

EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA O ESTADO DO RIO DE JANEIRO A PARTIR DE VALORES ESTIMADOS E MEDIDOS DE TEMPERATURA DO AR

D. F. Carvalho¹, D. P. Gomes², D. H. Oliveira Neto³, C. A. B. Santos³, A. D. Oliveira⁴,

RESUMO: O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de gerar modelos de regressão múltipla, visando à estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) para o estado do Rio de Janeiro, tendo como variáveis independentes a temperatura do ar, latitude, longitude e altitude. Foram utilizados dados 37 estações meteorológicas pertencentes ao INMET, sendo 31 localizadas no estado do Rio de Janeiro, 4 em Minas Gerais, 1 em São Paulo e 1 no Espírito Santo. Os modelos foram selecionados com base no nível de significância dos seus coeficientes e nos coeficientes de regressão ajustados. Com base nos resultados obtidos, foi possível concluir que os valores de ET_o estimados a partir de valores medidos de temperatura não diferiram estatisticamente daqueles estimados a partir dos valores de temperatura obtidos por modelos de regressão múltipla.

PALAVRA CHAVE: Evapotranspiração de referência, simulação da temperatura, elementos climáticos.

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FOR RIO DE JANEIRO STATE, BRAZIL, FROM MENSURED AND ESTIMATE VALUES OF AIR TEMPERATURE

ABSTRACT: This study was carried out in order to generated regression multiple models for to estimate the reference evapotranspiration (ET_o) in Rio de Janeiro State, Brazil, from air temperatures values, geographical coordinates and elevation. There were utilized 37 meteorological stations, being 31 located in Rio de Janeiro State, 4 in Minas Gerais State, 1 in São Paulo State and 1 and Espírito Santo State. The models were selected with base in the significance level and the adjusted regression coefficients. The results obtained showed that

¹ Depto. de Engenharia/Instituto de Tecnologia/UFRRJ. BR 465, km 7, Seropédica-RJ. CEP 23890-000. Bolsista do CNPq (carvalho@ufrj.br).

² Estudante de Agronomia na UFRRJ. Bolsista de IC da FAPERJ (danielagomesagro@hotmail.com).

³ Agrônomo. Mestrando em Fitotecnia na UFRRJ. BR 465, km 7, Departamento de Engenharia/IT/UFRRJ, Seropédica-RJ (dionizioneto@ufrj.br e carlos-ufrj@bol.com.br).

⁴ Bolsista Pós-doutoramento da FAPERJ. Depto. de Engenharia/Instituto de Tecnologia/UFRRJ (alexsandrado@yahoo.com.br).

the estimated ETo values from measured values temperature were not significantly different those values calculated with air temperature values obtained from multiple regression models.

KEYWORDS: Reference evapotranspiration, temperature simulation, climatic elements.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a agricultura aparece como um dos principais setores responsáveis pelo crescimento econômico, sendo que inovações tecnológicas têm sido buscadas para tornar, este setor, mais viável seja do ponto de vista econômico, ambiental ou social.

O conhecimento das variáveis climáticas ou elementos meteorológicos medidos e registrados nas estações convencionais ou automáticas permite a quantificação da evapotranspiração das culturas, possibilitando assim conhecer os potenciais hídricos culturais diários, mensais e anuais da região, necessários para satisfazer as reais necessidades hídricas das culturas ali estabelecidas ou a serem implantadas.

Normalmente os dados de temperatura do ar em determinado local ou região encontram-se mais facilmente disponíveis, permitindo que métodos como o de Hargreaves-Samani possam ser utilizados para a estimativa da ETo. De acordo com CONCEIÇÃO e MARIN (2004), o cálculo de ETo utilizando o método de Hargreaves-Samani é relativamente simples e pode ser empregado com facilidade pelos produtores rurais. Segundo estes autores, ficou demonstrado que a estimativa diária do armazenamento de água no solo utilizando valores de ETo pelo método de Hargreaves-Samani apresentam resultados próximos aos obtidos com o uso de valores de ETo pelo método de Penman-Monteith, para condições climáticas do noroeste paulista.

Nos últimos anos, diversos estudos tem sido realizados no sentido de espacializar informações agroclimáticas, visando disponibilizar dados para regiões onde não é possível a obtenção de parâmetros utilizados na estimativa da necessidade hídrica das culturas, tais como a evapotranspiração de referência (OLIVEIRA, 2006). O autor considera que a espacialização constitui uma ferramenta de organização do planejamento da agricultura, tendo por base o levantamento dos fatores que definem as aptidões agrícolas, encontradas em diferentes faixas das regiões a serem estudadas.

