 56, para período diário.

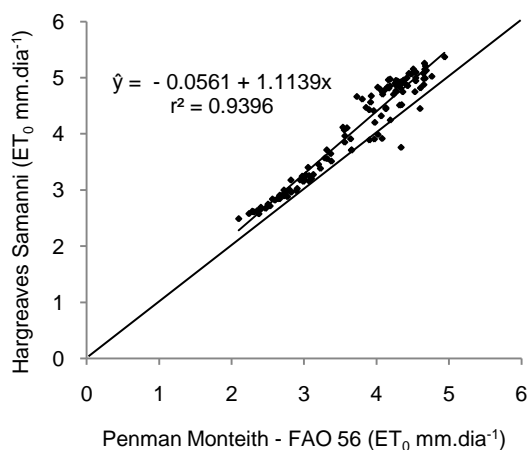
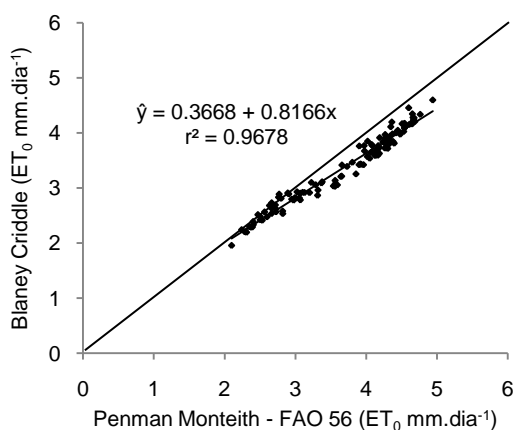
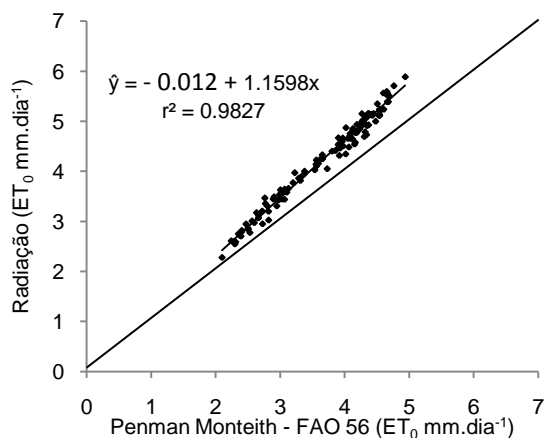
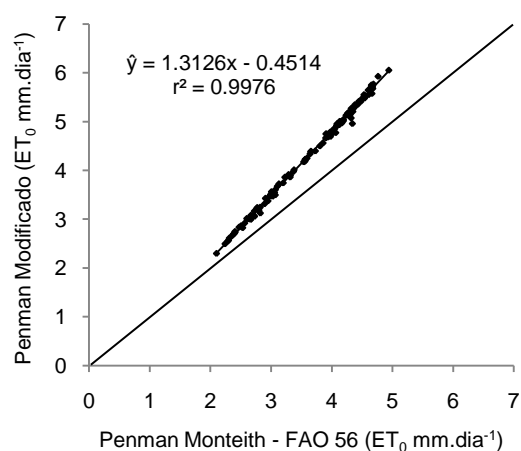
A análise das Figuras 5, 6 e 7 mostram que o agrupamento dos valores de ET₀ em períodos maiores tende a

melhorar a estimativa, tendo sido mantido o mesmo comportamento dos métodos estudados.

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

Dentre as metodologias avaliadas, as que apresentaram os melhores desempenhos com o aumento do intervalo de análise, foram às metodologias de Turc e Hargreaves, ambas apresentando aumento do coeficiente de determinação (r^2), sendo que esta última teve inclusive uma melhor classificação, passando de Muito Boa na escala diária, para

Ótima nas demais escalas. Comportamento similar foi observado por Jensen et al. (1990) que encontraram boas estimativas de ET_0 pelo método de Hargreaves-Samanni para intervalos de tempo maiores que dez dias e por REIS et al (2007) trabalhando em três localidades do Espírito Santo no período seco.



ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

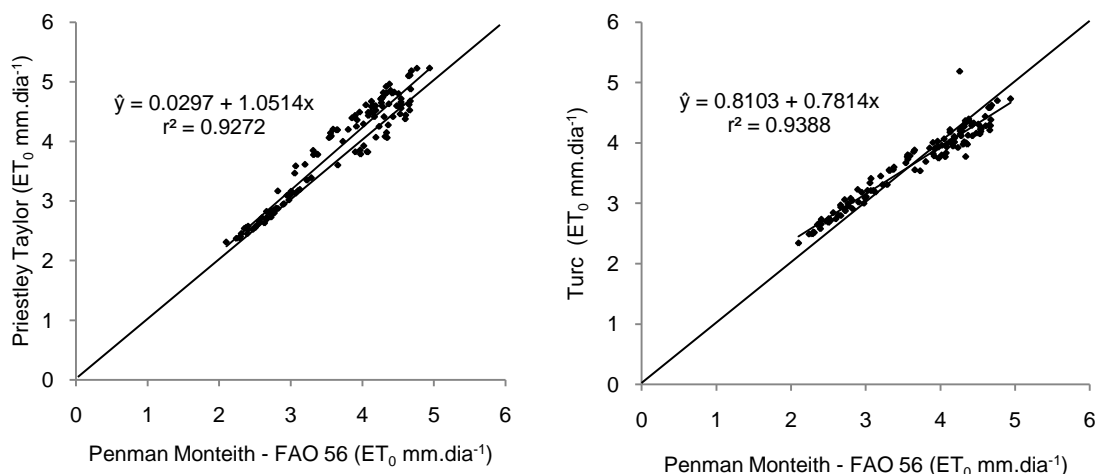
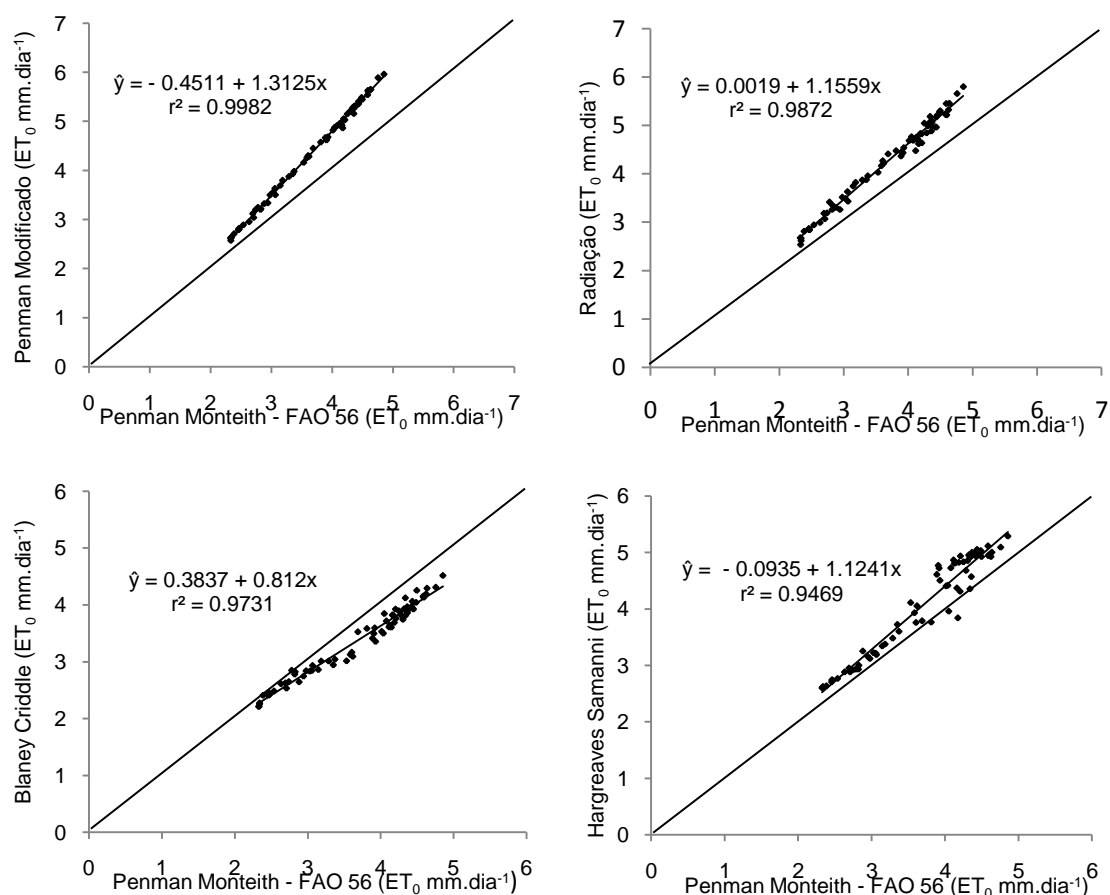


