

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO) EM REGIÕES CITRÍCOLAS PAULISTAS¹

LUIZ F. PALARETTI², EVERARDO C. MANTOVANI³, GILBERTO C. SEDIYAMA⁴

RESUMO: As regiões escolhidas para o estudo são importantes no cenário citrícola irrigado, tanto em expansão quanto em atuação. Os dados meteorológicos utilizados para as estimativas são integrantes do banco de dados climáticos do software IRRIPLUS[®]. Com este software, estimou-se a evapotranspiração de referência (ET_o) diária, utilizando as metodologias propostas por Penman-Monteith (ET_oPM), Hargreaves & Samani (ET_oHG) e Blaney-Criddle-FAO (ET_oBC), para o período de um ano. O objetivo deste estudo foi comparar os métodos de estimativa com ET_oPM, utilizando parâmetros de regressão (β_0 , β_1), coeficiente de determinação (r^2), e correlação (r), estimativa do erro-padrão (SEE), índices de concordância (d) e confiança (c). Os resultados indicam tendência de ET_oHG à superestimativa dos valores de ET_o, exceto na região de Jaú, e subestimativa por ET_oBC, para todas as regiões estudadas. Nos valores mensais de ET_o, os três métodos apresentam a mesma distribuição. O método de ET_oHG apresenta-se como uma excelente alternativa na estimativa de consumo de água pela cultura.

PALAVRAS-CHAVE: consumo de água, Penman-Monteith, citros.

COMPARISON AMONG METHODS FOR THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION (ETO) ESTIMATE IN AREAS OF CITRUS CROPS IN SÃO PAULO STATE, BRAZIL¹

ABSTRACT: The chosen regions for this study are important in the irrigated citrus context both for its expansion and performance. Meteorological data used for estimates are components of the software IRRIPLUS[®] climatic database. Using this software, the daily reference evapotranspiration (ET_o) was estimated for one-year period, applying proposed methodologies by Penman-Monteith (ET_oPM), Hargreaves & Samani (ET_oHG), and Blaney-Criddle-FAO (ET_oBC). The objective of this study was to compare ET_oPM estimate methods using regression parameters (β_0 , β_1), determination coefficient (r^2), correlation coefficient (r), standard error estimation (SEE), agreement index (d), and confidence index (c). The results indicated an ET_oHG tendency to overestimate ET_o values, except for Jaú region, and an ET_oBC underestimate for all studied regions. All methods show the same distribution for monthly ET_o values. The ET_oHG method is an excellent alternative for estimating the crop water consumption.

KEYWORDS: water consumption, Penman-Monteith, citrus.

INTRODUÇÃO

A dimensão do valor da evapotranspiração da cultura (ET_c), ou uso consuntivo de água, define a lâmina de água a ser repostada pela irrigação diariamente. Esta variável pode ser obtida pelo produto da evapotranspiração de referência (ET_o) por um coeficiente de cultura (k_c), geralmente tabelado ou proposto na literatura consagrada (ALLEN et al., 1998).

A equação de Penman-Monteith – FAO foi convencionada como o método-padrão de estimativa da ET_o devido à característica de interatividade entre a base física e os parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos da planta. Por requerer várias informações climáticas

¹Extraído da tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal de Viçosa em 2009. Projeto financiado pelo CNPq

² Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Rural, UNESP/Jaboticabal - SP, Fone: 16 3209-7540, lfpalaretti@fcav.unesp.br

³ Eng^o Agrícola, Prof. Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa - MG

⁴ Eng^o Agrônomo, Prof. Titular, Departamento de Engenharia Agrícola, UFV/Viçosa - MG

Recebido pelo Conselho Editorial em: 17-7-2012

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 22-10-2013

(ALLEN et al., 1998), seu uso pode-se tornar inviável devido à não disponibilidade e à baixa qualidade das informações, em determinadas localidades.

Diante disso, torna-se viável a utilização de metodologias que, com menor grau de exigência de dados de clima e pequenos ajustes locais, podem estimar a contento os valores de ETo (PEREIRA, 1997). Dentre estes, podem citar-se os propostos por MAKKINK (1957), que requerem somente dados de radiação solar, temperatura do bulbo úmido (Tu) e do coeficiente psicrométrico. Esse método tem a característica de subestimativa da ETo em relação ao método-padrão (VESCOVE et al., 2005). O método Hargreaves (HARGREAVES & SAMANI, 1985; HARGREAVES & ALLEN 2003), que abastecido com temperaturas diárias (medidas) e radiação extraterrestre (tabelada/calculada), estima a ETo com ligeira superioridade de valores em relação ao método-padrão (BATISTA et al., 2007). Atenua-se essa discrepância calibrando os coeficientes empíricos da equação (VEGA & JARA, 2009) e utilizando-o para períodos superiores a 7 e 10 dias (MENDONÇA et al., 2003).

