

## EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PELAS EQUAÇÕES DE HARGREAVES PARA AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DE MONTE ALTO - SP

José Eduardo Pitelli Turco<sup>1</sup>

Paulo José Desidério de Oliveira<sup>2</sup>

**Recursos Hídricos e Qualidade da Água**

### *Resumo*

A finalidade deste trabalho foi verificar a eficiência de três equações de Hargreaves, uma que emprega a radiação solar e a temperatura do ar e duas que utilizam a medição da temperatura do ar para estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), comparando-as com a equação de Penman-Monteith FAO56, nas condições climáticas do município de Monte Alto - SP. Foram utilizados dados médios diários do ano de 2019, de radiação solar global, velocidade do vento, temperatura do ar e umidade relativa do ar obtida em uma estação meteorológica automática da marca Campbell Scientific. A análise dos resultados foi realizada aplicando técnicas que verificam a integridade dos dados meteorológicos e utilizando metodologias de análise dos dados médios da ET<sub>o</sub>. As equações de Hargreaves são uma alternativa eficiente para estimar a ET<sub>o</sub> diária, em que a disponibilidade de dados climáticos é limitada.

Palavras-chave: ajuste de métodos; Penman-Monteith; Hargreaves

---

<sup>1</sup>Prof. Adjunto III da FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, Departamento de Engenharia Rural, jose.turco@unesp.br.

<sup>2</sup>Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela FCAV/UNESP - Câmpus de Jaboticabal, fluirti@gmail.com.

## INTRODUÇÃO

Estimativas da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e coeficientes de cultura ( $K_c$ ) são amplamente utilizados para estimar as necessidades de água de culturas. Essas estimativas são importantes para o planejamento da irrigação (HARGREAVES, 1994).

A equação de Penman-Monteith FAO-56 é padrão para estimar a  $ET_0$ . O processo de cálculo exige medições confiáveis de elementos meteorológicos tais como: temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento (LIMA JÚNIOR et al., 2016). Porém, há um número limitado de estações meteorológicas nos quais estas variáveis são medidas de modo eficiente. Portanto, a busca por métodos alternativos que demandem menos variáveis meteorológicas para estimar a  $ET_0$  tem sido uma solução viável para contornar esse problema (FERNANDES et al., 2012).

Antes de aplicar um método de estimativa da  $ET_0$  para determinado local, é necessário verificar o desempenho deste método. Esse desempenho tem sido analisado com a comparação dos métodos em estudo ao método de Penman-Monteith FAO-56 (BORGES JÚNIOR et al., 2012).

Os métodos baseados na temperatura do ar têm sido frequentemente utilizados ou recomendados. Um método alternativo que vem sendo utilizado por vários estudos (MEHDIZADEH *et al.*, 2016) é a equação de Hargreaves (HARGREAVES e SAMANI, 1985). Entre os métodos que podem ser usados com apenas dados de temperatura, destacam-se o de Hargreaves (1994).

Com este trabalho o objetivo foi verificar a eficiência de três equações de Hargreaves para estimativa da  $ET_0$ , comparando-as com a equação de Penman-Monteith, nas condições climáticas do município de Monte Alto, SP

## METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental durante o período de janeiro a dezembro de 2019, no sítio Santo Antônio, município Monte Alto, nordeste do estado de São Paulo, Brasil, tendo como referência as seguintes coordenadas geográficas: latitude  $21^{\circ} 15' S$ , longitude  $48^{\circ} 29' W$  e altitude de 735 m. O clima é classificado, segundo Köppen, como subtropical com inverno seco (CWA), com precipitação média anual de aproximadamente 1441 mm, com distribuição concentrada no período de outubro a março

e relativa seca no período de abril a setembro. A temperatura média máxima estimada é de 31,6 °C, e mínima de 17,9 °C.

