



AJUSTE DO MÉTODO DE CAMARGO PARA A ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO MORRO DO CHÁPEU, BA

ADJUSTMENT OF CAMARGO METHOD FOR THE EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATE AT MORRO DO CHÁPEU, BA

Taiara Souza Costa¹, Ramon Amaro de Sales², Robson Argolo dos Santos³, Rodrigo Amaro de Salles², Aldnira Tolentino Nogueira¹, Robson de Jesus Santos¹, Rosangela Leal Santos¹

¹Universidade Estadual de Feira de Santana, Campus Feira de Santana, taiarauefs@gmail.com, niranina@hotmail.com, robssantos17@hotmail.com, rosangela.leal@gmail.com; ²Universidade Federal do Espírito Santo – CCAE, ramonamarodesales@hotmail.com, rodrigoamarodesalles@gmail.com; Universidade Federal de Viçosa, argolo.agro@gmail.com;⁴

Apresentado na

29ª Semana Agronômica do CCAE/UFES - SEAGRO 2018

17 a 21 de Setembro de 2018, Alegre - ES, Brasil

Resumo – O objetivo deste trabalho foi ajustar o método de Camargo em função do método PM-FAO56, para estimativa da evapotranspiração de referência nas estações do ano (Outono, Inverno, Primavera e Verão), para a região de Morro do Chapéu, Bahia, através de dados da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia. Para tanto, foi utilizado uma série histórica de 18 anos (2000 – 2017), sendo que os primeiros 17 anos foram considerados para ajustar os parâmetros e ao ano de 2017 foram atribuídos dados independentes para validação dos ajustes. Para análise dos resultados, foi utilizada a raiz do erro quadrático médio normalizado, erro médio absoluto, coeficiente de determinação, erro sistemático e índice de concordância de Willmott. Os resultados mostram que após o ajuste, método de Camargo minimizou os erros, bem como elevou os valores do índice de concordância, podendo ser utilizado para a região em estudo. Todavia, o uso deste método sem o ajuste apresentou valores de erros elevados, não podendo ser utilizado.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido; Agrometeorologia; Penman-Monteith (FAO-56).

KEYWORDS: Semiarid; Agrometeorology; Penman-Monteith (FAO-56).

SEÇÃO: Engenharia Agrícola

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional, a demanda por alimentos e os níveis de industrialização tem aumentado o consumo dos recursos hídricos em escalas regionais e locais. Devido esse aumento no consumo hídrico, faz-se necessário um melhor planejamento quanto o uso desse recurso natural que pode ser esgotável (SALES et al., 2018).

Entre as diferentes formas de utilização desses recursos, a irrigação é uma das técnicas utilizadas para suprir a demanda hídrica dos vegetais, a qual representa a forma mais eficiente de produção de alimento, podendo triplicar a produtividade (Santos et al., 2017). Portanto, é necessário racionalizar o uso da água na agricultura irrigada, por meio da correta determinação da evapotranspiração, a qual possibilita conhecer o balanço hídrico do



solo e a evapotranspiração das culturas (BEZERRA et al., 2010; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2012; FERNANDES et al., 2012; SALES et al., 2016).

A evapotranspiração é a forma pela qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importante no ciclo hidrológico. Ela pode ser expressa como a quantidade equivalente de água evapotranspirada por unidade de tempo (BURMAN et al., 1983). Em termos de manejo da irrigação, para a correta lâmina aplicada, é preciso determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c). A quantificação da ET_c é dada pelo produto entre a evapotranspiração de referência (ET_0) e o coeficiente de cultura (K_c), que varia de acordo com o tipo de cultura e seu estágio fenológico (MOURA et al., 2013).

Como observado por BERLATO e MOLION (1981), na escolha de um método para a determinação da evapotranspiração, devem ser levados em consideração à praticidade e a precisão dos diferentes métodos existentes. Segundo os autores, apesar desses métodos teóricos e micrometeorológicos serem baseados em princípios físicos, os mesmos apresentam limitações, principalmente quanto à instrumentação, o que pode restringir a utilização a respeito das variáveis climatológicas, como exemplo a umidade relativa do ar, temperatura e velocidade do vento.

Existem diversos estudos que utilizam o método Penman-Monteith (PM-FAO56) como o modelo padrão para estimativa da evapotranspiração de referência. A partir deste é possível avaliar métodos alternativos baseados nas condições climáticas locais e que necessite de poucas variáveis meteorológicas. Porém, é necessário ajustar as equações a fim de minimizar erros cometidos no cálculo da ET_0 e aprimorar seus resultados (ALLEN et al., 1994 a, b).