Outro método empírico de estimativa é o de Blaney-Criddle – modificado (EToBC). Ao contrário do anterior, os valores estimados por esse tendem à subestimativa da ETo (BATISTA et al., 2007; GONÇALVES et al., 2009), tendo seu uso questionado para períodos inferiores a um mês (PEREIRA, 1997). Por outro, lado têm-se relatado boas correlações deste método com o padrão (ARAÚJO et al., 2007).

Diante disso, neste trabalho, objetivou-se a comparação entre os métodos de Hargreaves (EToHG), Blaney - Criddle – FAO (EToBC) com o método de Penman-Monteith-FAO (EToPM) para a estimativa de ETo na região norte do Estado de São Paulo, uma vez que para os municípios representantes da região, a rede de estações meteorológicas automáticas do INMET é recente, destacando-se os municípios de Itapeva, desde 2006; Jales, 2007; Barretos, 2010 e Casa Branca, 2012. Para o município de Votuporanga, esta rede data de 1976, porém com aquisição manual de dados. Os demais municípios estudados não possuem estações meteorológicas locais do INMET.

MATERIAL E MÉTODOS

As regiões estudadas são consideradas importantes no cenário produtivo de cítrus, em expansão e atuação, no Estado de São Paulo.

A cidade de Araraquara foi o marco divisor do Estado de São Paulo, para apresentação dos resultados, sendo Barretos, Bebedouro, Casa Branca, Jaú, Votuporanga e Jales pertencentes aos municípios do grupo 01 (G1), e Araraquara, Itapetininga, Limeira, São João da Boa Vista, Botucatu e Itapeva, aos municípios do grupo 02 (G2).

Utilizaram-se dados diários de temperaturas máxima, mínima e média, umidade relativa do ar, velocidade de vento, radiação solar e precipitação, com valores médios anuais retirados de uma série histórica de 18 anos do banco de dados climáticos do INMET, registrados no software IRRIPLUS[®]. Para os municípios que não possuem estações meteorológicas do INMET, foram utilizadas estações vizinhas a estes. O IRRIPLUS[®] calculou os valores médios da série histórica de cada uma das variáveis climatológicas em função das estações escolhidas. Após o tratamento dos dados de clima, com o auxílio do software IRRIPLUS[®], realizaram-se as simulações (estimativas) da evapotranspiração de referência (ETo), pelo método de Penman-Monteith (EToPM) parametrizado pela FAO/1998 (ALLEN et al., 1998), HARGREAVES & SAMANI – 1985 (EToHG) e Blaney-Criddle-FAO (EToBC), no período de um ano, para cada região escolhida.

Com os dados diários de ETo, ajustaram-se equações de regressão avaliando os métodos de EToHG e EToBC frente à EToPM, através do desempenho dos coeficientes linear (β_0), tendendo a 0, angular (β_1) e determinação (r^2) a 1, do menor valor da estimativa do erro-padrão (SEE) e do erro-padrão de estimativa ajustado pela equação de regressão (SEEA), substituindo o valor de ETo estimada pelo método a ser avaliado (y_{met}) pelo recalculado a partir da equação ajustada ($y_{met'} = x$).

Estatisticamente, avaliaram-se os resultados em função do grau de precisão e exatidão pelos valores do coeficiente de correlação (r), dos índices de concordância (d) (WILLMOTT et al., 1985), confiança ou desempenho (c) (CAMARGO & SENTELHAS, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O menor valor de ETo estimado foi 1,51 mm d⁻¹, ocorrido no mês de junho, em Botucatu, e o maior valor 8,74 mm d⁻¹ em Jaú, no mês de setembro, ambos estimados por EToPM.

Nas Tabelas 1 e 2, apresentam-se os valores médios anuais de ETo estimados pelos métodos, bem como os valores dos parâmetros estatísticos de avaliação e a comparação entre os métodos estudados.