Com base no exposto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de gerar modelos de regressão múltipla, visando à estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) para o

estado do Rio de Janeiro, tendo como variáveis independentes a temperatura do ar, latitude, longitude e altitude.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado para o Estado do Rio de Janeiro, considerando dados de temperatura do ar provenientes de 37 estações meteorológicas cadastradas no INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), sendo 31 localizadas no Estado do Rio de Janeiro, 4 em Minas Gerais, 1 no Espírito Santo e 1 em São Paulo.

Com base nas informações de coordenadas geográficas (latitude e longitude) e altitude, foram realizadas inicialmente análises de regressão múltipla a fim de obterem modelos matemáticos para estimativa da temperatura do ar, tendo as variáveis citadas acima como independentes e as temperaturas médias mensais mínima, máxima e média, além da média anual, como variáveis dependente. A equação 1 apresenta o modelo quadrático geral utilizado:

$$T_i = A_0 + A_1 ALT + A_2 LAT + A_3 LONG + A_4 ALT^2 + A_5 LAT^2 + A_6 LONG^2 + A_7 ALT LAT + A_8 ALT LONG + A_9 LAT LONG \quad (1)$$

em que:

T_i - temperaturas mensais (médias, máximas e mínimas) ($i = 1, 2, \dots, 12$) e anual ($i = 13$) estimadas;

ALT - altitude da estação em metros;

LONG - longitude da estação em graus decimais (valores negativos);

LAT - latitude da estação em graus decimais (valores negativos); e

A_i - coeficientes da equação de regressão.

Após a estimativa da temperatura, foram calculados os valores mensais de evapotranspiração de referência, utilizando o método de Hargreaves-Samani (Hargreaves & Samani, 1985), para cada uma das 37 localidades. Em seguida, foi realizada uma análise de regressão múltipla, visando a obtenção de modelos para estimativa da ETo a partir de dados de temperatura e de variáveis de altitude e coordenadas geográficas. Para isso, foi proposto o seguinte modelos:

$$ET_{oi} = A_0 + A_1 T_{\min} + A_2 T_{\max} + A_3 T_{\text{med}} + A_4 ALT + A_5 LAT + A_6 LONG \quad (2)$$

em que T_{\min} , T_{\max} e T_{med} são, respectivamente, as temperaturas máximas, mínimas e médias mensais.

As análises de regressão múltipla foram realizadas utilizando o programa computacional SAEG 9.0 (Fundação Arthur Bernardes, 2005) para todos os meses e também para o ano, sendo os coeficientes A_i obtidos pelo método dos mínimos quadrados. Foram realizados testes “t” de Student para avaliar a significância dos coeficientes das equações de regressão (A_i). Para cada variável estudada, foram selecionados os modelos com o menor número de variável independente, considerando ainda o nível de significância dos coeficientes e o coeficiente de regressão ajustado.

A fim de verificar o grau de ajustamento entre os valores de temperatura medidos e os estimados pelos modelos, foram geradas equações de regressão linear simples ($Y = \beta_0 + \beta_1 X$) e calculados o erro-padrão da estimativa (SEE), o índice de concordância (d) e o índice de desempenho (c), conforme metodologia apresentada por CAMARGO & SENTELHAS (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse dos dados de temperatura estimados pelos modelos gerados com base na equação 1, a evapotranspiração mensal foi obtida utilizando o método de Hargreaves-Samani e, em seguida, foram obtidos os modelos de ETo apresentados na Tabela 1.

Com base na equação 2, é possível perceber que os melhores ajustes foram obtidos considerando apenas as variáveis de temperatura, os quais apresentaram coeficientes de determinação ajustados variando entre 0,88 e 0,99. O período de outubro a março apresentou os maiores coeficientes de determinação ajustados coincidindo com o período em que ocorrem os maiores valores de temperatura. Observa-se que as três componentes lineares temperatura mínima, temperatura máxima e temperatura média foram significativas a 1% de probabilidade em todos os meses do ano.

A Tabela 2 apresenta o resultado da análise de desempenho dos modelos com base na comparação dos valores de ETo, obtidos a partir dos dados de temperatura medidos com os obtidos utilizando-se os dados de temperatura estimados.

