



CALIBRAÇÃO E ANÁLISE DE TANQUES REDUZIDOS PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA EM CONFRESA-MT

CALIBRATION AND ANALYSIS OF REDUCED TANKS TO ESTIMATE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN CONFRESA-MT

José Antônio do Vale Sant'Ana¹ , Josiane Lopes Neves² ,

Recebido em 16 de Abril de 2022 | Aprovado em 18 de Abril de 2022

RESUMO

A determinação da evapotranspiração é uma etapa importante no planejamento do uso da água na agricultura irrigada. Existem vários métodos para realizar essa estimativa, entre eles o método com tanques reduzidos. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de tanques reduzidos para a estimativa da evapotranspiração de referência no município de Confresa. Os tanques foram confeccionados com tambores de plástico e metálicos de 200 litros, sendo cortados em três alturas diferentes, sendo elas 25, 35 e 45 cm. Para a leitura, foi colada fitas métricas na parte interna dos tanques. O experimento foi instalado em uma área gramada e cercada com tela, ao lado de uma estação meteorológica automática. Os tanques foram colocados em pares de mesma altura sobre um estrado de madeira e distribuídos na área, de forma espaçada para que não ficassem próximos. As leituras e coleta de dados meteorológicos foram realizadas às 09:00 horas da manhã. A evaporação do tanque foi calculada a partir da diferença entre duas leituras consecutivas e a ETo obtida por meio do método Tanque Classe A. Para calibração e validação dos modelos foi utilizado o coeficiente de determinação (R^2), raiz quadrada da média dos quadrados dos erros (RMSE), eficiência do modelo (E_f), coeficiente de Person (r) e o coeficiente angular da equação linear simples do tipo $Y = aX$. O tanque metálico de 45 cm proporcionou melhores ajustes para calibração e validação dos dados para os meses de dezembro a maio.

Palavras-chave: Evaporação, Irrigação, Métodos de Baixo Custo.

ABSTRACT

The determination of evapotranspiration is an important step in planning water use in irrigated agriculture. There are several methods to perform this estimation, among them the method with reduced tanks. The objective of this work was to evaluate the efficiency of reduced tanks to estimate the reference evapotranspiration in the municipality of Confresa. The tanks were made with plastic and metal drums of 200 liters, being cut in three different heights, being 25, 35 and 45 cm. For reading, measuring tapes were glued to the inside of the tanks. The experiment was installed in a grassy area and fenced with screen, next to an automatic weather station. The tanks were placed in pairs of equal height on a wooden platform and distributed in the area, spaced so that they were not close together. The readings and collection of meteorological data were carried out at 09:00 am. The evaporation of the tank was calculated from the difference between two consecutive readings and the ETo obtained through the Tank Class A method. For calibration and validation of the models, the coefficient of determination (R^2), square root of the mean of the squares of the errors was used. (RMSE), model efficiency (E_f), Person coefficient (r) and the slope of the simple linear equation of the type $Y = aX$. The 45 cm metallic tank provided better adjustments for calibration and data validation for the months of December to May.

Keywords: Evaporation, Irrigation, Low Cost Methods.

¹ Doutor em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas pela Universidade Federal de Lavras. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFMT – Campus Confresa. Endereço para correspondência: Av. Vilmar Fernandes, n.200, Santa Luzia, Confresa, Mato Grosso, Brasil. CEP: 78652-000. E-mail: jose.santan@ifmt.edu.br

² Graduada em Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFMT) Campus Confresa. Confresa, Mato Grosso, Brasil. Endereço para correspondência Av. Vilmar Fernandes, n.200, Santa Luzia, Confresa, Mato Grosso, Brasil. CEP: 78652-000. E-mail: josianelopes.neves@gmail.com

1 Introdução

A determinação da evapotranspiração é uma etapa importante no planejamento do uso da água na agricultura irrigada. Segundo Carvalho; Oliveira (2012) sua correta estimativa reduz custos na compra de equipamentos, assim como os impactos negativos da aplicação inadequada da água.

