

## RELAÇÃO MEDIDA/ESTIMATIVA DA EVAPORAÇÃO PARA O CARIRI E SERTÃO DA PARAÍBA

Mário de Miranda Vilas Boas Ramos Leitão<sup>1</sup>, Gertrudes Macario de Oliveira<sup>2</sup>, Ted Johnson Vasconcelos Leitão<sup>3</sup>

**ABSTRACT** - The present study had as objective determines the relationships between measures and evaporation estimates for periods different from the year in the areas of the cariri and sertão of Paraíba. The experiment was conducted in the cities of Boqueirão (latitude 07° 29'S; longitude 36° 07'W; altitude 380m) in the cariri and in Patos (latitude 07° 01'S; longitude 37° 17'W; altitude 250m) in the sertão, in the period of April 01 on December 31, 2002. The two mentioned cities are separate for the Planalto of Borborema and distant one of the other about 140 km. The results showed that the method of Kohler et al. (1955) was what presented the best relationships, with same coefficients for the two studied areas, in the three considered periods: Ptotal (0.99); Pcold (0.96) and Pwarm (1.00). The estimates obtained by the traditional method of Penman (1948) they presented for the cold period in the area of the interior, a great relationship with the measures (coefficient = 1.00).

### INTRODUÇÃO

Diante da inexistência de tanques de referência para medir evaporação, a perda d'água para atmosfera pode ser estimada a partir de fórmulas empíricas baseadas em dados meteorológicos. Assim, alguns pesquisadores têm procurado estabelecer coeficientes, a partir da razão entre algumas dessas fórmulas e a medida de tanques evaporimétricos. No entanto, essas comparações de medidas de tanque com fórmulas idealizadas para estimar a evaporação são escassas na literatura. De acordo com a WMO (1966) comparações entre a equação de Penman e um tanque de 3,60m de diâmetro, efetuadas no Observatório de Khartum, Sudão, no período de 1960 a 1961, indicaram um fator de 1,20 para a razão entre as medidas do tanque de 3,60m e estimativas pelo método de Penman (1948). Villa Nova (1967), comparando para Piracicaba dados obtidos em tanque classe A, com dados estimados pela equação de Penman (1948), obteve os seguintes fatores para converter a evaporação medida na calculada: período seco (julho a setembro) 0,76; período úmido (outubro a junho) 0,92; ano 0,84. Oliveira (1971) encontrou também para as condições de Piracicaba, um fator de 1,05 para converter a evaporação medida no tanque de referência de 20m<sup>2</sup> na calculada pela equação de Penman (1948). Diante do exposto, este estudo tem como objetivo determinar a relação entre medidas e estimativas da evaporação para períodos distintos do ano nas regiões do cariri e sertão da Paraíba.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de 01 de abril a 31 de dezembro de 2002, em duas áreas experimentais: açude Epitácio Pessoa em Boqueirão - PB (lat. 07° 29'S; long. 36° 07'W; alt. 380m), na região do Cariri; e açude Jatobá em Patos - PB (lat. 07° 01'S;

long. 37° 17'W; alt. 250m), na região do Sertão. Essas duas áreas estão separadas pelo Planalto da Borborema e distantes, cerca de 140 km. Foram instalados em cada área experimental: um tanque padrão de 20m<sup>2</sup> e 2,0m de profundidade, recomendado pela WMO (1996) para estimar evaporação em lagos e um tanque classe A, padrão recomendado pela WMO para medir evaporação em estações meteorológicas. Para obter-se informações das condições climáticas, usou-se um datalogger 21X, programado para efetuar leituras a cada segundo e médias a cada 30 minutos dos seguintes parâmetros: temperatura do ar e de bulbo úmido; temperatura da água dos tanques; velocidade do vento a 2 e 4m acima do solo; direção do vento a 4m acima do solo; radiação solar incidente; saldo de radiação a 1m acima da superfície da água no tanque padrão; e precipitação pluviométrica. Foram utilizados os seguintes métodos de estimativa da evaporação:

