

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA
EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ET_o) NAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DO
MUNICÍPIO DE LAVRAS-MG.**

**MOISÉS. S. RIBEIRO¹, LUIZ G. de CARVALHO², SAMUEL BESKOW³, DÉBORA C. M. de
MOURA⁴.**

¹Engº Agrônomo, Mestrando, Depto. de Engenharia (DEG), Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras – MG, Fone: (0XX35)38220818, moissantiago@hotmail.com, ²Engº Agrícola, Prof. Adjunto, Doutor, DEG/UFLA, ³Engº Agrícola, mestrando, DEG/UFLA, ⁴Engª Agrônoma, Doutoranda, DEG/UFLA.

**Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB**

RESUMO: Inúmeros são os métodos de estimativas da evapotranspiração de referência ETo, no entanto, apenas alguns são de uso mais comum e alguns desenvolvidos em condições brasileiras, mas pouco conhecidos, sendo parte desses métodos aceitos, outros criticados e até desprezados. As diversidades de resultados alcançados pelos diferentes métodos, quase sempre, são causas de preocupação dos pesquisadores, isto é, qual método estima a ETo corretamente. Assim como, a ausência de certas variáveis climáticas registradas nas áreas irrigadas pode conduzir os técnicos a utilizarem métodos mais simples, certamente, um outro método que envolve dados adicionais poderia fornecer resultados mais representativos da realidade. Tendo em vista a necessidade de um grande número de elementos meteorológicos na estimativa da ETo por Penman-Monteith-FAO (PM-FAO), este trabalho teve por objetivo avaliar a correlação entre diferentes métodos utilizados na determinação da ETo. Os métodos de Hargreaves-Samani e Jesen-Haise foram os mais indicados para a estimativa da ETo. O método Tanque Classe A apesar de baixa precisão apresentou elevada exatidão. Os métodos Blaney-Criddle e Thornthwaite não se ajustaram satisfatoriamente para a estimativa da ETo na escala diária. Os métodos Penman-1963, Penman-FAO e Penman-FAO-Combinado, foram os mais precisos, porém estas metodologias são bastante semelhantes ao PM-FAO.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração, Penman-Monteith-FAO, índice de Willmott.

ABSTRACT: They are enough estimates methods of reference evapotranspiration ETo, however, just some are more used and some developed in conditions Brazilian, but little known, being part of these methods accepted, other criticized and until despised. The diversities of results reached by the different methods have been causes of the researcher's concern, that is, which method esteems ETo correctly. As well as, the absence of certain meteorological variables registered in the irrigated areas it can carried out the technicians to use simpler methods, certainly, another method that involves additional data it could supply more representative results of the reality. Like the Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) method for estimate ETo need a great number of meteorological elements, this work was carried out to evaluate the correlation among different methods used in determination of ETo. The Hargreaves-Samani and Jesen-Haise methods were the most suitable for the estimate of ETo. The Tanque Classe A method in spite of low precision presented high accuracy. The Blaney-Criddle and Thornthwaite methods were not adjusted satisfactorily for the estimate of ETo in the daily scale. The methods Penman-1963, Penman-FAO and Penman-FAO-Combinado, were that presented the best results, however these methodologies are plently similar to PM-FAO.

KEYWORDS: evapotranspiration, Penman-Monteith-FAO, Willmott index.

INTRODUÇÃO: Estimativas das necessidades de água pelas culturas são fundamentalmente importantes para o planejamento e manejo de áreas irrigadas. Assim, as informações sobre a evapotranspiração de referência (ET_o), que permitem estimativas da evapotranspiração das culturas (ET_c), tornam-se ferramentas importantes no estudo de áreas irrigadas. A escolha inadequada de um método para a estimativa da evapotranspiração, bem como a adoção de valores de evapotranspiração