De acordo com Gomes Filho et al., (2017) “uma informação muito importante para auxiliar o manejo da água na irrigação é o conhecimento do consumo hídrico das culturas baseado na estimativa da evapotranspiração de referência”.

Carvalho; Oliveira (2012) definem a ETo como “a taxa evapotranspirométrica em uma superfície de referência, independentemente do tipo de cultura, do seu estágio vegetativo e das práticas de manejo adotadas em seu cultivo”. De acordo com Allen et al. (2006) “os valores estimados da ETo em diferentes lugares e épocas do ano podem ser comparados, pois fazem referência da evaporação sob a mesma superfície de referência”.

“Existem diversos métodos científicos para a determinação da taxa de evapotranspiração, sejam eles diretos ou indiretos” (BRITTO DE MENEZES, 2018). Esses métodos “utilizam uma série de variáveis climáticas, ou ainda, diversos cálculos matemáticos, sendo, portanto, estas exigências que limita a determinação da ETo em condições onde não existem dados climáticos” (TAGLIAFERRE et al., 2012).

Dentre os métodos, um amplamente utilizado devido a sua facilidade e relativo baixo custo é o tanque classe A. Esse método “se baseia no princípio de que a água contida no interior do tanque não deve oferecer impedimento ao processo evaporativo. A evaporação obtida será sempre maior em relação à perda efetiva de uma cultura, mesmo estando em condições ótimas de suprimento de água” (SOUSA; FACCIOLI; AGUIAR NETTO, 2018).

No tanque, “a medida da evaporação pode ser feita manualmente, utilizando-se o parafuso micrométrico instalado em um poço tranquilizador, ou automaticamente, utilizando-se sensores puramente mecânicos, eletromecânicos ou eletrônicos” (COELHO FILHO et al., 2011).

Apesar de seu relativo baixo custo, a aquisição do tanque classe “A” ainda pode ser onerosa para pequenos produtores. Desta forma, vem sendo estudada maneiras de adaptar esses tanques com materiais de baixo custo, de modo que apresentem resultados significativos na determinação da evapotranspiração de referência.

Segundo Lisboa et al. (2011), o uso de tanques alternativos para estimar a evaporação é

uma ferramenta útil para o manejo da irrigação, principalmente para pequenos agricultores que não têm acesso aos dados meteorológicos necessários para determinação da evapotranspiração por meio de uso das equações empíricas.

De acordo com Labigalini et al. (2013) o funcionamento dos tanques reduzidos é simples e permite leituras diretas, facilitando a compreensão por parte do produtor rural. Além disso, também concluíram que são eficientes na determinação da evaporação, quando comparados ao tanque classe A, podendo ser usados como substitutos, minimizando custos no controle e manejo da irrigação de culturas.

Os tanques reduzidos podem ser confeccionados com materiais de baixo custo, tais como chapas de aço galvanizado e tambores. A facilidade desses tanques é que podem ser feitos pelos próprios produtores ou com custo mínimo de mão de obra, além disso, se mostram eficientes na determinação da ETo.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência de tanques reduzidos para estimativa da evapotranspiração de referência no município de Confresa e região.

2 Metodologia

O experimento foi conduzido na área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Confresa, localizado na latitude 10° 38' 38''sul, longitude 51° 34' 08'' oeste com altitude de 240 m, à Nordeste do estado de Mato Grosso.

Para a confecção dos tanques, foram serrados com serra elétrica seis tambores de 200 litros em diferentes alturas, sendo elas 25 cm, 35 cm e 45 cm. Utilizou-se três tambores de plástico e três metálicos, que foram pintados com tinta branca e, posteriormente, fitas métricas com as respectivas alturas foram coladas na parte interna dos tambores para verificar a evaporação diária.

