

## **PERDA D'ÁGUA POR EVAPORAÇÃO EM REPRESAS E LAGOS NA REGIÃO DE SANTA MARIA, RS<sup>1</sup>**

### *WATER LOSS BY EVAPORATION IN DAMS AND PONDS IN THE REGION OF SANTA MARIA, RS*

**Larissa Loureiro Soares<sup>2</sup>, Galileo Adeli Buriol<sup>3</sup> e Valduíno Estefanel<sup>4</sup>**

#### **RESUMO**

Na quantificação da perda d'água de represas e lagos, geralmente, a variável evaporação não é considerada. Entretanto, dependendo das condições climáticas do local ou região da localização do reservatório e da estação do ano, a perda d'água por evaporação pode ser significativa. O objetivo, neste trabalho, foi estimar a perda de água por evaporação em superfícies d'água expostas ao ar livre, como lagos e reservatórios, na região de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul - RS. Foram utilizados os dados diários de evaporação, período de 1978 a 2011, medida no tanque "Classe A", instalado na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia - 8º DISME, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (29°42'S; 53°42'W; 95m), em Santa Maria, RS. Foram utilizados também os dados da precipitação pluviométrica, radiação solar, temperatura do ar e umidade do ar, para relacioná-los com aqueles da evaporação. Os valores mais elevados e mais baixos dos totais mensais e diários da evaporação d'água ocorreram, respectivamente, nos meses de dezembro (174,50mm e 5,63mm) e junho (49,08mm e 1,64mm), de modo que corresponde a uma perda média d'água mensal em superfícies d'água expostas ao ar livre por evaporação de 174,50L.m<sup>-2</sup> e 49,08L.m<sup>-2</sup> e diários de 5,63L.m<sup>-2</sup> e 1,64L.m<sup>-2</sup>, sendo o valor médio anual de 1.264,33mm ou 1.264,33L.m<sup>-2</sup>. Os valores médios de evaporação são superiores àqueles da precipitação pluviométrica somente em janeiro e dezembro, no entanto, em função da variabilidade desses elementos climáticos, nos meses de final de primavera a início do outono, pode ocorrer anos em que os valores de evaporação sejam superiores àqueles da precipitação pluviométrica. Assim, na região de Santa Maria, principalmente nos meses mais quentes do ano, é muito importante que a perda d'água por evaporação em superfícies d'água expostas ao ar livre seja incluída no balanço hídrico de lagos e reservatórios.

**Palavras-chave:** demanda evaporativa, irrigação, vazão.

#### **ABSTRACT**

*For quantifying the loss of water from dams and lakes, generally, the variable evaporation is not considered. However, depending on the climatic conditions of the location or region of the reservoir location and the season the year, the loss of water by evaporation may be very significant. The aim of this work is to estimate the water loss by evaporation on the surface of some outdoor bodies of water such as lakes and reservoirs in the region of Santa Maria, Rio Grande do Sul State. It was used the daily data on evaporation in the period from 1978 to 2011, measured in tank "Class A," located in the meteorological station of the 8th Meteorology District - 8 DISME, which belongs to the National Institute of Meteorology - INMET (29 ° 42'S, 53°42'W;*

<sup>1</sup> Trabalho de Iniciação Científica - PROBIC/CNPq.

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária - Centro Universitário Franciscano. E-mail: larissa.isoares@hotmail.com

<sup>3</sup> Orientador - Centro Universitário Franciscano.

<sup>4</sup> Coorientador - Centro Universitário Franciscano.

95m) in Santa Maria, RS. The data on rainfall, solar radiation, air temperature and humidity were also used upon considering evaporation. The highest and lowest values of monthly and daily total evaporation of water occurred respectively in the months of December (174.50mm and 5.63mm) and June (49.08mm and 1.64mm). These data indicate an average monthly water loss for outdoor water bodies by evaporation of 174.50L.m<sup>-2</sup> and 49.08L.m<sup>-2</sup> and daily of 5.63L.m<sup>-2</sup> and 1.64L.m<sup>-2</sup>, with an annual average of 1,264.33mm or 1,264.33L.m<sup>-2</sup>. The average values of evaporation are superior to those of rainfall only in January and December, however, due to the variability of these climatic elements in the months of late spring to early fall, there may be years when the evaporation values were higher than those of rainfall. Thus, in the region of Santa Maria, especially in the warmer months of the year, it is very important that the loss of water by evaporation in outdoor water bodies is included in the water balance of lakes and reservoirs.