1. O método de Penman (1948), recomendado pela FAO – **(Penman)**:

$$E_L = (\Delta R_n + \gamma E_a) / (\Delta + \gamma)$$

2. O método do balanço de energia segundo a razão de Bowen simplificado para estimar evaporação em lagos – **(MBE)**:

$$E_L = \frac{R_n}{(1 + \beta)L}$$

3. O modelo de transferência de massa de GANGOPADHYAYA et al. (1966) e HOUNAM (1973) que se baseia na equação de Dalton – **(MG&H)**:

$$E_L = K(1 + 1,07 u_2)(e_o - e_a)$$

4. A equação para estimar a evaporação da água em lagos de Linacre (1993) – **(Linacre)**:

$$E_L = (0,015 + 0,00042T + 10^{-6}z)[0,8R_s - 40 + 2,5Fu(T - T_d)]$$

5. O método do Tanque Classe A para estimar a evaporação em lagos **(Snyder)**:

$$E_L = K_p E_p$$

K<sub>p</sub> foi estimado pela equação de Snyder (1992):

K<sub>p</sub> = 0,482 + 0,024Ln(F) – 0,000376 U + 0,0045 UR  
onde F é o tamanho da área de bordadura (m).

6. A equação de Penman modificada por Kohler et al. (1955) – **(Kohler)**:

$$E_L = 0,7 \left( \frac{sR_n}{s + \gamma_1} + \frac{\gamma_1 E_a}{s + \gamma_1} \right)$$

<sup>1</sup> Prof. Dr. Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental - Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF. Av. Tancredo Neves, 100, Centro, CEP 56306-410, Petrolina, PE. Fone: (87) 3862-1413. [mario.miranda@univasf.edu.br](mailto:mario.miranda@univasf.edu.br)

<sup>2</sup> Dra. em Recursos Naturais. [gmacariodeoliveira@yahoo.com.br](mailto:gmacariodeoliveira@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Prof. Substituto - CEFET/Senhor do Bonfim/BA. [Ted.Johnson@hotmail.com](mailto:Ted.Johnson@hotmail.com)

Para determinar as relações entre as medidas de evaporação e as estimativas pelos métodos citados, utilizou-se valores diários para três períodos do ano: período frio (P<sub>frio</sub>); período quente (P<sub>quente</sub>) e todo o ano (P<sub>total</sub>). Para Boqueirão P<sub>frio</sub> compreendeu o período de 01 de abril a 31 de julho de 2002 e P<sub>quente</sub> o período de 01 de agosto a 31 de dezembro de 2002; para Patos P<sub>frio</sub> compreendeu o período de 01 de abril a 30 de junho de 2002 e P<sub>quente</sub> o período de 01 de julho a 31 de dezembro de 2002. Para as duas regiões P<sub>total</sub> compreendeu o período de 01 de abril de 2002 a 31 de dezembro de 2002.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações entre as medidas de evaporação do tanque padrão e as estimativas obtidas através dos vários modelos, bem como, os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para Boqueirão e Patos, são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Observa-se que o método de KOHLER et al. (1955) apesar de não ter apresentado coeficientes de determinação elevados, foi o método que apresentou os melhores resultados em termos da razão medida/modelo, cujos coeficientes foram iguais para Boqueirão e Patos, nos três períodos considerados: P<sub>total</sub> (0,99); P<sub>frio</sub> (0,96) e P<sub>quente</sub> (1,00). O segundo melhor desempenho foi do método de SNYDER (1992), que independentemente do período, tanto em Patos como em boqueirão mostrou os maiores coeficientes de determinação. O método de Penman (1948) apresentou para Patos a melhor relação (1,00) para o período frio, e para o período quente um coeficiente de 1,20 valor igual ao citado pela WMO (1966) para o Sudão. Também em Boqueirão no período quente, o método de Penman (1948) apresentou um coeficiente muito próximo a este (1,18). Observa-se ainda que enquanto os métodos de MG&H e Linacre em Boqueirão, apresentaram coeficientes de relação iguais para os três períodos citados 0,90 e 1,21, respectivamente, em Patos, apresentaram coeficientes distintos para os três períodos. O método de Linacre foi o que apresentou os maiores coeficientes tanto em Patos como em Boqueirão. Os coeficientes de determinação relativos ao método de Linacre em média, foram depois do método de Snyder, os mais altos, inclusive em Boqueirão maiores do que os observados em Patos. Isso provavelmente está relacionado às condições climáticas locais e a uma maior variação dos valores estimados em relação às medidas. Em Patos o método de MG&H apresentou coeficientes de relação próximos daqueles do método de Snyder, porém, os coeficientes de determinação foram bem menores do que os de Boqueirão.

