

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DIÁRIA COM MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA A MICRORREGIÃO DE BARREIRAS, BAHIA

OLIVEIRA S.R.¹; SOUZA J.L.M.²; JERSZURKI D.¹; PIEKARSKI K.R.³; OLIVEIRA C.T.³

¹Doutorado em Ciência do Solo, UFPR, e-mail: sisara@ufpr.br; ²Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, UFPR; ³Mestrado em Ciência do Solo, UFPR.

RESUMO

Teve-se por objetivo no presente trabalho testar, avaliar e comparar a resposta de métodos alternativos para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) diária, ao longo das estações do ano, para as condições climáticas da microrregião de Barreiras, Estado da Bahia. As análises foram realizadas entre os anos de 1994 a 2005 para os modelos alternativos Hargreaves (ET_{oHG}), Priestley-Taylor (ET_{oPT}) e Moretti-Jerszurki (ET_{oMJ}), em relação ao modelo de Penman-Monteith, considerado padrão. Para avaliar o grau de concordância entre as estimativas dos métodos alternativos em relação ao método padrão, foi utilizado o índice “ d ” de concordância e “ c ” de desempenho. O modelo Moretti-Jerszurki (ET_{oMJ}) apresentou o melhor desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência para os períodos estacionais, sendo indicado para estimar a ET_o alternativamente na Microrregião de Barreiras quando houver limitação de dados climáticos. Mesmo passando pelo processo de calibração, os métodos de Hargreaves e Priestley-Taylor apresentaram baixo desempenho, indicando que devem ser utilizados com muita restrição na Microrregião de Barreiras.

Palavras-chave: componente hidrológica, relações hídricas, potencial hídrico atmosférico.

INTRODUÇÃO

A microrregião de Barreiras, localizada na região Oeste do Estado da Bahia, é constituída pelos municípios de Barreiras, Luís Eduardo Magalhães, Formosa do Rio Preto, São Desidério e Riachão das Neves (AIBA, 2015), sendo um importante pólo agrícola brasileiro. Barreiras responde por 4% da produção agrícola nacional, tendo mais de dois milhões de hectares cultivados com grãos e 49% das áreas irrigadas com o sistema pivô central no Estado da Bahia (GUIMARÃES et al., 2014).

O dimensionamento e manejo de projetos de irrigação requerem o conhecimento da evapotranspiração da cultura (ET_c), com o intuito de garantir a quantidade de água a ser reposta no solo para o crescimento das culturas em condições ideais para o seu desenvolvimento (PEREIRA et al., 1997). A ET_c é obtida fazendo-se o produto da evapotranspiração de referência (ET_o) com o coeficiente da cultivo (K_c) da cultura a ser irrigada. A ET_o se refere a uma cultura hipotética, sem restrição hídrica, mantida em condições ideais de crescimento; enquanto o K_c é um coeficiente de proporcionalidade obtido experimentalmente que reflete a evapotranspiração da cultura nas fases de crescimento inicial, desenvolvimento da cultura, meia estação e final (ALLEN, et al 1998). Nesse sentido, o conhecimento do conteúdo e dinâmica da água no *continuum* solo-planta-atmosfera a partir do estudo da evapotranspiração de referência é fator determinante para a produção agrícola, sendo considerado essencial para a tomada de decisão quanto a introdução de novas culturas e regiões passíveis de serem exploradas, bem como melhoria do manejo em áreas já cultivadas.

A medição direta da ET_o no campo é cara e exige mão-de-obra especializada, justificando o desenvolvimento e utilização de modelos para a sua estimativa. Dentre as inúmeras equações utilizadas para a estimativa da ET_o , destaca-se o modelo combinado de Penman-Monteith proposto e adaptado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO (ALLEN et al., 1998). O método foi reconhecido como padrão, ajustando-se amplamente à estimativa da ET_o para períodos diários, pentadais, semanais, decendiais, quinzenais ou mensais, em diversas regiões do mundo. Entretanto, devido à dificuldade para obtenção dos dados climáticos necessários ao cálculo, a utilização do método de Penman-Monteith muitas vezes é limitada, pois a maioria das regiões brasileiras tem poucas estações climatológicas, cujos dados muitas vezes não estão disponíveis, ou são inadequados ou pouco confiáveis (Polo et al., 2011). Logo, a utilização de métodos alternativos para a estimativa da ET_o em algumas regiões é plenamente justificável (CARVALHO et al., 2015; VALIANTZAS, 2013).