O experimento foi instalado em uma área gramada e cercada com tela, no setor experimental do IFMT – Campus Confresa, próxima a estação meteorológica automática. Os tanques foram colocados em pares de mesma altura sobre um estrado de madeira e distribuídos na área, de forma espaçada para que não ficassem próximos um do outro. A água foi adicionada aos tanques 24 horas antes do início das leituras, deixando uma borda de 5 cm em cada tanque.

A reposição da água era feita quando o nível estava abaixo de 7 cm da borda, e a limpeza dos tanques realizada quando houvesse necessidade. Após a limpeza, a água era adicionada

novamente e a próxima leitura ocorria após 24 horas.

Os dados foram coletados durante os meses de novembro de 2020 a maio de 2021. As leituras de evaporação dos tanques foram realizadas diariamente às 09:00 da manhã, bem como a coleta dos dados da estação meteorológica. Entre os dias 23 de fevereiro e 08 de março houve uma pausa na coleta dos dados para fazer a calibração dos valores obtidos nos tanques e estação meteorológica. A tabulação dos dados foi feita em planilhas eletrônicas do Excel.

Foi utilizado os dados de velocidade do vento, radiação solar, umidade relativa do ar, chuva, evaporação, temperatura máxima e mínima obtidos de forma diária. Para a eliminação de dados desnecessários para os cálculos foi utilizado o erro padrão.

Para determinar a evaporação dos tanques utilizou-se a seguinte equação (1):

$$ECA = (h_n - h_{n+1}) + P \quad (1)$$

Onde,

h_n = leitura do nível d'água no tanque (mm), no dia n ;

h_{n+1} = leitura do nível d'água no tanque (mm), no dia $n+1$;

P = precipitação ocorrida no período (mm).

Para determinar a evapotranspiração de referência foi utilizada a equação (2):

$$ET_o = ECA \times K_t \quad (2)$$

Onde,

ET_o = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹

ECA = evaporação do Tanque Classe A, em mm d⁻¹

K_t = coeficiente de correção, adimensional.

A calibração foi feita a partir da modelagem das estimativas dos valores diários de evaporação dos tanques reduzidos quando comparado com os valores observados no método Penman Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO (Allen et al., 1998).

Para a análise do desempenho da equação foi utilizado coeficiente de determinação (R^2), raiz quadrada da média dos quadrados dos erros (RMSE) e a eficiência do modelo (E_f) (SANT'ANA, 2015).

$$R^2 = 1 - \frac{SQR}{SQ_{tot}} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2} \quad (4)$$

$$E_f = \frac{\left[\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2 - \sum_{i=1}^n (O_i - E_i)^2 \right]}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (5)$$

Onde,

SQR = Soma de quadrados do resíduo;

SQT= Soma de quadrados total;

Ef = eficiência do modelo;

n = número de dados;

O_i = valor observado;

-

\bar{O} = média do valor estimado; e

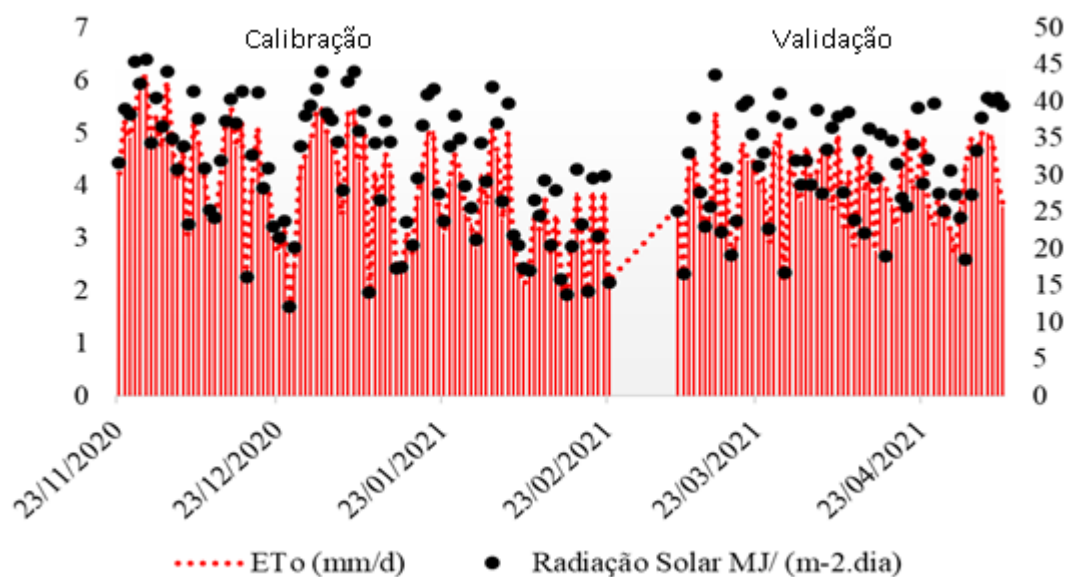
E_i = valor estimado.