Tabela 1. Coeficientes de relação e  $R^2$  entre medidas e estimativas de evaporação para Boqueirão.

Método	Período		
	P <sub>total</sub> - $R^2$	P <sub>frio</sub> - $R^2$	P <sub>quente</sub> - $R^2$
Penman	1,09 - 0,60	0,95 - 0,45	1,18 - 0,58
MBE	0,90 - 0,68	0,81 - 0,51	0,96 - 0,63
MG&H	0,90 - 0,71	0,90 - 0,49	0,90 - 0,60
Linacre	1,21 - 0,81	1,21 - 0,68	1,21 - 0,77
Snyder	1,06 - 0,90	1,03 - 0,94	1,07 - 0,80
Kohler	0,99 - 0,70	0,96 - 0,46	1,00 - 0,65

Tabela 2. Coeficientes de relação e  $R^2$  entre medidas e estimativas de evaporação para Patos.

Método	Período		
	P <sub>total</sub> - $R^2$	P <sub>frio</sub> - $R^2$	P <sub>quente</sub> - $R^2$
Penman	1,12 - 0,43	1,00 - 0,54	1,20 - 0,44
MBE	0,90 - 0,56	0,85 - 0,43	0,92 - 0,43
MG&H	1,04 - 0,64	0,99 - 0,40	1,08 - 0,51
Linacre	1,23 - 0,62	1,18 - 0,41	1,27 - 0,51
Snyder	1,04 - 0,85	1,03 - 0,93	1,05 - 0,79
Kohler	0,99 - 0,43	0,96 - 0,38	1,00 - 0,38

## REFERÊNCIAS

- Gangopadhyaya, M.; Harbeck, G.E.; Nordenson, T.J.; Omar, M.H.; Uryvaev, V.A. Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration. W. M. O., Geneva, 1966. 121p. (Tech. Note No. 83, WMO-No.201, TP 105).
- Hounam, C. E. Comparison between pan and lake evaporation. World Meteorological Organization. Rapporteur on Lake Evaporation, Geneva, 1973. 52 p. (Tech. Note No. 126).
- Kohler, M. A.; Nordenson, T. J. & Fox, W. E. Evaporation from pans and lakes. U.S. Weather Bureau Research, 1955. 21 p. (paper 38).
- Linacre, E. T. Data-sparse estimation of lake evaporation using a simplified Penman equation. Agricultural F. Meteorology, 64: 237 – 256, 1993.
- Oliveira A.S. Estudos comparativos da evaporação potencial estimada por tanques e pelo método de Penman. ESALQ/USP. 113p. (Tese de Livre – Docência) 1971.
- Penman, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. of the Royal Society. A – Series, London, v.193, p.120 – 145, 1948.
- Snyder, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. J. of Irrig. and Drain. Engin., vol. 118, n. 6, p. 977-980, 1992.
- Villa Nova, N. A. A estimativa da evaporação potencial no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, ESALQ, USP. 1967. 66 p.
- WMO. Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration. WMO-No.201, TP.105, Geneva, 121 p, 1966.
- WMO. Guide to meteorological instruments and methods of observation. Sixth edition, Geneva, WMO-No.8, cap.10, 1996.