Os inúmeros modelos alternativos desenvolvidos ao longo do tempo têm por finalidade simplificar a estimativa da ET_o , utilizando apenas dados de temperatura máxima, mínima e média do ar, radiação solar, insolação e/ou latitude. Além disso, dada às diferentes condições climáticas para as quais cada modelo foi desenvolvido, recomenda-se que antes de aplicação do mesmo para determinado local seja realizada a verificação do seu desempenho frente ao modelo padrão (Pereira et al., 2009), e realização de uma calibração, consistindo em um aspecto relevante no processo de validação.

Diante do contexto apresentado, teve-se por objetivo no presente trabalho testar, ajustar e avaliar a resposta de métodos alternativos para a estimativa da *ETo* diária, ao longo das estações do ano, para as condições climáticas da microrregião de Barreiras, Estado da Bahia.

MATERIAL E MÉTODOS

As análises foram realizadas utilizando-se a série de dados climáticos diários (janeiro de 1994 a dezembro de 2005) disponibilizada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015), provenientes da estação climatológica de Barreiras, tendo 12° 15' S de Latitude, 45° W de longitude e 439,3 m altitude. Os dados diários disponibilizados e utilizados foram: temperatura máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa média (%), insolação acumulada (horas) e velocidade do vento a dez metros de altura (m s⁻¹). O clima do município é classificado como *Aw* (ÁLVARES et al., 2013), conforme classificação climática de Köppen (1936), sendo caracterizado por clima tropical de inverno seco, tendo estação chuvosa no verão (novembro a abril) e seca no inverno (maio a outubro).

A estimativa da *ETo* diária padrão foi realizada com o método de Penman-Monteith, parametrizado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* – FAO (ALLEN et al. (1998), conforme equação:

$$ETo_{PM} = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma_{psy} \cdot \frac{900}{(T + 273)} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma_{psy} \cdot (1 + 0,34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

Sendo: *ETo_{PM}* – evapotranspiração de referência estimada com o método Penman-Monteith (mm dia⁻¹); Δ – declividade da curva de pressão de vapor da água à temperatura do ar (kPa °C⁻¹); R_n – radiação líquida na superfície (MJ m⁻² dia⁻¹); G – balanço do fluxo de calor no solo (MJ m⁻² dia⁻¹); γ_{psy} – constante psicrométrica (kPa °C⁻¹); T – temperatura média do ar (°C); u_2 – velocidade do vento a dois metros de altura (m s⁻¹); e_s – pressão de saturação de vapor (kPa); e_a – pressão atual do vapor (kPa).

Os modelos alternativos utilizados foram:

– Hargreaves (*ETo_{HG}*), calculado conforme metodologia apresentada em Allen et al. (1998):

$$ETo_{HG} = 0,0023 \cdot (T_m + 17,8) \cdot (T_x - T_n)^{0,5} \cdot R_a \quad (2)$$

Sendo: *ETo_{HG}* – evapotranspiração de referência estimada com método de Hargreaves (mm dia⁻¹); T_m – temperatura máxima (°C); T_n – temperatura mínima (°C); T_x – temperatura máxima (°C); R_a – radiação no topo da atmosfera (MJ m⁻² dia⁻¹)

– Priestley-Taylor (*ETo_{PT}*), calculado conforme metodologia proposta por Jensen et al. (1990) é representado por:

$$ETo_{PT} = 1,26 \cdot \frac{\Delta}{\Delta + \gamma_{psy}} \cdot (R_n - G) \quad (3)$$

Sendo: ETo_{PT} – evapotranspiração de referência estimada com o método de Priestley-Taylor (mm dia^{-1}); Δ – declividade da curva de pressão de vapor da água à temperatura do ar ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); R_n – radiação líquida na superfície ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); G – balanço do fluxo de calor no solo ($\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$); γ_{psy} – constante psicrométrica ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$).