Para a validação da equação obtida na calibração para estimativa da ETo pelos tanques reduzidos foram avaliados em períodos posteriores os valores simulados (tanque reduzidos) e observados (Penman-Monteith parametrizado no boletim 56 da FAO), utilizando a raiz quadrada da média dos quadrados dos erros (RMSE), eficiência do modelo (Ef), o coeficiente de correlação de Pearson (r) e uma equação linear simples do tipo $Y = aX$ (“a” é o coeficiente angular) (CONCEIÇÃO, 2016).

3 Resultados e Discussão

Na Figura 1 está o gráfico representando a relação entre os dados de radiação solar e ETo obtidos na estação meteorológica automática. No período das avaliações, entre novembro de 2020 a maio de 2021, os valores de ETo variaram de 1,88 mm.d⁻¹ a 6,09 mm.d⁻¹ nos meses mais chuvosos (novembro a fevereiro, respectivamente). Já entre os meses de março a maio, a ETo variou de 3,60 mm.d⁻¹ a 5,38 mm.d⁻¹, respectivamente. É possível notar no gráfico abaixo, que a radiação solar se manteve constante durante os meses do experimento, sendo fevereiro o mês de menor intensidade, possivelmente pela ocorrência de chuvas mais frequentes.

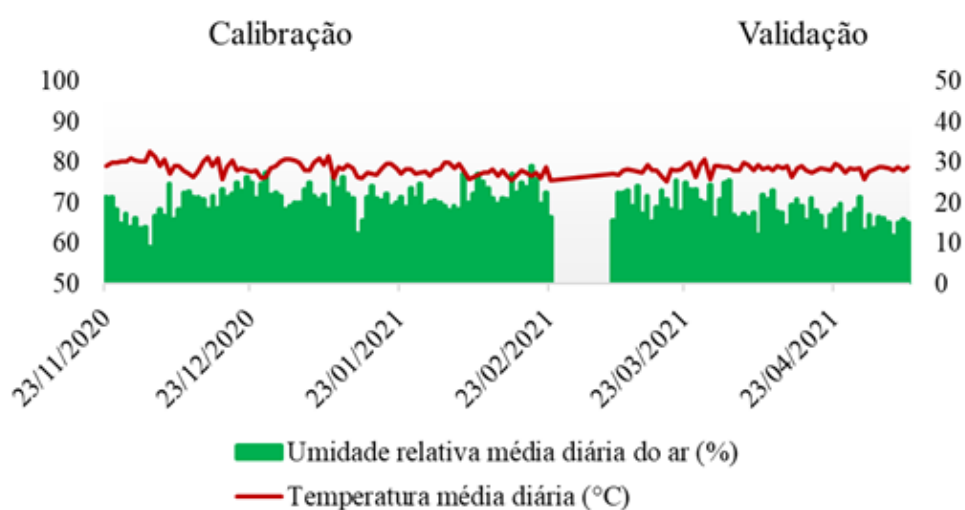
Figura 1 – Elementos meteorológicos usados para cálculo da ETo. Radiação Solar em MJ/ (m².dia) e ETo (mm.d⁻¹).



