Notas

Respondido até à pergunta 1.1

1

1.1

A partir das aulas T ver a seguinte tabela:

Characteristic Declinations,[a] δ, the Declinations on Which the Extraterrestrial Irradiation Is Identical to Its Monthly Average Value

Month	Date	δ (degrees)	Day number d_n
January	17	−20.84	17
February	14	−13.32	45
March	15	−2.40	74
April	15	+9.46	105
May	15	+18.78	135
June	10	+23.04	161
July	18	+21.11	199
August	18	+13.28	230
September	18	+1.97	261
October	19	−9.84	292
November	18	−19.02	322
December	13	−23.12	347

[a] Characteristic declinations are slightly but only slightly variable with latitude. This table is based on 35° N latitude. At a given latitude the extraterrestrial irradiation is a function of both δ and E_0. For solstice months (June and December) two values of δ_c are obtainable, at 20 days apart.

Para março, a declinação característica é:

$$\delta_c = -2.40°$$

Sabemos que o comprimento do dia angular é entre o nascer e pôr-do-sol.

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta)$$

Ou seja, o comprimento do dia é:

$$2\omega_s = 2\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta)$$

Convertendo em horas, sabendo que o Sol percorre 15°/h temos que o comprimento do dia é de:

$$N_d = \frac{2\omega_s}{15°} = \frac{2}{15}\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta)$$

Calculando:

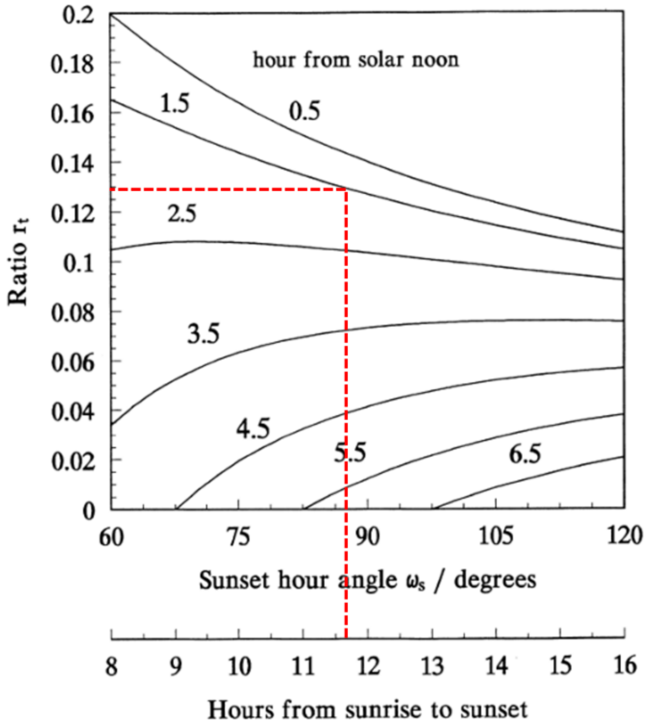
$$N_d = \frac{2}{15}\cos^{-1}(-\tan\phi\tan\delta_c)$$
$$\delta_c = -2.40°$$

$$\phi = 45.5°$$

$$N_d = \frac{2}{15}\cos^{-1}(-\tan 45.5° \tan -2.40°) = 11.67\text{h}$$

A pergunta pede a radiação entre as 10h e 11h, ou seja, a média deste intervalo de tempo é 10h30. Esta hora fica a 1h30 do meio-dia-solar.

A partir da seguinte figura podemos encontrar o rácio de radiação on intervalo de tempo.



O eixo horizontal indica qual o ângulo que o Sol se poe no respectivo dia. No mesmo eixo tem o comprimento do dia. Podemos assim desenhar uma linha vertical que depois se cruza com a linha de 1.5h do meio-dia-solar. O rácio $r_t = 0.13$. Como estamos a descrever o dia característico para o respectivo mês, podemos escrever:

$$r_t = 0.13$$

A radiação global média diária é $\overline{G_t} = 12.5$ MJ/m^2/dia.ia. Ou seja, para o intervalo de tempo temos que:

$$r_t = \frac{I_t}{G_t}$$

E para o dia característico:

$$r_t = \frac{I_t}{\overline{G_t}}$$

Ou seja:

$$I_t = \overline{G_t} \times r_t = 12.5 \text{ MJ/m}^2\text{/dia } \times 0.13 = 1.63\text{MJ/m}^2\text{/hr}$$