não representativos dos períodos de crescimento da planta, em função das condições climáticas, podem conduzir a prejuízos irreversíveis à planta e, ou, solo, além de influenciar a eficiência do sistema de irrigação, em razão do dimensionamento inadequado desse sistema (SEDIYAMA et al., 1998). São vários os métodos utilizados para a determinação direta e indireta da estimativa da ETo, assim como os fatores que devem ser considerados na seleção desses métodos. De acordo com DOOREMBOS & PRUITT (1977) a partir de uma série completa de dados meteorológicos disponíveis, a escolha do método dependerá do nível de exatidão desejado para estimativa da ETo. Diante da necessidade de um grande número de elementos meteorológicos e o fato desses nem sempre serem acessíveis para a estimativa da ETo por Penman-Monteith-FAO, foi desenvolvido este trabalho com o objetivo de avaliar a correlação entre os diferentes modelos utilizados na determinação da ETo, com o método de referência de Penman-Monteith parametrizado pela FAO, a partir de dados meteorológicos diários do município de Lavras-MG.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido, utilizando-se os dados oriundos da Estação Climatológica Principal (ECP) de Lavras, pertencente à rede de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada no campus da Universidade Federal de Lavras. O local apresenta as seguintes coordenadas geográficas: latitude 21° 14' S; longitude 45° 00' W e altitude 918,841 m. Conforme a classificação climática de Köppen, o clima de Lavras é caracterizado como Cwa, com precipitação pluvial total anual de 1530 mm com predominância no verão e temperatura média anual de 19,4 °C, BRASIL (1992). A evapotranspiração de referência foi estimada diariamente pelos modelos de Hargreaves-Samani (HS), Blaney-Cridle (BC), Jensen-Haise (JH), Makkink (MK), Priestley-Taylor (PT), Penman-1963 (P-63), Penman-FAO (P-FAO), Penman-FAO-Combinado (P-FAO-C), Tanque Classe A (TCA), Thornthwaite (TW) e comparados com os valores da ETo obtidos pelo método Penman-Monteith-FAO (PM-FAO), descritos por PEREIRA et al. (1997). O método PM-FAO foi tomado como referência, por ser recomendado pela FAO como o mais representativo da ETo, sendo considerado como padrão internacional na estimativa da ETo. Embora os métodos BC e TW sejam utilizados para estimativa da ETo na escala mensal, neste trabalho para efeito de avaliação, adotou-se o critério de substituir o valor da temperatura média mensal pela temperatura média diária, cujo resultado foi dividido pelo número de dias do mês correspondente para obter a ETo na escala diária (mm d^{-1}). Especificamente para o método de TW, o parâmetro I (índice calorífico anual) surge de temperaturas médias mensais das Normais Climatológicas (1961-1990), BRASIL (1992). Mediante valores diários de ETo, foram ajustadas equações de regressão linear tendo-se como variável independente, os valores de ETo (PM-FAO) e, como variável dependente, os valores de ETo estimados pelos outros métodos. Os índices estatísticos utilizados para a avaliação dos métodos de estimativa da ETo correlacionados foram: coeficiente de determinação (R^2) e o índice de concordância (d) de WILLMOTT et al. (1985). Os valores de ETo estimados pelos métodos comparados, assim como pelo método de referência de PM-FAO, foram determinados a partir de elementos meteorológicos diários observados no período de janeiro a dezembro de 2004.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os gráficos das regressões dos diferentes modelos de determinação da ETo em relação ao método de Penman Monteith-FAO, estão apresentados na FIGURA 1-A e 1-B. Os métodos de BC e TW não apresentaram bons resultados cujos valores de R^2 foram inferiores a 50%, evidenciando que estes não se apropriam para a estimativa da ETo na escala diária conforme foi proposto neste trabalho, pois estes foram desenvolvidos para estimarem a ETo na escala mensal (mm mês^{-1}). O método TCA, embora bastante utilizado na escala diária, apresentou baixa precisão ($R^2 = 0,50$) em relação aos demais métodos embora o índice “d” indica excelente concordância ou exatidão ($d = 0,96$). É sugerido pela FAO, que este seja utilizado para um período maior, ou seja, ao menos com dados médios de 10 dias de evaporação diária do tanque classe A. As comparações dos demais métodos com PM-FAO foram satisfatórios, apresentando coeficientes de correlação superiores a 70%. Resultados semelhantes foram obtidos por FARIA et al. (2000), onde os mesmos observaram valores de coeficiente de determinação superiores a 80% para a maioria das localidades avaliadas, quando compararam os valores da ETo estimados pelos modelos de Hargreaves e Penman-FAO em relação aos valores obtidos por Penman Monteith-FAO. À exceção dos métodos BC, TW e TCA, os demais podem ser agrupados por níveis de precisão e concordância. Verificam-se que os métodos MK e PT