Figura 5. Equações e coeficientes de determinação obtidos entre os valores de ET_0 estimados pelos métodos de Penman Modificado, Radiação, Blaney Criddle, Hargreaves Samanni, Priestley Taylor e Turc, comparados com os determinados pelo método de Penman Monteith – FAO 56, para períodos de três dias.



ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

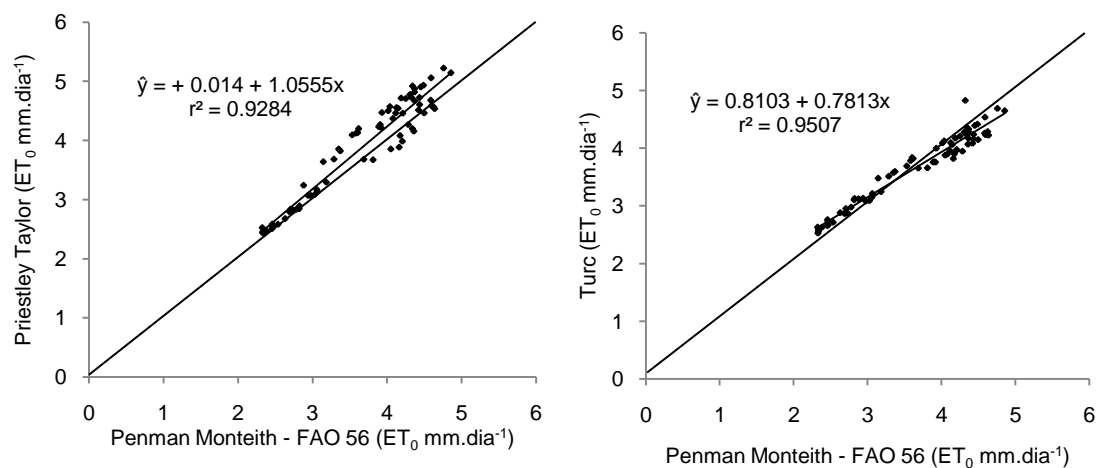
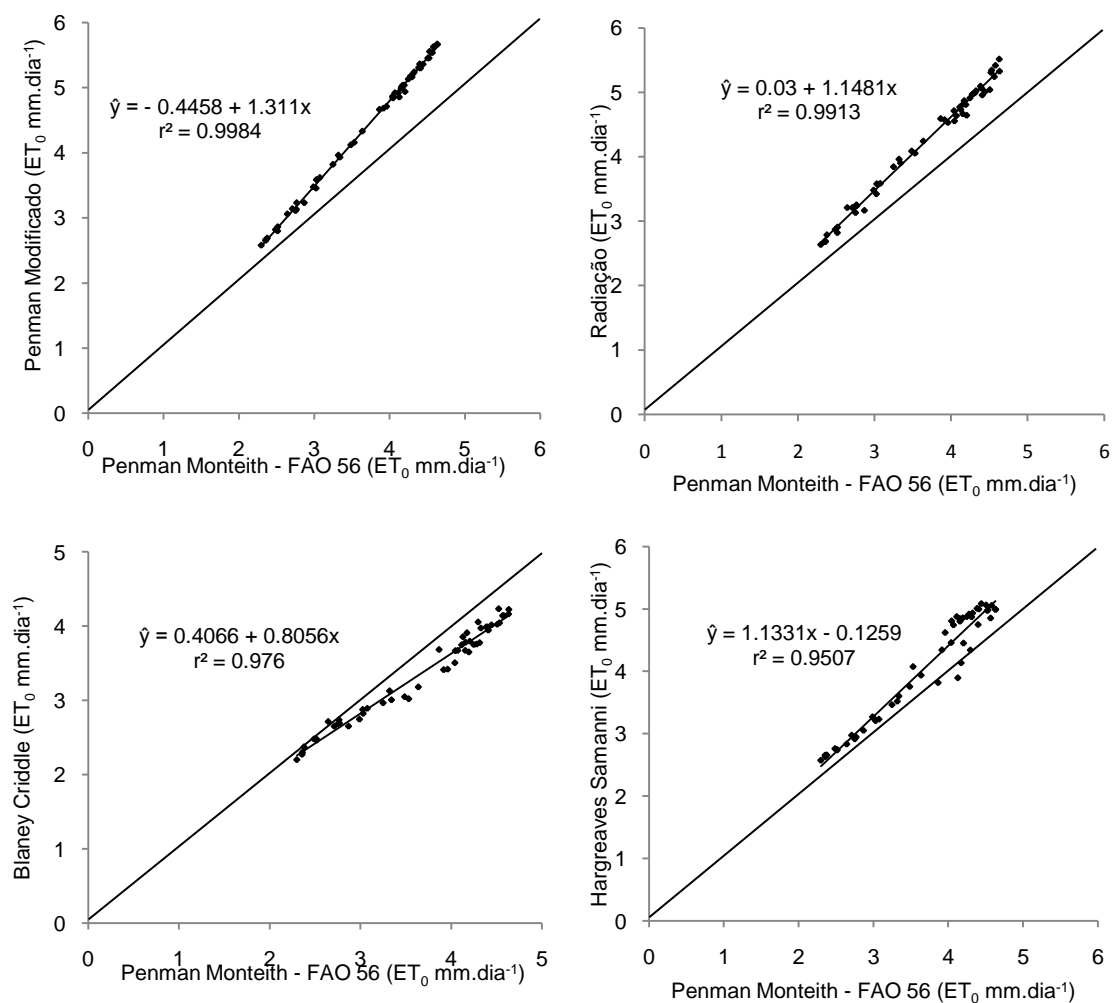


