

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO LISÍMETRO DE LENÇOL FREÁTICO CONSTANTE, DO TANQUE CLASSE "A" E DO MODELO DE PENMAN-MONTEITH PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA¹

Marcelo Cid de AMORIM², Gilberto Shohaku SEDIYAMA³ & José ESPÍNOLA SOBRINHO⁴

1. INTRODUÇÃO

Os instrumentos que medem a evapotranspiração e a evaporação mais comuns no Brasil são o lisímetro de lençol freático constante e o tanque classe "A". Para o lisímetro, é fato real a grande inconsistência nas medições da ETo, devido problemas instrumentais associados à operacionalização, principalmente quando as condições do ambiente não são bem caracterizadas para fins de manejo. No tanque classe "A" são observados outros problemas, principalmente a susceptibilidade à ação de fatores externos, como contaminação da água por material em suspensão no ar, algas, consumo por animais etc. A literatura deixa explícita a recomendação de trabalhar os registros coletados nestes equipamentos por meio de médias superiores a cinco dias. Dessa forma, tais registros tornam-se representativos.

O modelo proposto por MONTEITH (1965), denominado método Penman-Monteith, é uma alternativa para estimar a evapotranspiração de uma cultura agrícola, por ser estruturado dentro de conceitos da termodinâmica atmosférica associada aos parâmetros de resistência que os vegetais apresentam no tocante às diversidades do local e do clima, que são a resistência aerodinâmica e estomática. Para medir estas resistências, é necessário conhecimento especializado e equipamento sensíveis e de alto custo, o que, às vezes, torna inviável o uso deste método. Tal modelo foi padronizado pela FAO para estimar evapotranspiração de referência, e vários pesquisadores comprovaram sua eficácia na estimativa da ETo.

Tendo vista o exposto anteriormente e a adoção do lisímetro de lençol freático constante, do método de Penman-Monteith e do tanque classe "A", associada ao conhecimento individual ou combinado da ação dos elementos meteorológicos sobre o processo de evapotranspiração, este teve como objetivos:

1) Submeter os valores de evapotranspiração de referência a um modelo de regressão múltipla de componentes lineares e quadráticos;

2) Determinar a metodologia mais eficiente para medir e, ou, estimar a evapotranspiração na região agrícola do município de Governador Dix-Sept Rosado, situado na região agrícola de Mossoró – Rio Grande do Norte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado com dados climáticos coletados numa estação meteorológica instalada no Município de Governador Dix-Sept Rosado, RN (50 28' S; 37° 31' W, 36 m), localizada a 35 km da cidade de Mossoró – RN.

Os elementos climáticos coletados foram temperatura do ar, umidade relativa, evaporação no tanque classe "A", insolação, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ETo) em lisímetros de lençol freático

constante com duas repetições. A cultura de referência utilizada foi a grama-bermuda (*Cynodon dactylon*). Os registros dos dados tiveram início em novembro de 1987 e término em dezembro de 1989.

Para estimar a evapotranspiração de referência, utilizou-se o método de Penman-Monteith seguindo as recomendações da FAO, definindo uma cultura hipotética de referência, com determinadas características micro meteorológicas, como: altura de 0,12 m, resistência aerodinâmica do dossel de 69 ms⁻¹ e albedo de 23%. Com tais características, esta cultura foi padronizada para o uso do método de Penman-Monteith, eliminando-se a dificuldade de obter a resistência no dossel da cultura.

As investigações físicas demonstram que a quantidade de água perdida no processo de evapotranspiração em superfície vegetada e nos equipamentos que medem a evaporação e evapotranspiração depende de três componentes do clima:

1) o primeiro descreve o processo energético, incluindo os processos de radiação, fluxo de calor do solo e temperatura do ar;

2) o segundo descreve a aceitabilidade da atmosfera para o vapor de água, incluindo os parâmetros de umidade do ar ou déficit de saturação; e

3) o terceiro sistema representa o transporte do vapor de água ou a reposição da umidade pela massa de ar seco. Neste sistema estão incluídos a velocidade do vento, o efeito dos turbilhões e as difusividades.

