



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



Estimativa da evapotranspiração de referência por Penman-Monteith com dados mínimos e SIG para o Estado do Rio Grande do Norte

Anna Ysis Pedrosa Araújo Vieira Gomes Pedrosa¹, Joaquim Branco de Oliveira², Wesley Lívio Viana Torres⁴, Francisco Dirceu Duarte Arraes³, Taynara Macena Borges⁴.

¹ Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Bolsista Auxílio Acadêmico, Laboratório de Geoprocessamento, IFCE, Iguatu - CE, Fone: (88)8817-0105, ysisgomes@hotmail.com

² Eng. Agrônomo, Professor, Dr., IFCE, *Campus* Iguatu, Laboratório de Geoprocessamento, Iguatu - CE

³ Tecnólogo em Irrigação e Drenagem, Professor, Dr., IF Sertão, *Campus* Salgueiro Salgueiro - PE

⁴ Graduando em Tecnologia em Irrigação e Drenagem, Bolsista Auxílio Acadêmico, Laboratório de Geoprocessamento, IFCE, Iguatu - CE

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar a metodologia de estimativa de mapas temáticos da ETo PM utilizando dados de temperatura máxima e mínima do ar com técnicas de Sistema de Informação Geográfica, para o Estado do Rio Grande do Norte comparando com PM de Referência FAO 56. Foram utilizados dados de temperatura máxima e mínima do ar obtida das estações do Instituto Nacional de Meteorologia localizadas na área de estudo no período de 1961 a 1990 (INMET). A equação proposta por PENMAN-MONTEITH foi utilizada para a estimativa da ETo, sendo especializada na forma de mapas através do software Idrisi Selva© pela manipulação dos dados digitais de latitude, longitude e altitude para obtenção das variáveis da equação e modelo digital de elevação. Para a comparação dos resultados obtidos pela equação de PENMAN-MONTEITH pelos mapas foi determinada o valor de ETo para cada localidade pela equação de PENMAN-MONTEITH FAO com auxílio do programa REF-ET. Os coeficientes de determinação dos modelos de temperatura gerados variaram entre 0,88 a 0,98, o que demonstrou boa correlação entre a temperatura do ar e os dados geográficos. As regiões de menor valor de evapotranspiração, no mês de pico (outubro), foi a região da Chapada do Apodí, enquanto os maiores valores de ETo prevalecer na região Norte do estado. O erro médio entre a evapotranspiração estimada por PM com o programa REF-ET e com os mapas variaram de -0,37 a -1,87 mm d⁻¹ e o erro padrão de estimativa oscilou entre 0,5 e 1,95 mm d⁻¹. A evapotranspiração estimada pelos mapas não superestimou a calculada em nenhum ponto. Portanto conclui-se que a metodologia proposta para espacialização de evapotranspiração de referência pela equação de PM com dados mínimos a partir de mapas temperaturas máxima e mínima do ar não se mostrou uma alternativa viável tendo em vista os resultados da análise estatística em comparação ao método padrão.

PALAVRAS CHAVE: Temperatura do ar, Mapas e software Idrisi Selva©.

ESTIMATE OF REFERENCE FOR EVAPOTRANSPIRATION WITH PENMAN-MONTEITH MINIMUM DATA AND GIS FOR THE STATE OF RIO GRANDE DO NORTE

ABSTRAC: This study aimed to evaluate the estimate of thematic maps methodology ETo PM using maximum temperature data and minimum air with geographic information system techniques for the State of Rio Grande do Norte compared to PM FAO Reference 56. Maximum temperature data and minimum air were used obtained from the stations of the National Institute of Meteorology located in the study area from 1961 to 1990 (INMET). The equation proposed by PENMAN-MONTEITH was used to estimate ETo specializing in the form of maps using Idrisi Selva software © by manipulation of digital data latitude, longitude and altitude for the variables of the equation and digital elevation model. To compare the results obtained by the Penman-Monteith maps was determined by the ETo value for each location by the equation of FAO Penman-Monteith with the aid of REF-ET program. The