Fonte: Neves; Sant’Ana (2021).

Na figura 2, nota-se que os valores médios diários de temperaturas variam entre 24,6 °C a 31,9 °C. Ramos et al. (2017), estudando a precipitação e temperatura do ar para Mato Grosso, observaram que a temperatura máxima média varia entre 31 a 32 °C para dezembro e a mínima, para o mês de março, varia entre 20,1 a 21 °C. E a temperatura média para esses dois meses varia entre 25,1 a 26 °C. Para esse estudo, o valor diário de umidade relativa do ar mais baixo ocorreu no mês de dezembro, com 56,1% e o mais alto ocorreu no mês de fevereiro, com 80,06%.

Figura 2 – Elementos meteorológicos usados para cálculo da ETo de referência. Temperatura (°C) e Umidade Relativa do ar (%).

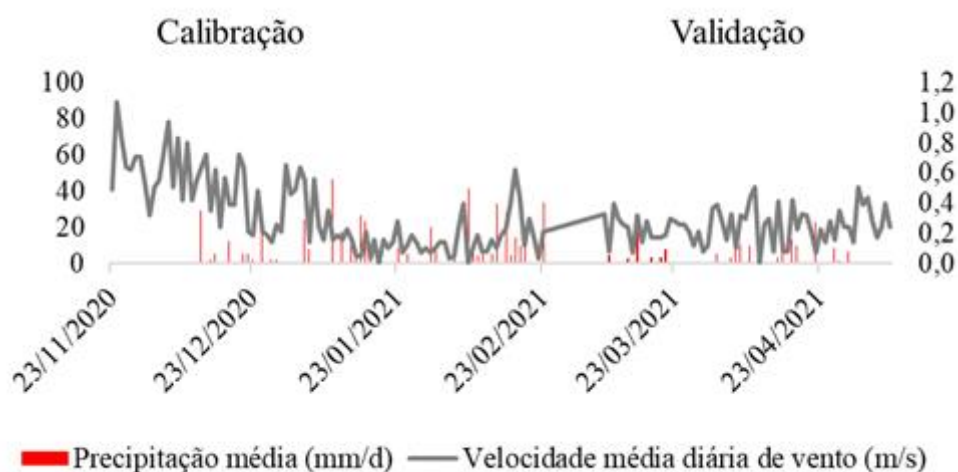


Fonte: Neves; Sant’Ana (2021).

Na Figura 3 observa-se os dados médios diários de velocidade de vento a 2,0 m acima da superfície do solo e precipitação. O valor médio da velocidade do vento a 2,0 m acima da superfície do solo para o período de estudos, foi de $0,24 \text{ m s}^{-1}$. Os maiores valores médios diários foram registrados nos meses de novembro ($1,07 \text{ m/s}^{-1}$), dezembro, ($0,94 \text{ m/s}^{-1}$), janeiro ($0,64 \text{ m/s}^{-1}$) e fevereiro ($0,62 \text{ m/s}^{-1}$). Entretanto, Sanches et al. (2020), analisando uma série de dados meteorológicos no município mato-grossense de Cáceres, observaram que as menores velocidades do vento foram registradas para os meses de fevereiro e março com velocidades de $1,01 \text{ m/s}^{-1}$ e $0,98 \text{ m/s}^{-1}$, respectivamente. Contudo, foi o mês de setembro que apresentou maior velocidade dos ventos no período estudado, com uma velocidade média de $1,40 \text{ m/s}^{-1}$.

Em relação a precipitação, é possível notar que os meses de maior ocorrência de chuvas foram janeiro e fevereiro, corroborando com os resultados observados por Marcuzzo; Melo; Rocha (2011) para esta região, onde os maiores índices pluviométricos também foram encontrados para esses meses.