Esses componentes não atuam separadamente na natureza, mas aparecem em várias combinações e efeitos recíprocos, interagindo e influenciando de forma significativa o processo da evapotranspiração nas diferentes condições climáticas. Dessa forma, foram analisados os dados de evapotranspiração em lisímetros de lençol freático constante e no tanque classe "A"; e a evapotranspiração de referência foi estimada pelo método de Penman-Monteith em função da média de cinco dias dos seguintes dados: velocidade de vento (ms⁻¹), umidade relativa (%), insolação (h), temperatura média compensada (°C), foram estruturados para o cálculo da evapotranspiração de referência do método Penman-Monteith (FAO), e posteriormente, para as devidas comparações.

Para estudar as relações entre evapotranspiração e os elementos meteorológicos citados anteriormente, foi analisado o grau da influência da interação desses elementos no processo de evapotranspiração. Para tanto, utilizou-se uma formulação quadrática, como proposta por Schneider (1968), citado por HOYNINGEN-HUENE (1980). Esse modelo é mais eficiente quando um elemento combina-se com outros, por considerar os efeitos mútuos. Um exemplo é o efeito mútuo da temperatura e da velocidade do vento no processo de advecção.

A aplicação do método dos quadrados mínimos produz uma área de regressão n-dimensional, que contém todas as informações sobre o comportamento dos parâmetros individuais com os seus efeitos mútuos. A expressão matemática geral é:

$$Y = a_0 + \sum a_i \cdot x_i + \sum a_{ik} \cdot x_i \cdot x_k \quad (1)$$

¹ Parte da tese de mestrado do primeiro autor;

² INPE/CPTEC, MSc, Pesquisador Bolsista CNPq, E-mail: amorim@inpe.br. Fone: +55 12 5608518;

³ Prof. Titular, PhD, DEA - Univ. Fed. Viçosa, MG, CEP 6571-000. E-mail: sediyama@mail.ufv.br.

⁴ Prof. Adjunto, MSc, DEA – Escola Superior Agricultura de Mossoró – ESAM, RN, CEP 59.625-000

O valor alvo Y é a evaporação e evapotranspiração medida nos instrumentos (tanque classe "A" e lisímetro) e obtida com os métodos de Penman-Monteith (FAO), tanque classe "A" (FAO) e Blaney-Cridle (FAO). Os valores de "x" são os elementos meteorológicos e os de "a" são coeficientes da regressão. A soma dos produtos $a_i \cdot x_i$ são os componentes lineares, ao passo que a soma dos produtos de $a_{ik} \cdot x_i \cdot x_k$ ($i = k$) os efeitos quadráticos. Os produtos $a_{ik} \cdot x_i \cdot x_k$ ($i \neq k$) representam os efeitos mútuos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Quadros 1, 2, e 3 referem-se às análises estatísticas e aos parâmetros da equação de regressão múltipla, conforme a Eq. 1. Os dados representam, também, as interações dos valores obtidos nos equipamentos e os estimados pelos métodos com os elementos meteorológicos (temperatura, umidade relativa, velocidade do vento e insolação), para um período de médias diárias no Município de Governador Dix-Sept Rosado.

Quadro 1 - Coeficientes de regressão para dados diários de evapotranspiração de referência medida no lisímetro de lençol freático constante para o Município de Governador Dix-Sept Rosado (RN)

| | | | | |
|---------------|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|
| $a_0 = 95,84$ | $a_1 = -3,36$ | $a_2 = -1,48$ | $a_3 = 11,46$ | $a_4 = -1,44$ |
| | $a_{11} = 0,03$ | $a_{12} = 0,02$ | $a_{13} = -0,08$ | $a_{14} = 0,043$ |
| | | $a_{22} = 0,01$ | $a_{23} = -0,06$ | $a_{24} = 0,014$ |
| | | | $a_{33} = -0,10$ | $a_{34} = -0,19$ |
| | | | | $a_{44} = -0,01$ |
| <hr/> | | | | |
| $R^2 = 0,55$ | R^2 (ajust.) = 0,48 | SEE = 0,55 | | |

Quadro 2 - Coeficientes de regressão para dados diários da evaporação medida no tanque classe "A" no Município de Governador Dix-Sept Rosado (RN)

| | | | | |
|--------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| $a_0 = 4,81$ | $a_1 = 0,09$ | $a_2 = 8,02$ | $a_3 = 11,46$ | $a_4 = 0,34$ |
| | $a_{11} = 0,02$ | $a_{12} = -0,03$ | $a_{13} = 0,23$ | $a_{14} = 0,004$ |
| | | $a_{22} = 0,006$ | $a_{23} = -0,03$ | $a_{24} = 0,02$ |
| | | | $a_{33} = -2,34$ | $a_{34} = -0,42$ |
| | | | | $a_{44} = -0,005$ |
| <hr/> | | | | |
| $R^2 = 0,42$ | R^2 (ajust.) = 0,34 | SEE = 0,98 | | |

