

# ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA NO MUNICÍPIO DE ALEGRE - ES

CAMILA A. da S. MARTINS<sup>1</sup>, EDVALDO F. dos REIS<sup>2</sup>, GLAUCIO L. ARAUJO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Doutoranda em Produção Vegetal. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA/UFES), Alegre - ES, Fone: (0xx28)35528984, camila.cca@hotmail.com

<sup>2</sup>Eng. Agrícola, Prof. Prof. Dr. Associado 1, Departamento de Engenharia Rural, CCA/UFES, Alegre - ES

<sup>3</sup>Acadêmico do Curso de Agronomia do CCA/UFES, Alegre - ES

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**RESUMO:** A não verificação da adequação dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) às condições climáticas, a falta de precisão na estimativa, bem como o erro, devido ao uso de instrumentos de medidas inadequados, conduzem ao manejo inadequado da água, o que afeta a produção agrícola. Portanto, este trabalho teve por objetivo avaliar a  $ET_0$  estimada por um método de uso comum, com distinto nível de complexidade e necessidade de dados de entrada, comparando sua estimativa com o método Penman-Monteith-Padrão FAO em Alegre, ES. A  $ET_0$  foi estimada utilizando as equações de Penman-Monteith FAO 56 e Blaney-Criddle FAO 24 baseadas em dados meteorológicos. Concluiu-se que a  $ET_0$  obtida pelo método de Blaney-Criddle FAO 24 foi subestimada em 7,73%, 7,68%; 7,71%; 7,67% e 7,71% para os intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias, respectivamente, em relação ao método Penman-Monteith FAO 56.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dados meteorológicos, determinação, calibração.

## ESTIMATE OF THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN THE CITY OF ALEGRE-ES

**SUMMARY:** The non verification of the adequation of the methods of estimate of the reference evapotranspiration ( $ET_0$ ) to the climatic conditions, the lack of precision in the estimate, as well as the mistake, due to the use of inadequate instruments of measures, they lead to the inadequate handling of the water, what affects the agricultural production. Therefore, this work aimed to evaluate the  $ET_0$  estimated by a method of common use, with a distinct level of complexity and need for data entry by comparing its estimates with the method Penman-Monteith-Standard FAO in Alegre, ES. The  $ET_0$  was estimated using the equations of Penman-Monteith FAO 56 and Blaney-Criddle FAO 24 based on meteorological data. It was concluded that the  $ET_0$  obtained by the method of Blaney-Criddle FAO 24 was underestimated in 7,73%, 7,68%; 7,71%; 7,67% and 7,71% for the intervals of 1, 3, 5, 7 and 10 days, respectively, in relation to the method Penman-Monteith FAO 56.

