



## CALIBRAÇÃO DO MODELO DE HARGREAVES PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM JALES, SP

MARCO A. F. CONCEIÇÃO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eng. Civil, Pesquisador, Estação Experimental de Viticultura Tropical, Embrapa Uva e Vinho, Jales, SP, Fone: (17) 3632.9666, E-mail: marco.conceicao@embrapa.br;

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 Para, Belém, PA

**RESUMO:** A região de Jales é um importante pólo de produção de uvas de mesa do estado de São Paulo. Nessa região, predominam as pequenas propriedades rurais, sendo que todas as áreas vitícolas são irrigadas. Para o manejo da irrigação, faz-se necessária a estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). Atualmente, o modelo padrão para essa estimativa é o de Penman-Monteith, que requer, entretanto, dados nem sempre disponíveis, especialmente para os pequenos produtores rurais. Em condições como essa, pode-se utilizar modelos como o de Hargreaves, que tem por base os valores da temperatura do ar. O objetivo desse trabalho foi avaliar e calibrar o modelo de Hargreaves, em relação ao de Penman-Monteith, às condições climáticas da região de Jales. As avaliações foram realizadas com base em dados meteorológicos diários e empregando-se o índice de confiança (c), que corresponde à multiplicação do coeficiente de correlação (r) pelo índice de exatidão (d). O valor de “c” empregando-se o método original de Hargreaves foi classificado como de bom desempenho. A calibração dos coeficientes, para as condições locais, elevou o valor de c, que passou a ser classificado como de ótimo desempenho.

**PALAVRAS-CHAVE:** irrigação, Penman-Monteith, temperatura

## CALIBRATING HARGREAVES REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION MODEL ON JALES, SP, BRAZIL

**SUMMARY:** Jales is an important table grape production region in São Paulo state, Brazil. In this region, dominated by small farms, all grapevine areas are irrigated. For irrigation management, it is necessary to estimate daily reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>). Currently, the standard model for ET<sub>o</sub> estimation is the Penman-Monteith method, which requires, however, data which are not always available, especially for small farmers. In such conditions, it can be employed models with a smaller number of variables, such as Hargreaves method, which is based on air temperature values. The aim of this study was to evaluate and calibrate the Hargreaves model, compared to the Penman-Monteith method, for the climatic conditions of Jales. Evaluations were made based on meteorological daily records and using the confidence index (c), which corresponds to the multiplication of the correlation coefficient





(r) by the accuracy index (d). The confidence index for the Hargreaves ETo original values was classified as of good performance. The calibration of the Hargreaves model coefficients, for local conditions, improved the c value, which was classified as of excellent performance.

**KEYWORDS:** irrigation, Penman-Monteith, temperature

**INTRODUÇÃO:** A região de Jales, noroeste do estado de São Paulo, é um dos principais polos de viticultura do estado. Nessa região, a produção de uvas dá-se, predominantemente, em pequenas propriedades rurais que possuem, em média, de quatro a cinco hectares (TECCHIO et al., 2011). Apesar de todas as áreas vitícolas serem irrigadas, em geral, os produtores não adotam critérios técnicos para o manejo da irrigação (COSTA et al., 2012). Para esse manejo é necessário estimar o consumo hídrico diário da cultura, que se faz, normalmente, com base na evapotranspiração de referência (ETo). Atualmente, o modelo padrão para a estimativa de ETo é o de Penman-Monteith, que requer, para sua aplicação, dados que, normalmente, não estão disponíveis para os produtores rurais do noroeste paulista (COSTA et al., 2012). Em condições como essa, pode-se utilizar modelos de estimativa de ETo que empreguem um menor número de variáveis, como o de Hargreaves, que tem por base os valores da temperatura do ar (HARGREAVES & ALLEN, 2003). Esse modelo pode ter o seu desempenho melhorado, em relação ao de Penman-Monteith, se os seus coeficientes forem ajustados às condições locais (LEE, 201; BORGES JÚNIOR et al., 2012). Os objetivos do presente trabalho foram avaliar e ajustar o modelo de Hargreaves às condições climáticas da região de Jales, SP.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram utilizados registros meteorológicos diários coletados na estação automática da Embrapa Uva e Vinho, em Jales, SP (20°10'S, 50°35'W, 455m), referentes aos anos de 2004 a 2011. Para calcular a ETo pelo método de Penman-Monteith (EToPM), foi utilizada a expressão apresentada por ALLEN et al. (1998). Para a estimativa de ETo pelo método de Hargreaves (EToH) foi empregada a equação:

