



## DESEMPENHO DO MODELO DE PENMAN-PICHÉ PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE LAVRAS, MG

Márcia Eduarda Amâncio<sup>1</sup>, Wezer Lismar Miranda<sup>2</sup>, Guilherme Henrique Silva<sup>3</sup>, Arionaldo de Sá Júnior<sup>4</sup>, Luiz Gonsaga de Carvalho<sup>5</sup>, Francisco Miguel Estevan Neto<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Agrícola, Depto. de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras - MG, Fone: (0 xx 35) 9198-9577, marciaeduardaam@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Depto. Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>3</sup> Graduando Engenharia Agrícola, Depto Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>4</sup> Doutorando em Recursos Hídricos em sistemas Agrícolas, Depto. Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>5</sup> Prof. Doutor, Depto. Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>6</sup> Graduando em Engenharia de Controle e Automação, Depto. Engenharia, UFLA-MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

**RESUMO:** Para o adequado manejo de irrigação é primordial o conhecimento da lâmina de reposição necessária para o ideal desenvolvimento da cultura e uma das formas de se fazer essa estimativa é obtendo-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Com este trabalho objetivou-se avaliar o método de estimativa da ET<sub>o</sub> pelo modelo de Penman-Piché em relação ao Penman-Monteith-FAO. O período analisado foi de janeiro a dezembro de 2011, utilizando dados diários de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e de evaporação no Evaporímetro de Piché. Foram utilizados os dados observados na Estação Climatológica Principal de Lavras (Convênio UFLA/INMET). Os métodos foram testados com coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), o índice de concordância (d), a correlação (r) e o índice de desempenho (C). O R<sup>2</sup> observado foi de 0,55 indicando uma precisão mediana e o índice “d” foi de 0,80 apresentando boa exatidão. Concluiu-se que é possível realizar a estimativa de ET<sub>o</sub>, pelo modelo de Penman-Piché.

**PALAVRAS-CHAVE:** EVAPORÍMETRO, LÂMINA EVAPORADA, PENMAN-MONTEITH-FAO.

**ABSTRACT:** For proper irrigation management is paramount knowledge of blade replacement necessary for optimal development of culture and one of the ways to do this is estimated by obtaining the reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). This study aimed to evaluate the method for estimating the ET<sub>o</sub> by Penman-Piché over the Penman-Monteith-FAO. The study period was from January to December 2011, using daily data on air temperature, relative humidity, wind speed, solar radiation and evaporation under Evaporimeter Piché. We used the data observed in Principal Climatological Station Lavras (Agreement UFLA / INMET). The methods were tested with a coefficient of determination (R<sup>2</sup>), the index of agreement (d), the correlation (r) and the performance index (C). The R<sup>2</sup> was observed indicating an accuracy of 0.55 and median index "d"





was 0.80 showing good accuracy. It was concluded that it is possible to estimate the ETo by Penman-Piché.