– Moretti-Jerszurki (ETo_{MJ}), calculado conforme metodologia apresentada por Jerszurki (2016):

$$ETo_{MJ} = a + b \cdot \psi_{ar} \quad (4)$$

Sendo: ETo_{MJ} – evapotranspiração de referência estimada com o método de Moretti-Jerszurki (mm dia^{-1}); ψ_{ar} – potencial hídrico atmosférico (MPa); a e b – coeficientes linear e angular ajustados para a região, conforme Jerszurki (2016), com os dados diários de janeiro de 1994 a dezembro de 2005, da estação climatológica de Barreiras (adimensional).

Como os coeficientes “ a ” e “ b ” do método de Moretti-Jerszurki (ETo_{MJ}) passam por um processo de calibração, os respectivos valores diários de ETo obtidos com os métodos alternativos de Hargreaves (ETo_{HG}) e Priestley-Taylor (ETo_{PT}) também foram calibrados.

Assim, o trabalho desenvolvido em quatro etapas, sendo que:

– Na primeira etapa foram calculados os valores diários de ETo_{PM} , ETo_{HG} , ETo_{PT} e ψ_{ar} utilizando os dados climáticos da estação climatológica de Barreiras, no período entre 1994 e 2005;

– Na segunda etapa foi realizado o processo de calibração, sendo determinados os coeficientes linear (“ a ”) e angular (“ b ”) das retas de regressão linear simples das relações “ ETo_{PM} vs ETo_{HG} ”, “ ETo_{PM} vs ETo_{PT} ” “ ETo_{PM} vs ψ_{ar} ”, obtidos com os dados climáticos diários da estação climatológica de Barreiras, no período entre 1994 e 2004;

– Na terceira etapa, após o processo de calibração com a obtenção dos coeficientes “ a ” e “ b ”, foram determinados os respectivos valores de ETo_{HGc} (Equações 2 e 5), ETo_{PTc} (Equações 3 e 6) e ETo_{MJ} (Equação 4), com os dados climáticos diários da estação climatológica de Barreiras, apenas para o ano de 2005.

$$ETo_{HGc} = a + b \cdot ETo_{HG} \quad (5)$$

$$ETo_{PTc} = a + b \cdot ETo_{PT} \quad (6)$$

Sendo: ETo_{HGc} e ETo_{PTc} – evapotranspiração de referência estimada com os métodos de Hargreaves ou Priestley-Taylor, respectivamente, utilizando os coeficientes “ a ” e “ b ” de correção obtidos no processo de calibração (mm dia^{-1}); ETo_{HG} e ETo_{PT} – evapotranspiração de referência estimada, respectivamente, com os métodos originais de Hargreaves ou

Priestley-Taylor (mm dia^{-1}); a e b – coeficientes linear e angular de correção ajustados para a região de Barreiras (adimensional).

– Na quarta etapa foram verificados os desempenhos das associações entre “ ET_{OPM} vs ET_{OHGc} ”, “ ET_{OPM} vs ET_{OPTc} ” e “ ET_{OPM} vs ET_{OMJ} ”, em análises de regressão linear e seu respectivo coeficiente de correlação, calculada com os dados climáticos diários da estação climatológica de Barreiras, para o ano de 2005. Para verificar a concordância e desempenho das estimativas das $ET_{alternativas}$ vs ET_{OPM} , foram utilizados os índices “ d ” de Willmott et al. (1985) e “ c ” de Camargo e Sentelhas (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo de calibração, utilizando os dados climáticos do período entre 1994 e 2004, é interessante observar que as relações ET_{OPM} vs $ET_{alternativos}$ com os modelos de Hargreaves e Priestley-Taylor já apresentaram menores coeficientes de determinação que a relação ET_{OPM} vs ψ_{ar} , do processo de calibração sugerido por Jerszurki (2016) com o potencial hídrico atmosférico (ψ_{ar}) (TABELA 1). Verificou-se para todos os modelos avaliados que os períodos do Verão e Outono apresentaram associações mais estreitas do que o Inverno e Primavera.