**KEYWORDS:** Meteorological data, determination and calibration.

**INTRODUÇÃO:** O método mais usual para determinação das necessidades hídricas das culturas está relacionado com a estimativa da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), que envolve um processo em duas etapas. Na primeira etapa, estima-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>), que é a quantidade de água evaporada e transpirada de uma superfície vegetal durante determinado período de tempo, geralmente utilizando uma equação empírica. Na segunda, a ET<sub>c</sub> é obtida ao multiplicar ET<sub>0</sub> por um coeficiente de cultura (k<sub>c</sub>) que integra as características da cultura e do clima local (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006). A relação solo-água-planta-atmosfera deve ser considerada como um sistema dinâmico e fisicamente integrado, onde os processos de transporte ocorrem com maior interação, para poder prever com precisão a quantidade de água necessária em uma irrigação (PRADO, 2006). Por isso, um sistema de controle e monitoramento baseado em medições em tempo real deve ser utilizado para determinar a demanda hídrica das culturas. O conhecimento dos elementos meteorológicos registrados nas estações convencionais ou automáticas de agrometeorologia permite a quantificação da ET<sub>c</sub>, possibilitando assim conhecer os potenciais hídricos cultural diários, mensais e anuais da região, necessários para satisfazer as reais necessidades hídricas das culturas ali estabelecidas ou a serem implantadas (REIS et al., 2007). Portanto, este trabalho teve por objetivo estimar a ET<sub>0</sub> em Alegre-ES, por meio do método de Penman-Monteith FAO 56 (método padrão) e pelo método de Blaney-Criddle FAO 24 (DOORENBOS; PRUITT, 1977), em intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias nas condições climáticas da região Sul do Estado do Espírito Santo.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Os elementos meteorológicos utilizados para os cálculos da evapotranspiração de referência (ET<sub>0</sub>) pelos métodos de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998) e de Blaney-Criddle FAO 24 (DOORENBOS; PRUITT, 1977), foram coletados durante o período de 15 de março de 2009 a 14 de março de 2010, por meio de uma estação meteorológica automática pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo situada no Município de Alegre, localizado na região Sul do Estado do Espírito Santo, com as seguintes coordenadas geográficas latitude 20°45'1,16" Sul, longitude 41°29'20,04" Oeste e altitude de 138,0 m. O clima da região é do tipo "Aw" com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köeppen. Os elementos climatológicos coletados a cada hora foram: temperatura do ar: máxima e mínima, umidade relativa do ar: máxima e mínima, radiação solar, precipitação e velocidade do vento a 2 m. A ET<sub>0</sub> foi estimada por meio dos métodos de Penman-Monteith FAO 56 (ALLEN et al., 1998), que é considerado o padrão de referência e pelo método Blaney-Criddle FAO 24 (DOORENBOS; PRUITT, 1977). O método de Penman-Monteith FAO 56 (PM) foi utilizado para testar a estimativa de ET<sub>0</sub> obtida pelo método de Blaney-Criddle FAO 24 (BC), conforme proposto por Allen et al. (1998). De acordo com Reis et al. (2007) o método padrão apresenta boa estimativa da ET<sub>0</sub> para a região em estudo. Os valores de ET<sub>0</sub> foram calculados com uso do aplicativo computacional REF-ET (ALLEN, 2000). A análise do desempenho do método em estudo foi realizada por meio da comparação dos valores de evapotranspiração obtidos com o método de BC, com os estimados pelo método de PM. A metodologia adotada para comparação dos resultados foi proposta por Allen et al. (1998), e se fundamenta na estimativa do erro-padrão (EEP), calculada pela equação 1.

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

em que: EEP - estimativa do erro-padrão, mm d<sup>-1</sup>; y - evapotranspiração de referência, mm d<sup>-1</sup>;  $\hat{y}$  - evapotranspiração de referência estimada pelo método a ser testado, mm d<sup>-1</sup>; e n -

número de observações. A exatidão está relacionada com a aproximação dos valores estimados em relação aos valores observados. A aproximação dos valores de  $ET_0$  estimados pelo método em estudo, em relação aos valores obtidos com o uso do método padrão, foi obtida por meio de um índice designado concordância ou ajuste, representado pela letra “d” (WILLMOTT; CKLESON; DAVIS, 1985), cujos valores variam de zero, onde não existe concordância, a 1, para a concordância perfeita. O índice de aproximação é calculado com a equação 2.

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

em que: d - índice de concordância ou ajuste;  $P_i$  - evapotranspiração de referência obtida pelo método a ser testado,  $\text{mm d}^{-1}$ ;  $O_i$  - evapotranspiração de referência obtida pelo método-padrão,  $\text{mm d}^{-1}$ ;  $\bar{O}$  - média dos valores obtidos pelo método-padrão,  $\text{mm d}^{-1}$ ; e N - número de observações. A precisão foi dada pelo coeficiente de determinação ( $r^2$ ) que indica o grau em que a regressão explica a soma do quadrado total. Na análise de regressão linear o coeficiente  $\beta_1$  representa a razão entre a estimativa da evapotranspiração obtida no método em estudo e a evapotranspiração de referência obtida pelo método padrão, quando o  $\beta_0$  é anulado. O  $\beta_1$  pode ser calculado de acordo com a equação 3, quando  $\beta_0$  for igual a zero.

$$\beta_1 = \frac{\sum ET_0 ET_m}{\sum ET_0^2} \quad (3)$$

em que:  $\beta_1$  - coeficiente angular da reta de regressão linear;  $ET_0$  - evapotranspiração de referência obtida pelo método padrão,  $\text{mm d}^{-1}$ ;  $ET_m$  - evapotranspiração de referência obtida pelo método a ser testado,  $\text{mm d}^{-1}$ . A hierarquização das estimativas da evapotranspiração foi feita com base nos valores de estimativa do erro padrão (EEP), do coeficiente de determinação ( $r^2$ ), dos coeficientes  $\beta_1$ , e dos coeficientes de concordância de Willmott; Ckleson; Davis (1985) (d). Sendo que a melhor alternativa foi aquela que apresentou maior  $r^2$ , menor EEP,  $\beta_1$  próximo da unidade e d mais próximo de 1.