Para a obtenção dos dados meteorológicos, foi instalada na área experimental uma EMA da marca Campbell Scientific. Para analisar a integridade dos dados da EMA, foram aplicadas as técnicas descritas por Allen (1996). Os dados meteorológicos utilizados como referência foram obtidos da EMA da Campbell instalada no Departamento de Engenharia e Ciências Exatas da FCAV/UNESP – Câmpus de Jaboticabal. Periodicamente, os dados da estação de referência são aferidos em relação a Estação Convencional Agroclimatológica do mesmo departamento.

Foi obtida a estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), para o ano de 2019, pelas equações de Hargreaves (1976), Hargreaves e Samani (1985), Hargreaves (1994) e Penman-Monteith FAO56 (ALLEN et al., 2006), considerando esse último como padrão para a comparação dos demais métodos.

A avaliação dos resultados foi realizada para o período diário, utilizando-se análise de regressão e considerando o modelo linear ( $y = ax + b$ ), na qual a variável dependente foi o método de Penman-Monteith FAO-56 e as estimativas da ET<sub>o</sub> pelos métodos estudados foi a variável independente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados da radiação solar (Figura 1a) não ultrapassam e acompanham a estimada pelas três equações descritas por Allen (1996). Os dados de umidade relativa, temperatura máxima e mínima e velocidade do vento foram aceitáveis.

Nas Figuras 1 b, 2 a e 2 b pode-se observar a correlação dos valores médios diários do ano de 2019 da evapotranspiração de referência obtidos por meio dos métodos de Hargreaves, em relação ao método de Penman-Monteith FAO-56, para região do município de Monte Alto – SP. Essas comparações fornecem a base para avaliar os valores diários da ET<sub>o</sub>, obtidos pelos métodos de Hargreaves em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO-56. Se os valores diários da ET<sub>o</sub> obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO-56 forem semelhantes aos obtidos pelos métodos de Hargreaves a linha de regressão deveria sobrepor-se à reta  $y = x$ , e os pares de pontos deveriam estar

próximos à linha de regressão. Quando a linha de regressão estiver afastada da reta  $y = x$ , e os pares de pontos estiverem próximos à linha de regressão, isso significa que os valores obtidos pelos métodos de Hargreaves apresentam uma diferença aceitável em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO-56, ou seja, a equação pode ser utilizada com precisão para fazer a correção dos valores obtidos pelo método Hargreaves em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO-56.

Observa-se nas Figuras 1 b, 2 a e 2 b que a linha de regressão obtida pelos valores da ETo obtidos pelos métodos de Hargreaves, em relação aos obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO-56 superestimaram a ETo. Referente também as figuras, percebe-se que os pares de pontos não estão dispersos ao redor da linha de regressão, indicando uma adequada correlação, podendo-se observar isto também por meio do coeficiente de determinação  $R^2$ . Resultados semelhantes foram obtidos por Bachour et al. (2013), no Vale de Bekaa – Líbano, onde o método Hargreaves (1994) superestimou a ETo em relação ao método de Penman-Monteith FAO-56.

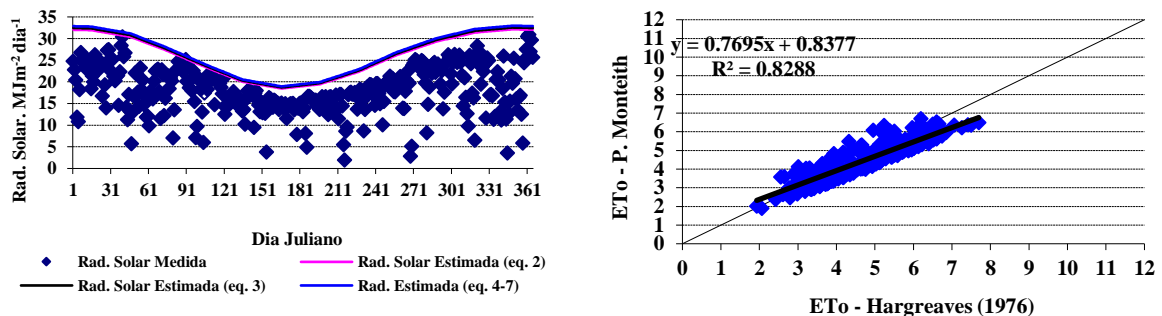


Figura 1. Radiação solar (a) e Correlação entre a os valores diários da ETo, obtidos com o método estudado, em relação ao Penman-Monteith FAO-56 (b).