**KEYWORDS:**EVAPORIMETER, BLADE EVAPORATED, PENMAN-MONTEITH-FAO

## INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é um processo que envolve a evaporação e a transpiração respectivamente (RIGHI et al.,2002). E de acordo com Pivetta et al. (2010), a partir do conhecimento dos níveis em que se dá a evapotranspiração em determinado local é possível se fazer o controle do fornecimento necessário de água às plantas. Para o adequado manejo da irrigação é primordial o conhecimento da lâmina de reposição necessária para o ideal desenvolvimento da cultura e uma das formas de se fazer essa estimativa é obtendo-se a evapotranspiração de referência (ETo). Desta forma torna-se necessário conhecer o balanço hídrico da camada de solo que contém o sistema radicular da cultura, pois um dos componentes deste balanço é a evapotranspiração, conforme indicam Papaioannou et al. (1996) e Volpe (2003). Dentre os métodos existentes para se realizar a estimativa de ETo, o de Penman-Piché se torna interessante pelo baixo custo de aquisição do instrumento utilizado para caracterização das condições de demanda hídrica da atmosfera. O único instrumento necessário é o Evaporímetro de Piché que em relação aos instrumentos necessários para a estimativa por Penman-Monteith-FAO representa uma economia considerável, além de apresentar maior facilidade de manuseio. No entanto, segundo Sousa et al. (2010) é de suma importância que se avalie o nível de exatidão dos distintos métodos existentes para avaliação da estimativa de ETo. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a estimativa de ETo pelo método de Penman-Piché em relação ao método padrão de Penman-Monteith-FAO.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo utilizou-se os dados observados na Estação Climatológica Principal do Instituto Nacional de Meteorologia - no convênio UFLA/INMET - localizada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) no município de Lavras, MG. As coordenadas geográficas do local são: latitude 21°14'S, longitude 45°00'W e altitude de 918,8 metros.O poder evaporante do ar à sombra foi medido diariamente utilizando-se o Evaporímetro de Piché. Este é instalado no abrigo meteorológico da Estação Climatológica Principal. O equipamento é composto por um tubo de vidro que possui uma das extremidades fechada e a outra tampada por um disco de papel com aproximadamente 30 mm de diâmetro, tendo esse tubo um comprimento de 350 mm com diâmetro externo de 15 mm. Possui uma escala em 300 divisões, ou seja, décimo de milímetro de altura de água evaporada. O tubo é preenchido com água destilada e disposto na vertical pendurado no abrigo, sendo a extremidade com o disco voltada para





baixo. O disco é mantido fixo com uma haste metálica. Esse disco de papel se umedece com consequente evaporação da água, com isso o nível de água do tubo abaixa a medida que é exercida a demanda atmosférica. Segundo Stanhill (1962), nas condições áridas de Israel, utilizou a evaporação medida pelo Evaporímetro de Piché ( $\text{mm d}^{-1}$ ) no abrigo meteorológico para estimar o termo aerodinâmico da equação de Penman, conforme demonstrado na equação 1:

$$(1-W) \times E = 0,1468 \times P_i + 0,118 \quad (1)$$

em que,

$P_i$  é a evaporação observada pelo Evaporímetro de Piché ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $w$  é definido por Makkink (1957) como sendo uma função da temperatura do ar, sendo:

$$w = 0,407 + 0,0145 \times T \quad T < 16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$w = 0,483 + 0,01 \times T \quad T < 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

De acordo com Pereira et al. (2002), as aproximações acima expostas são utilizadas com o intuito de dispensar as medidas de velocidade do vento e o déficit de saturação, pois o Evaporímetro de Piché é usado para indicar o poder evaporante do ar. Segundo Villanova & Ometto (1981), conseguiram encontrar a seguinte equação (2) analisando e utilizando valores médios mensais de evapotranspiração potencial em gramado e valores médios de evaporação de tanque de  $20 \text{ m}^2$ .

$$ET_{pi} = \frac{(0,28 \times P_i)}{(1 - W)} \quad (2)$$

onde,

$ET_{pi}$  é a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) estimada pelo método de Penman-Piché ( $\text{mm d}^{-1}$ ).

Para avaliação do método de Penman-Piché, foi feita a comparação da  $ET_o$  estimada pelo mesmo, em relação a estimada pelo método padrão, dada pela equação (3) de Penman-Monteith-FAO, apresentada abaixo:

$$ET_o = \frac{s}{s + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{(s + \gamma^*)(T + 273)} U_2 (e_s - e_a) \quad (3)$$

em que,

$ET_o$  é a evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $R_n$  é o saldo de radiação a superfície terrestre ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $G$  é o fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );  $T$  é a temperatura média diária do ar ( $^\circ\text{C}$ );  $U_2$  é a velocidade do vento a 2 metros de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );  $(e_s - e_a)$  é o déficit de pressão de vapor (kPa);  $s$  é a declividade da curva de pressão de saturação ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $\gamma^*$  é a constante psicrométrica modificada ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ );  $\lambda$  é o calor latente de evaporação ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ).