TABELA 1. Evapotranspiração média anual (ETo), mm d⁻¹ (1); percentagem em relação ao método-padrão (PM) (2); erro-padrão de estimativa em relação ao método-padrão, mm d⁻¹ (3); coeficientes da equação de regressão ajustada (4) e (5); coeficiente de determinação para a regressão (6); erro-padrão de estimação em relação à regressão, mm d⁻¹ (7); índice de concordância, adimensional (8); índice de confiança (9), e coeficiente de correlação (10), para municípios do grupo 01. **Average annual evapotranspiration (Eto), mm day⁻¹ (1); percentage regarding the standard method (PM) (2); estimate standard error regarding the standard method, mm day⁻¹ (3); coefficients of the fitted regression equation (4) and (5); determination coefficient for the regression (6); estimate standard error regarding the regression, mm day⁻¹ (7); dimensionless agreement index (8); confidence index (9); and correlation coefficient (10), for municipalities of group 01.**

Método*	ETo (1)	% (2)	SEE (3)	β_0 (4)	β_1 (5)	r^2 (6)	SEEA (7)	d (8)	c (9)	r (10)
Barretos										
PM - FAO	4,58	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,83	105,50	0,55	-0,11	1,08	0,80	0,45	0,91	0,78	0,89
BC	2,97	64,81	1,71	0,77	0,48	0,64	0,68	0,54	0,42	0,77
Bebedouro										
PM - FAO	4,51	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	5,09	112,87	1,32	-0,05	1,14	0,87	0,37	0,89	0,83	0,93
BC	2,91	64,60	1,70	0,60	0,38	0,76	0,54	0,57	0,50	0,87
Casa Branca										
PM - FAO	4,20	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	5,09	121,20	1,18	1,23	0,92	0,58	0,84	0,73	0,55	0,76
BC	2,91	69,40	1,49	1,32	0,38	0,43	1,13	0,57	0,37	0,65
Jaú										
PM - FAO	4,85	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,51	92,90	0,73	-0,30	0,99	0,71	0,65	0,89	0,76	0,85
BC	2,85	58,70	2,13	0,81	0,42	0,53	0,97	0,50	0,37	0,73
Votuporanga										
PM - FAO	4,35	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,62	106,20	0,72	0,19	1,02	0,75	0,65	0,91	0,79	0,87
BC	2,99	68,60	1,56	1,28	0,39	0,64	2,46	0,60	0,48	0,80
Jales										
PM - FAO	3,70	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,58	113,40	1,22	0,11	1,10	0,89	0,33	0,91	0,86	0,95
BC	2,72	73,50	1,13	0,70	0,55	0,91	0,30	0,70	0,67	0,95

*PM: Penman-Montheit; HG: Hargreaves-Samani; BC: Blaney-Criddle-FAO

Observa-se a existência à superestimativa de EToHG em relação à EToPM, atingindo máximo de 31% em Botucatu e mínimo de 0,40% em Araraquara, tendência similar à relatada por BATISTA et al. (2007), com experimentações nos Estados de Minas Gerais e Sergipe. No grupo 01, o menor valor de EToPM foi estimado em Jales (3,70 mm d⁻¹), inferior aos 4,51 mm d⁻¹ relatado por CONCEIÇÃO (2010) na mesma localidade. Porém os 13,40% de superestimativa da EToHG ficaram próximos aos 17,18% relatados pelo mesmo autor em Jales-SP. Um valor subestimado de 7,1% ocorreu na região de Jaú, semelhante ao encontrado por OLIVEIRA et al. (2005), em Goiânia – GO.

TABELA 2. Evapotranspiração média anual (ETo), mm d⁻¹ (1); porcentagem em relação ao método-padrão (PM) (2); erro-padrão de estimativa em relação ao método-padrão, mm d⁻¹ (3); coeficientes da equação de regressão ajustada (4) e (5); coeficiente de determinação para a regressão (6); erro-padrão de estimação em relação à regressão, mm d⁻¹ (7); índice de concordância, adimensional (8); índice de confiança (9), e coeficiente de correlação (10), para municípios do grupo 02. **Average annual evapotranspiration (Eto), mm day⁻¹ (1); percentage regarding the standard method (PM) (2); estimate standard error regarding the standard method, mm day⁻¹ (3); coefficients of the fitted regression equation (4) and (5); determination coefficient for the regression (6); estimate standard error regarding the regression, mm day⁻¹ (7); dimensionless agreement index (8); confidence index (9); and correlation coefficient (10), for municipalities of group 02.**