Logo, métodos que visam estimar a ET_0 de maneira precisa, utilizando um número cada vez menor de variáveis meteorológicas estão sendo cada vez mais utilizados (CARVALHO et al., 2011). O método de Camargo é um modelo empírico com base apenas em temperatura e pode ser empregado em qualquer condição climática. Desta forma, a utilização do mesmo para a estimativa da ET_0 de forma eficiente pode contribuir significativamente para a agricultura local.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo, ajustar o método de Camargo em função do método PM-FAO56, na estimativa da ET_0 nas quatro estações do ano, no período de 2000 a 2017, no município de Morro do Chapéu, localizado no estado da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foram utilizados dados meteorológicos diários obtidos de uma estação automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município do Morro do Chapéu-BA (11°55'S e 41°17'W e 1.017 m) e situada a 1.017 metros acima do nível do mar. O município situa-se na zona fisiográfica da Chapada Diamantina, sendo totalmente inserido no Polígono da Secas. Seu território abrange tanto a bacia hidrográfica do São Francisco quando a do Paraguaçu. A Figura 1 representa o município do Morro do Chapéu, Bahia.

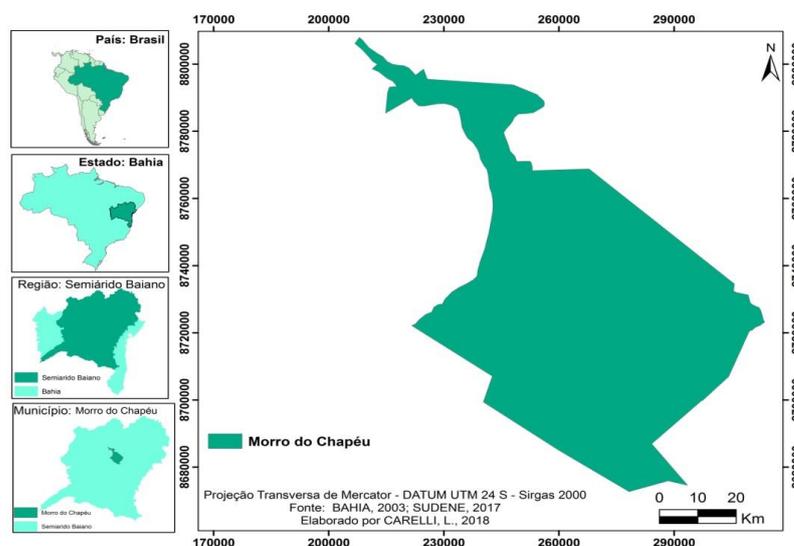


Figura 1. Localização geográfica do município do Morro do Chapéu, Bahia.

De posse das variáveis meteorológicas, procedeu-se o cálculo da ET_0 proposto pela FAO 56 (ALLEN et al., 1998) e pelo método de Camargo (1971), no qual foi feita uma análise de qualidade dos dados para eliminar possíveis erros de medição. Os dados compreendem uma série histórica de 16 anos (2000 a 2017), sendo que, o período entre 2000 e 2016 foi utilizado para ajustar os parâmetros da referida equação, enquanto que, ao ano de 2017 foram atribuídos dados independentes para validar tais parâmetros modificados. O ajuste dos parâmetros (Tabela 01) foi realizado pela minimização da soma do quadrado do erro obtido pela comparação entre a ET_0 estimada por PM- FAO56 e pelo método de Camargo. Para tal, foi utilizada a ativação do Solver dentro do software Office Excel 2007®, além do auxílio do programa de código aberto R (*R core team*, 2016).

Tabela 01. Valores dos parâmetros originais e ajustados para as diferentes estações do ano analisadas.

Estações	Originais	Ajustados
Verão	0,01	0,01333
Outono	0,01	0,01291
Inverno	0,01	0,01273
Primavera	0,01	0,01435

Para análise dos resultados, foram utilizadas a raiz do erro quadrático médio normalizado (RMSE), erro médio absoluto (MAE), coeficiente de determinação (R^2), erro sistemático (BIAS) e índice de concordância d de Willmott (WILLMOTT et al., 1985) a fim de verificar o desempenho da calibração. O ajuste ocorreu por estação do ano, dividindo os dados em Verão (21 de Dezembro a 20 de março), Outono (21 de março a 21 de junho) e Inverno (22 de junho a 23 de setembro) e primavera (23 de setembro a 20 de dezembro).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Os indicadores estatísticos analisados encontram-se na tabela 02. O método de Camargo apresentou baixos valores de RMSE quando comparado com trabalhos que foram avaliados dados diários, como observado por Lu et al. (2005), ao trabalhar com o método de Camargo, observa-se que o valor de RMSEn foi 29,0 % mesmo após a calibração. É provável que isto tenha ocorrido por que no presente estudo fez a subdivisão dos dados, e isso contribuiu para minimizar os erros.