Para avaliar o desempenho do método, procedeu-se a análise de regressão, considerando-se o modelo linear  $y = a + bx$ , na qual a variável dependente foi a  $ET_o$





estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO e a variável independente a ETo estimada pelo método de Penman-Piché. Foi expresso o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o índice de concordância (d) de Willmott (1981), o coeficiente de correlação de Pearson (r), e o índice de desempenho “C” desenvolvido por Camargo e Sentelhas (1997), que é dado pela expressão:  $C = r * d$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios mensais de evapotranspiração de referência (ETo) obtidos pelos métodos de Penman-Monteith-FAO e Penman-Piché durante o ano de 2011. Os valores observados para o método de Penman-Monteith-FAO foram superiores aos observados pelo método de Penman-Piché a maior parte do ano havendo a inversão somente nos meses de julho e agosto. De acordo com Fernandes et al. (2011), em análise semelhante realizada para o município de Uberaba - MG, observou comportamento semelhante, de subestimativa da ETo obtida pelo método de Penman-Piché, para os anos de 2003, 2004, 2007 e 2008, em relação aos valores estimados pelo método de Penman-Monteith-FAO. Acredita-se que este comportamento seja explicado pelo fato de que nas condições meteorológicas de uma região tropical, a umidade relativa do ar não atingindo patamares tão baixos, esta não exerce uma influência tão determinante nos níveis de demanda hídrica atmosférica que expliquem em absoluto a evapotranspiração. Em regiões tropicais predominam a confluência de fatores, tais como o vento e temperatura e a existência de vegetação e rios e lagos que tendem a atender a demanda hídrica atmosférica. Diferente do ambiente para o qual a equação de Penman-Piché foi desenvolvida que é uma região árida de umidade relativa baixa, predominando no processo de evapotranspiração.

Tabela 1 - Valores médios mensais de evapotranspiração de referência (ETo) estimados pelo método de Penman-Piché e Penman-Monteith-FAO, para o ano de 2011.

Meses	ET <sub>pi</sub> (mm d <sup>-1</sup> )	ET <sub>pm</sub> (mm d <sup>-1</sup> )
Janeiro	2,8	4,4
Fevereiro	3,7	4,6
Março	2,3	3,1
Abril	2,6	3,5
Mai	2,0	2,6
Junho	2,0	2,1
Julho	2,6	2,5
Agosto	4,1	3,6
Setembro	4,3	4,5
Outubro	3,3	4,2
Novembro	3,0	4,5
Dezembro	2,5	4,2



Na Figura 1 está apresentado o comparativo da ETo estimada pelo método de Penman-Piché em relação ao método de Penman-Monteith-FAO, na escala diária, ao longo do ano de 2011.