**Keywords:** evaporative demand, irrigation, flow.

## INTRODUÇÃO

Na quantificação da perda d'água de reservatórios, como represas e lagoas, geralmente, a evaporação não é considerada. São quantificadas as saídas, principalmente por vazão, para o consumo humano e para a irrigação agrícola. Entretanto, dependendo das condições climáticas do local ou região e da estação do ano, a perda d'água por evaporação é significativa. Assim, a inclusão da evaporação como uma variável de saída na equação do balanço das perdas d'água em lagos e reservatórios, principalmente em períodos de temperaturas altas, baixa umidade do ar, intensa radiação solar e ventos com velocidade elevada, é sumamente importante. No estado do Rio Grande do Sul, o período com essas características climáticas ocorre nos meses de final de primavera a início de outono.

A não utilização da evaporação no cômputo das perdas d'água de lagoas e represas se deve geralmente às dificuldades da realização de sua medida *in loco*. Uma alternativa para a inclusão desta variável na quantificação dessas perdas d'água é a utilização dos valores obtidos em tanques de evaporação instalados em locais próximos e de características climáticas semelhantes ao local do corpo d'água considerado ou, ainda, estimados por meio de modelos estatísticos, gerados a partir dos dados meteorológicos como o balanço de energia radiante, temperatura do ar, umidade do ar e vento (BERLATO; MOLION, 1981; PEREIRA et al., 1997).

O tanque evaporimétrico recomendado pela Organização Meteorológica Mundial - WMO (1966) para estimar a evaporação é o "Classe A". Todavia, em função da sua constituição de metal, dimensão e forma de exposição, a evaporação medida no tanque "Classe A" é superestimada em relação àquela que ocorre em uma superfície de água nas condições do ambiente natural, isto é, ao ar livre. Dessa forma, para estimar a evaporação de uma superfície líquida de água, como a de um lago ou de uma represa, é necessário corrigir os dados obtidos no tanque por um fator redutor denominado coeficiente de tanque. O valor do coeficiente de tanque varia com as condições climáticas do local ou região e da estação do ano (SLEIGHT, 1917; OLIVEIRA, 1971; OMETTO, 1981; PEREIRA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 2005).

A utilização de um coeficiente de tanque adequado para cada local proporciona estimativas mais precisas da evaporação em espelhos d'água expostos ao ar livre, de modo a tornar mais eficiente e otimizado o planejamento do uso dos recursos hídricos (OLIVEIRA et al., 2005). Contudo, no Brasil, país de grande extensão, com área de 8.515.767,049 Km<sup>2</sup> (BRASIL, 2013) e com diferentes tipos climáticos, foram poucos os trabalhos realizados sobre a determinação do coeficiente de tanque "Classe A". São importantes os trabalhos de Oliveira (1971), Volpe e Oliveira (2003), Oliveira et al. (2005) e Oliveira (2009) que determinaram o coeficiente de correção para a evaporação medida no tanque "Classe A", utilizando como testemunha a evaporação medida no tanque evaporimétrico 20,0m<sup>2</sup>, com área de 20,0m<sup>2</sup> e profundidade de 2,0m, conforme recomendação da Organização Meteorológica Mundial - WMO (1965, 1966), instalado ao lado do tanque "Classe A", para que estejam nas mesmas condições climáticas. Na tabela 1, estão representados os valores mensais dos coeficientes de tanque "Classe A" obtidos por esses autores.