Figura 3 – Elementos meteorológicos usados para cálculo da ETo de referência. Velocidade média diária do vento (m/s^{-1}) e Precipitação média (mm/d^{-1}).



Fonte: Neves; Sant'Ana (2021).

A Tabela 1 apresenta a relação dos valores dos indicadores estatísticos obtidos por meio do cálculo, do coeficiente de determinação (R^2), da raiz quadrada da média dos quadrados dos erros (RMSE) e eficiência do modelo (Ef).

Os valores apresentados na tabela indicam um bom desempenho na calibração dos dados obtidos da estação meteorológica e dos tanques reduzidos entre os meses de novembro de 2020

e fevereiro de 2021. Observa-se que os tanques plásticos de 25 e 35 cm de altura obtiveram os maiores valores para o K_{Aj} (coeficiente de ajuste do modelo) (1,121 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ e 1,134 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$, respectivamente) e RMSE (1,9688 e 1,9725, respectivamente) assim como os menores valores para R^2 e E_f . Já os tanques metálicos de 35 e 45 cm de altura obtiveram os menores valores para K_{Aj} (1,001 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ e 0,9395 $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$, respectivamente) e RMSE (1,7943 e 1,7321, respectivamente) e os maiores valores para R^2 e E_f , classificando-os como os melhores modelos para calibração dos dados.

Tabela 1 – Equação para estimar evapotranspiração de referência pelos tanques reduzidos e os indicadores de qualidade de ajuste, R^2 , RMSE e E_f .

Material	Tanques	Equação	R^2	RMSE	E_f
	Reduzidos	$ET_o = EVTR \cdot K_{Aj}$			
Plástico	25 cm	$ET_o = EVTR \cdot 1,121$	0,7798	1,9688	0,9426
	35 cm	$ET_o = EVTR \cdot 1,134$	0,7916	1,9725	0,9566
	45 cm	$ET_o = EVTR \cdot 1,079$	0,8312	1,7851	0,9778
Metálico	25 cm	$ET_o = EVTR \cdot 1,042$	0,8155	1,8667	0,9750
	35 cm	$ET_o = EVTR \cdot 1,001$	0,8261	1,7943	0,9751
	45 cm	$ET_o = EVTR \cdot 0,9395$	0,8403	1,7321	0,9820

Fonte: Neves; Sant'Anna (2021).

De acordo Costa (2004), ao realizar um estudo para estimar a evapotranspiração de referência usando tanques adaptados de diferentes alturas e o tanque classe “A”, concluiu que as mesmas não são fatores que influenciaram significativamente na estimativa da ET_o .

Contudo, Lopes Filho (2000), ao conduzir um estudo em ambiente protegido para estimar a ET_o utilizando o tanque classe “A”, um mini tanque metálico e um mini tanque plástico retangular, constatou que os minis tanques superestimaram a ET_o quando comparados com os valores do tanque classe “A”. Entretanto, o de plástico foi o que obteve os valores mais semelhantes ao do tanque classe “A”.

Na Tabela 2, estão representados os valores da validação dos dados obtidos a partir da comparação entre os dados calibrados dos tanques reduzidos e da estação meteorológica.

Conforme Garcia; Mendonça; Almeida (2017), informa no seu texto, os valores do índice EF que são = 1, o ajuste é considerado perfeito, valores de $EF > 0,75$ o modelo é considerado adequado e bom, e se $0,36 < EF < 0,75$ o modelo é considerado aceitável.

Tabela 2 – Indicativos estatísticos (RMSE, Ef, r e “a” o coeficiente angular da equação linear simples do tipo $Y = aX$) para comparação dos valores de evapotranspiração de referência determinada pelas equações de calibração dos tanques reduzidos e a evapotranspiração de referência (mm d^{-1}) obtida pela estação meteorológica automática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – Campus Confresa.