Método*	ETo (1)	% (2)	SEE (3)	β ₀ (4)	β ₁ (5)	r ² (6)	SEEd (7)	d (8)	c (9)	r (10)
Araraquara										
PM - FAO	4,20	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,21	100,40	0,55	-0,60	1,15	0,74	0,49	0,91	0,78	0,86
BC	2,69	64,10	1,71	0,56	0,50	0,60	0,70	0,54	0,42	0,77
Itapetininga										
PM - FAO	3,41	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,29	125,90	0,95	0,38	1,15	0,94	0,27	0,86	0,83	0,97
BC	2,60	76,50	0,95	0,68	0,56	0,90	0,38	0,76	0,71	0,94
Limeira										
PM - FAO	3,70	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,58	123,60	0,99	0,15	1,20	0,89	0,35	0,83	0,78	0,94
BC	2,72	73,60	1,11	0,74	0,53	0,79	0,51	0,69	0,61	0,89
São João da Boa Vista										
PM - FAO	3,58	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,22	117,80	0,75	-0,02	1,18	0,89	0,31	0,87	0,82	0,94
BC	2,60	72,40	1,09	0,57	0,56	0,79	0,45	0,69	0,61	0,89
Botucatu										
PM - FAO	2,98	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	3,90	130,80	1,06	0,83	1,03	0,79	0,51	0,79	0,70	0,89
BC	2,61	87,50	0,64	1,02	0,53	0,83	1,08	0,84	0,76	0,91
Itapeva										
PM - FAO	3,70	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-
HG	4,58	122,70	1,51	0,35	1,13	0,96	0,21	0,89	0,87	0,98
BC	2,72	73,30	1,08	0,64	0,56	0,91	0,35	0,77	0,74	0,96

*PM: Penman-Montheit; HG: Hargreaves-Samani; BC: Blaney-Criddle-FAO

Em contrapartida, o EToBC subestimou os valores de ETo, com maior discrepância na região de Jaú (41%), e menor em Botucatu (12,5%), semelhante a resultados encontrados por FRANÇA NETO (2003), na região da Zona da Mata mineira. Discordantes dos relatados por OLIVEIRA et al. (2005) & BATISTA et al. (2007), que apuraram tendências à superestimativa frente à EToPM nos Estados de Goiás, Espírito Santo e Sergipe.

Nos valores de SEE, observam-se variações nos valores de ETo de 0,64 a 2,13 mm d⁻¹, para as regiões de Botucatu e Jaú, estimadas por EToBC e de 0,55 a 1,51 mm d⁻¹ para as regiões de Araraquara/Barretos e Itapeva, estimadas por EToHG, que apresentou o menor erro, mesmo tendo sido observada a característica de superestimar a ETo.

Avaliando os parâmetros da regressão, observa-se uma superioridade de EToHG em relação à EToBC, com β_0 tendendo a zero ($\mu=0,18$) e β_1 tendendo à unidade ($\mu=1,09$) na maioria das localidades, exceto para a região de Casa Branca. Este comportamento repete-se na avaliação do r^2 , com extremos de 0,96 em Itapeva e 0,58 em Casa Branca. Estes valores são superiores aos observados em EToBC, em torno de 0,91 em Jales e Itapeva e 0,43 em Casa Branca.

Embora o r^2 não permita qualitativamente definir a magnitude das diferenças entre os métodos, EToHG foi superior a EToBC. Na literatura ressalta-se que valores baixos de r^2 indicam a necessidade de ajustes regionais para os métodos a serem utilizados e um aumento no período de observação (> 10 dias) acarreta um progressivo aumento dos coeficientes de determinação (r^2) (MENDONÇA et al., 2003).

Os valores de SEEa tiveram o mesmo comportamento de SEE, com variação de 0,38 a 2,46 mm d⁻¹, para as regiões de Itapetininga e Votuporanga, estimados por EToBC e 0,21 a 0,84 mm d⁻¹ em Itapeva e Casa Branca por EToHG.

No contraste do SEE com o SEEa, nota-se que na maioria das regiões ocorre decréscimo nos desvios com o ajuste realizado pelos coeficientes da regressão quando se utiliza o método de EToHG, indicando melhoria nas estimativas pós-ajuste. Já o EToBC acarretou acréscimo nos valores para as regiões de Casa Branca, Itapetininga, Botucatu e Votuporanga, indicando cuidado na utilização desse método, mesmo com ajustes, para essas localidades.

Observa-se que o delta gerado entre SEE e SEEa é pouco expressivo para as regiões de Araraquara, Barretos, Votuporanga e Jaú, próximo a 0,04 mm d⁻¹, indicando boa representatividade da estimativa da ETo por EToHG, mesmo sem ajuste.

O EToBC apresentou diferença de 0,03 mm d⁻¹, entre SEE e SEEa, para a região de Limeira, o que pode indicar esse método como bom quantificador do consumo de água pela ETo local.