Sem recurso à figura acima, podemos calcular directamente. Nas aulas teóricas, onde a figura é apresentada, também é apresentada a seguinte equação:

$$r_t = \frac{I_t}{G_t} = \frac{I_0}{G_0}(a_2 + b_2 \cos \omega_I)$$
$$a_2 = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60°)$$
$$b_2 = 0.6609 - 0.4767 \sin(\omega_s - 60°)$$

Para o respectivo dia podemos calcular

I_0 pode ser calculado com a seguinte equação:

$$I_0 = I_{sc} E_0 \cos\delta \cos\phi \,(\cos\omega_i - \cos\omega_s)$$

I_{sc} é a radiação recebida no intervalo de tempo de 1h num ângulo perpendicular ao Sol. Ou seja, a partir do constante solar de $S_0 =$ 1366W/m^2 temos que:

$$I_{sc} = S_0 \times 60\text{s} \times 60\text{min} = 1366\text{W/m}^2 \times 60\text{s} \times 60\text{min} = 4917\text{KJ/m}^2\text{/hr}$$

Vamos assumir que a excentricidade da órbita da Terra é de $E_0 = 1.01$ para esta altura do ano.

O ângulo hora solar em questão às 10h30 é de $\omega_i = 22.5°$.

O pôr-do-sol ocorre:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta)$$
$$\omega_s = -\tan 45.5° \tan -2.40° = 87.6°$$

Ou seja, para o dia característico em que $\delta_c = -2.40°$:

$$I_0 = I_{sc} E_0 \cos\delta \cos\phi \,(\cos\omega_i - \cos\omega_s)$$
$$I_0 = 4{,}917\text{KJ/m}^2\text{/hr} \times 1.01 \times \cos -2.40° \cos 45.5° (\cos 22.5° - \cos 87.6°) = 3{,}065\text{KJ/m}^2\text{/hr}$$

G_0 pode ser calculada com a seguinte equação:

$$G_0 = \frac{24}{\pi} I_{sc} E_0 \cos\delta \cos\phi \quad \sin\omega_s - \frac{\pi}{180}\omega_s \cos\omega_s$$

Lembrando que estamos a utilizar a declinação característica:

$$G_0 = \frac{24}{\pi} \times 4917\text{KJ/m}^2\text{/hr} \times 1.01 \times \cos -2.40° \times \cos 44.5° \quad \sin 87.6° - \frac{\pi}{180°} 87.6° \times \cos 87.6°$$
$$G_0 = 26{,}200\text{KJ/m}^2\text{/dia} = 26.2\text{MJ/m}^2\text{/dia}$$

Para aplicar a seguinte equação:

$$r_t = \frac{I_t}{G_t} = \frac{I_0}{G_0}(a_2 + b_2 \cos\omega_I)$$

Vamos calcular os respectivos coeficientes:

$$a_2 = 0.409 + 0.5016 \sin(\omega_s - 60°)$$
$$a_2 = 0.409 + 0.5016 \sin(87.6° - 60°) = 0.641$$

$$b_2 = 0.6609 - 0.4767\sin(\omega_s - 60°)$$
$$b_2 = 0.6609 - 0.4767\sin(87.6° - 60°) = 0.440$$

Portanto, o rácio é (e lembrando que estamos a utilizar a declinação característica):

$$r_t = \frac{I_t}{G_t} = \frac{I_0}{G_0}(a_2 + b_2\cos\omega_I)$$
$$r_t = \frac{3{,}065\text{KJ/m}^2\text{/hr}}{26{,}200\text{KJ/m}^2\text{/dia}}(0.641 + 0.440\cos 22.5°) = 0.122$$

Agora já estamos na posição de calcular a radiação no respectivo intervalo de tempo:

$$\overline{G_t} = 12.5 \text{ MJ/m}^2\text{/dia}$$
$$r_t = \frac{I_t}{G_t}$$
$$I_t = r_t G_t = 0.122 \times 12.5 \text{ MJ/m}^2\text{/dia} = 1.53\text{MJ/m}^2\text{/hr}$$

O valor calculado é similar ao que foi estimado a partir da figura acima. Claro está, existem erros de arredondamento que se acumulam.