Para a análise dos dados sem ajuste, verifica-se que a estação Primavera apresentou os piores valores em relação às outras estações, pois obtiveram os maiores valores para as variáveis RMSE, MAE, BIAS. Ao realizar o ajuste dos coeficientes, são perceptíveis que os erros se tornaram menores, no qual as estações do ano obtiveram erros reduzidos de 47% á 90% (Dif_{RMSE}), enquanto que o índice de concordância apresentou minimização dos erros de 88% á 114% (Dif_d).



Tabela 02. Avaliação das estimativas de ET_0 (mm dia⁻¹) obtida pelo método de Camargo em relação ao método padrão, FAO-56 PM, antes (original) e após o ajuste (ajustado) dos parâmetros.

Estações	Original					Ajustado					Dif _{RMSE}	Dif _d
	RMSE	MAE	R ²	BIAS	d	RMSE	MAE	R ²	BIAS	d		
Verão	0,93	0,87	0,67	0,85	0,34	0,37	0,28	0,68	-0,02	0,73	60,22	114,7
Outono	0,63	0,55	0,89	0,52	0,77	0,12	0,25	0,89	-0,07	0,93	80,95	20,78
Inverno	0,67	0,60	0,81	0,59	0,53	0,35	0,28	0,81	0,18	0,80	47,76	50,94
Primavera	1,10	1,03	0,75	1,03	0,45	0,10	0,31	0,75	-0,12	0,85	90,91	88,89

Raiz do erro quadrático médio (RMSE); Erro médio absoluto (MAE); Coeficiente de determinação (R²); Erro sistemático (BIAS); Índice de concordância de Willmott (d); $Dif_{RMSE} = ((RMSE_{orig} - RMSE_{aju}) / RMSE_{orig}) \times 100$; e $Dif_d = ((d_{aju} - d_{orig}) / d_{orig}) \times 100$.

Ao realizar o ajuste dos dados, percebe-se que a estação da Primavera foi a mais beneficiada pelo o ajuste da equação de Camargo, principalmente o índice de concordância que na primavera aumentou seu valor para 0,85 e o RMSE, que apresentou uma melhoria de 90% após o ajuste, apresentando erros de ET_0 de 0,10 mm dia⁻¹. Segundo Sales (2018), não se deve utilizar tal método indiscriminadamente para qualquer região, sem o devido ajuste dos parâmetros, sendo evidenciado por este trabalho que o ajuste contribuiu significativamente na melhoria dos resultados.

Através do erro sistemático (Tabela 02), é possível observar que antes do ajuste, todas as estações apresentaram valores positivos para o BIAS, ou seja, o método de Camargo superestimou o PM- FAO56 durante todo o ano. É observado que Outono apresentou os menores erros, com valores de RMSE e MAE de 0,63mm dia⁻¹ e 0,55mm dia⁻¹ respectivamente, bem como 0,77 para o índice de concordância. Todavia, esses erros ainda sim foram altos, sendo que o ajuste contribuiu para melhoria de mais de 80% para o RMSE e em mais de 20% para o índice de concordância d.

As estações Verão e Inverno obtiveram melhorias nos valores quando ajustado, sendo notório que em ambas, os valores de MAE foram abaixo de 0,30 mm dia⁻¹. Os valores de RMSE apresentaram melhorias de 60% e 47% para as respectivas estações Verão e Inverno. O índice d concordância apresentou melhor ajuste no Verão, saindo de 0,34 para 0,73, ou seja, uma melhoria de mais de 100%.

Ao utilizar o método de Camargo, com parâmetros ajustados neste estudo (Figura 02), para uma série de dados climáticos independentes, foi observado que em todas as estações do ano, o erro médio absoluto não ultrapassou os 0,30 mm dia⁻¹. Os maiores valores de índice de concordância foram observados nas estações de Outono e Primavera, com os respectivos valores de 0,82 e 0,86.