Figura 6. Equações e coeficientes de determinação obtidos entre os valores de ET_0 estimados pelos métodos de Penman Modificado, Radiação, Blaney Criddle, Hargreaves Samanni, Priestley Taylor e Turc, comparados com os determinados pelo método de Penman Monteith – FAO 56, para períodos de cinco dias.



ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

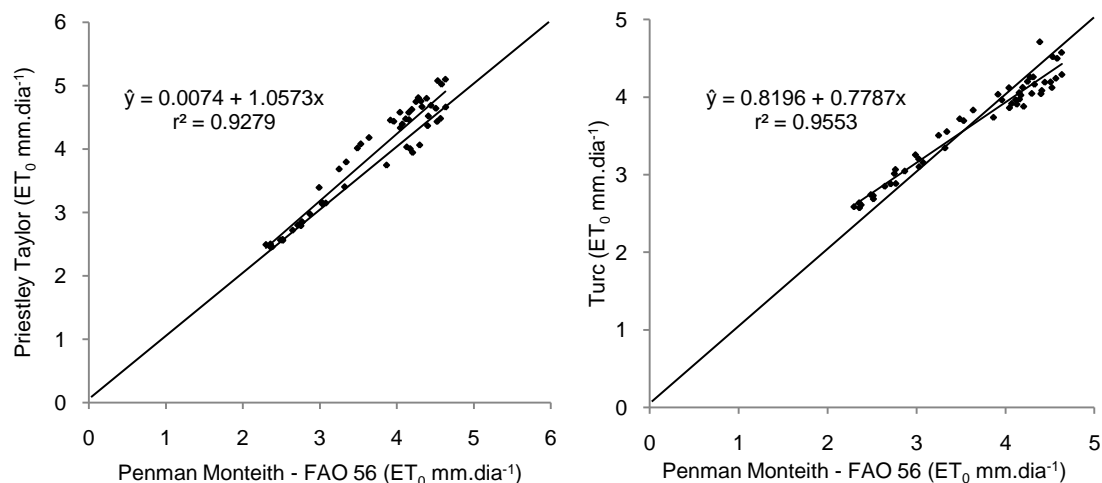


Figura 7. Equações e coeficientes de determinação obtidos entre os valores de ET_0 estimados pelos métodos de Penman Modificado, Radiação, Blaney Criddle, Hargreaves Samanni, Priestley Taylor e Turc, comparados com os determinados pelo método de Penman Monteith – FAO 56, para períodos de sete dias.