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

determination of the temperature coefficients generated models range from 0.88 to 0.98, which demonstrated good correlation between the air temperature and topography. The regions of lower evapotranspiration, the peak month (October), was the region of the Apodi Chapada, while higher ETo values prevail in the state of North. The average error between the evapotranspiration estimated by PM with the REF-ET program and the maps ranged from -0.37 to -1.87 mm d-1 and the estimated standard error ranged between 0.5 and 1.95 mm d-1. The evapotranspiration estimated by maps not overestimated calculated at any point. Therefore it is concluded that the proposed methodology for spatial MP equation by reference evapotranspiration with minimal data from maps maximum and minimum air temperatures was not a viable alternative in view of the results of the statistical analysis compared to the standard method.

KEYWORDS: Air temperature, maps and software Idrisi Selva ©.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das necessidades hídricas das culturas é de grande importância para o estudo do manejo da água de irrigação. A evapotranspiração é uma das principais variáveis do ciclo hidrológico. A taxa de evapotranspiração refere-se à transferência de água para a atmosfera, da superfície do solo e das plantas pela combinação da evaporação com a transpiração (SEDIYAMA, 1998).

O método PM FAO-56 é bastante utilizado em trabalhos para avaliar e calibrar diferentes equações empíricas como em Oliveira et al. (2005), Oliveira e Carvalho (1998) e Vescove e Turco (2005). Embora seja um método complexo, concilia os aspectos aerodinâmicos e termodinâmicos, incluindo a resistência ao transporte de calor sensível e de vapor d'água e a resistência da superfície à transferência de vapor d'água, fatores que nenhum outro método leva em consideração e que proporciona melhor precisão (OLIVEIRA, 2003).

De acordo com Medeiros (2002), diversos trabalhos científicos têm mostrado que o desempenho do método de PM FAO-56 na estimativa da ETo é satisfatório, quando comparado com medidas lisimétricas. No entanto, muitas vezes nem todos os elementos meteorológicos necessários para o uso desse modelo encontram-se disponíveis. Nessa situação, outros métodos que necessitem de um número menor de elementos meteorológicos podem ser usados (FIETZ; SILVA; URCHEI, 2005).

O objetivo do presente trabalho é avaliar a metodologia de estimativa de mapas temáticos da ETo PM utilizando dados de temperatura máxima e mínima do ar integrados com um Sistema de Informação Geográfica, para o estado do Rio Grande do Norte comparando com PM de Referência FAO 56.

MATERIAL E MÉTODOS

A região de estudo foi centrada no estado do Rio Grande do Norte. Entretanto, utilizaram-se também estações meteorológicas de parte do Ceará, Pernambuco, Paraíba e Piauí, próximos à divisa com Rio Grande do Norte como condição de contorno. Consideraram-se as estações fora do estado na tentativa de agregar ao modelo maior correlação da temperatura do ar com a longitude e, especialmente, a altitude (Tabela 1).

Tabela 1. Localização das estações meteorológicas

Estação	Local	Estado	h	Long	Lat
82493	Jaguaruana	CE	11,71	-37,767	-4,7834
82594	Macau	RN	5,970	-36,633	-5,1167
82591	Mossoró	RN	18,14	-37,333	-5,1834
82590	Apodi	RN	65,37	-37,800	-5,6500
82596	Ceará Mirim	RN	61,35	-35,417	-5,6500
82598	Natal	RN	48,60	-35,200	-5,9167
82691	Florania	RN	324,45	-36,817	-6,1167
82593	Cruzeta	RN	226,46	-36,583	-6,4333
82689	São Gonçalo	PB	233,05	-38,217	-6,7500
82798	João Pessoa	PB	7,4300	-34,867	-7,1000

O procedimento de estimativa dos parâmetros para cálculo da evapotranspiração de referência e os calculados com dados mínimos de temperatura máxima e mínima do ar segue a metodologia sugerida pelo boletim número 56 da FAO (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} v_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \cdot v_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_o - evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹; R_n - radiação líquida total do gramado, MJ m⁻² dia⁻¹; G - densidade do fluxo de calor no solo, MJ m⁻² dia⁻¹; T_{med} - temperatura média diária do ar, °C; v_2 - velocidade do vento média diária a 2 m de altura, m s⁻¹; e_s - pressão de saturação de vapor, kPa; e_a - pressão parcial de vapor, kPa; $e_s - e_a$ - déficit de saturação de vapor, kPa; Δ - declividade da curva de pressão de vapor no ponto de T_m , kPa°C⁻¹; γ - coeficiente psicrométrico, kPa°C⁻¹.