possuem resultados semelhantes, sendo superados, de acordo com os resultados, pelos métodos HS e JH e, por fim, constituindo o grupo com os melhores resultados surgem os métodos P-63, P-FAO e P-FAO-C. Contudo, estes últimos, tanto quanto aos dados necessários quanto a própria metodologia das estimativas são bastante semelhantes. Deve-se ressaltar que, os métodos de HS e JH, além dos bons resultados, requerem para estimativas da ETo somente dados diários de temperaturas média, máxima e mínima além da insolação diária, especificamente para o método de JH.

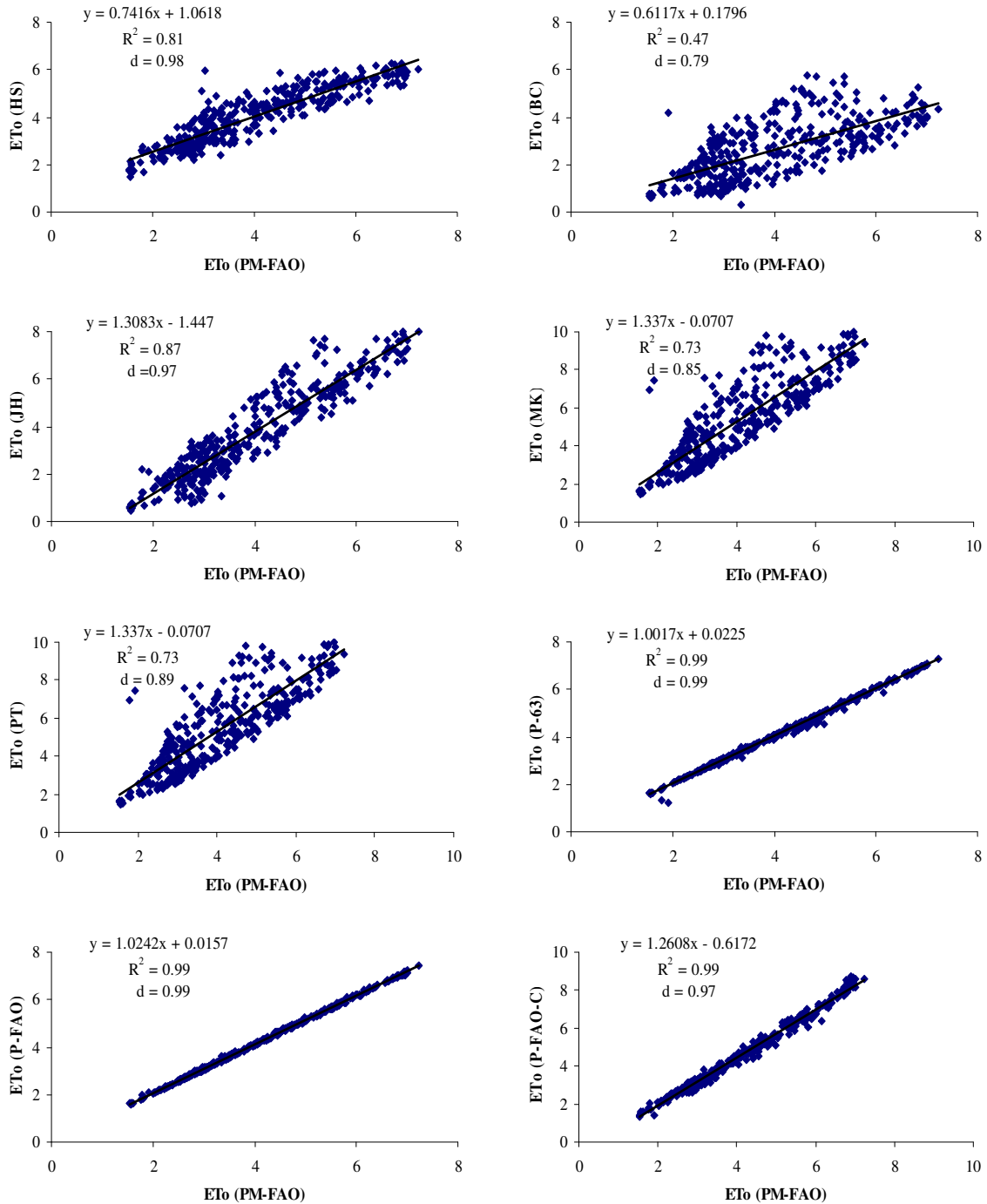


FIGURA 1-A: Análise de regressão entre os valores da ETo (mm d⁻¹) estimados pelos modelos de HS, BC, JH, MK, PT, P-63, P-FAO e P-FAO-C e os valores estimados pelo método de referência de Penman Monteith-FAO, no ano de 2004 para o município de Lavras-MG.

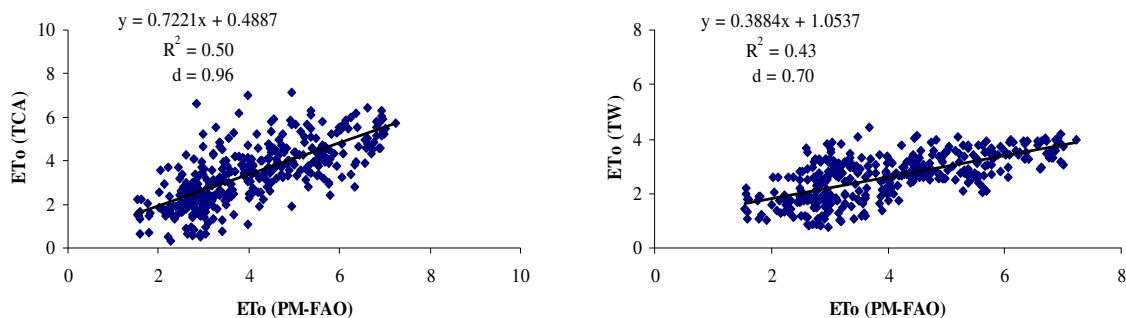


FIGURA 1-B: Análise de regressão entre os valores da ETo (mm d⁻¹) estimados pelos modelos do TCA e TW e os valores estimados método de referência de Penman Monteith-FAO, no ano de 2004 para o município de Lavras-MG.

CONCLUSÕES: Na falta de elementos meteorológicos para estimativa da ETo por PM-FAO, verificou-se que os métodos de HS e JH são os mais indicados para a estimativa da ETo, necessitando somente de dados diários de temperaturas (máxima, mínima e média) e insolação. O método TCA apesar de baixa precisão apresentou elevada exatidão. Os métodos BC e