**Tabela 1** - Coeficientes de tanque "Classe A", valores mensais obtidos por Oliveira (1971) e Oliveira (2009), em Piracicaba, estado de São Paulo, por Volpe e Oliveira (2003), em Jaboticabal, estado de São Paulo e por Oliveira et al. (2005), em Boqueirão, região do Cariri e Patos, região do Sertão, estado de Paraíba.

	Piracicaba (SP) (OLIVEIRA, 1971)	Piracicaba (SP) (OLIVEIRA, 2009)	Jaboticabal (SP) (VOLPE; OLIVEIRA, 2003)	Boqueirão* (PB) (OLIVEIRA et al., 2005)	Patos (PB) (OLIVEIRA* et al., 2005)
Janeiro	0,72	0,79	0,77	0,79	0,59
Fevereiro	0,83	0,83	0,79	0,79	0,59
Março	0,80	0,84	0,80	0,79	0,59
Abril	0,89	0,82	0,82	0,90	0,92
Mai	0,79	0,80	0,82	0,90	0,92
Junho	0,85	0,84	0,72	0,90	0,92
Julho	0,76	0,82	0,68	0,90	0,59
Agosto	0,70	0,79	0,64	0,79	0,59
Setembro	0,70	0,77	0,68	0,79	0,59
Outubro	0,67	0,82	0,70	0,79	0,59
Novembro	0,71	0,81	0,74	0,79	0,59
Dezembro	0,79	0,84	0,83	0,79	0,59

\* em Boqueirão, os coeficientes 0,90 e 0,79 correspondem, respectivamente, para os períodos: frio (abril a julho) e quente (agosto a março). Em Patos, 0,92, para o período frio (abril a junho) e 0,59, para o período quente (julho a março).

Na região de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, na parte que compreende a Depressão Central, em função, principalmente, do uso da água na irrigação agrícola, sobretudo no cultivo do arroz e de espécies olerícolas, foram construídas inúmeras represas (açudes). Na maioria dessas construções, são pequenas barragens, com áreas alagadas menores que 40.000,00m<sup>2</sup>. Nesses casos, principalmente nos períodos com maior demanda evaporativa, de final de primavera a início de outono e nos períodos longos sem precipitação pluviométrica ou com precipitação menos intensa, o conhecimento da quantidade da perda d'água por evaporação possibilita um monitoramento mais adequado do manejo de retirada d'água desses reservatórios. A quantificação da evaporação é impor-

tante também para o planejamento e execução de modificações físicas no entorno das barragens para minimizar a demanda evaporativa local.

O objetivo, neste trabalho, foi estimar a perda de água por evaporação em superfícies d'água expostas ao ar livre, como lagos e reservatórios, na região de Santa Maria, RS.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados diários de evaporação, medida no tanque Classe A, período de 1978 a 2011, instalado na estação meteorológica de Santa Maria, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia - 8º DISME do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (29°42'S; 53°42'W; 95m). Para as condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul - RS, não foram encontrados estudos com a determinação do coeficiente de tanque ( $K_p$ ). Em função disso, foram utilizados os coeficientes 0,7 e 0,8, respectivamente, para os meses mais quentes do ano, outubro a março, e mais frios, abril a setembro, tomando-se como base os resultados obtidos por Oliveira (1971), Volpe e Oliveira (2003) e Oliveira (2009) para o estado de São Paulo.

A evaporação diária ( $E_d$ ) d'água obtida no tanque Classe A foi corrigida pela fórmula:

$$E_d = E_t \times k_p \quad (1)$$

em que  $E_t$  é a evaporação d'água do tanque, em mm; e  $k_p$ , a correção (fator de tanque): 0,7 ou 0,8, segundo a época do ano.

A partir dos dados diários corrigidos, calcularam-se os totais mensais e anuais para cada mês e ano do período utilizado (1978-2011) e, com esses valores, determinaram-se as médias mensais e anuais, bem como os desvios padrão e coeficiente de variação mensal e anual para todo o período (ASSIS et al., 1996).

