

Questão 1) Estime o valor do saldo de radiação (SR) para as condições abaixo descritas. Use o método de Hargreaves & Samani para estimar Qg (k=0.16), para o dia de hoje, em Piracicaba (Latitude 22°52'S, 560m) e em Lincoln/Nebraska (Latitude 40°45'N, 366m)? (12/03/2024)

Altitude Piracicaba	560	m	NDA 71	
Altitude Nebraska	366	m		
k	0.16			
r (albedo)	0.19			
ea	2.3	kPa		
Tmax	33	°C	306.16	Kelvin
Tmin	14	°C	287.16	Kelvin

1° Passo: Calcular a Declinação Solar (δ)

Fórmula:

$$\delta = 23,45x \operatorname{sen} \left[\frac{360 \times (NDA - 80)}{365} \right]$$

Piracicaba	$\delta =$	<input type="text" value="-3.6185"/>
Nebraska	$\delta =$	<input type="text" value="-3.6185"/>

2° Passo: Calcular o ângulo horário ao nascer do Sol (hn)

Fórmula:

$$hn = \arccos(-\operatorname{tg} \phi \times \operatorname{tg} \delta)$$

ϕ é a LATITUDE	
Piracicaba	Nebraska
-22.8667	40.75

Piracicaba	hn(°) =	<input type="text" value="91.5283"/>	°
Nebraska	hn(°) =	<input type="text" value="86.8764"/>	°

3° Passo: Corrigir a Constante Solar (Jo) em função da distância Terra-Sol

Fórmula:

$$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = 1 + 0,033 * \operatorname{Cos} \left(\frac{NDA * 360}{365} \right)$$

Piracicaba	(d/D) ² =	<input type="text" value="1.0113"/>	°
Nebraska	(d/D) ² =	<input type="text" value="1.0113"/>	°

É necessário corrigir o valor de 1370W/m² ou 118.11MJ/m².d pois Terra não é uma órbita perfeitamente circular

4° Passo: Corrigir a Constante Solar (Jo')

Fórmula:

$$Jo' = Jo * \left(\frac{d}{D}\right)^2$$

Piracicaba	Jo' =	<input type="text" value="119.4413"/>	MJ/m ² .d
Nebraska	Jo' =	<input type="text" value="119.4413"/>	MJ/m ² .d

5° Passo: Calcular a Radiação Extra-Terrestre (Q_0)

Fórmula:

$$Q_0 = \frac{j'_0}{\pi} \times \left[\left(\frac{\pi}{180} * h_n * \text{Sen } \phi * \text{Sen } \delta \right) + (\text{Cos } \phi * \text{Cos } \delta * \text{Sen } hn) \right]$$

Piracicaba	$Q_0 =$	<input type="text" value="36.4387"/>	MJ/m ² .d
Nebraska	$Q_0 =$	<input type="text" value="26.3270"/>	MJ/m ² .d

ϕ é a LATITUDE em graus decimais e δ é a Declinação Solar

6° Passo: Estimar a Radiação Solar Global (Q_g)

Hargreaves e Samani (1982)

Fórmula:

$$Q_g = k * \sqrt{T_{max} - T_{min}} * Q_0$$

Piracicaba	$Q_g =$	<input type="text" value="25.4132"/>	MJ/m ² .d
Nebraska	$Q_g =$	<input type="text" value="18.3611"/>	MJ/m ² .d

O coeficiente de ajuste (k) varia de 0.16 °C para locais no interior e de 0.19 °C para locais litorâneos. Para esse exemplo o k utilizado foi de 0.16

7° Passo: Estimar o valor teórico de Q_g (Q_{gcs})

Fórmula:

$$Q_{gcs} = (0,75 + 2 * 10^{-5} * Z) * Q_0$$

Piracicaba	$Q_{gcs} =$	<input type="text" value="27.7372"/>	MJ/m ² .d
Nebraska	$Q_{gcs} =$	<input type="text" value="19.9380"/>	MJ/m ² .d

Q_{gcs} é o valor teórico de Q_g em um dia sem qualquer nebulosidade; Z é a altitude (m)

8° Passo: Estimar o balanço de onda curta (BOC)

Fórmula:

$$\text{BOC} = Q_g * (1 - r)$$

Piracicaba	$rQ =$	<input type="text" value="20.5847"/>	MJ/m ² .d
Nebraska	$rQ =$	<input type="text" value="14.8725"/>	MJ/m ² .d

O coeficiente de reflexão ou albedo (r) da superfície. Esse valor é dado no exercício

9° Passo: Estimar o balanço de onda longa (BOL)

Fórmula:

$$\text{BOL} = - \left\{ \sigma * \left[\frac{T_{máx}^4 + T_{min}^4}{2} \right] * (0,34 - 0,14 * \sqrt{e_a}) * \left(1,35 * \frac{Q_g}{Q_{gcs}} - 0,35 \right) \right\}$$

Piracicaba	$\text{BOL} =$	<input type="text" value="-4.3267"/>	MJ/m ² .d
Nebraska	$\text{BOL} =$	<input type="text" value="-4.3576"/>	MJ/m ² .d

σ = Constante de Stefan Boltzmann ($4.903 * 10^{-9}$); Temperatura em Kelvin [$T(^{\circ}\text{C}) + 273.16$]
 e_a – pressão atual de vapor (kPa)

10° Passo: Estimar o balanço de onda longa (BOL)

Fórmula:

$$Rn = BOC + BOL$$

Piracicaba	Rn=	16.2580	MJ/m ² .d
Nebraska	Rn=	10.5149	MJ/m ² .d

Estime o valor de saldo de radiação (RN, em MJ/m².d) para Sorriso - MT (Lat -12,5587°, 386m) e Santa Maria - RS (Lat -29,6914°, 139m) para o SOLSTÍCIO de verão, considerando abaixo descritas. Use o método de Bristol & Campbell para estimar Qg.

