

## Capítulo 09- Método de Jobson, 1980 para superfícies líquidas

### 9.1 Introdução

Vamos apresentar o Método de Penman modificado que pode ser aplicado a superfície de lagos bem com outros valores do albedo.

### 9.2 Tensão de saturação de vapor “es”.

Depende da temperatura do ar.

$$es = 0,61 \times \exp [17,27 \times T / (237,3 + T)]$$

Sendo:

es= tensão de saturação de vapor (kPa)

T= temperatura média do mês (°C)

exp= 2,7183.. (base do logaritmo neperiano)

#### Exemplo 9.1

Calcular a tensão de saturação de vapor “es” para o mês de março sendo a temperatura de 23,2°C.

$$es = 0,61 \times \exp [17,27 \times T / (237,3 + T)]$$

$$es = 0,61 \times \exp [17,27 \times 23,2 / (237,3 + 23,2)]$$

$$es = 2,837 \text{ kPa} = 2,837 / 0,1 = 28,37 \text{ mb (milibar)}$$

#### Tabela 9.1- Pressão máxima de vapor conforme Villela e Mattos, 1975

TABELA 5.1 – Pressão Máxima do Vapor sobre Água, em mm entre 10° e 40°C (e<sub>s</sub>)

(t)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,46	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
11	9,84	9,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,09	11,16
13	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,30	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,53
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,85	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,88	17,97	18,09	18,20	18,30	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,52	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,43	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,70	27,86	28,02	28,19
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	33,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
32	35,66	35,87	36,07	36,27	36,48	36,68	36,89	37,10	37,31	37,52
33	37,73	37,94	38,16	38,37	38,58	38,80	39,02	39,24	39,46	39,68
34	39,90	40,12	40,34	40,57	40,80	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
35	42,18	42,41	42,64	42,88	43,12	43,36	43,69	43,84	44,08	44,32
36	44,56	44,81	45,05	45,30	45,55	45,80	46,05	46,30	46,56	46,81
37	47,07	47,32	47,58	47,84	48,10	48,26	48,63	48,89	49,16	49,42
38	49,69	49,96	50,23	50,58	50,77	51,05	51,32	51,60	51,88	52,16
39	52,44	52,73	53,01	53,29	53,58	53,87	54,16	54,45	54,74	55,03
40	55,32	55,61	55,91	56,21	56,51	56,81	57,11	57,41	57,72	58,03

### 9.3 Pressão de vapor da água à temperatura ambiente

$$e_a = (UR / 100) \times e_s$$

Sendo:

$e_a$  = pressão de vapor de água a temperatura ambiente (kPa)

UR = umidade relativa do ar média mensal fornecida (%)  $e_s$  = tensão de saturação de vapor (kPa)

#### Exemplo 9.2

Calcular a pressão de vapor de água à temperatura ambiente para o mês de março sendo  $T = 23,2^\circ \text{C}$  e  $e_s = 2,837 \text{ kPa}$  e a umidade relativa do ar UR = 75%

$$e_a = (UR / 100) \times e_s$$

$$e_a = (75 / 100) \times 2,837 = 2,120 \text{ kPa} = 2,12 / 0,1 = 21,2 \text{ mb (milibar)}$$

#### 9.4 Transformação de unidades:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Newtons/m}^2$$

$$1 \text{ mb (milibar)} = 10^2 \text{ N/m}^2 = 1000 \text{ dina/cm}^2 = 0,0143 \text{ psi} = 0,0295 \text{ in. Hg}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1,36 \text{ mb} = 0,04 \text{ in Hg}$$

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

Como normalmente achamos os valores de  $e_0$  e  $e_a$  em kPa, **dividimos por 0,1** e obtemos os valores em milibares.

#### 9.5 Evaporação usando a equação de Jobson, 1980

A USEPA, 1985 recomenda como a melhor equação para se achar a evaporação de um lago, rios e canais a equação feita em 1980 por Jobson que foi testada no canal de água da Califórnia que vai para San Diego.

$$E_{To} = (3,01 + 1,13 \cdot u_2) \cdot (e_s - e_a)$$

Sendo:

$E_{To}$  = evaporação de superfície líquida (mm/dia)

$e_s$  = umidade de saturação do ar (kPa)

$e_a$  = umidade relativa do ar do mês (kPa)

$u_2$  = velocidade do vento a 2m de altura (m/s)

### Exemplo 9.2

Calcular a evaporação transpiração da superfície líquida de um lago em Guarulhos no mês de março onde a temperatura média é 23,27° C e a velocidade do vento a 2m de altura é de 1,5m/s.

$$ET_o = (3,01 + 1,13 \times u_2) \times (e_s - e_a)$$

$$ET_o = (3,01 + 1,13 \times 1,5) (2,837 - 2,12) = 3,37 \text{ mm/dia}$$

Como março tem 31 dias

$$ET_o = 31 \times 3,37 = 104 \text{ mm/mês}$$

**Tabela 9.2- Evaporação para superfície líquida da cidade de Guarulhos para rios e lagos usando o método de Jobson, 1985**

Dias no mes	Precipitação	Umidade	Temperatura do ar	V	ed= (RH/100)Xes ed kPa	kPa ea	Penman mm/dia	Penman mm/mes	
	(mm)	(%)	(°C)	m/s					
31	Janeiro	254,1	75	23,7	1,5	2,211	2,937	3,439	107
28	fev	251,7	75	22,8	1,6	2,068	2,774	3,388	95
31	mar	200,9	75	23,2	1,5	2,120	2,837	3,389	105
30	abr	58,3	73	21,3	1,5	1,858	2,539	3,224	97
31	maio	70,3	75	18,6	1,4	1,600	2,143	2,474	77
30	junho	39,0	75	17,5	1,3	1,502	2,002	2,221	67
31	julho	30,8	73	16,7	1,5	1,388	1,906	2,421	75
31	agosto	24,9	68	18,8	1,4	1,479	2,164	3,130	97
30	set	75,1	72	19,0	1,7	1,587	2,204	3,062	92
31	out	137,4	73	20,8	1,9	1,804	2,459	3,365	104
30	nov	130,5	73	21,5	1,9	1,867	2,558	3,575	107
31	dez	214,7	74	22,9	1,7	2,071	2,796	3,594	111
365		1487,8	73	20,6	1,6				1133

**Portanto, a evaporação de superfície líquida usando o método de Jobson, 1980 é de 1.133mm.**

### **9.11 Bibliografia e livros recomendados**

-USEPA. *Rates, constants, and kinetics formulations in surface water quality modeling*, 2a ed, junho de 1985.