Os valores de evaporação total mensal ( $Et_m$ ), para cada mês, foram calculados a partir da equação:

$$Et_m = \sum_1^n x_1 + x_2 + \dots + x_n \quad (2)$$

sendo  $x$  os valores diários evaporados.

Os valores de evaporação total anual ( $Et_a$ ) foram calculados por:

$$Et_a = \sum_1^{12} x_1 + x_2 + \dots + x_{12} \quad (3)$$

em que  $x$  é o total mensal de evaporação de janeiro a dezembro (12 meses do ano).

As médias mensais ( $Em_m$ ) foram calculadas utilizando-se a equação:

$$Em_m = \frac{\sum_i^n x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (4)$$

Sendo  $x$  os valores médios dos totais mensais do mês considerado e  $n$  o número de anos considerados.

A média dos totais anuais de evaporação ( $Em_a$ ) foi calculada por:

$$Em_a = \frac{\sum_i^n x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (5)$$

em que  $x$  é o total anual e  $n$  o número de anos.

Foram utilizados também os dados diários da precipitação pluviométrica, período 1978-2011, e da radiação solar global, período 2002-2010, copiados dos arquivos da estação meteorológica de Santa Maria, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e as médias mensais da temperatura e umidade relativa do ar, valores normais, obtidos em Heldwen et al. (2009). A partir dos dados diários da precipitação pluviométrica e radiação solar global, foram calculadas as médias mensais e anuais dos respectivos períodos. Os valores médios da precipitação pluviométrica foram utilizados na comparação com aqueles da evaporação d'água e os dados das médias mensais da radiação solar global, temperatura do ar e umidade do ar, na relação com aqueles da evaporação d'água. Determinou-se, ainda, tanto para os dados de evaporação como da precipitação pluviométrica, a variabilidade dos totais mensais e anuais (ASSIS et al., 1996).

Para exemplificar o volume da perda d'água por evaporação de uma superfície d'água exposta ao ar livre, na região de Santa Maria, RS, consideraram-se dois casos: a área do espelho d'água das barragens DNOS, localizada ao nordeste da zona urbana e Pozzobom, localizada no distrito de Faxinal da Palma. A água do primeiro reservatório é utilizada, principalmente, no abastecimento da população humana da cidade de Santa Maria e do segundo, na irrigação agrícola. Foram estimadas as perdas médias mensais, diárias e extremas para os doze meses do ano e para o ano. Os valores de evaporação das duas superfícies d'água foram obtidos pela multiplicação dos totais diários, mensais e anuais da evaporação d'água medida no tanque "Classe A" pela área dos reservatórios.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2, estão representadas as médias dos totais mensais, diários e anuais e os maiores e menores totais mensais ocorridos em cada mês e, ainda, o desvio padrão e coeficiente de variação dos totais mensais da evaporação medida no tanque Classe A. Observa-se que as médias mais elevadas e

mais baixas dos totais mensais e diários ocorrem, respectivamente, nos meses de dezembro e junho: o valor médio mensal em dezembro foi de 174,5mm e em junho de 49,08mm, e o diário em dezembro, de 5,63mm e em junho, de 1,64mm. Isso se deve à variação, ao longo do ano, principalmente da irradiância solar, da temperatura do ar e umidade do ar: os valores médios mais elevados e mais baixos de irradiância solar e umidade do ar, em Santa Maria, RS, ocorrem, respectivamente, em dezembro e junho, e os maiores e menores de temperatura do ar, em janeiro e julho (HELDWEN et al., 2009).

Os valores do desvio padrão dos totais mensais da evaporação d'água ao longo do ano são decrescentes dos meses mais quentes do ano para os mais frios (máximo de 48,9mm, em janeiro, e mínimo de 12,9mm, em julho) e aqueles do coeficiente de variação são mais irregulares ao longo do ano (máximo de 29,56%, em janeiro, e mínimo de 19,4%, em agosto), conforme os dados da tabela 1. Entretanto, esses valores são bem menores do que aqueles do coeficiente de variação da precipitação pluviométrica, que variam de 109,7%, em janeiro, e 63,3%, em fevereiro.