Altitude Sorriso	386	m	NDA 356	
Altitude Santa Maria	139	m		
r (albedo)	0.23			
ea	1.9	kPa		
Tmax	32	°C	305.16	Kelvin
Tmin	16	°C	289.16	Kelvin

1º Passo: Calcular a Declinação Solar (δ)

Fórmula:

$$\delta = 23,4 * \text{sen} \left[\frac{360 * (NDA - 80)}{365} \right]$$

Sorriso	$\delta =$	-23.4324
Santa Maria	$\delta =$	-23.4324

2º Passo: Calcular o ângulo horário ao nascer do Sol (hn)

ϕ é a LATITUDE

Fórmula:

$$hn = \arccos(-\text{tg } \phi \times \text{tg } \delta)$$

Sorriso	Santa Maria
-12.5587	-29.6914

Sorriso	hn(°) =	95.5406	°
Santa Maria	hn(°) =	104.3076	°

3º Passo: Corrigir a Constante Solar (Jo) em função da distância Terra-Sol

Fórmula:

$$\left(\frac{d}{D}\right)^2 = 1 + 0,033 * \cos(NDA * 360/365)$$

Sorriso	(d/D) ² =	1.0326	°
Santa Maria	(d/D) ² =	1.0326	°

É necessário corrigir o valor de 1370W/m² ou 118.11MJ/m².d pois Terra não é uma órbita perfeitamente circular

4º Passo: Corrigir a Constante Solar (Jo')

Fórmula:

$$Jo' = Jo * \left(\frac{d}{D}\right)^2$$

Sorriso	Jo' =	121.9609	MJ/m ² .d
Santa Maria	Jo' =	121.9609	MJ/m ² .d

5º Passo: Calcular a Radiação Extra-Terrestre (Qo)

Fórmula:

$$Q_0 = \frac{j'_0}{\pi} \times \left[\left(\frac{\pi}{180} * h_n * \text{Sen } \phi * \text{Sen } \delta \right) + (\text{Cos } \phi * \text{Cos } \delta * \text{Sen } hn) \right]$$

Sorriso	Qo = 40.2026	MJ/m ² d
Santa Maria	Qo = 43.9045	MJ/m ² d

ϕ é a LATITUDE em graus decimais e δ é a Declinação Solar

6º Passo: Estimar a Radiação Solar Global (Qg)

Método de Bristol & Campbel (1982)

Fórmula:

$$Q_g = Q_0 * A * \left[1 - e^{-B * [(T_{max} - T_{min})^C]} \right]$$

Sorriso	Qg = 27.6246	MJ/m ² d
Santa Maria	Qg = 30.1684	MJ/m ² d

A = 0.7
B = 0.00515
C = 2.4

em que A, B e C são coeficientes empíricos, sendo A=0,7812, B=0,00515, e C=2,2

7º Passo: Estimar balanço de onda curtas (BOC)

Fórmula:

$$BOC = Q_g * (1 - r)$$

Sorriso	BOC = 21.2710	MJ/m ² d
Santa Maria	BOC = 23.2297	MJ/m ² d

O coeficiente de reflexão ou albedo (r) da superfície. Esse valor é dado no exercício

8º Passo: Estimar Radiação solar condições de céu limpo

Fórmula:

$$Q_{g_{cs}} = (0,75 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot z) \cdot Q_0$$

Sorriso	Qgcs = 30.4623	MJ/m ² d
Santa Maria	Qgcs = 33.0505	MJ/m ² d

Qgcs é o valor teórico de Qg em um dia sem qualquer nebulosidade; Z é a altitude (m)

9º Passo: Estimar balanço de ondas longas (BOL)

Fórmula:

$$BOL = - \left\{ \sigma * \left[\frac{T_{máx}^4 + T_{min}^4}{2} \right] * (0,34 - 0,14 * \sqrt{e_a}) * \left(1,35 * \frac{Q_g}{Q_{g_{cs}}} - 0,35 \right) \right\}$$

Sorriso	BOL = -4.9354	MJ/m ² d
Santa Maria	BOL = -4.9808	MJ/m ² d

σ = Constante de Stefan Boltzmann ($4.903 \cdot 10^{-9}$); Temperatura em Kelvin $[T(^{\circ}C) + 273.16]$
ea – pressão atual de vapor (kPa)

10° Passo: Estimar balanço de energia (Rn ou SR)

Fórmula:

$$Rn = BOC + BOL$$

Sorriso	Rn =	16.3355	MJ/m ² d
Santa Maria	Rn =	18.2489	MJ/m ² d