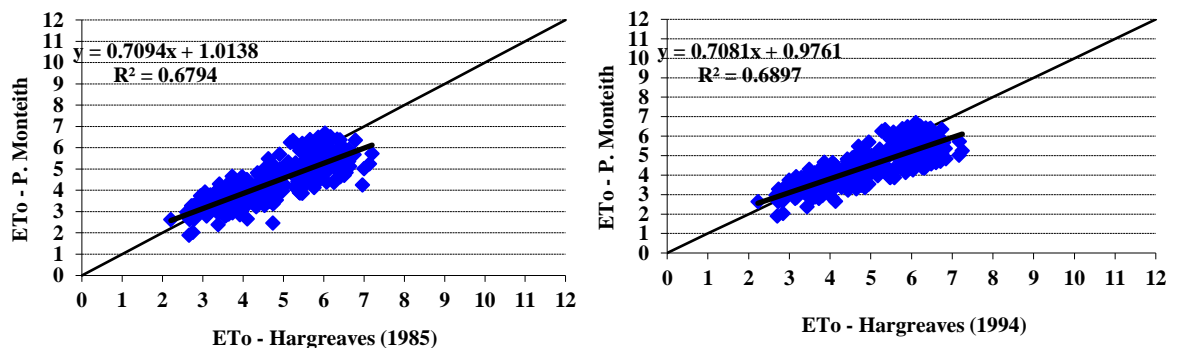


Figura 2. Correlação entre a os valores diários da ETo, obtidos com os métodos estudados, em relação ao Penman-Monteith FAO-56.

## CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS

As equações de Hargreaves são uma alternativa para estimar a ETo diária em locais em que a disponibilidade de dados meteorológicos é limitada.

## AGRADECIMENTOS

Aos proprietários do Sítio Santo Antônio, localizado no município de Monte Alto – SP, por permitirem a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 122, p. 97-106, 1996.
- ALLEN, R. G. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 122, n. 2, p. 97-106, 1996.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Evapotranspiration del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos**. Roma: FAO, 2006. 298 p. (Estúdio Riego e Drenaje, Paper 56).
- BACHOUR, R.; WALKER, W.R.; TORRES-RUA, A.F.; MCKEE, M. Assessment of reference evapotranspiration by the Hargreaves method in the Bekaa Valley, Lebanon. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 139, n. 11, p. 933-938, 2013.
- 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.
- FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.F.; AMORIN, A. O. Calibração regional e local da equação de Hargreaves para estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 43, n.2, p. 246-255, 2012.
- HARGREAVES, G. H.; **Climate and irrigation requirements for Brazil**. Logan, Utah State University, 1976. 44 p.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A. Reference crop evapotranspiration from temperature. **Applied Engineering Agriculture**, v.1, n.2, p.96-99, 1985.
- HARGREAVES, G.H. Defining and using reference evapotranspiration. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.120, n.6, p.1132-1139, 1994.
- LIMA JUNIOR, J. C.; ARRAES, F. D.A.; OLIVEIRA, J. B.; NASCIMENTO, F.A.L.; MACÊDO, K.G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n.3, p. 447-454, 2016.
- MEHDIZADEH, S.; SAADATNEJADGHARAHASSANLOU, H.; BEHMANESH, J. “**Calibration of Hargreaves-Samani and Priestley – Taylor equations in estimating reference evapotranspiration in the Northwest of Iran**”. *Archives of Agronomy and Soil Science*, p. 1-14, 2016.
- MEHDIZADEH, S.; SAADATNEJADGHARAHASSANLOU, H.; BEHMANESH, J. “**Calibration of Hargreaves - Samani and Priestley -Taylor equations in estimating reference evapotranspiration in the Northwest of Iran**”. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v.63, p. 1-14, 2016.