As correções mais expressivas para EToHG são requeridas na região de Itapeva ($\Delta = 1,30$ mm d⁻¹) e EToBC ($\Delta = 0,83$) mm d⁻¹ em Jales.

Analisando os índices de desempenho estatístico, observa-se que a maior exatidão ocorreu nas regiões de Barretos ($d=0,92$), Votuporanga, Jales e Araraquara ($d=0,91$) para EToHG e em Botucatu ($d=0,84$) para BC-FAO, e menor exatidão em Casa Branca ($d=0,73$) e Jaú ($d=0,50$), para EToHG e EToBC, respectivamente. Os valores maiores de correlação aproximam-se muito dos relatados por GONÇALVES et al. (2009), para o Estado do Ceará.

O coeficiente de correlação (r) apresentou classificação > 0,5 (“alta”) para todas as regiões e métodos avaliados, indicando estreita correlação entre estes e o padrão, destacando-se “quase perfeita” nas regiões de Jales, Botucatu e Itapeva para EToBC e Bebedouro, Jales, Itapetininga, São João da Boa Vista e Itapeva, para EToHG, concordantes com estudos realizados no Paraná (SYPERRECK et al., 2008).

Os valores do índice de confiança/desempenho (c) calculado para o EToBC demonstraram um desempenho catastrófico nas regiões do Grupo 01, com variação de 0,37 a 0,48 (péssimo/mau), e a

região de Araraquara (Grupo 02), com 0,42, resultados diferentes dos encontrados por CAMARGO & SENTELHAS (1997), para avaliações no estado de São Paulo, onde este método foi classificado como “bom”, porém concordantes para as demais regiões do Grupo 02, mostrando índices maiores, alcançando classificação “Muito Bom”, com maior valor, 0,76, em Botucatu, bem próximo ao relatado pelos autores.

Para EToHG, o índice de confiança foi classificado em “muito bom”, em grande parte das regiões avaliadas, semelhante ao relatado por CAMARGO & SENTELHAS (1997); CONCEIÇÃO (2003) e GONÇALVES et al. (2009) para diversas localidades do Estado de São Paulo, e classificação “Ótima” em Jales e Itapeva. Nestas duas regiões, os índices de avaliação indicaram correlações fortes e boa precisão para os dois métodos em estudo, similar a resultados de estudos realizados por CONCEIÇÃO (2005), no Rio Grande do Sul. A exceção desse comportamento foi a região de Casa Branca, com $c = 0,55$ - “sofrível”.

Em síntese, observa-se que EToHG apresenta altos índices de precisão “r”, de desempenho “c”, exatidão “d” próximo da unidade, caracterizando concordância quase perfeita, para a maioria das regiões em estudo, exceto para Casa Branca, o que sugere ser este um método adequado para estimativa da ETo nestas localidades, requerendo para uso em algumas delas o “ajuste” pela inserção dos valores de β_0 e β_1 para correção e melhora da performance das estimativas.

A EToBC apresentou possibilidade de uso nas regiões de Jales, Botucatu e Itapeva, onde a análise conjunta dos índices e valores de estimativas apresentaram melhor performance.

A região de Casa Branca mostrou restrição total aos dois métodos avaliados, não sendo recomendado o uso desses em estimativas de valores de ETo nesta localidade.

Nas Figuras 1 e 2, pode-se visualizar o comportamento dos valores médios mensais da ETo estimados pelos métodos em estudo. Analisando-as, observa-se que EToHG superestima os valores de EToPM, durante todo o ano, para as regiões de Bebedouro, Itapetininga, Limeira, São João, Botucatu, Itapeva e Jales, e nas demais, alterna-se com o mesmo. Outra observação importante é que, nos meses de outubro a março, este tende a superestimar o padrão para todas as regiões estudadas, e nos meses de junho - julho (frios), subestima nas regiões de Araraquara, Casa Branca, Jaú e Votuporanga.

Os maiores deltas entre os valores estimados por EToHG e EToPM são observados nos meses quentes do ano e nas regiões de Itapetininga, Limeira, São João e Botucatu. Em Jaú, as amplitudes dos valores são menores, com superestimativa de dezembro a fevereiro, e queda brusca e subestimativas nos meses frios, retomando os valores gradativamente em agosto. Limeira e São João da Boa Vista apresentam-se bem semelhante a Casa Branca, porém com superestimativa de EToHG durante todos os períodos do ano e redução na amplitude nos meses mais frios.