Na tabela 2, constata-se, também, que as médias de precipitação pluviométrica no período analisado, com exceção dos meses de dezembro e janeiro, são superiores àqueles da evaporação. Todavia, em função dos elevados valores da variabilidade desses dois elementos climáticos, infere-se que, em alguns anos, principalmente nos meses mais quentes do ano, os valores de evaporação podem vir a ser mais elevados que aqueles da precipitação atmosférica.

A perda d'água por evaporação, em volume, nas superfícies d'água expostas ao ar livre, na região de Santa Maria, RS, considerando os valores da tabela 1, no mês de dezembro, a média mensal mais elevada, é de 174,44Lm<sup>-2</sup> ou 0,17446m<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>, no mês de junho, menor média mensal, de 49,08Lm<sup>-2</sup> ou 0,04908m<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>; os valores médios diários extremos, de 5,34Lm<sup>-2</sup> e 1,64Lm<sup>-2</sup>, respectivamente em dezembro e junho; e o valor médio anual igual de 1.264,33Lm<sup>-2</sup> ou 1,2643m<sup>3</sup>m<sup>-2</sup>. Assim, a partir dos valores da tabela 1 e da área da superfície do espelho d'água, é possível estimar os valores de evaporação que ocorre nas superfícies d'água exposta ao ar livre na região de Santa Maria, RS. Para isso, pode-se tomar os exemplos da estimativa da evaporação realizada para a área dos espelhos d'água da Barragem do DNOS e do açude Pozzobom.

A área da Barragem DNOS é de 554.993,23m<sup>2</sup> (0,55km<sup>2</sup>) e o perímetro, de 5.718,76m (5,72km). Já a área do Açude Pozzobom, de 943.037,40m<sup>2</sup> (0,94km<sup>2</sup>) e o perímetro de 5.151,04m (5,15 km). Esses dados foram obtidos por meio do *software* Google Earth. Na figura 1, estão representados os dois corpos d'água.

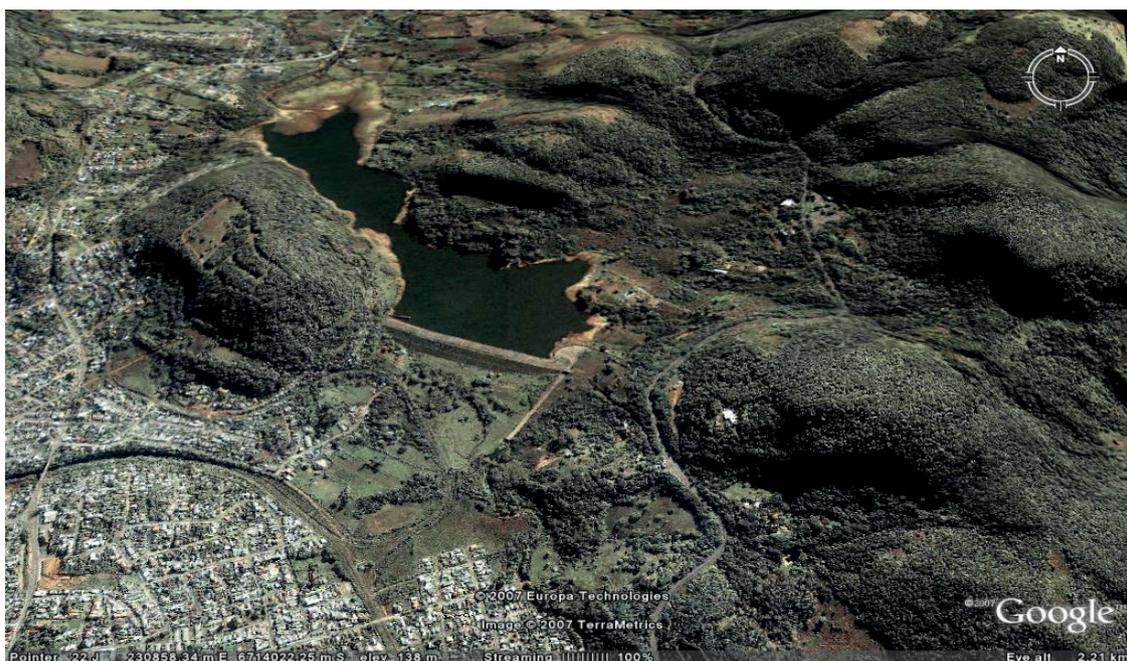
Na tabela 3, estão representados os valores da estimativa de evaporação d'água, média mensal e anual, nas superfícies d'água da barragem do DNOS e do Açude Pozzobom, município de Santa Maria, RS, com base na evaporação d'água medida no tanque "Classe A", tabela 1. Observa-se que a quantidade de água perdida nesses reservatórios por evaporação foi maior nos

