

RELAÇÕES ENTRE A EVAPORAÇÃO MEDIDA EM TANQUE DE 20 m², TANQUE GGI-3000 E TANQUE SCREENED SUNKEN

Clovis Alberto VOLPE¹ e Alexsandra Duarte de OLIVEIRA²

INTRODUÇÃO

Os tanques de evaporação, em associação com estações climatológicas, têm produzido enorme quantidade de dados, os quais são usados na determinação da evaporação de lagos (WMO, 1971) e na determinação da evapotranspiração de um grande número de culturas (ALLEN et al., 1998). Muitas tentativas já foram feitas procurando relacionar a evaporação de tanques e a evaporação de lagos. Uma aproximação simples consiste no uso de um coeficiente de tanque, definido como a razão entre a evaporação do lago, ou de um tanque com diâmetro igual ou superior a 3,60 m, e a evaporação do tanque. Esse coeficiente, logicamente, deve ser apropriado para cada tanque e para determinada condição de clima (HOUNAM, 1971).

Existem vários tipos de tanques de evaporação; alguns expostos à superfície, outros enterrados, variando também em suas dimensões e no material de construção. Os três tipos mais difundidos no mundo são o Classe A (USWB), bastante utilizado no Ocidente, o GGI-3000 e o 20 m² encontrados no leste da Europa. A Organização Meteorológica Mundial sempre esteve, corretamente, conduzindo comparações entre esses tanques em muitos países, procurando, através dos resultados dessas comparações, encontrar um tanque de evaporação de referência internacional (GANGOPADHYAYA et al., 1966).

No Brasil, VOLPE et al. (1983), com dados de dez anos, compararam a evaporação dos tanques Classe A, GGI-3000, Screened sunken (Young) e Padrão (20 m²). As comparações feitas até agora em vários países indicam que os tanques enterrados fornecem dados geralmente mais próximos da evaporação de um lago e da evapotranspiração potencial, do que aqueles obtidos por tanques colocados acima da superfície, devido à absorção de radiação e à transferência de calor sensível entre o ar do ambiente e sua parede (GANGOPADHYAYA et al., 1966). Valores típicos de coeficientes de tanque em base anual, definidos como a razão entre a evaporação do lago e a evaporação do tanque, são cerca de 0,70 para o Classe A, 0,82 para GGI-3000 e próximo a unidade para o 20 m² (BRUTSAERT, 1982).

Em vista do exposto, este trabalho tem como objetivos:

- estabelecer, por meio de análise de regressão linear, correlações entre a evaporação diária média mensal medida em três diferentes tipos de tanques de evaporação;
- determinar a variação da evaporação diária média mensal durante o ano, nos três tipos de tanques;
- determinar os coeficientes de tanque mensal e anual, definidos como a razão entre a evaporação do tanque de 20 m² (de maior área) e a evaporação de cada um dos outros tanques.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal (UNESP), que apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 21°15'22"

S, 48°18'58" W e altitude de 595m. Os dados utilizados referem-se às leituras diárias do nível de água em tanques de 20 m² (P), GGI-3000 (GGI) e Screened sunken (Young) (YS) por um período de 31 anos, de 1971 a 2001. Os tanques encontram-se em uma área plana, devidamente gramada e sem obstáculos que possam influenciar nas leituras. Não foram computados os dias em que a água transbordou, devido ao excesso de chuvas, em cada um dos tanques.

Os tanques apresentam as dimensões e características de construção e montagem recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial.

A evaporação diária em cada tanque foi dada por $P \pm \Delta h$, sendo P a precipitação (em mm) e Δh a variação no nível da água (mm) em cada tanque, obtida pela diferença entre a leitura inicial e a leitura final, num intervalo de 24 horas.

Com os dados diários da evaporação obtidos nos tanques efetuaram-se os estudos de correlação para cada mês, entre o tanque de 20 m² e o GGI-3000 e o Screened sunken (Young). Aplicou-se então o teste F da análise de variância para regressão linear, e calcularam-se o coeficiente de determinação (R^2) e o coeficiente de variação (CV). Foram também calculadas as relações entre o tanque de 20 m² com os demais. Para isto utilizou-se o pacote estatístico SAS (1990).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações das retas obtidas nas correlações mensais entre os dados diários da evaporação do tanque de 20m² (padrão) e os tanques GGI-3000 e Screened sunken (Young) são capazes de responder significativamente por uma porcentagem pequena da variação experimental, principalmente nos meses de abril, maio e junho, como mostram os resultados das Tabelas 1 e 2. Pode-se descrever a evaporação do tanque de 20 m² em função do GGI-3000 e Screened sunken (Young) através das equações apresentadas, embora em alguns meses, o coeficiente de determinação seja pequeno (R^2). Isto significa que outros fatores, como velocidade do vento e déficit de pressão de vapor, devam ser considerados nas correlações.