Análises no comportamento mensal da EToBC frente à EToPM demonstram que, em todas as regiões, o comportamento foi o mesmo observado para EToHG com tendência à subestimativa dos valores. Apresenta valores elevados nos meses quentes (outubro a março) e menores nos frios (abril a setembro). Em Itapetininga e Botucatu, a EToBC superestima o valor-padrão nos meses mais frios.

Logo se observa que as variações acontecem e que, mesmo que um método seja referenciado pelo período de um ano, isso não indica que este seja o melhor na época em que se necessita das irrigações em citros. Deve-se atentar para o fato de que métodos simplificados não são indicados para períodos diários de estimativas (PEREIRA et al., 1997), sendo mais representativos para valores mensais.

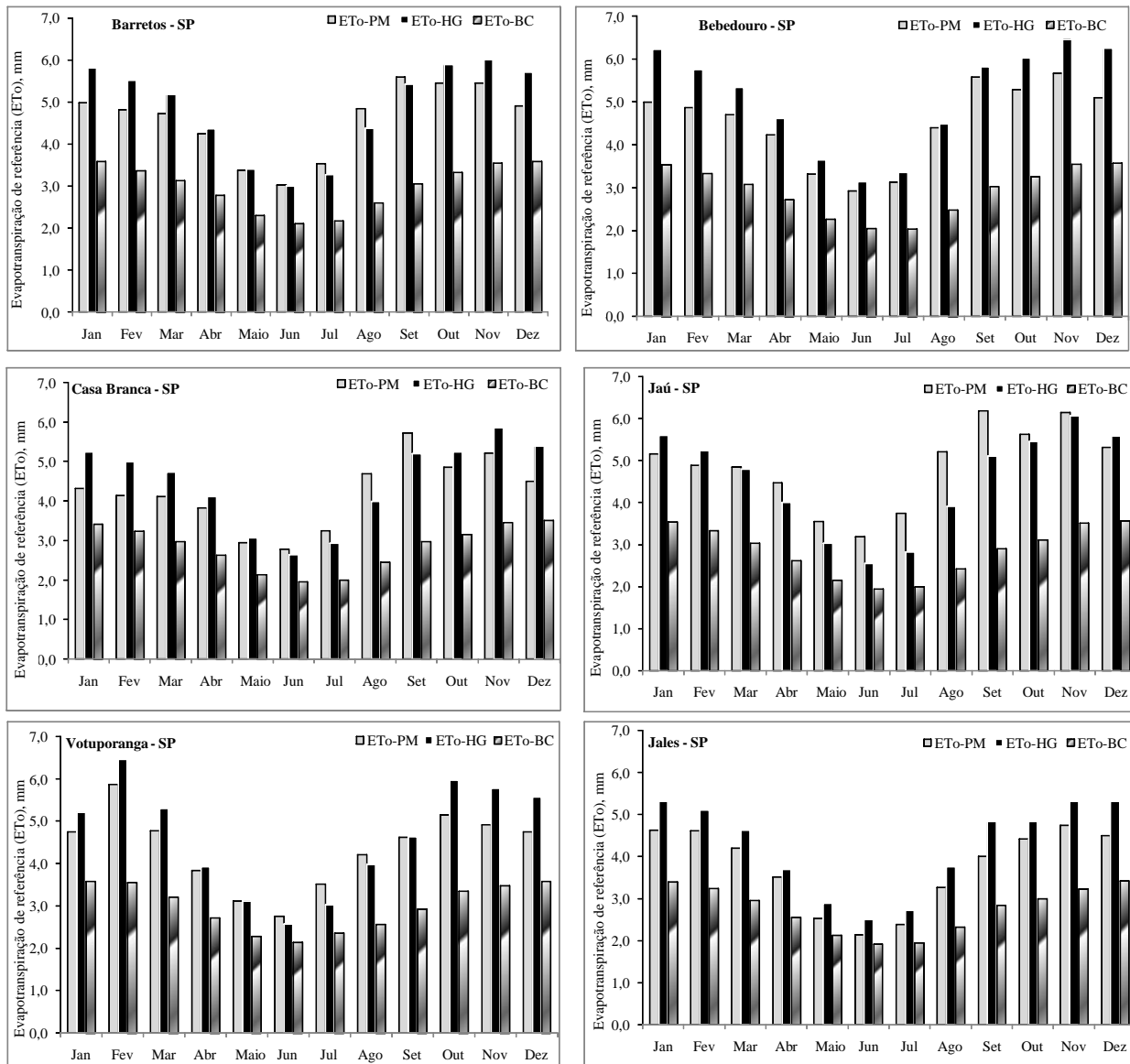
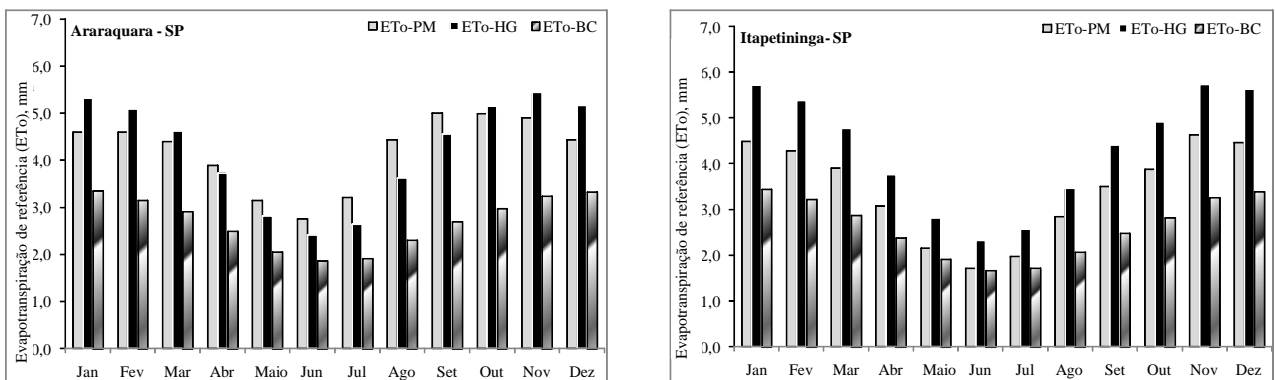