meses mais quentes do ano, sendo, em média, 96.824,12 m<sup>3</sup>, em dezembro, na Barragem do DNOS e 164.522,30 m<sup>3</sup>, também em dezembro, no Açude Pozzobom. Estas perdas totalizam, em um ano, em média, a perda d'água por evaporação de 701.694,59L de água na Barragem do DNOS e 1.192.310,48l L no Açude Pozzobom.

**Tabela 2** - Médias (x) dos totais diários, mensais e anuais, total mensal de maior e menor valor (dados em mm), desvio padrão (s) e coeficiente de variação (cv) dos totais mensais e anuais da evaporação d'água medida no tanque "Classe A" em Santa Maria, RS, período de observação de 1978 a 2011. Santa Maria, RS, 2014.

Mês	X		Maior valor		Menor valor		s	cv	Precipitação pluviométrica	
	Mensal	Diária	Total	Ano	Total	Ano			x	cv
Jan	165,43	5,34	277,40	1986	96,16	2010	48,9	29,56	157,79	109,7
Fev	129,78	4,63	181,98	1980	66,98	1994	32,5	25,04	131,77	63,29
Mar	122,45	3,95	168,02	2005	73,84	1995	26,7	21,80	137,86	86,26
Abr	84,24	2,81	114,50	1985	56,12	1990	16,9	20,06	164,23	94,38
Mai	62,70	2,02	98,39	1982	44,40	1995	13,5	21,53	140,17	95,96
Jun	49,08	1,64	80,39	1980	26,95	1984	13,4	26,90	149,09	69,43
Jul	58,74	1,89	90,17	1984	35,30	1993	12,9	21,96	158,50	74,67
Ago	77,22	2,49	118,16	2001	52,56	1998	15,0	19,42	118,82	67,37
Set	85,64	2,85	124,44	1978	45,79	2009	17,4	20,32	167,20	83,13
Out	112,04	3,61	155,84	1980	50,79	1997	26,3	23,47	168,47	93,69
Nov	142,55	4,75	233,97	1985	57,23	2009	33,2	23,29	143,33	104,52
Dez	174,46	5,63	244,74	1985	102,07	1997	37,8	21,67	142,37	84,66
Ano	1264,33	3,46	1639,80	1985	913,95	1996	210,5	16,65	1779,6	365,10

**Figura 1** - Barragem do DNOS (primeira imagem) e Açude Pozzobom (segunda imagem), localizados no município de Santa Maria, RS. Santa Maria, RS, 2014.





