

DESEMPENHO DE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O MUNICÍPIO DE RIO VERDE, GOIÁS

GUILHERME H. T. CRUZ¹, LUCAS DA C. SANTOS²

¹ Graduando de Eng. Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, BR-153, 3105 - Fazenda Barreiro do Meio, Anápolis - GO, (62) 98620-8306, guilerghtech@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Pós-doutorando, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás, lucas.cs21@gmail.com

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió- AL, Brasil

RESUMO: A baixa densidade de estações meteorológicas completas na maioria das regiões do Brasil tem demandado estudos comparativos entre as várias equações de estimativa da evapotranspiração de referência, particularmente entre aquelas que necessitam de um menor número de elementos meteorológicos. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho, avaliar o desempenho de algumas equações empíricas usadas para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o) em relação ao método padrão de Penman-Monteith/FAO-56 para as condições climáticas do município de Rio Verde/GO. Os dados meteorológicos para o cálculo da ET_o foram coletados do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO referentes aos anos de 2005 a 2015. Os desempenhos dos métodos foram avaliados pelos seguintes parâmetros: equação de regressão (β_0 e β_1), coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d) e o índice de desempenho (c). Para as condições climáticas do local, em função dos parâmetros avaliados, os melhores métodos para estimar a ET_o foram: Turc (1961), Radiação/FAO-24, Blaney-Criddle/FAO-24, Penman Modificado/FAO-24, Hargreaves-Samani (1985) e Priestley-Taylor, respectivamente. O método de Priestley-Taylor não é indicado para a localidade de estudo.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, equações empíricas, variáveis climáticas.

PERFORMANCE OF REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION METHODS FOR THE CITY OF RIO VERDE, GOIÁS

ABSTRACT: The low density of complete meteorological stations in most regions of Brazil has demanded comparative studies among the various estimation equations of reference evapotranspiration (ET_o), particularly among those that require a smaller number of meteorological elements. The purpose of this work was to evaluate the performance of some empirical equations used to estimate the ET_o in relation to the Penman-Monteith/FAO-56 standard method for the climatic conditions of the city of Rio Verde, state of Goiás, Brazil. The meteorological data for the calculation of ET_o were collected from the Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO) for the years 2005 to 2015. The performance of the methods was evaluated by the following parameters: coefficients of the regression equation (β_0 and β_1), coefficient of determination (r^2), correlation coefficient (r), estimation of standard error (ESE), agreement index

(d) and performance index (c). For the climatic conditions of the site, according to the statistical parameters evaluated, the best methods to estimate ETo were Turc (1961) and Radiation/FAO-24, classified as excellent and very good, respectively. The Priestley-Taylor method is not indicated for study location because it has poor performance.

KEY WORDS: Water demand, Irrigation management, Empirical equations.

INTRODUÇÃO: A evapotranspiração (ET) é um processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera e é resultado do efeito combinado da evaporação da água presente nas superfícies do solo e das plantas, juntamente com a água transpirada pelos tecidos vegetais. Estimar adequadamente a ET é essencial para identificar as necessidades hídricas das culturas e com isso obter base para um eficiente manejo de irrigação (CARVALHO & OLIVEIRA, 2012). De acordo com Allen et al. (1998), a determinação da ET é difícil e dispendiosa, por depender de fatores ligados à cultura e ao solo, além dos elementos meteorológicos; dessa maneira, é prática comum a utilização de modelos matemáticos para estimar a evapotranspiração de referência (ET_o).

Dentre os métodos de estimativa da ET_o, existem aqueles mais complexos, como o de Penman-Monteith/FAO-56 (Allen et al., 1998), que necessitam de uma maior quantidade de variáveis meteorológicas para sua utilização, o que muitas vezes limita sua utilização pela maioria dos produtores rurais que normalmente dispõe de dados limitados de clima. Nestas condições, pode-se lançar mão de modelos mais simples, como o de Hargreaves-Samani, o qual baseia-se apenas em valores de temperatura do ar. No entanto, Pereira et al. (2009) recomenda, que antes de aplicar um método é necessário verificar seu desempenho, afim de minimizar erros de estimativa.

Diante do exposto e da importância da identificação de equações que representem a demanda evapotranspirométrica de uma região, de forma confiável, objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento de diferentes equações empíricas para a determinação da evapotranspiração de referência, e correlacioná-las com o método padrão Penman-Monteith/FAO-56 para as condições climáticas do município de Rio Verde/GO.