Material	Tanques reduzidos	RMSE	Ef	r	“a”	R ² ($Y = a'X$)
Plástico	25 cm	1,9162	0,5956	0,1397	0,6035	0,8397
	35 cm	2,3820	0,9797	0,3818	0,8937	0,6961
	45 cm	2,0435	0,9764	0,3314	0,8733	0,7514
Metálico	25 cm	1,9608	0,9511	0,1444	0,8054	0,7682
	35 cm	2,1127	0,9704	0,1228	0,8368	0,7411
	45 cm	1,8003	0,9979	0,2677	0,9478	0,8175

Fonte: Neves; Sant’Ana (2021).

Assim, os valores da eficiência do modelo (Ef) indicam que os tanques metálicos obtiveram os melhores ajustes, sendo classificados como adequado. Para o tanque plástico de 25 cm de altura, o ajuste foi considerado aceitável, enquanto que os de 35 e 45 cm de altura foram considerados adequado.

A RMSE, para todos os tanques, é considerada aceitável, visto que todos apresentam valores entre 1,80 e 2,38. Segundo Carvalho et al. (2015), quanto menores os valores obtidos para RMSE, melhor o desempenho dos modelos.

Conforme Cohen (1988), o coeficiente de correlação (r) pode ser classificado como: “muito baixo” ($r < 0,1$); “baixo” ($0,1 < r < 0,3$); “moderado” ($0,3 < r < 0,5$); “alto” ($0,5 < r < 0,7$); “muito alto” ($0,7 < r < 0,9$); e “quase perfeito” ($r > 0,9$).

Logo, os valores obtidos indicam que a correlação entre as variáveis é classificada como positiva moderada, com tanque plástico de 35 e 45 cm de altura apresentando melhor correlação, com r igual a 0,38 e 0,33, respectivamente. Já os coeficientes de correlação obtidos nos demais tanques são classificados como baixos.

Ao conduzirem um estudo em ambiente protegido comparando a evaporação de um tanque reduzido e a evaporação de referência de uma estação meteorológica automática, Seron et al. (2017) concluíram que o tanque apresentou correlação positiva boa somente no período de primavera/verão e ruim no período de inverno/primavera.

Corroborando também com os resultados obtidos por Ferronato et al. (2016), ao estudar

diferentes métodos para a estimativa da ETo, onde o tanque classe A não apresentou desempenho satisfatório para a estimativa da evapotranspiração de referência nas quatro estações do ano.

Portanto, isso indica que o desempenho dos tanques para estimar a evapotranspiração de referência depende, principalmente, da época do ano. O que foi comprovado nesse estudo, que ocorreu entre os meses mais chuvosos de 2020 e início da estiagem em 2021.

Em relação aos valores do coeficiente angular de uma regressão linear simples do tipo $Y = aX$, pode-se observar que os maiores valores foram obtidos nos tanques plásticos de 35 e 45 cm de altura (0,8937 e 0,8733, respectivamente) e no tanque metálico de 45 cm de altura, que apresenta o maior valor de coeficiente angular, 0,9478. Esses valores indicam que as equações utilizadas foram adequadas para o ajuste dos dados, pois são os mais próximos da unidade (valor 1).

Entretanto, em relação ao R^2 , o menor valor foi o do tanque plástico de 35 cm de altura (0,6961). Para os outros tanques, os valores do R^2 variam entre 0,7411 a 0,8397, os quais indicam uma boa confiabilidade e validação dos dados.

Como observado nos gráficos e tabelas, os tanques metálicos obtiveram melhores resultados quando comparado com tanque de material plástico, tanto na calibração, quanto na validação dos dados meteorológicos, provavelmente, por ser o material mais próximo ao do tanque classe A. Os tanques metálicos 35 e 45 cm foram aqueles que obtiveram os melhores ajustes para calibração dos dados para meses de dezembro a fevereiro, sendo o tanque metálico de 45 cm que proporcionou melhores resultados para validação dos dados. Um bom ajuste na calibração e boa relação entre os dados obtidos e observados na validação dos dados é sinal de boa adequação e confiabilidade para o modelo utilizado.