FIGURA 1. Comportamento da ETo, média mensal (mm) estimada pelos métodos de Penman-Montheit (PM), Hargreaves & Samani (HS) e Blaney-Cridde - FAO (BC) para municípios do grupo 01. Behavior of ETo monthly averages (mm) estimated by Penman-Monteith (PM), Hargreaves & Samani (HS), and Blaney-Cridde - FAO (BC) methods for municipalities of group 01.



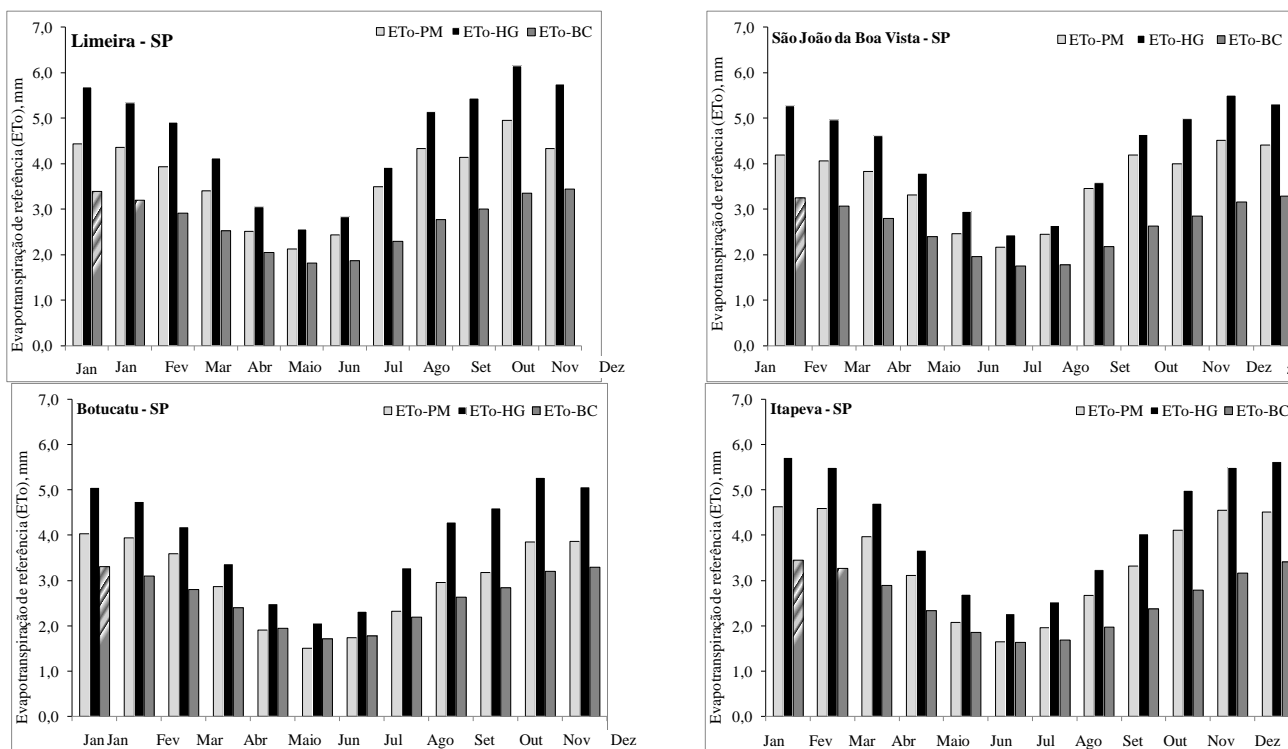


FIGURA 2. Comportamento da ETo, média mensal (mm) estimada pelos métodos de Penman-Monteith (PM), Hargreaves & Samani (HS) e Blaney-Criddle - FAO (BC) para municípios do grupo 02. **Behavior of ETo monthly averages (mm) estimated by Penman-Monteith (PM), Hargreaves & Samani (HS), and Blaney-Criddle - FAO (BC) methods for municipalities of group 02.**

CONCLUSÃO

Houve uma tendência à superestimativa da evapotranspiração pelo método de Hargreaves-Samani, na maioria das regiões estudadas, exceto em Jaú.

Observou-se uma subestimativa da evapotranspiração pelo método de Blaney-Criddle-FAO em todas as regiões estudadas.

As maiores amplitudes de superestimativa de EToHG e subestimativa de EToBC foram observadas nos meses mais quentes e chuvosos, reduzindo-se nos mais frios.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 308 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).
- ARAÚJO, W. F.; COSTA, S.A.A.; DOS SANTOS, A.E. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (eto) para Boa-Vista, RR. *Caatinga*, Mossoró, v.20, n.4, p.84-88, jul./set., 2007.
- BATISTA, W.R.M.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A.A.G. Determinação e Comparação entre Métodos de Estimativa da Evapotranspiração de Referência para a região de Canindé do São Francisco – SE. *Fapese*, Aracaju, v.3, n. 2, p. 71-76, jul./dez. 2007

- 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 de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p89-97, 1997.
- CONCEIÇÃO, M.A.F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande-SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 229-236, 2003.
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves-RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 13, n.2, p.303-307, 2005.
- CONCEIÇÃO, M.A.F. Evapotranspiração de referência com base na radiação solar global estimada pelo método de Bristow-Campbell. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 4, ago. 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000400006&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt > Acesso: 6 fev. 2012.