TABELA 1 – Coeficientes linear (“ a ”), angular (“ b ”) e determinação (R^2) da reta de regressão linear, obtidos no processo de calibração dos métodos alternativos de estimativa da ET_o (ET_{OPM} vs $ET_{Alternativos}$) para a Microrregião de Barreiras, Estado da Bahia, com os dados climáticos entre 1994 e 2004.

Modelo	Estação	Coeficientes		
		Linear “ a ”	Angular “ b ”	R^2
Hargreaves	Verão	–3,2685	0,5247	0,6534
	Outono	–0,4264	0,2908	0,4735
	Inverno	0,1216	0,2745	0,2643
	Primavera	–1,4590	0,4499	0,2168
Priestley-Taylor	Verão	–4,4305	0,4811	0,3539
	Outono	–0,0245	0,1997	0,2774
	Inverno	1,0342	0,1622	0,1447
	Primavera	6,5813	–0,0456	0,0019
Moretti-Jerszurki	Verão	1,4094	–0,0465	0,8268
	Outono	1,2046	–0,0394	0,5766
	Inverno	1,1654	–0,0359	0,5453
	Primavera	1,9321	–0,0373	0,4633

Os coeficientes de correlação (R) e índices “ d ” de concordância e “ c ” de desempenho apresentaram resultados variáveis (TABELA 2).

TABELA 2 – Desempenho dos modelos alternativos em relação ao padrão (ET_{OPM}) para a Microrregião de Barreiras, Estado da Bahia, para o ano de 2005.

Modelo	Período	R	"d"	"c"	Desempenho
ET_{OPM} vs ET_{OHG}	Verão	0,8503	0,9053	0,7695	"bom"
	Outono	0,8097	0,8248	0,6679	"sofrível"
	Inverno	0,6122	0,6016	0,3683	"péssimo"
	Primavera	0,4120	0,1018	0,2470	"péssimo"
ET_{OPM} vs ET_{OPT}	Verão	0,6225	0,6336	0,3944	"péssimo"
	Outono	0,7268	0,6806	0,4946	"péssimo"
	Inverno	0,5151	0,3218	0,1657	"péssimo"
	Primavera	0,0817	0,0003	0,0002	"péssimo"
ET_{OPM} vs ET_{OMJ}	Verão	0,9230	0,9518	0,8785	"ótimo"
	Outono	0,8439	0,8832	0,7453	"bom"
	Inverno	0,8065	0,9277	0,7482	"sofrível"
	Primavera	0,6791	0,7426	0,5043	"sofrível"

De forma geral, os métodos de Hargreaves e Priestley-Taylor apresentaram nas estações do Verão e Outono melhor associação (R) e concordância (índice "d") que as estações do Inverno e Primavera (TABELA 2 e FIGURAS 1 e 2). O método Moretti-Jerszurki mostrou-se mais limitado apenas na associação (R = 0,6791) para a Primavera (TABELA 2 e FIGURA 3).

No entanto, o índice "c" tem seus desempenhos baseados no produto entre "R . d", o que o torna mais rigoroso (TABELA 2). Assim, os resultados obtidos nas análises indicaram desempenhos entre "péssimo" (Inverno e Primavera) e "bom" (Verão) para o modelo de Hargreaves; e "péssimo" para todas as estações do ano avaliadas com o modelo de Priestley-Taylor. Os resultados indicaram que os dois modelos devem ser utilizados com muita restrição na Microrregião de Barreiras. O modelo Moretti-Jerszurki apresentou desempenho entre "sofrível" (Inverno e Primavera) e "ótimo" (Verão), podendo ser utilizado com determinada segurança principalmente nas estações do "Verão", "Outono" e "Inverno".