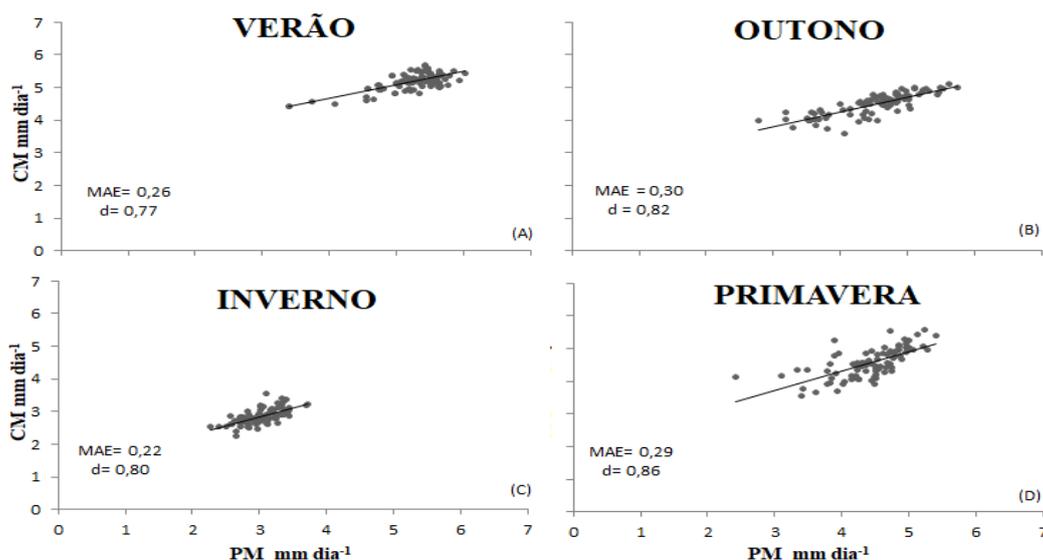


Figura 2- Validação dos dados diários para o ano de 2017 estimado pelo método de Penman- Monteith (PM) e pelo método de Camargo.



De uma maneira geral, o ajuste do método de Camargo melhorou consideravelmente os erros, e aumentaram os valores do índice de concordância. Como observado por Sales et al. (2018), utilizar métodos alternativos indiscriminadamente para qualquer região, sem o devido ajuste dos parâmetros, podem ocasionar em erros elevados.

CONCLUSÃO

Os valores originais do método de Camargo apresentou erros elevados, superestimando o modelo de PM-FAO56 em mais de 1 mm dia⁻¹ na Primavera.

A utilização da equação de Camargo, ajustada por estações do ano nas condições climáticas de Morro do Chapéu, BA, mostrou-se como uma boa alternativa, uma vez que houve reduções consideráveis dos erros.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and Drainage paper, 56. **FAO, Rome**, v. 300, n. 9, p. 297, 1998.
- ALLEN, R. G. et al. An update for the definition of reference evaporation. **ICID Bulletin**, v. 43, n. 2, p. 1-34, 1994a.
- ALLEN, R.G. et al. An update for the calculation of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**, v. 43, n. 2, p. 35-92, 1994b.
- BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. *Evaporação e evapotranspiração*. Porto Alegre: IPAGRO/Secretaria de Agricultura, 1981. 95 p. (Boletim Técnico, 7).
- BURMAN, R.D. et al. Water requirements. In: JENSEN, M.E. (Ed.) **Design and operation of farmirrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1983. p.189-232.
- CARVALHO, L. G. et al. Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, p.556-465, 2011.
- CAMARGO, A. P. **Balanço hídrico no Estado de São Paulo**. 3ª ed., Campinas, IAC. 24 p. 1971. (Boletim 116).
- CAMARGO, A. P.; SENTELHAS, P. C. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração potencial no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 89-97, 1997.
- FERNANDES, J. L. et al. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Campos Sales-CE. **Conexões-Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 6, n. 3, p. 58-67, 2012.
- LU, J. et al. Comparison of six potential evapotranspiration methods for regional use in the southeastern United States. **Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)**, v. 41, n. 3, p. 621-633, 2005.
- MOURA, A. R. C. et al. Evapotranspiração de referência baseada em métodos empíricos em bacia experimental no estado de Pernambuco-Brasil. **Revista Brasileira de meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2013.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna:R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.r-project.org>, 2018.
- SALES, R. A. et al. Estimativa das necessidades hídricas do milho cultivado nas condições edafoclimáticas de São Mateus-ES. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13 n. 23, p. 598-609, 2016.
- SALES, R. A.; OLIVEIRA, E. C.; LIMA, M. J. A; GELCER, E. M; SANTOS. R. A; LIMA, C. F. Ajuste dos coeficientes das equações de estimativa da evapotranspiração de referência para São Mateus, ES. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 23, n. 1, p. 154-167, 2018.

17 a 21 de Setembro de 2018
www.seagroufes.net



SANTOS, R. A. et al. Estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Feira de Santana (BA). **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.11, n. 4, p. 1617 - 1626, 2017.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. **Evapotranspiração Definições e Conceitos**. 2012.

WILLMOTT, C. J. et al. Statistics for evaluations and comparisons of models. **Journal of Geophysical Research**, Ottawa, v. 90, n. 65. p. 8995-9005, 1985.