Analisando-se os dados da Tabela 1, observa-se que não houve correlação entre a evaporação do tanque de 20 m² e a evaporação do GGI-3000 nos meses de abril e maio e para o Screened sunken (Young), os meses de abril e junho não se evidenciaram correlacionados ao tanque de 20 m² (Tabela 2).

O coeficiente de tanque, ou a razão entre a evaporação média diária mensal do tanque de 20m² e os demais tanques, variou de 0,77 a 0,93, para o GGI-3000 e de 0,76 a 0,92 para o Screened sunken (Tabela 3). Os valores para cada tanque variaram em função do mês, e essa variação está em concordância com os dados de OLIVEIRA (1971) obtidos para Piracicaba, e os dados das estações de Valday e Duborka, publicados em GANGOPADHYAYA et al. (1966). O coeficiente médio anual de 0,85 encontrado para o GGI-3000 foi praticamente igual ao valor do Screened sunken (Young) (0,84). O coeficiente médio anual

¹ Professor Adjunto do Departamento de Ciências Exatas/UNESP-Jaboticabal/SP, cavolpe@fcav.unesp.br

²Aluna de Doutorado na Produção Vegetal/UNESP-Jaboticabal/SP, aduarte@fcav.unesp.br

do GGI-3000 de 0,85, foi inferior ao obtido por OLIVEIRA (1971) para Piracicaba que foi de 0,95. O GGI-3000 e o Screened sunken (Young), normalmente, apresentam maior coeficiente de tanque que o Classe A apresentando, portanto, evaporação mais próxima a de um lago, representada aqui pelo Tanque de 20 m².

Segundo HOUNAM (1973), existem evidências de que o coeficiente dos tanques apresenta marcada variação estacional. A principal causa da variação estacional no coeficiente dos tanques é o calor armazenado no lago ou em tanques maiores, determinando defasagem entre evaporação e radiação solar. Outro fator que contribui é a diferença que existe entre a transferência advectiva de calor nos tanques, especialmente os situados acima do nível do solo, e nos lagos.

Embora não existam observações quantitativas suficientes sobre essas interações, algumas considerações qualitativas podem ser feitas. No que se refere à radiação solar, um tanque enterrado, como o GGI-3000, não absorve quantidade significativa de radiação solar através de suas paredes verticais. Também o albedo de um tanque desse tipo não deve ser muito diferente do albedo de um lago (BERLATO & MOLION, 1981).

Na Tabela 3 observa-se que o Tanque Padrão, em média, apresenta 85% da evaporação do GGI-3000 e 84% da evaporação do Screened sunken (Young).

O valor médio diário anual da evaporação no Tanque de 20 m² foi de 4,32 mm d⁻¹, variando de 2,76 mm d⁻¹, no mês de junho, a 5,34 mm d⁻¹, nos meses de novembro e dezembro. Nos tanques GGI-3000 e Screened sunken (Young), os valores médios diários mensais foram, respectivamente, de 5,11 e 5,17 mm d⁻¹, variando de 3,37 mm d⁻¹, no mês de junho, a 6,50 mm d⁻¹, no mês de outubro, para o tanque GGI-3000, e variando, no Screened sunken (Young) de 3,54 mm d⁻¹, no mês de junho, a 6,67 mm d⁻¹ no mês de novembro.

Tabela 1. Equações de regressão linear entre a evaporação (mm d⁻¹) do tanque de 20m² (Y) e a evaporação (mm d⁻¹) do tanque GGI-3000 (X); teste F, coeficiente de determinação (R²) e coeficiente de variação (CV).

MÊS	EQUAÇÃO	F	R ²	CV
JAN	Y=3,03+0,32X	9,76**	0,29	11,16
FEV	Y=2,80+0,39X	12,85**	0,35	10,11
MAR	Y=1,78+0,55X	21,97**	0,48	7,33
ABR	Y=3,78+0,07X	0,49 ^{ns}	0,02	9,41
MAI	Y=2,67+0,17X	4,14 ^{ns}	0,15	8,20
JUN	Y=1,80+0,28X	13,31**	0,36	9,39
JUL	Y=2,19+0,06X	19,43**	0,45	7,43
AGO	Y=2,24+0,32X	13,67**	0,36	9,59
SET	Y=2,30+0,38X	29,15**	0,52	10,06
OUT	Y=2,99+0,33X	23,39**	0,50	9,27
NOV	Y=3,26+0,32X	27,58**	0,56	6,44
DEZ	Y=2,32+0,46X	14,51**	0,39	10,26

** significativo a 1% ns não significativo

Tabela 2. Equações de regressão linear entre a evaporação (mm d⁻¹) do tanque de 20m² (Y) e a evaporação (mm d⁻¹) do tanque Screened sunken (Young) (X); teste F, coeficiente de determinação (R²) e coeficiente de variação (CV).