TW não se ajustaram satisfatoriamente para a estimativa da ETo na escala diária. Os métodos P-63, P-FAO e P-FAO-C, foram os mais precisos, porém estas metodologias são bastante semelhantes ao PM-FAO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BRASIL. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma grária, Secretaria Nacional de Irrigação, Departamento Nacional de Meteorologia, 1992. 84p.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Las necesidades de água de los cultivos**. Roma: FAO, 1977. 144 p. (FAO Boletim Irrigacion Y Drenage, 24).

FARIA, R. A. de.; CARVALHO, D. F. de.; RIBEIRO, A.; OLIVEIRA, M. A. A. de. Influência do método de estimativa da evapotranspiração de referência na demanda de irrigação suplementar para o milho (*Zea mays* L.), na bacia do rio Verde Grande (MG). **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, p. 187-196, dez. 2000.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

SEDIYAMA, G. C.; RIBEIRO, A.; LEAL, B. G. Relação clima - água - planta. In: FARIA, M. A. de.; SILVA, E. L. da.; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. da. **Manejo de irrigação**. Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Poços de Caldas, MG. 1998. p. 46-116.

WILLMOTT, C.J.; ACKLESON, S.G.; DAVIS, R.E.; FEDDEMA, J.J.; KLINK, K.M.; LEGATES, D.R.; O'DONNELL, J.; ROWE, C.M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, Washington DC, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.