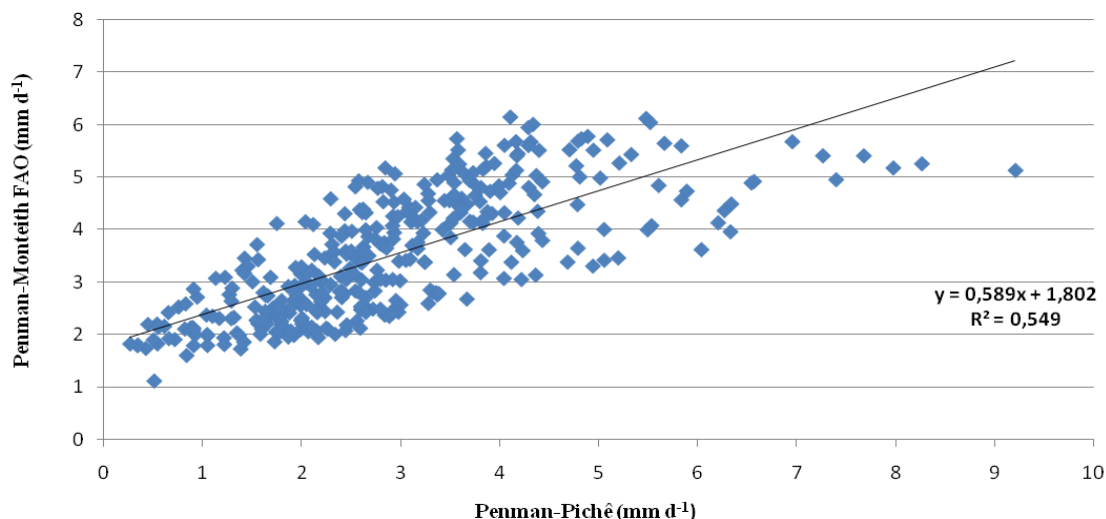


Figura 1 - Regressão linear do comparativo entre ETo estimada pelo método Penman-Piché e Penman-Monteith-FAO.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) encontrado foi de aproximadamente 0,55 que é caracterizado como um valor mediano, mas considerando-se que não houve manipulação dos dados, com a retirada de dias de chuva, por exemplo, o resultado pode ser considerado satisfatório. Assim, este resultado difere do observado por Fernandes et al. (2011) em que a partir de uma série de dados compreendida entre os anos de 2003 e 2008 e dividindo o período analisado nas estações climáticas do ano, obtiveram  $R^2$  de 0,83 para a época do verão-outono e 0,62 para o período inverno-primavera.

O coeficiente de correlação ( $r$ ) observado foi de 0,74, indicando alta correlação entre os métodos. Resultado este, semelhante ao encontrado por Fernandes et al. (2011), onde em análise dos valores médios mensais de ETo estimada pelos dois métodos, obtiveram como menor “ $r$ ” o valor de 0,695 para o mês de junho. O índice “ $d$ ” observado foi de 0,8 evidenciando boa exatidão do método de Penman-Piché em relação a Penman-Monteith-FAO e o índice de desempenho “ $C$ ” foi de 0,60 sendo classificado como sofrível, segundo proposição apresentada por Camargo e Sentelhas (1997).

## CONCLUSÕES

É possível estimar a evapotranspiração de referência utilizando a lâmina d’água evaporada no Evaporímetro de Piché. Com uma série de dados maior e analisando os dados separadamente no correr das estações do ano, é possível melhorar o desempenho do método de Penman-Piché, aumentando o grau de confiança dos valores estimados.



## AGRADECIMENTOS

Ao MEC e CAPES pelas bolsas concedidas aos estudantes envolvidos na pesquisa e à FAPEMIG pelo apoio financeiro concedido.

## REFERÊNCIAS

- CAMARGO A. P.; SENTELHAS, P. 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, p. 89-97, 1997.
- FERNANDES, A. L. T.; FRAGA JÚNIOR, E. F.; TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.270–276, 2011.
- PAPAIOANNOU, G.; VOURAKI, K.; KERKIDES, P. Piche evaporimeter data as a substitute for Penman equation's aerodynamic term. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.82, p.83-92, 1996.
- Pivetta, C. R.; Heldwein, A. B.; Maldaner, I. C.; Radons, S. R.; Tazzo, I. F.; Lucas, D. D. Evapotranspiração máxima dopimentão cultivado em estufa plástica em função de variáveis fenométricas e meteorológicas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.768-775, 2010.
- Righi, E. Z.; Angelocci, L. R.; Buriol, G. A.; Heldwein, A. B. Transpiração do tomateiro cultivado em estufa plástica suas relações com a radiação solar e déficit de saturação do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.9-18, 2002.
- Silva, V. de P. R. da; Belo Filho, A. F.; Silva, B. B. da; Campos, J. H. B. da C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.547- 553, 2005.
- Sousa, I. F. de; Silva, V. P. R. da; Sabino, F. G.; Netto, A. de O.; N Silva, B. K. N.; Azevedo, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.633-644, 2010.