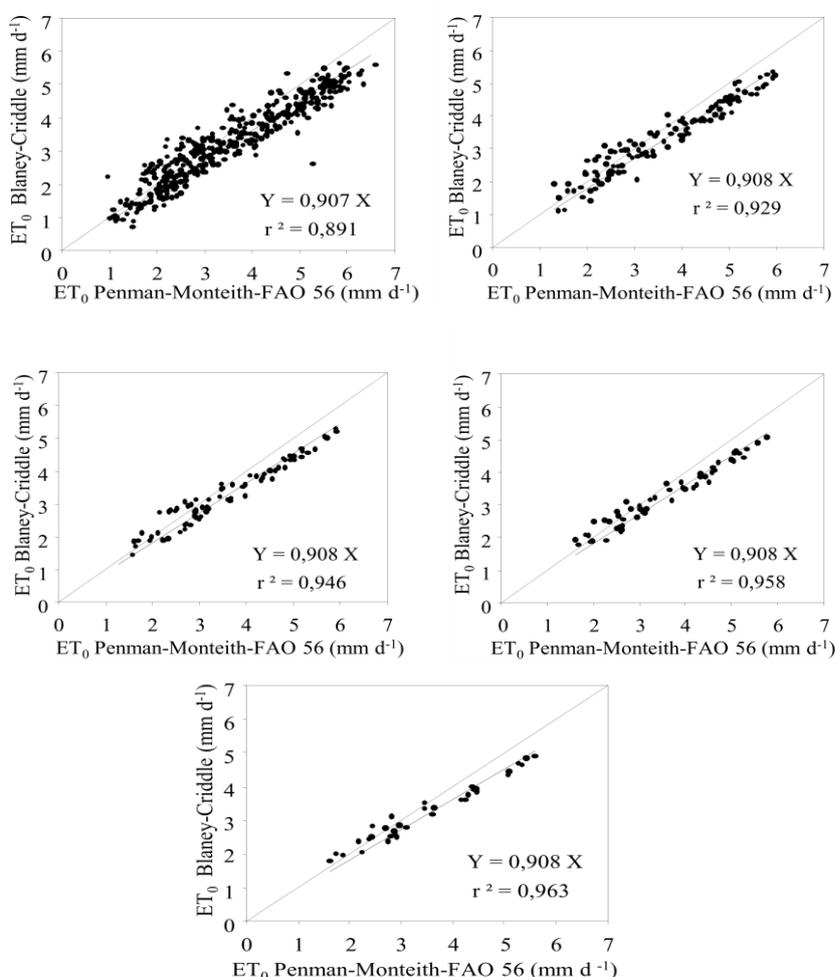
**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 observa-se que os métodos apresentaram valores inferiores a 1 para o coeficiente  $\beta_1$ , o que indica a ocorrência de subestimativa dos valores da  $ET_0$ , independentemente do intervalo em estudo. O coeficiente  $\beta_1$  não sofre alterações com a ampliação do intervalo para a estimativa da  $ET_0$ . O método Blaney-Criddle FAO 24 apresentou 7,73% de subestimativa da  $ET_0$  em comparação ao método de Penman-Monteith FAO 56 no intervalo diário. Nos intervalos de 3, 5, 7 e 10 dias o método apresentou 7,68; 7,71; 7,67 e 7,71% de subestimativa da  $ET_0$ , respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por Borges e Mediondo (2007) em Jucupiranga-SP. Além disso, este método apresenta reduzidos valores para estimativa do erro padrão, sendo a estimativa do erro reduzida com a ampliação do intervalo para estimar a  $ET_0$ . Resultados semelhantes foram obtidos por Reis et al. (2007), para o Município de Venda Nova do Imigrante-ES. Este método apresenta elevados valores para o índice de concordância, que aumenta à medida que o intervalo para estimativa da  $ET_0$  foi ampliado, o que indica maior exatidão para maiores intervalos. Resultados inferiores foram encontrados por Borges e Mediondo (2007) no Município de Jucupiranga-SP, onde o índice de concordância determinado pelo método de Blaney-Criddle FAO 24 em uma escala diária apresentou o valor de 0,915. O coeficiente de determinação tem o mesmo comportamento do índice de concordância, ou seja, seu valor aumenta com a ampliação do intervalo para a estimativa da  $ET_0$ , isto indica maior precisão para o método em maiores intervalos.