Para a estimativa da ET_o dos mapas foi obtida a pressão parcial de vapor (e_a) substituindo a temperatura do ponto de orvalho pela temperatura mínima diária do ar, menos 2°C ($T_d = T_n - 2^\circ\text{C}$), os dados de velocidade do vento (u_2) utilizar média de 2 ms⁻¹ conforme sugerido por Allen et al. (1998) e radiação solar global (R_s) foi estimada através do método de Hargreaves e Samani (1982).

Nos dados de umidade relativa do ar, utilizou o déficit de pressão de vapor para estimar com base em dados de temperatura do ar, a pressão real de vapor, assumindo que a temperatura do ponto de orvalho é próxima da temperatura mínima diária, que geralmente é observado no início da manhã nas estações meteorológicas de referência (ALLEN et al., 1998).

A comparação dos valores de ET_o obtidos pelo método de Penman-Monteith FAO 56 com dados completos e com dados mínimos (temperatura máxima e mínima) foi realizada usando o erro padrão de estimativa (EPE) e a razão entre as médias.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 1 são observadas as comparações entre a ET_0 obtida pelos mapas para o pixel da estação e os valores obtidos pelos dados climáticos em cada estação. Notou-se que a variabilidade a partir de um local para outro foram maiores nos resultados da comparação nos meses mais quentes e secos (Agosto, Setembro, Outubro, Novembro e Dezembro). Este resultado pode ser atribuído ao fato que a partir do segundo semestre no Nordeste ocorre um maior efeito do poder evaporativo do ar tendo em vista que os valores de umidade são menores em comparação com o primeiro semestre do ano. Como a metodologia proposta usa apenas os dados mínimos (Temperatura máxima e mínima do ar), portanto, não levando em conta os valores de umidade do ar. O restante das estações apresentou os melhores resultados ao longo ano, com os valores próximos entre as metodologias.