As estações Verão e Outono apresentaram melhores resultados quando comparadas às estações inverno e primavera para os modelos avaliados. Isto pode estar relacionado à maior umidade presente na atmosfera, associado ao maior volume de chuvas nesse período. Xu e Singh (1998) afirmam que o déficit de pressão de vapor como fator de controle da evapotranspiração e métodos baseados no gradiente de pressão de vapor podem oferecer bons resultados, conforme pode ser verificado com o método Moretti-Jerszurki (ET_{OMJ}).

Os piores resultados de desempenho foram obtidos para a Primavera, para os três modelos alternativos testados (TABELA 2). Oliveira (2015) avaliando medidas de tendência e dispersão de dados climáticos agrupados conforme períodos estacionais, oficial e modificado do ano para quatro tipos climáticos, considerou que por ser uma estação de transição, a variabilidade dos dados na Primavera é bem aleatória, dependendo da localidade e variável climática estudada. Durante o Inverno e Primavera ocorrem também redução do volume de chuva e menor influência da pressão de saturação de vapor. Benli et al. (2010), comparado equações de estimativa da ET_o com dados lisimétricos, verificaram que o método FAO

Penman-Monteith pode subestimar a ET_o sob condições de alta radiação e baixa umidade. No entanto os autores consideram que na ausência de dados suficientes para adoção do modelo FAO Penman-Monteith, outros modelos como o Hargreaves podem ser utilizados. Xystrakis e Matzarakis (2011) afirmam que as diferenças identificadas na performance de equações entre as estações do ano devem seguir calibrações, de acordo com cada estação, para obtenção de estimativas mais-consistentes da ET_o .

Borges e Junior et al. (2012), avaliando seis métodos para a região de Garanhuns-PE, clima As, para os períodos da Primavera-Verão e Outono-Inverno, verificaram que o modelo de Priestley-Taylor (ET_{OPT}) obteve desempenho superior ao modelo de Hargreaves ($ET_{O_{HG}}$). Cavalcante Junior et al. (2011), avaliando métodos para região do semiárido nordestino, Mossoró-RN, clima BSh, para períodos seco (agosto a dezembro) e úmido (janeiro a julho), obtiveram desempenho entre “sofrível” e “mediano” para o método de Priestley-Taylor (ET_{OPT}) e entre “mau” e “bom” para o método de Hargreaves ($ET_{O_{HG}}$). Conforme sugerido por Er-raki et al. (2010), a calibração dos métodos localmente pode melhorar bastante o seu desempenho. Os autores sugerem que a calibração do modelo ET_{OPT} deve ser realizado para períodos úmidos ($UR > 70\%$) e secos ($UR < 70\%$), enquanto que a calibração do modelo $ET_{O_{HG}}$ foi dispensável para estimar a ET_o em clima semiárido. No entanto, o processo de calibração utilizado para os métodos de Hargreaves ($ET_{O_{HG}}$) e Priestley-Taylor (ET_{OPT}) no presente trabalho não resultaram na obtenção de melhores desempenhos, sendo no geral predominantemente “péssimo” (TABELA 2).