$$EToH = HC \cdot Ra \cdot (Tx - Tn)HE \cdot (Txn + HT) \quad (1)$$

em que, EToH - evapotranspiração de referência estimada pelo modelo de Hargreaves (mm dia<sup>-1</sup>); HC, HE e HT - coeficientes empíricos, que no método original são iguais a 0,0023, 0,500 e 17,8, respectivamente (HARGREAVES & ALLEN, 2003); Ra - radiação solar no topo da atmosfera (mm dia<sup>-1</sup>), calculada com base na latitude do local, de acordo a metodologia apresentada por ALLEN et al. (1998); Tx e Tn - temperaturas máxima e mínima do ar (°C), respectivamente; Txn - temperatura média do ar (°C), calculada com base na média de Tx e Tn. Foram empregados valores de Txn, tendo-se em vista a utilização de termômetros de máxima e mínima, para a estimativa de EToH. Os ajustes dos coeficientes HC, HE e HT foram realizados com base nos dados diários referentes aos anos 2004, 2006, 2008 e 2010 (n =1446), empregando-se a ferramenta Solver, do programa Microsoft Excel (BORGES JÚNIOR et al., 2012). Nesse procedimento, buscou-se maximizar o valor do índice de confiança (c), em função da variação dos três coeficientes. O índice de confiança (c), proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997), corresponde à multiplicação do coeficiente de correlação (r) pelo índice de exatidão (d) de Willmott (WILLMOTT et al.,





1985). As avaliações do desempenho dos valores originais e ajustados de EToH, em relação aos valores de EToPM, foram obtidas considerando-se os dados diários relativos aos anos ímpares da série (2005, 2007, 2009 e 2011;  $n = 1435$ ). O desempenho foi classificado como ótimo para valores de  $c$  maiores que 0,85; como muito bom para valores entre 0,76 e 0,85; como bom para valores entre 0,66 e 0,75; como regular para valores entre 0,51 e 0,65; como ruim para valores entre 0,41 e 0,50; e como péssimo para valores inferiores a 0,40.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os valores obtidos empregando-se o método de Hargreaves (EToH) superestimaram os valores do método de Penman-Monteith (EToPM) em todos os dias do período avaliado (Figura 1). GAVILÁN et al. (2006), avaliando as relações entre EToH e EToPM para diferentes localidades do sul da Espanha, também observaram uma tendência de EToH superestimar EToPM, principalmente, em regiões localizadas mais distantes da costa, enquanto que o inverso ocorreu para regiões mais próximas do litoral. Os valores estimados pelo método de Hargreaves (EToH) sem ajustes apresentaram índice de confiança ( $c$ ) igual a 0,69, próximo ao valor de 0,70 observado por SILVA et al. (2011) em Uberlândia, MG. Nas duas condições os índices foram classificados como de bom desempenho. Os coeficientes HC, HE e HT (eq.1) ajustados às condições locais apresentaram valores iguais a 0,00137, 0,762 e 3,9, respectivamente. LEE (2010) encontrou, na Coreia do Sul, valores médios, desses coeficientes, iguais a 0,0020, 0,194 e 50,73, respectivamente. BORGES JÚNIOR et al. (2012) obtiveram, em Garanhuns, PE, valores variando entre 0,0013 e 0,0014, para HC; 0,74 e 0,76, para HE; e 17,76 e 17,79, para HT, sendo que os valores de HC e HE, foram próximos aos obtidos no presente trabalho. Empregando-se os coeficientes ajustados, o modelo de Hargreaves apresentou valor de  $c$  igual 0,862, passando a ser classificado como de ótimo desempenho. Observa-se que os valores de  $R^2$  praticamente não se alteraram, quando do uso dos valores originais (EToH) ou ajustados (EToHa) de Hargreaves (Figuras 1 e 2). A principal diferença foi devida ao ajuste em relação à reta 1:1, o que se refletiu nos índices de exatidão ( $d$ ) e confiança ( $c$ ) dos dois modelos.