MATERIAIS E MÉTODOS: O município de Rio Verde encontra-se localizado nas coordenadas de latitude 17° 47' 53'' Sul; longitude 51° 55' 53'' Oeste, e altitude de 748 m, a classificação climática, de acordo com critérios propostos por Koppen é o Aw (Tropical de Savana), com inverno seco e verão chuvoso, temperatura média anual entre 20 e 25°C e média pluviométrica anual acima de 1500 mm. Para estimativa da ET_o foram obtidos dados da plataforma automática de coleta de dados do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO, onde se utilizou as seguintes variáveis meteorológicas: radiação solar ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), temperatura máxima, mínima e média do ar (°C), umidade relativa média do ar (%), velocidade média do vento (m s^{-1}) e pressão atmosférica (hPa), referentes aos anos de 2005 a 2015. Com o propósito de tornar os dados meteorológicos utilizados mais homogêneos, foram eliminadas aquelas informações discrepantes, incompletas ou inconsistentes.

Foi utilizado o programa computacional REF-ET (ALLEN, 2000) para a estimativa da ET_o pelos métodos: Penman Modificado/FAO-24, Radiação/FAO-24, Blaney-Criddle/FAO-24, Hargreaves-Samani (1985), Priestley-Taylor e Turc (1961), os quais foram comparados com o método padrão Penman-Monteith/FAO-56, na escala diária.

Com os dados diários da ET_o realizou-se análise de regressão onde correlacionou-se os valores obtidos pelos métodos testados com os do método padrão. A análise de desempenho foi baseada nos seguintes parâmetros: equação de regressão (β_0 e β_1), coeficiente de determinação (r^2), coeficiente de correlação (r), estimativa do erro padrão (EEP), índice de concordância (d) (Willmott et al., 1985) e o índice de desempenho (c) obtido a partir do produto entre o coeficiente de correlação e o índice de concordância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados comparativos entre os valores de evapotranspiração de referência obtidos pelos métodos estudados com os valores estimados pelo método Penman-Monteith/ FAO-56 encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1 – Parâmetros de regressão (β_0 e β_1), Coeficiente de determinação (r^2), Coeficiente de correlação (r), Estimativa do erro padrão (EEP), Índice de concordância (d) e Índice de confiança ou desempenho (c) para valores de ET_0 diários no município de Rio Verde/GO, no período de 2005 a 2015.

Parâmetros	β_0	β_1	r^2	EEP	r	d	c	Classificação [#]	ET_0 (mm)
PM FAO 56	-	-	-	-	-	-	-	-	3,66
Penman Mod.	0,18	1,20	0,98	0,92	0,99	0,70	0,69	Bom	4,56
Turc	1,13	0,68	0,89	0,25	0,94	0,94	0,89	Ótimo	3,61
Radiação	0,52	0,97	0,89	0,48	0,94	0,87	0,82	Muito Bom	4,08
Hargr.-Samani	0,49	1,04	0,76	0,72	0,87	0,76	0,66	Bom	4,28
Blaney-Criddle	0,98	0,78	0,65	0,42	0,80	0,87	0,70	Bom	3,85
Priestley-Taylor	0,74	0,79	0,44	0,56	0,66	0,81	0,53	Sofrível	3,63

[#]Camargo e Sentelhas (1997)

A equação que apresentou melhor estimativa foi a proposta por Turc (1961), com desempenho “Ótimo” e concordância quase perfeita ($d = 0,94$), apresentando baixo valor de subestimativa ($0,05 \text{ mm d}^{-1}$). Seu desempenho se deve ao fato do modelo levar em consideração valores de radiação, temperatura e fotoperíodo. Em estudos conduzidos por BRAGANÇA et al. (2010), em várias localidades do estado do Espírito Santo, este autor classificou o método como “Ótimo”, resultados similares foram encontrados por CUNHA et al. (2013) no município de Chapadão do Sul – MS. Quanto ao modelo de Radiação, o qual considera em sua formulação valores de radiação solar global e um fator de ponderação baseado na velocidade do vento e umidade relativa, apresentou superestimativa da ET_0 ($0,42 \text{ mm d}^{-1}$), contudo, possibilitou resultados satisfatórios, sendo classificado como “Muito bom” e com concordância ($d = 0,87$). Cavalcanti Junior et al. (2010) e Almeida et al. (2010) encontraram resultados satisfatórios aplicando o método em regiões nordestinas, classificando-o como “Ótimo” para a utilização nas localidades estudadas.

Os modelos de Penman Mod., Hargreaves-Samani e Blaney-Criddle tiveram seu desempenho classificado como “Bom” e apresentaram superestimativa de $0,90$; $0,62$ e $0,19 \text{ mm d}^{-1}$, respectivamente. Oliveira et al. (2001) encontrou resultados satisfatórios para os métodos de Penman Mod. e Hargreaves-Samani estudando algumas regiões de Goiás.