Todas as metodologias avaliadas neste estudo, nas diferentes escalas de tempo, demonstraram desempenho variando de Muito Bom a Ótimo. Entretanto, não se justifica a utilização dos modelos de Penman Modificado, Radiação, Priestley-Taylor e Turc considerando-se que os mesmos exigem praticamente as mesmas variáveis climáticas do método padrão de PM FAO 56. Por outro lado, tanto os métodos de Hargreaves Samanni como o de Blaney Criddle são uma boa alternativa prática quando se dispõe de poucos dados de clima uma vez que exigem basicamente medidas de temperatura do ar.

CONCLUSÕES

Para fins de dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação na região de Vitória da Conquista/BA, deve-se adotar valor de ET_0 máxima de 8 mm dia^{-1} , valor este determinado pela metodologia de Penman Monteith – FAO 56 para o período de 1997 a 2010;

Os métodos de Penman Modificado e Radiação apresentaram superestimativas da ordem de 18,8 e 15,6%, respectivamente, em relação ao método padrão de PM – FAO 56,

necessitando de calibrações locais para estimativa confiável da ET_0 ;

Todas as metodologias avaliadas neste estudo apresentaram comportamento satisfatório com classificação variando de Muito Boa a Ótima para as condições climáticas de Vitória da Conquista/BA;

As equações de Hargreaves-Samanni e Blaney-Criddle apesar de usar em suas fórmulas uma quantidade menor de variáveis climáticas, apresentaram um bom desempenho em todas as escalas analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G. A Penman for all seasons. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 112, n. 4, p. 348-386, 1986.

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

ALLEN, R. G.; JENSEN, M. E.; BORNAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. **Agronomy Journal**, v. 81, p. 650-662, 1989.

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO, 1998. 300 p.
- ALVES SOBRINHO, T.; BONOMO, R.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) para Dourados e Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA, 1997. CD.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. Ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais.** 1999. 224 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. **Crop water requirement.** Rome: FAO, 1977. 144 p.
- GRISMER, M. E.; ORANG, M.; SNYDER, R.; MATYAC, R. Pan evaporation to reference evapotranspiration conversion methods. **Journal of Irrigation Drainage Engineering**, v. 128, n. 3, p. 180 - 184, 2002.
- JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements.** New York: ASCE, 1990. 332 p.
- LUNARDI, M. A.; LUNARDI, D. M. C.; CAVATI, N. Comparação entre medidas evapotranspirométricas e metodológicas da FAO, na determinação da evapotranspiração de referência. **IRRIGA**, v. 4, n. 1, p. 52-66, 1999.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.
- OLIVEIRA, G. M.; LEITÃO, M. M.; BISPO, R. C.; SANTOS, I. M. S.; ALMEIDA, A. C. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência na região norte da Bahia. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada** v. 4, n. 2, p. 104-109, 2010.
- OLIVEIRA, R. A.; TAGLIAFERRE, C.; SEDIYAMA, G. C.; MATERAN, F. J. V.; CECON, P. R. Desempenho do irrigômetro na estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 166-173, 2008.
- REIS, E. F. dos; BRAGANÇA, R.; GARCIA, G. de 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. **Revista IDESIA**, v. 25, n. 3, p. 75-84, 2007.
- SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 1996.
- SILVA, J. P.; TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, L. C.; CABACINHA, C. D.;

ESTUDO DA DEMANDA EVAPOTRANSPIROMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DA CONQUISTA/BA

CASTRO, L. G.; FERNANDES, J. C. B.; COSTA, H. A. Desempenho de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Vitória da Conquista – BA. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 18., São Mateus **Anais...** São Mateus: CONIRD, 2008.

TAGLIAFERRE, C.; OLIVEIRA, R. A. de.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; DENICULI, W.; MARTINEZ, M. A.; MATERAN, F. J. V. Estimativa da evapotranspiração de referência usando minievaporímetro operando com irrigâmetro modificado. **Engenharia na**

Agricultura, v. 14, n. 3, p. 212-223, 2006.

TAGLIAFERRE, C.; SILVA, R. A. J.; ROCHA, F. A.; SANTOS, L. C.; SILVA, C. S. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis-BA. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 103-111, 2010.

WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, v. 90, n. 5. p. 8995-9005, 1985.