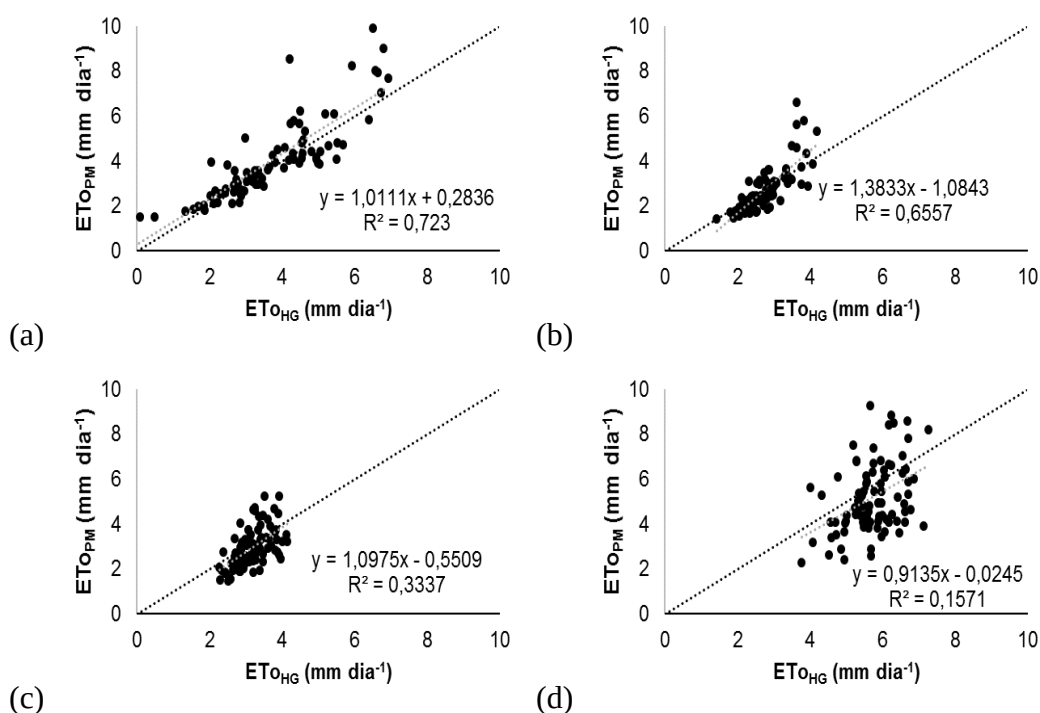


FIGURA 1 – Análise de regressão linear entre os respectivos valores diários de ET_{OPT} vs $ET_{O_{HG}}$, para as estações do: (a) Verão; (b) Outono; (c) Inverno; e, (d) Primavera.