Verifica-se também a partir da discussão dos resultados que o estudo deve ser feito em diferentes períodos do ano, visto que não foi possível notar a influência na evaporação nos tanques em dias de chuva e em dias nublados. Além disso, realizar o estudo em diferentes épocas do ano permite a obtenção de dados mais precisos em relação à estimativa da evapotranspiração de referência diária.

4 Considerações

Os tanques reduzidos demonstraram que são uma boa opção de baixo custo para determinação da evapotranspiração de referência, no município de Confresa e região, em que recomenda-se o uso do tanque metálico de 45 cm para determinação da evapotranspiração de

referência.

Apresenta-se como uma boa ferramenta para produtores rurais da agricultura familiar e para propriedades rurais que deseje obter uma tecnologia barata, de simples manuseio e que não tenha nas proximidades da sua propriedade rural uma estação meteorológica automática com dados livre e disponível para obtenção da evapotranspiração diária.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Referências

ALLEN, R. G. et al. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje – 56. Roma, 2006. Disponível em: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>. Acesso em: 12 Maio. 2021.

ALLEN, R. G. et al. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome, v. 300, 1998. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3887570/mod_folder/content/0/Boletim_FAO56.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 20 Abril. 2021.

BRITTO DE MENEZES, V. B. Métodos para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região de Serrinha (BA). In: XXII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2018, Bahia. **Anais SEMIC**. Disponível em: <http://periodicos.uefs.br/index.php/semic/article/view/4227/0>. Acesso em: 03 Julho. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.13102/semic.v0i22.4227>.

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

CARVALHO, D. F. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.1, p.1-11, jan. 2015. Disponível: <https://www.scielo.br/j/pab/a/mH5GKF9t3GdJYG8qgwjcTTF/?lang=pt>. Acesso em: 05 Junho. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000100001>.

COELHO FILHO, M. A. et al. O processo de evapotranspiração. In: SOUZA, V. F de et al. **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 91-113. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/55930/1/IRRIGACAO-e-FERTIRRIGACAO-cap2.pdf>. Acesso em: 25 Abril. 2021.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1988. Disponível em:

<http://www.utstat.toronto.edu/~brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>. Acesso em: 03 Junho. 2021.

CONCEIÇÃO, B. S. **Modelagem da dinâmica de nitrato e potássio no solo em bananeiras fertirrigadas: modelos paramétricos e modelo Hydrus**. 2016. 91 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/10370/texto%20completo.pdf?sequenc e=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 Maio. 2021.

COSTA, S. V. **Desenvolvimento e calibração de um mini-tanque evaporimétrico**. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7629>. Acesso em: 05 Junho. 2021. 19

FERRONATO, A. et al. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para Santo Antônio do Leverger-MT. *Revista de Ciências Agroambientais*, v.14, n. 1, p.110-118, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/rcaa/article/view/1418>. Acesso em: 01 Julho. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5327/rcaa.v14i1.1418>.

GARCIA, A. D. B; MENDONÇA, J. C; ALMEIDA, C. M de. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) no município de Santa Teresa, ES. *Irriga*, v. 22, n. 4, p. 701-714, 20 dez. 2017. Disponível em: <https://200.145.140.50/index.php/irriga/article/view/2544>. Acesso em: 01 Junho. 2021. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2017v22n4p701-714>.

GOMES FILHO, R. R. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência do Estado de Sergipe. *Scientia Plena*, v. 13, n 10, p. 2-9, 30 nov. 2017. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/3789>. Acesso em: 22 Abril. 2021. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2017.109912>.

LABIGALINI, I. et al. Construção e análise da eficiência de um mini-tanque evaporimétrico de baixo custo no manejo da irrigação. In: 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação. 2013. Inconfidentes-MG. Disponível em: <https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcinc/jcinc/paper/viewFile/320/57>. Acesso em: 05 Junho. 2021.