

MÉTODOS EMPÍRICOS BASEADOS NA TEMPERATURA DO AR PARA ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM FOZ DO IGUAÇU, PR

THARSOS HISTER GIOVANELLA¹, FABRÍCIO CORREIA OLIVEIRA², GILVAN MOISÉS BERTOLLO² VINÍCIUS AMADEU STUANI PEREIRA³, ALISON DE MEIRA RAMOS⁴, PABLO HENRIQUE FINKEN⁴

¹ Graduando em Agronomia, UTFPR, Santa Helena - PR, Fone: (045) 99987-8108, tharsoshg@gmail.com

² Eng^o Agrônomo, Prof. Dr., Curso de Agronomia, UTFPR, Santa Helena - PR

³ Eng^o Cartógrafo, Prof. Dr., Curso de Agronomia, UTFPR, Santa Helena - PR

⁴ Graduando em Agronomia, UTFPR, Santa Helena - PR

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 – Congresso On-line

RESUMO: A utilização de métodos empíricos para a estimativa de evapotranspiração tem como objetivo simplificar as estimativas, uma vez que o método padrão da *FAO56* necessita de muitos dados de entrada para ser aplicado. Dessa forma, a avaliação do desempenho de métodos empíricos para determinação da evapotranspiração de referência (ET_o) visa indicar a adequabilidade dos modelos a um local específico. Devido a inacessibilidade de dados, bem como a escassez de estações meteorológicas na região do oeste do Paraná, objetivo de avaliar métodos empíricos para a estimativa da ET_o, considerando modelos baseados na temperatura do ar, em Foz do Iguaçu, Paraná, comparando estes ao método padrão. Deste modo, visando facilitar as estimativas de evapotranspiração, contribuindo com o planejamento dos recursos hídricos na região. Os melhores métodos empíricos para a estimativa da evapotranspiração de referência na cidade de Foz do Iguaçu foram Penman-Monteith incompleto, Hargreaves-Samani e Jensen-Haise, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: evaporação, temperatura do ar, oeste do Paraná.

EMPIRICAL METHODS BASED ON AIR TEMPERATURE FOR REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION IN FOZ DO IGUAÇU, PR

ABSTRACT: The performance evaluation of empirical methods to determine the reference evapotranspiration (ET_o) aims to indicate the suitability of the models for a specific location. This research evaluated the effectiveness of 12 empirical methods based on air temperature in Foz do Iguaçu, Paraná. Thus, in order to contribute to the planning of water resources in the region, this research aimed to evaluate empirical methods for estimating ET_o, considering models based on air temperature, in Foz do Iguaçu, Paraná. The best empirical methods for estimating reference evapotranspiration in the city of Foz do Iguaçu were Hargreaves-Samani and Jensen-Haise, respectively.

KEYWORDS: evaporation, Foz do Iguaçu, west of Paraná.

INTRODUÇÃO: Estimativas de evapotranspiração de referência (ET_o) são fundamentais para o planejamento dos recursos naturais, interferindo diretamente nas atividades socioeconômicas e ambientais. Informações dos valores de ET_o são imprescindíveis para determinação do balanço hídrico, realização de zoneamento agroclimático, manejo de irrigação e o gerenciamento de recursos hídricos. Os métodos empíricos são modelos matemáticos para determinação da evapotranspiração que utilizam poucos dados de entrada. São vantajosos em relação ao Penman-Monteith, pois este necessita de dados de entrada que nem sempre estão disponíveis, inviabilizando sua aplicação (BACK, 2008). Entanto, para que sejam utilizados de maneira adequada, tornam-se necessárias pesquisas que validem, por meio de correlações entre os elementos meteorológicos e o local de aplicação (ALLEN et al., 1998; THORNTHWAITE, 1948).

Existe um grupo de municípios que foram diretamente influenciados pela formação do lago de Itaipu, sendo chamados de municípios lindeiros. Considerando estas localidades, existem apenas duas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Foz do Iguaçu e Marechal Cândido Rondon. Deste modo, visando contribuir com o planejamento dos recursos hídricos na região, esta pesquisa teve como objetivo de avaliar métodos empíricos para a estimativa da ET_o, considerando modelos baseados na temperatura do ar, em Foz do Iguaçu, Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS: Para realização desta pesquisa foram utilizados dados meteorológicos proveniente da rede de estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram utilizados dados da estação localizada em Foz do Iguaçu, Paraná. A estação situa-se entre as coordenadas 25°36'6,6" S e 54°28'59,03" W, apresentando 235 metros de altitude. Foram utilizados dados meteorológicos horários de temperatura do ar (°C), velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹), radiação solar global (MJ m⁻² d⁻¹) e umidade relativa (%) para um período de três anos (1° de janeiro de 2016 a 31 de dezembro de 2018). Foram estimadas as ET_o em escala diária utilizando 12 modelos baseados na temperatura do ar. Os modelos foram: Camargo; McCloud; Hargreaves-Samani; Jensen-Haise; Baier-Robertson; Penman-Monteith com dados incompletos; Hamon; Turc; McGuinness-Bordne; Thornthwaite; e, Thornthwaite modificado (CUNHA; MAGALHÃES; CASTRO, 2013). Em seguida, foi estimada a ET_o pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998), este foi utilizado como padrão para comparação com os demais. A análise do desempenho dos demais métodos em relação ao de Penman-Monteith foi realizada por meio de regressão linear. Para avaliação foi tomado como referência os valores do coeficiente de determinação, r², índice de concordância de Willmott, d (eq. 1), índice de desempenho, c (eq. 2) e da raiz quadrada do erro médio, RMSE (eq. 3).