**TABELA 1** - Valores dos coeficientes  $\beta_1$ , erro-padrão da estimativa (EEP), índice de concordância de Willmott (d), coeficiente de determinação ( $r^2$ ), obtidos das correlações entre os valores de ET<sub>0</sub> do método Blaney-Criddle FAO 24 com os valores de ET<sub>0</sub> de Penman-Monteith-FAO 56 e os valores de evapotranspiração (ET<sub>0</sub>) mm d<sup>-1</sup> para os intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias

Intervalo	$\beta_1$	EEP	d	$r^2$	ET <sub>0</sub> BC*	ET <sub>0</sub> PM*
1 dia	0,907	0,547	0,983	0,891	3,270	3,544
3 dias	0,908	0,472	0,998	0,929	3,271	3,543
5 dias	0,908	0,446	0,999	0,946	3,268	3,541
7 dias	0,908	0,434	0,999	0,958	3,264	3,535
10 dias	0,908	0,428	0,999	0,963	3,268	3,541

\*BC: Método Blaney-Criddle FAO 24; \*PM: Método de Penman-Monteith FAO 56.

Na Figura 1 são apresentadas regressões lineares entre os valores diários de evapotranspiração de referência estimados pelo método de Blaney-Criddle FAO 24 em função do método de referência Penman-Monteith-FAO 56.



**FIGURA 1** - Regressões lineares com  $\beta_0$  passando pela origem para o método Blaney-Criddle FAO 24 em função do método de Penman-Monteith-FAO 56 com sua equação e coeficiente de determinação ( $r^2$ ), para os intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias.

Pela Figura 1 verifica-se que ocorre pequena dispersão dos dados de  $ET_0$ , o que indica média precisão do método. No entanto, também é possível notar que há uma considerável distância entre a reta estimada e a reta de calibração (reta 1:1), o que indica baixa exatidão para a estimativa da  $ET_0$  pelo método Blaney-Criddle FAO 24 em função do método de Penman-Monteith FAO 56 nos intervalos em estudo. Reis et al. (2007) classificam o método Blaney-Criddle FAO 24 como bom para a estimativa da  $ET_0$  para a região Sul do Estado do Espírito Santo, o que corrobora os resultados obtidos por Tagliaferre et al. (2010) na região de Eunápolis-BA. A não-verificação da adequação dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência às condições climáticas, a falta de precisão na estimativa, bem como o erro, devido ao uso de instrumentos de medidas inadequados, em geral, conduzem ao manejo inadequado da água, afetando muitas vezes a produção agrícola. Tendo em vista que a irrigação deficitária ou excessiva, resultam em perdas e prejuízos consideráveis às plantas e ao solo, reduzindo a eficiência da irrigação.

**CONCLUSÕES:** A  $ET_0$  obtida pelo método de Blaney-Criddle FAO 24 foi subestimada em 7,73%, 7,68%; 7,71%; 7,67% e 7,71% para os intervalos de 1, 3, 5, 7 e 10 dias, respectivamente, em relação ao método Penman-Monteith-FAO 56. É importante ressaltar que o método Blaney-Criddle FAO 24 subestima a evapotranspiração de referência nas condições climáticas do Município de Alegre-ES, independentemente do intervalo em estudo.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

1. ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 310p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
2. ALLEN, R. G. **REF-ET: Reference evapotranspiration calculator, Version 2.1.** Idaho: Idaho University, 2000. 82p.
3. BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. Ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 265p.
4. 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**, v.11, n.3, p.293-300, 2007.
5. DOOREMBOS, J.; PRUIT, W. O. **Guidlines for predicting crop water requirements.** Rome: FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage, 24).
6. PRADO, E. F. **Análise de demanda evapotranspiométrica do semi-árido do Estado de Sergipe.** 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2006.
7. 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.
8. TAGLIAFERRE, C.; SILVA, R. A. de J.; ROCHA, F. A.; SANTOS, L. da C.; SILVA, C. dos S. da. Estudo comparativo de diferentes metodologias para determinação da evapotranspiração de referência em Eunápolis - BA. **Revista Caatinga**, v.23, n.1, p.103-111, 2010.
9. WILLMOTT, C. J.; CKLESON, S. G.; DAVIS, R. E. Statistics for evaluation and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5. p.8995-9005, 1985.