A equação de Priestley-Taylor apresentou o pior desempenho para a região de estudo, classificado como “Sofrível”. Este método é uma simplificação das equações de Penman Mod. e de Penman-Monteith/ FAO-56, e apresenta a vantagem de se exigir menos dados, entretanto, o método não se ajustou para as condições da região de estudo. Cavalcante Jr. et al. (2011), em estudos conduzidos na região semiárida nordestina, observaram comportamento similar ao deste estudo, classificando o método como “Mau” e “Mediano”, para os períodos seco e úmido, respectivamente. Nota-se que o método resultou em um valor de ET_0 média muito próximo ao determinado pelo método padrão, contudo, sua maior amplitude o classificou como de uso insatisfatório para a região de Rio Verde/GO. Quanto a análise a partir do coeficiente de determinação, os métodos que apresentaram os melhores ajustes, foram: Penman Mod. ($r^2 = 0,9823$), o qual utiliza os mesmos parâmetros do método padrão, e o método de Turc ($r^2 = 0,8868$). Contudo, Barros et al. (2009), relatam que a adoção do r^2 como o único critério de avaliação de um método não é adequado para se classificar o mesmo.

CONCLUSÃO: Os métodos de Turc e Radiação foram os que apresentaram o melhor desempenho para a região de Rio Verde/GO;

O método de Priestley-Taylor não é indicado para estimar a ETo na região.

AGRADECIMENTOS: Ao Programa de Auxílio Eventos (Pró-Eventos) da Universidade Estadual de Goiás e ao Programa de Educação Tutorial (PET Engenharia Agrícola) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS: ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 301p. Irrigation and Drainage, Paper 56.

ALLEN, R.G. REF-ET: **reference evapotranspiration calculator**, Version 2.1. Idaho: Idaho University, 2000. 82p.

ALMEIDA, B. M.; ARAÚJO, E. M.; CAVALCANTE JR. E. G.; OLIVEIRA, J. B. Comparação de métodos de estimativa da ETo na escala mensal em Fortaleza-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.2, p.93-98, 2010.

BARROS, V.R.; SOUZA, A.P.; FONSECA, D.C.; SILVA, L.B.D. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica, Rio de Janeiro, utilizando lisímetro de pesagem e modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.4, n.2, p.198-203, 2009.

BRAGANÇA, R.; REIS, E.F.; GARCIA, G.O.; PEZZOPANE, J.E.M. Estudo comparativo da estimativa da evapotranspiração de referência no período chuvoso para três localidades no estado do Espírito Santo. **Idesia**, v.28, n.2, p.21-29, 2010.

CAMARGO, A.P.; SENTELHAS, P.C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo Brasil. **Revista Brasileira Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.

CAVALCANTI JUNIOR, E.G. et al. **Estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Mossoró-RN**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v.4, n.2, p.87-92, 2010.

CAVALCANTE Jr., E.G.; OLIVEIRA, A.D.; ALMEIDA, B.M.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. **Semina**, v.32, n. suplemento, p.1699-1708, 2011.

CARVALHO, D. F.; OLIVEIRA, L. F. C. **Planejamento e manejo da água na agricultura irrigada**. Viçosa: Ed. UFV, 2012, 240p.

CUNHA, P. C. R. DA, NASCIMENTO, J. L. DO, SILVEIRA, P. M. DA, JÚNIOR, J. A. Eficiência de métodos para o cálculo de coeficientes do tanque classe A na estimativa da evapotranspiração de referência. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 114-122, 2013.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Grãos, **Safra 2015/2016**. Décimo primeiro levantamento, Agosto de 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 19 dezembro 2016.

MENDES, R. S. **Determinação da evapotranspiração por métodos direto e indiretos e dos coeficientes de cultura da soja para o Distrito Federal**. 58 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

OLIVEIRA, L. F. C.; CARVALHO, D. F.; ROMÃO, P. A.; CORTÊS, F.C. Estudo comparativo de modelos de estimativa da evapotranspiração de referência para algumas localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.31, n.2, p.121-126, 2001.

PEREIRA, D. R.; YANAGE, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2488-2493, 2009.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L.A.R.; FORTES, L.T.G. Normais climatológicas do Brasil. Brasília: INMET. 2009. 465p.

WILLMOTT, C.J.; CKLESON, S.G.; DAVIS, R.E. Statistics for evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research**, v.90, n. C5, p. 8995-9005,1985.