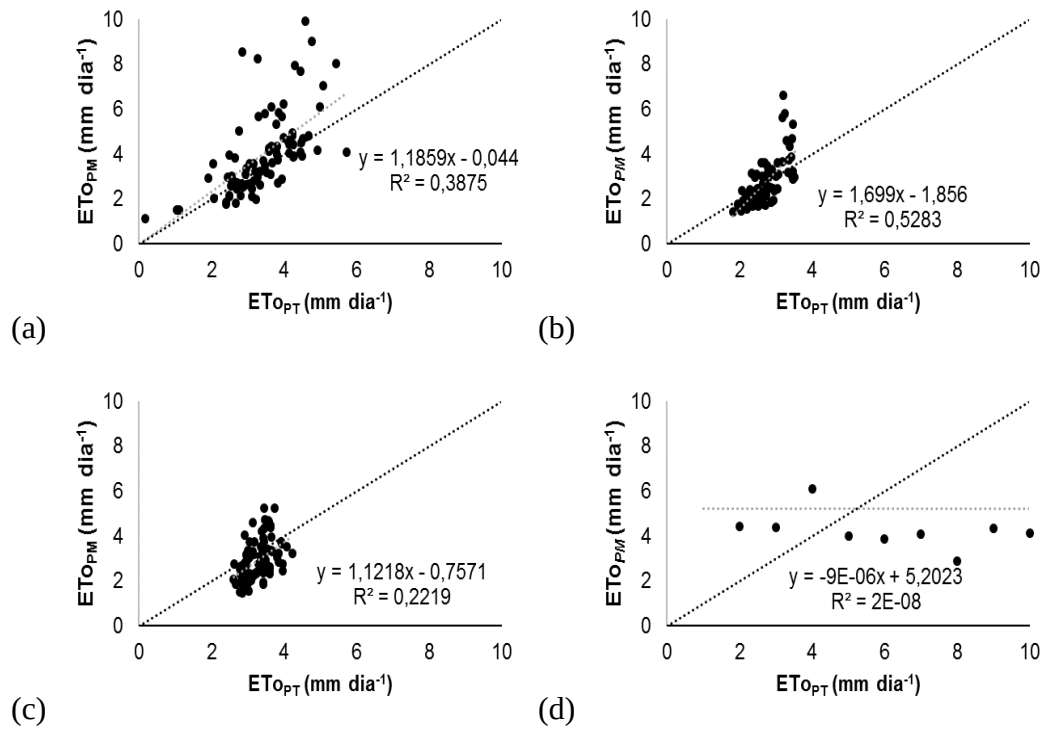


FIGURA 2 – Análise de regressão linear entre os respectivos valores diários de ET_{OPM} vs ET_{OPT} , para as estações do: (a) Verão; (b) Outono; (c) Inverno; e, (d) Primavera.

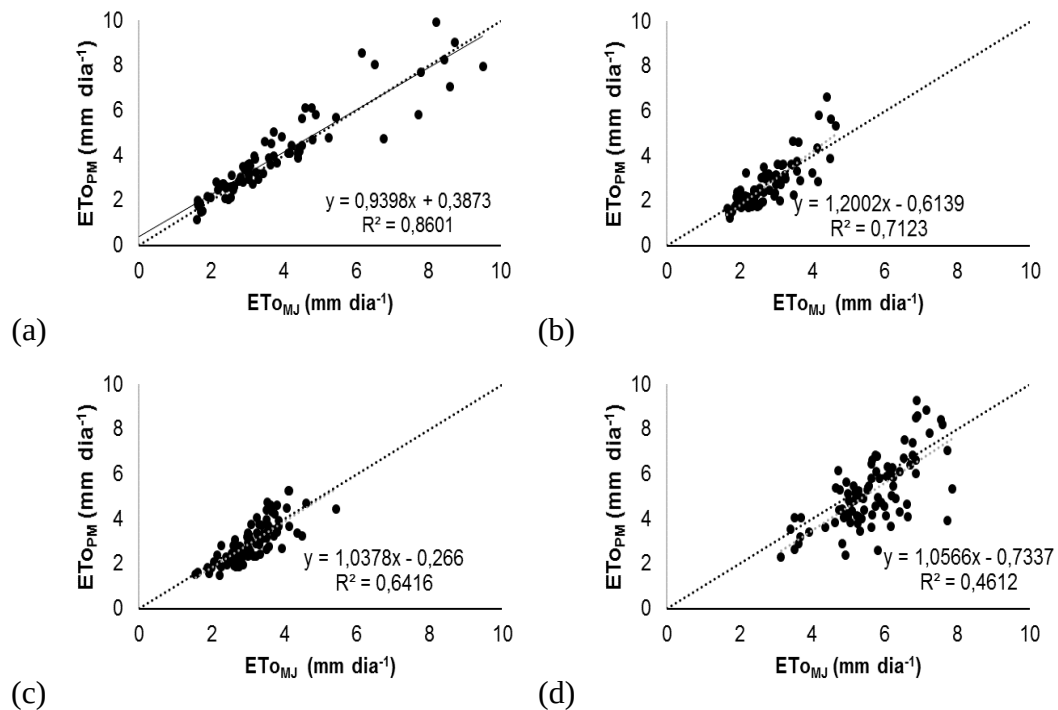


FIGURA 3 – Análise de regressão linear entre os respectivos valores diários de ET_{OPM} vs ET_{OMJ} , para as estações do: (a) Verão; (b) Outono; (c) Inverno; e, (d) Primavera.

CONCLUSÕES

O modelo Moretti-Jerszurki (ET_{OMJ}) apresentou o melhor desempenho na estimativa da evapotranspiração de referência para os períodos estacionais, sendo indicado para estimar a ET_o alternativamente na Microrregião de Barreiras quando houver limitação de dados climáticos.