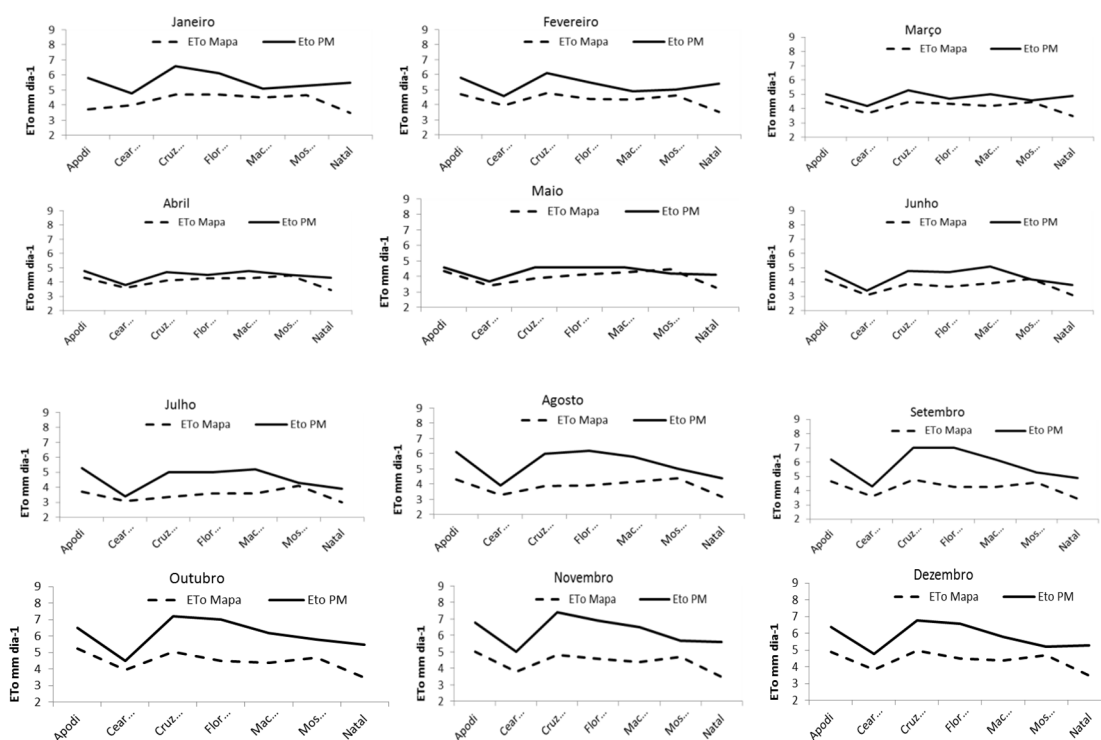


Figura 1. Análise da tendência da ET_0 obtida pelo o mapa observado nas estações com PM de Referência.

Nenhum dos valores obtidos pelo mapa superestimaram os valores da ET_0 obtida pelo método de PM FAO 56 (Tabela 2). A metodologia proposta para estimar a ET_0 pelo método PM estimado pelos mapas não apresentou estimativas satisfatórias quanto ao modelo de Penman-Monteith FAO.

Tabela 2. Resumo estatístico dos resultados da evapotranspiração estimadas com dados mínimos pelos mapas em comparação ao modelo padrão de Penman-Monntith - FAO

Meses	λ	EM	EPE	EPM
Janeiro	76.02	-1.34	1.48	-23.98
Fevereiro	81.23	-1.00	1.11	-18.77
Março	86.65	-0.64	0.75	-13.35
Abril	90.76	-0.41	0.50	-9.24
Maió	91.45	-0.37	0.50	-8.55
Junho	84.74	-0.67	0.77	-15.26
Julho	76.32	-1.09	1.23	-23.68
Agosto	72.73	-1.46	1.59	-27.27
Setembro	72.62	-1.60	1.74	-27.38
Outubro	73.30	-1.63	1.74	-26.70
Novembro	70.16	-1.87	1.95	-29.84
Dezembro	75.31	-1.44	1.53	-24.69

Considerando apenas a média de todos os locais para cada mês, os valores EM variaram de -0,37 a -1,87 mm d⁻¹, (Tab. 2). Os valores do EPE variaram de 0,5 e 1,95 mm d⁻¹. Razões entre os valores médios (λ) obtidos pelas duas metodologias mostraram que a evapotranspiração estimada pelos mapas não subestimou a calculada sendo que a calculada superestimou 100% da estimada, os valores do erro percentual médio (EPM) obtidos foram de -8,55 a -29,84. Vale ressaltar que a equação de Penman-Monteith FAO 56 tende a superestimar a ETo estimada pelo mapa principalmente em regiões úmidas e (TEMESGEN et al., 1999).

4. CONCLUSÕES

Portanto conclui-se que a metodologia proposta para espacialização de evapotranspiração de referência pela equação de PM com dados mínimos a partir de mapas temperaturas máxima e mínima do ar não se mostrou uma alternativa viável tendo em vista os resultados da análise estatística em comparação ao método padrão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, p.300. Irrigation and drainage paper 56.
- HARGREAVES, G. H. 1974. Estimation of potential and crop evapotranspiration. Transactions of the ASAE, v.17, n.4, p.701-704.
- HARGREAVES, G. H. 1989. Accuracy of estimated reference crop evapotranspiration. **Journal of Irrigation Drainage Engineering**, v. 115, n. 6, p. 1000–1007.
- HARGREAVES, G. H.; ALLEN, R. G. 2003. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. **Journal of Irrigation Drainage Engineering**, v. 129, n. 1, p. 53–63.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração: necessidades de água para as plantas cultivada**. Brasília, DF: ABEAS, 1998, 181p. (Curso de especialização por tutoria à distância).

TEMESGEN, B., ECHING, S., DAVIDOFF, B., FRAME, K. 2005. Comparison of some reference evapotranspiration equations for California. **Irrigation Drainage Engineering**, v. 131, n. 1, p. 73–84.