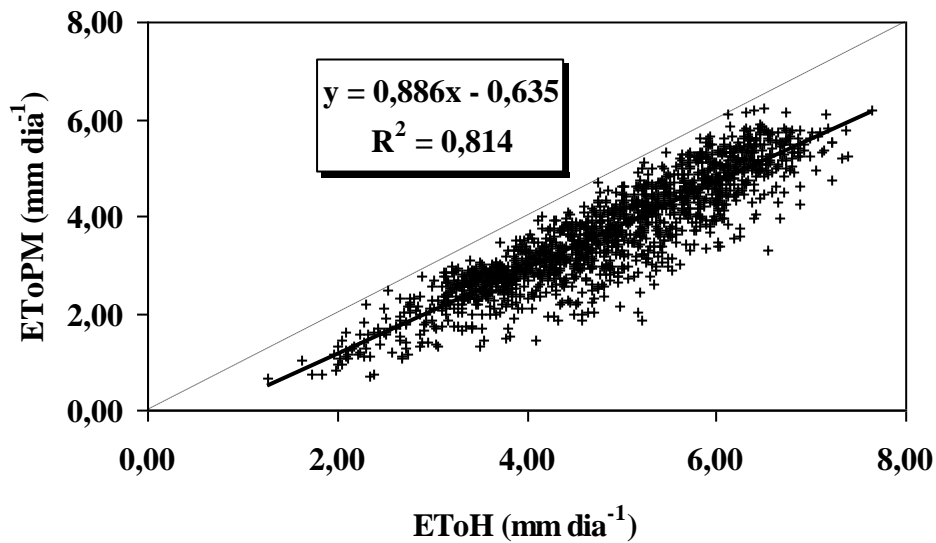


FIGURA 1 - Regressão linear entre os valores diários da evapotranspiração de referência estimados pelos métodos de Hargreaves (EToH) e Penman-Monteith (EToPM). Jales, SP, 2005-2011 (anos ímpares).

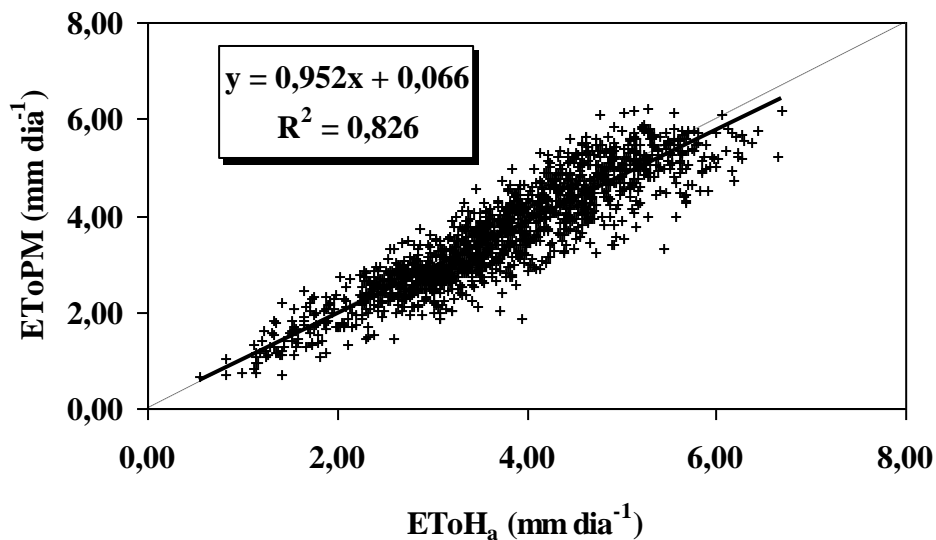


FIGURA 2 - Regressão linear entre os valores diários da evapotranspiração de referência estimados pelos métodos de Hargreaves ajustado (EToHa) e o de Penman-Monteith (EToPM). Jales, SP, 2005-2011 (anos ímpares).

**CONCLUSÃO:** Nas condições climáticas de Jales, SP, o modelo de Hargreaves (EToH) superestima os valores da evapotranspiração de referência (ETo) estimados pelo modelo





padrão de Penman-Monteith (EToPM). No entanto, o ajuste às condições locais, dos coeficientes empíricos de EToH, melhora o desempenho de EToH, em relação a EToPM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).

BORGES JÚNIOR, J.C.F.; ANJOS, R.J.; SILVA, T.J.A.; LIMA, J.R.S.; ANDRADE, C.L.T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de Garanhuns, PE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.4, p.380–390, 2012.

CAMARGO, A.P. de ; SENTELHAS, P. C. 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, n.1, p.89-97, 1997.

COSTA, T.V. da; TARSITANO, M.A.A.; CONCEIÇÃO, M.A.F. Caracterização social e tecnológica da produção de uvas para mesa em pequenas propriedades rurais da região de Jales-SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.34, n.2, p.766-773, 2012.

GAVILÁN, P.; LORITE, I.J.; TORNERO, S.; BERENGENA, J. Regional calibration of Hargreaves equation for estimating reference ET in a semiarid environment. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.81, p.257–281, 2006.

HARGREAVES, G.H.; ALLEN, R.G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.129, n.1, p.53-63, 2003.

LEE, K.H. Relative comparison of the local recalibration of the temperature-based evapotranspiration equation for the Korea Peninsula. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v.136, n.9, p.585-594, 2010.

SILVA, V.J. da; CARVALHO, H. de P.; SILVA, C.R. da; CAMARGO, R. de; TEODORO, R.E.F. Desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária em Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.1, p.95-101, 2011.

TECCHIO, M.A.; BETTIOL NETO, J.E.; BARBOSA, W.; TUCCI, M.L.S. Evolution and perspective of the temperate fruit crops in São Paulo state, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, volume especial, p.150-157, 2011.

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**, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005, 1985.