MÊS	EQUAÇÃO	F	R ²	CV
JAN	Y=3,39+0,26X	4,50*	0,16	12,14
FEV	Y=2,18+0,50X	12,72**	0,35	10,13
MAR	Y=3,49+0,22X	6,20*	0,20	8,99
ABR	Y=3,05+0,23X	2,27 ^{ns}	0,09	9,09
MAI	Y=2,56+0,19X	4,44*	0,16	8,16
JUN	Y=2,26+0,14X	2,67 ^{ns}	0,10	11,25
JUL	Y=2,02+0,29X	10,37**	0,30	8,36
AGO	Y=1,94+0,37X	16,43**	0,41	9,25
SET	Y=1,73+0,48X	34,61**	0,60	9,57
OUT	Y=1,53+0,55X	29,61**	0,56	8,70
NOV	Y=3,38+0,29X	13,12**	0,37	7,65
DEZ	Y=1,84+0,54X	17,21**	0,43	9,91

** significativo a 1% * significativo a 5% ns não significativo

Tabela 3. Valores médios diários de evaporação (mm d⁻¹) medida em diferentes evaporímetros para cada mês, no período de 1971 a 2001, em Jaboticabal, SP e razão entre a evaporação do tanque de 20 m² e a evaporação dos demais evaporímetros.

MÊS	Tanque de 20 m ² (P)	GGI-3000 (GGI)	Screened sunken (YS)	P/GGI	P/YS
JAN	4,78	5,34	5,29	0,90	0,90
FEV	4,95	5,54	5,53	0,89	0,90
MAR	4,61	5,22	5,14	0,88	0,90
ABR	4,10	4,54	4,65	0,90	0,88
MAI	3,30	3,77	3,85	0,88	0,86
JUN	2,76	3,37	3,54	0,82	0,78
JUL	3,20	4,11	4,10	0,78	0,78
AGO	3,81	4,93	5,01	0,77	0,76
SET	4,54	5,84	5,92	0,78	0,77
OUT	5,15	6,50	6,53	0,79	0,79
NOV	5,34	6,45	6,67	0,83	0,80
DEZ	5,34	5,73	5,79	0,93	0,92
MÉDIA	4,32	5,11	5,17	0,85	0,84

CONCLUSÕES

Os valores de evaporação dos tanques GGI-3000 e Screened sunken (Young) foram superiores às do tanque de 20 m². De maneira geral, observa-se, através da análise de regressão, em alguns meses, pequenos valores dos coeficientes de determinação entre a evaporação mensal dos tanques, devido às suas dimensões e exposições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D., et al. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 299p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO, 1981, 95p. (Boletim Técnico)
- BRUTSAERT, W. **Evaporation into the atmosphere**. D. Reidel Publishing Company, 1982, 299p.
- GANGOPADHYAYA, M.; HARBECK, G. E.; NORDENSON, T. J.; OMAR, M. H.; ORYVAEV, V. A. **Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration**. Geneva, WMO. 1966. 121p. (Technical Note, 83).
- HOUNAM, C. E. **Problems of evaporation assessment in the water balance**. Geneva, WMO. 1971, 80p. (Technical Note, 13).
- HOUNAM, C. E. **Comparison between pan and lake evaporation**. Geneva, WMO. 1973, 52p. (Technical Note, 126).
- OLIVEIRA, A. S. **Estudos comparativos da evaporação potencial estimada por tanques e pelo método de Penman**. Piracicaba: USP, 1971, 91p, Tese (livre docência), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1971.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. 5.ed. Cary, 1990. v.1, 956p.
- VOLPE, C. A.; ANDRÉ, R. G. B.; VALARELLI, J. P. Comparação da evaporação medida em diferentes evaporímetros e em tanque padrão (20 m²). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3, 1983, Campinas, **Anais...** Campinas:IAC, 1983, p.191-203.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide to meteorological instrument and observing practices**. 1971,355p. (WMO n° 8, TP,3).