- FRANÇA NETO, A.C.F. *Análise de métodos simplificados de estimativa da Eto e da sensibilidade das variáveis do cálculo da lâmina de irrigação para a cultura do café*. 2003. 82 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- GONÇALVES, F.M.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C.M.; FILHO, R.R.G.; JÚNIOR, M.V. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, Fortaleza, v.3, n.2, p.71–77, 2009.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. *Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature*. Chicago: American Society of Agricultural Engineering. Meeteng, 1985. (Paper 85 - 2517).
- HARGREAVES, G.H.; ALLEN, R.G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Reston, v.129, n.1, p.53-63, 2003.
- MAKKINK, G, F. Ekzamento de la formulo de Penman. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, Wageningen, v.5, p.290-305, 1957.
- MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; DIAS, G.P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense-RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.2, p.275-279, 2003.
- OLIVEIRA, R.Z.; DE OLIVEIRA, L.F.C.; WEHR, T.R.; BORGES, L.B.; BONOMO, R. Comparação de metodologias de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Goiânia-GO. *Biociência Journal*, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 19-27, 2005.
- PEREIRA, A. R.; VILA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G.C. *Evapotranspiração*, Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiros: FEALQ, 183p. 1997.
- SYPPERRECK, V.L.G.; KLOSOWSKI, E.S.; GREGO, M.; FURLANETO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum Agronomy Maringá*, v. 30, p. 603-609, 2008. Suplemento.
- VEGA, E.C.; JARA, J.C. Estimación de la evapotranspiración de referencia para dos zonas (costa y región andina) del Ecuador. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.3, p.390-403, 2009.
- VESCOVE, HUMBERTO, V.; TURCO, JOSÉ, E. P. Comparação de três métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara – SP. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 3, dez. 2005. Disponível em:<

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000300017&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 6 fev. 2012.

WILLMOTT, C.J.; CKLESON, S.G.; DAVIES, R.E. Statistics for evaluation and comparisons of models. *Journal of Geophysical Research*, Ottawa, v.90, n.C5, p. 8.995-9.005, 1985.