

Evapotranspiração

Engenheiro civil Plínio Tomaz

$$\begin{aligned}1 \text{ bar} &= 10^5 \text{ Newtons/m}^2 \\1 \text{ mb (milibar)} &= 10^2 \text{ N/m}^2 = 1000 \text{ dina/cm}^2 = 0,0143 \text{ psi} = 0,0295 \text{ in. Hg} \\1 \text{ mm Hg} &= 1,36 \text{ mb} = 0,04 \text{ in Hg} \\1 \text{ N/m}^2 &= 1 \text{ Pa} \\&\text{janeiro de 2007}\end{aligned}$$

ET_o=evapotranspiração de referência (mm/dia)

ET_c= evapotranspiração da cultura (mm/dia)

UNIDADES RADIATIVAS E FATORES DE CONVERSÃO.

1 QUANTIDADE DE RADIAÇÃO POR UNIDADE DE ÁREA (dQ/dA)

| Unidade | J cm ⁻² | cal cm ⁻² | mWh cm ⁻² |
|------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 J m ⁻² | 10 ⁻⁴ | 2,39x10 ⁻⁵ | 2,78x10 ⁻⁵ |
| 1 erg cm ⁻² | 10 ⁻⁷ | 2,39x10 ⁻⁸ | 2,78x10 ⁻⁸ |
| 1mWh cm ⁻² | 3,6 | 0,861 | 1 |
| 1cal cm ⁻² | 4,19 | 1 | 1,163 |

2 FLUXO DE RADIAÇÃO POR UNIDADE DE ÁREA (d²Q/dAdt)

| Unidade | mW cm ⁻² | cal cm ⁻² min ⁻¹ |
|------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|
| 1 erg cm ⁻² s ⁻¹ | 10 ⁻⁴ | 1,433x10 ⁻⁶ |
| 1 W m ⁻² | 0,1 | 1,433x10 ⁻³ |
| 1 mW cm ⁻² | 1 | 0,01433 |
| 1 cal cm ⁻² min ⁻¹ | 69,8 | 1 |

FONTE: O.M.M. (1971).

Conversão de unidades Varejão-Silva, 2005

Conversão de temperatura

$$T_c = (5 / 9) \times (T_f - 32)$$

T_c= temperatura em graus centígrados (°C)

T_f= temperatura em Fahrenheit (°F)

$$T_f = 32 + (9/5) \times T_c$$

Graus Kelvin (°K) tem o zero a -273,16° C

COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE ALGUMAS CIDADES BRASILEIRAS

| Localidade | Latitude | longitude | altitude |
|----------------|-----------|-----------|----------|
| Aracaju | 10° 55' S | 37° 03' W | 2 m |
| Belém | 1° 28' S | 48° 29' W | 10 m |
| Belo Horizonte | 19° 56' S | 46° 57' W | 852 m |
| Boa Vista | 2° 49' N | 60° 40' W | 99 m |
| Brasília | 15° 47' S | 47° 55' W | 1152 m |
| Campo Grande | 20° 27' S | 54° 37' W | 567 m |
| Cuiabá | 15° 36' S | 56° 06' W | 219 m |
| Curitiba | 25° 26' S | 49° 16' W | 905 m |
| Florianópolis | 27° 36' S | 48° 36' W | 24 m |
| Fortaleza | 3° 46' S | 38° 31' W | 16 m |
| Goiânia | 16° 40' S | 49° 15' W | 764 m |
| João Pessoa | 7° 07' S | 34° 53' W | 5 m |
| Macapá | 0° 02' N | 51° 03' W | 12 m |
| Maceió | 9° 40' S | 35° 44' W | 4 m |
| Manaus | 3° 08' S | 60° 02' W | 21 m |
| Natal | 5° 46' S | 35° 12' W | 31 m |
| Niterói | 22° 54' S | 43° 07' W | 3 m |
| Palmas | 10° 12' S | 48° 21' W | 210 m |
| Porto Alegre | 30° 02' S | 51° 13' W | 10 m |
| Porto Velho | 8° 46' S | 63° 46' W | 98 m |
| Recife | 8° 11' S | 34° 55' W | 2 m |
| Rio Branco | 9° 58' S | 67° 49' W | 160 m |
| Salvador | 12° 56' S | 38° 31' W | 6 m |
| São Luiz | 2° 33' S | 44° 18' W | 4 m |
| São Paulo | 23° 33' S | 46° 38' W | 731 m |
| Teresina | 5° 05' S | 42° 49' W | 72 m |
| Vitória | 20° 19' S | 40° 19' W | 2 m |

| | multiplier to obtain energy received on a unit surface per unit time | | | | equivalent evaporation |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|------------------------|
| | MJ m ⁻² day ⁻¹ | J cm ⁻² day ⁻¹ | cal cm ⁻² day ⁻¹ | W m ⁻² | mm day ⁻¹ |
| 1 MJ m ⁻² day ⁻¹ | 1 | 100 | 23.9 | 11.6 | 0.408 |
| 1 cal cm ⁻² day ⁻¹ | 4.1868 10 ⁻² | 4.1868 | 1 | 0.485 | 0.0171 |
| 1 W m ⁻² | 0.0864 | 8,64 | 2.06 | 1 | 0.035 |
| 1 mm day ⁻¹ | 2.45 | 245 | 58.5 | 28.4 | 1 |

Título: Evapotranspiração
Versão Digital em 16cm x 23cm, A4, Word, Arial 10, 75p.
maio de 2007
Editor: Plínio Tomaz
Autor: Plínio Tomaz
Composição e diagramação: Eng Plínio Tomaz
ISBN: 978-85-905933-5-5

Apresentação

O presente trabalho se destina ao aprendizado de engenheiros e arquitetos nos cálculos de evapotranspiração.

A necessidade de se saber calcular a evapotranspiração é para a previsão de consumo de água em irrigação de praças públicas, empreendimentos imobiliários com grandes áreas verdes e as vezes até a existência de campos de golfe.

Apresentaremos vários métodos de evapotranspiração desde os mais simples até os mais complexos.

Os capítulos foram feitos de maneira que possam ser lidos independentemente um do outro.

O autor se desculpe pelos desenhos em inglês.

Agradeço a Deus, o Grande Arquiteto do Universo, a oportunidade de poder contribuir na procura do conhecimento com a publicação deste livro.

3 de maio de 2007

Engenheiro civil Plínio Tomaz

| Capítulo | Assunto |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 | Introdução |
| 1 | Método de <i>Thornthwaite</i> , 1948 (analítico) para evapotranspiração de referência ETo |
| 2 | Balanço Hídrico pelo método de <i>Thornthwaite-Mather</i> , 1955 |
| 3 | Método de <i>Romanenko</i> , 1961 para evapotranspiração de referência ETo |
| 4 | Método de <i>Turc</i> , 1961 para evapotranspiração de referência ETo |
| 5 | Método de <i>Penman-Monteith</i> , 1998 FAO para evapotranspiração de referência ETo |
| 6 | Quanto faltam dados de entrada no Método de <i>Penman-Monteith</i> , 1998 FAO para evapotranspiração de referência ETo |
| 7 | Método de <i>Hargreaves</i> |
| 8 | Método de <i>Penman</i> , 1948 para superfícies livres |
| 9 | Método de <i>Blaney-Criddle</i> , 1975 para evapotranspiração de referência ETo |
| 10 | Chuvas em Guarulhos |
| 11 | Comparação dos métodos de evapotranspiração de referência ETo |