Mesmo passando pelo processo de calibração, os métodos de Hargreaves e Priestley-Taylor apresentaram baixo desempenho, indicando que devem ser utilizados com muita restrição na Microrregião de Barreiras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, RG, PEREIRA, LS, RAES, D, SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, 1 ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United States, 1998.

ÁLVARES, CA; STAPE, JL; SENTELHAS, PC; GONÇALVES, JLM; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift. 2014; 22:711–728.

ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA – AIBA. Anuário Agropecuário do Oeste da Bahia, safra 2014/2015. Acesso em 02/03/15. Disponível em <http://aiba.org.br/wp-content/uploads/2015/12/Anu%C3%A1rio-Aiba-2014-15-WEB.pdf>

BENLI, B, BRUNGGEMAN, A, OWEIS, T, ÜSTÜN, H. Performance of Penman-Monteith FAO56 in a Semiarid highland environment. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2010, 136: 757-765.

BORGES JUNIOR, JCF, 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. 2012; 16: 380–390,

CAMARGO, AP; SENTELHAS, PC. Avaliação do desempenho de diferentes métodos de estimativas da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Agrometeorologia. 1997; 5:89-97.

CARVALHO, DF; ROCHA, HS; BONOMO, R; SOUZA, AP. Estimativa da evapotranspiração a partir de dados meteorológicos limitados. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 2015; 50:1-11.

CAVALCANTE JUNIOR, EG; OLIVEIRA, AD; ALMEIDA, BAM; SOBRINHO, JE. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido Nordeste. Semina: Ciências Agrárias. 2011;32:1699-1708.

ER-RAKI, S. et al. Assessment of reference evapotranspiration methods in semi-arid regions: can weather forecast data be used as alternate of ground meteorological parameters? Journal of Arid Environments, 2010; 74:1587-1596, 2010

GUIMARAES, DP; LANDAU, EC; SOUZA, DL. Irrigação por pivôs centrais no Estado da Bahia – Brasil. Embrapa Milho e Sorgo, 2014

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. 2015 [acesso em: 08/03/2015]. Disponível em:<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>

JENSEN, ME; BURMAN, RD; ALLEN, RG. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 70, American Society Civil Engineering 1990, NY. 332 pp

JERSZURKI, D. Dinâmica da água no *continuum* solo-planta-atmosfera: caracterização e contabilização das relações hídricas. Curitiba, 2016. Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. (Versão preliminar apresentada na Qualificação)

KÖPPEN W. Das geographische System der Klimate. In: Köppen W, Geiger R (eds) Handbuch der Klimatologie. Gebrüder Borntraeger. 1936, Berlin, 1–44

OLIVEIRA, CT. Avaliação das medidas de tendência e dispersão de dados climáticos agrupados conforme períodos estacionais, oficial e modificado do ano. Curitiba, 2015. 23p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso - Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PEREIRA, AR; VILLA NOVA, NA; SEDIYAMA, GC. Evapo(transpiração). Piracicaba: FEALQ; 1997.

PEREIRA, DR; YANAJI SNM; MELLO, CR; SILBA, AM; SILVA, LA. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. Ciência Rural, 2009; 39: 2488-2493.

POLO, J; ZARZALEJO, LF; MARCHANT, R; NAVARRO, AA. Simple approach to synthetic generation of solar irradiance time series with high temporal resolution. Solar Energy, 2011; 85:1164-1170.

REICHARDT, K; TIMM, LC. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri: Manole; 2004.

VALIANTZAS, JD. Simplified forms for the standardized FAO-56 Penman–Monteith reference evapotranspiration using limited weather data. Journal of Hydrology, 2013; 505:13-23

XU, CY, SINGH VP. Evaluation and generalization of temperature-based methods for calculating evaporation. Hydrology Processes, 2001; 15:305–319.

XYSTRAKIS, F, MATZARAKIS, A. Evaluation of 13 empirical reference potential evapotranspiration equations on the Island of Crete in Southern Greece. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2011; 137:211-222.

WILLMOTT, CJ. ON the validation of models. Physical Geographics, 1985; 2:184-194.