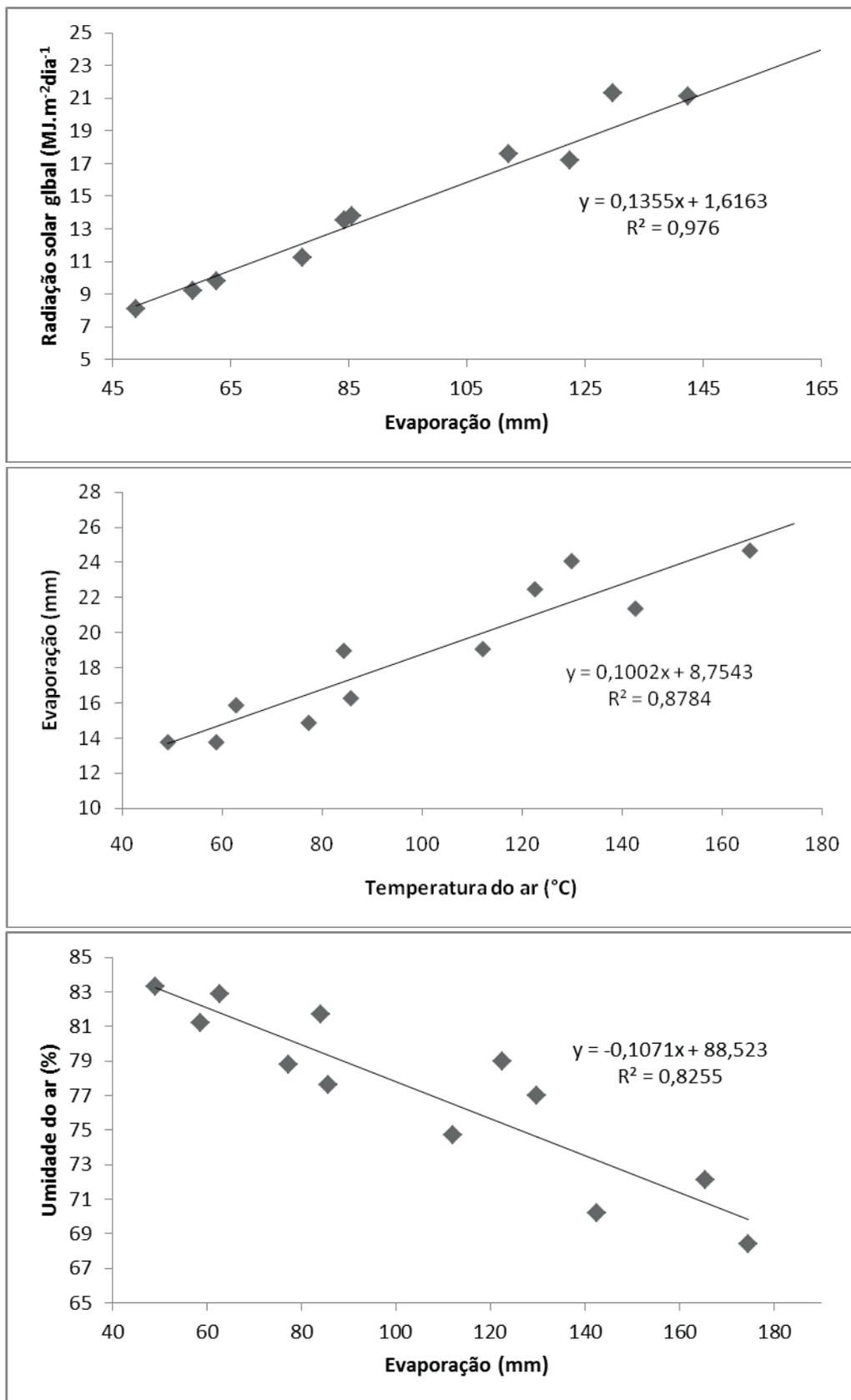
Fonte: Google Earth, 23 out. 2014.

**Tabela 3** - Estimativa da evaporação em superfície d'água livre, média mensal e anual ( $L \cdot m^{-2}$ ) e na superfície do espelho d'água da barragem DNOS e do Açude Pozzobom ( $m^3$ ), município de Santa Maria, RS, com base na evaporação d'água medida no tanque "Classe A". Santa Maria, RS, 2014.