Tabela 1 - Coeficientes das equações de regressão para estimativa dos valores mensais de ETo, com seus respectivos coeficientes de determinação ajustados (R^2), para o estado do Rio de Janeiro.

Mês	R^2	ETo			
		A_0	A_1	A_2	A_3
Jan	0,99	-0,71569	-0,286861	0,286737	0,128456
Fev	0,99	-0,363385	0,0782113	0,318173	0,303101
Mar	0,99	-0,289107	0,0659214	0,2873	-0,27171
Abr	0,97	-0,150911	0,0556403	0,23207	-0,220596
Mai	0,93	-0,0947755	0,0492571	0,17856	-0,169119
Jun	0,90	-0,0616468	0,0446911	0,144608	-0,133381
Jul	0,88	0,0131491	0,0428085	0,138096	-0,123853
Ago	0,94	-0,112504	0,057462	0,179509	-0,167303
Set	0,95	-0,186284	0,0970451	0,273211	-0,293277
Out	0,98	-0,154167	0,0781563	0,292806	-0,286678
Nov	0,99	-0,155591	0,0769926	0,31832	-0,306469
Dez	0,99	-0,223765	0,0722259	0,334665	-0,31542

Tabela 2 - Indicadores estatísticos do ajuste entre os valores de ETo obtidos a partir de dados de temperatura do ar medidos e estimados pelos modelos de regressão.

Mês	β_0	β_1	SEE	r	d	c
Jan	0,0223	0,9958	0,0336	0,9979	0,9990	0,9969
Fev	0,0243	0,9900	0,0330	0,9950	0,9975	0,9925
Mar	0,0382	0,9874	0,0322	0,9937	0,9968	0,9905
Abr	0,0680	0,9713	0,0395	0,9855	0,9927	0,9783
Mai	0,1133	0,9405	0,0468	0,9698	0,9844	0,9547
Jun	0,1446	0,9128	0,0475	0,9554	0,9767	0,9331
Jul	0,1843	0,8927	0,0531	0,9448	0,9708	0,9172
Ago	0,1184	0,9434	0,0480	0,9713	0,9852	0,9569
Set	0,1055	0,9573	0,0717	0,9784	0,9890	0,9676
Out	0,0468	0,9837	0,0378	0,9918	0,9877	0,9959
Nov	0,0357	0,9889	0,0380	0,9944	0,9917	0,9972
Dez	0,0295	0,9914	0,0345	0,9957	0,9978	0,9935

A qualidade do ajuste pode ser confirmada pelos altos valores do índice de desempenho (c). Para todos os meses o desempenho foi “Ótimo” ($c > 0,85$), de acordo com o critério de interpretação proposto por CAMARGO & SENTELHAS (1997). Da mesma forma que para a estimativa das temperaturas mínima, máxima e média, os parâmetros β_1 e β_2 , não diferiram estaticamente de 0 e 1, respectivamente, fazendo com que seja possível afirmar que os valores de ETo obtidos por meio de dados de temperatura medidos não diferiram estaticamente dos valores de ETo obtidos de valores de temperaturas mínima, máximas e

média estimados. Para o índice de concordância sugerido por WILMONTT et al. (1981), é possível verificar que todos os valores encontrados estão acima de 0,97 indicando que os modelos gerados neste trabalho fornecem estimativas confiáveis de ETo, dentro dos limites de altitude e coordenadas utilizados.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos foi possível concluir que é possível a obtenção de valores mensais confiáveis de ETo, a partir de valores de temperatura estimados por modelos que apresentam como variáveis independentes, a altitude e as coordenadas geográficas do local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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**, Santa Maria, RS, v.5, n.1, p.89-97, 1997.
- CONCEIÇÃO, M.A.F.; MARIN, F.R. **Balanço hídrico diário com diferentes métodos de estimativa da evapotranspiração de referência**. IN: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14. 2004, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre ABID, 2004. CD-ROM.
- FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES. **Sistema para análises estatísticas: SAEG 9.0**. Viçosa, 2005. 1 CD-ROM.
- HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. **Reference crop evapotranspiration from ambient air temperature**. Chicago, Amer. Soc. Agric. Eng. Meeting. (Paper 85-2517) 1985.
- OLIVEIRA, A. L. R. **Risco climático e modelo de produtividade da cana-de-açúcar e do trigo para o Estado de Goiás e Distrito Federal**. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia - GO, 2006. 101 p.