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{\sum_{n=1}^n \left[\left(|Y_i - \bar{Y}| \right) + \left(|X_i - \bar{X}| \right) \right]^2} \quad (1)$$

$$c = r \cdot d \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i)^2}{n}} \quad (3)$$

em que,

Y_i - evapotranspiração de referência estimada pelo método padrão, mm d⁻¹; X_i - evapotranspiração de referência obtida pelo método avaliado, mm d⁻¹; \bar{X} - evapotranspiração de referência média obtida pelo método avaliado, mm d⁻¹; r - coeficiente de correlação de Pearson; e , n - número de observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Entre todos métodos avaliados, os métodos de Penman-Monteith incompleto, Hargreaves-Samani e Jensen-Haise apresentaram melhor desempenho, considerando o índice de desempenho (c), sendo classificados como “Ótimo”, além de apresentarem baixo RMSE, também apresentando os valores mais elevados do coeficiente de determinação (r^2) (TABELA 1). Os métodos McCloud, Camargo, Hamon, Turc, McGuinness-Bordne e Thornthwaite apresentaram bons índices de desempenho, entretanto, subestimaram a evapotranspiração, por isso, obtiveram RMSE alto, além de um baixo coeficiente de determinação. As equações Thornthwaite modificado e Baier-Robertson apresentaram resultados promissores, porém resultaram alto RMSE, indicando erros elevados de estimativas. O método de Penman-Monteith incompleto apresentou alto índice c devido a sua semelhança com o método padrão, seu desvio ocorre devido a equação de radiação solar que substitui os dados de saldo de radiação, bem como a velocidade do vento, utilizada como valor fixo de dois metros por segundo. Jensen-Haise e Hargreaves-Samani também apresentaram bons resultados, devido a utilização de dados de radiação na sua composição. Isso decorre do fato de a radiação ser o principal fator de influência nos valores de evapotranspiração, sendo os métodos baseados em radiação os mais indicados para estimativas diárias (FILHO et al., 2010; PILAU et al., 2015).

TABELA 1. Estimativa do coeficiente de determinação (r^2), raiz quadrada do erro médio, (RMSE), índice de concordância de Willmott (d) e índice de desempenho, (c) obtidos das correlações entre o método de Penman-Moiteith e os demais métodos avaliados

Método	r^2	RMSE	d	c	Desempenho
Camargo	0,3852	3,30	0,9995	0,776	Muito bom
McCloud	0,2813	2,56	0,9996	0,715	Bom
Hargreaves-Samani	0,7232	1,70	0,9998	0,890	Ótimo
Jesen-Haise	0,6817	1,36	0,9999	0,875	Ótimo
Baier-Robertson	0,6788	2,12	0,9997	0,866	Ótimo
Penman-Monteith dados incompletos	0,757	1,37	0,9999	0,908	Ótimo
Hamon	0,364	3,48	0,9995	0,754	Muito bom
Turc	0,3709	3,55	0,9995	0,787	Muito bom
McGuinness-Bordne	0,3798	1,88	0,9997	0,779	Muito bom
Thornthwaite	0,3298	3,37	0,9994	0,724	Bom
Thornthwaite modificado	0,6229	2,45	0,9997	0,839	Muito Bom

CONCLUSÕES: Os métodos McCloud, Camargo, Hamon, Turc, McGuinness-Bordne e Thornthwaite apresentaram os piores resultados nas estimativas de evapotranspiração nos municípios lindeiros. As equações de Baier-Robertson e Thornthwaite modificado apresentaram resultados promissores, porém dependem de uma calibração para que o RMSE destes seja reduzido. Penman-Monteith incompleto, Jensen-Haise e Hargreaves-Samani obtiveram os melhores resultados, com baixo erro na estimativa.

AGRADECIMENTOS: À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e à Fundação Araucária 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.
- BACK, Á. J. Desempenho de métodos empíricos baseados na temperatura do ar para a estimativa da evapotranspiração de referência em Urussanga, SC. **Irriga**, v. 13, n. 4, p. 449–466, 2008.
- CUNHA, F. F.; MAGALHÃES, F. F.; CASTRO, M. A. Método para estimativa da evapotranspiração de referência para Chapadão do Sul - MS. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, n. 2, p. 159–172, 2013.
- LEMOS FILHO, L. C. A.; CARVALHO, L. G.; EVANGELISTA, A. W. P.; ALVES JÚNIOR, J. Análise espacial da influência dos elementos meteorológicos sobre a evapotranspiração de referência em Minas Gerais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 12, p. 1294–1303, 2010.
- PILAU, F. G.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; RIGHI, E. Z. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência nas localidades de Frederico Westphalen e Palmeira das Missões, RS. *Ciência Rural*, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 283–290, 2012.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **American Geographical Society**, v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948.