Mês	Média ( $L \cdot m^{-2}$ )	Evaporado na Barragem DNOS ( $m^3$ )	Evaporado no Açude Pozzobom ( $m^3$ )
Jan	165,43	91.812,53	156.005,68
Fev	129,78	72.027,02	122.387,39
Mar	122,45	67.958,92	115.474,93
Abr	84,24	46.752,63	79.441,47
Mai	62,70	34.798,08	59.128,44
Jun	49,08	27.239,07	46.284,28
Jul	58,74	32.600,30	55.394,02
Ago	77,22	42.856,58	72.821,35
Set	85,64	47.529,62	80.761,72
Out	112,04	62.181,44	105.657,91
Nov	142,55	79.114,28	134.429,98
Dez	174,46	96.824,12	164.522,30
Ano	1.264,33	701.694,59	1.192.310,48

Na figura 2, estão representadas as relações entre os valores médios dos totais mensais da evaporação d'água com a média mensal da radiação solar global, temperatura do ar e umidade relativa do ar, em Santa Maria, RS, e as respectivas equações de regressão e coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Observa-se que o elemento climático mais importante no condicionamento da evaporação é a radiação solar global, a seguir, a temperatura do ar e umidade relativa do ar, sendo os coeficientes de determinação ( $R^2$ ), respectivamente, de 0,976, 0,878 e 0,826.

Figura 2 - Relação entre os valores médios dos totais mensais de evaporação e com a média mensal da radiação solar global (a), temperatura do ar (b) e umidade relativa do ar (c). Santa Maria, RS, 2014.



## CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que, em Santa Maria, RS, o fator mais importante no condicionamento da evaporação d'água é a radiação solar, seguida da temperatura do ar e umidade do ar. Assim, os maiores e menores valores de evaporação d'água ocorrem, respectivamente, nos meses estivais e inverniais.

O balanço entre a entrada d'água por precipitação pluviométrica e a saída por evaporação em represas e lagoas, considerando as médias dos totais mensais, é negativo somente nos meses de maior radiação solar, dezembro e janeiro. Entretanto, em função da variabilidade destes elementos climáticos, principalmente da precipitação, podem ocorrer valores negativos em todos os meses de final de primavera a início do outono.

Com a utilização dos dados de evaporação medidos no tanque "Classe A", é possível estimar a perda de água por evaporação em superfícies d'água expostas ao ar livre, na região de Santa Maria, RS.

O volume d'água evaporada em superfícies d'água expostas ao ar livre, na região de Santa Maria, RS, é considerado elevado, principalmente nos meses mais quentes do ano. Por isso, é muito importante que esta variável seja considerada na quantificação da perda d'água de lagos e reservatórios.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, F. N. de; ARRUDA, H. V. de; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatística à climatologia**. Pelotas: Editora Universitária da UFP, 1996. 161 p.

BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Agronômicas/Secretaria da Agricultura, 1981. 95 p. (Boletim Técnico nº 7).

BRASIL. Resolução nº 01 de 15 de janeiro de 2013. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 16, 23/01/2013, Seção 1, p. 48, 2013.

HELDWEN, A. B.; BURIOL, G. A.; STRECK, N. A. O clima de Santa Maria. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 38, p. 43-59, 2009.

OLIVEIRA, S. A. **Estudos comparativos da evaporação potencial estimada por tanques e pelo método de Penman**. 1971.113f. Tese (Livre-docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queirós, Universidade de São Paulo, 1971.

OLIVEIRA, G. M. de et al. Estimativa da evaporação e análise do uso do coeficiente (Kp) do Tanque “CLASSE A” nas Regiões do Cariri e Sertão da Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 73-83, 2005.

OLIVEIRA, G. X. O. **Relações entre medidas de evaporação de superfícies de água livre por evaporímetros e estimativas por métodos meteorológicos em duas regiões do estado de São Paulo**. 2009. 102f. Tese (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Física do Ambiente Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2009.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ-USP, 1997. 183 p.

SLEIGHT, R. B. Evaporation from the surfaces of water and riverbed materials. **J. of Agric. Res.**, v. 10, p. 209-262, 1917.

VOLPE, C. A.; OLIVEIRA, A. D. de Relações entre a evaporação medida em diferentes evaporímetros. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 245-252, 2003.

WMO. **Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration**. Geneva: W. M. O., 1965. 174 p.

\_\_\_\_\_. **Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration**. Geneva: W. M. O., n. 201, TP. 105, 1966. 121 p.