Quadro 3 - Coeficientes de regressão para dados diários de evapotranspiração de referência mm d^{-1} , estimados pelo método de Penman-Monteith (FAO) para o Município de Governador Dix-Sept Rosado (RN)

| | | | | |
|---------------|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|
| $a_0 = 36,23$ | $a_1 = -0,66$ | $a_2 = -0,45$ | $a_3 = -6,97$ | $a_4 = -1,09$ |
| | $a_{11} = 0,02$ | $a_{12} = -0,03$ | $a_{13} = 0,23$ | $a_{14} = 0,004$ |
| | | $a_{22} = 0,006$ | $a_{23} = -0,03$ | $a_{24} = 0,02$ |
| | | | $a_{33} = -2,34$ | $a_{34} = -0,42$ |
| | | | | $a_{44} = -0,005$ |
| <hr/> | | | | |
| $R^2 = 0,79$ | R^2 (ajust.) = 0,76 | SEE = 0,29 | | |

Subscrito:

1. Temperatura média compensada ($^{\circ}\text{C}$)
2. Umidade relativa média compensada (%)
3. Velocidade do vento a 2,0 m (m s^{-1})
4. Insolação diária (h)

Para os dados diários, os instrumentos de medida de evaporação e evapotranspiração (tanque classe "A" e o lisímetro de lençol freático constante) não apresentaram resultados satisfatórios (Quadros 1 e 2), ou seja, não se ajustaram de forma aceitável com os elementos meteorológicos coletados em Governador Dix-Sept Rosado, apresentando baixos coeficientes de determinação ajustado (R^2 ajust.) e maiores erros padrões de estimativas (SEE). Os dados demonstram que o lisímetro de lençol freático constante apresentou resultados semelhantes aos valores medidos em tanque classe "A", porém um pouco superior em função do menor erro padrão de estimativa. Esses resultados estão coerentes com a literatura, pois recomenda-se utilizar os registros de evapotranspiração, com dados médios superior a cinco dias. Outros aspectos podem ser considerados em função do tipo de manejo desses equipamentos. Nos lisímetros não foram adotados nenhum critério para qualidade da água. Desta forma, com o tempo observou-se um intenso processo de salinização, que inviabilizou a continuação do trabalho.

O Quadros 3 encontrasse o resultado referente a evapotranspiração de referência, estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO). De acordo com o resultado, foi o método de melhor ajuste com os elementos do clima em períodos diários, apresentando maiores coeficientes de determinação ajustado (R^2 ajust.) e menores erros padrões de estimativas (SEE), sendo 0,76 e 0,29; 0,83 e 0,25, respectivamente.

4. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados, o modelo de Penman-Monteith apresentou-se superior aos instrumentos de medição da evaporação e evapotranspiração, no ajustamento dos elementos do climáticos com a evapotranspiração de referência (ET_o) tanto em valores médios diários como em valores médios de cinco dias, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G, JESSEN, M. E, WRIGHT, J. L., BURMAN, R. D. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, Madison, v. 81, n. 4, p. 650-62. 1989.
- AMORIM, M. C. **Análise de métodos para estimativa da evapotranspiração de referência, em áreas ribeirinhas do rio Mossoró, na região Oeste do Rio Grande do Norte.** Mossoró: ESAM, 1994. 93 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Escola Superior de Agricultura de Mossoró, 1994
- HOYNINGEN-HUENE, J. v. **Agrometeorological Investigations on evaporimeters and their physical properties.** Deutschen Wetterdienstes. n.148, p 26. 1980. (Berichte Deutschen Wetterdienstes)
- JENSEN, M. E, BURMAN, R. D. e ALLEN R. G. **Evapotranspiration and Irrigation water requirements.** Manuals no. 70. Am. Soc. of Civil Engineers, New York, 1990. 332 p.
- PEREIRA, A. R., VILLA NOVA, N. A., SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração.** Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. 183 p.