



## UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
Departamento de Engenharia de Biosistemas



### LEB0140 - Física

Prof. Jarbas H. de Miranda  
Engenheiro Agrônomo  
Depto. de Engenharia de Biosistemas  
ESALQ/USP  
e-mail: [jhmirand@usp.br](mailto:jhmirand@usp.br)



10 de maio de 2023  
Piracicaba, SP

1



Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 - Física  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: [jhmirand@usp.br](mailto:jhmirand@usp.br)

**Graduação em Engenharia Agrônômica.**

Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil.

**Especialização em Engenharia de Irrigação Métodos de Irrigação  
PRONI/UFG/FUNAPE e o Acordo de Cooperação Técnica Brasil-Espanha.**  
Título: Especialização em Irrigação e Drenagem.

**Mestrado em Irrigação e Drenagem (ESALQ/USP)**

Título: Modelo para simulação da dinâmica da água em sistemas de drenagem subterrânea e cálculo do espaçamento econômico entre drenos.

**Doutorado em Irrigação e Drenagem (ESALQ/USP)**

Título: Modelo para simulação da dinâmica de nitrato em colunas verticais de solo não saturado.

**Livre-docência (ESALQ/USP)**

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Título: Modelos computacionais aplicados à engenharia de água e solo - Desenvolvimento de uma linha de pesquisa.

**Pós-Doutorado**

University of Illinois at Urbana-Champaign. (EUA):

*Development of breakthrough curves for evaluating transport parameters for computational modeling of nitrate transport in Illinois*

2


 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
 LEB0140 – Física  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

---

**Ciências dos Alimentos:** Ramo multidisciplinar que estuda a composição, deterioração, processamento, conservação, elaboração, qualidade e comercialização dos alimentos para o consumidor.

**Objetivos:** A disciplina LEB0140 (Física) objetiva fornecer conhecimentos sobre processos físicos relacionados às Ciências dos Alimentos.

**O conteúdo programático é composto pelos seguintes temas:**

**Revisão sobre grandezas físicas e unidades;**

**Termodinâmica de sistemas gasosos:** equação de estado e processos termodinâmicos; 1ª lei da Termodinâmica: calor, trabalho e energia interna;

**Energia térmica:** radiação e condução; Aplicações da Termodinâmica de Sistemas Gasosos (Umidade Relativa do Ar); e

**Hidrodinâmica (estudo do movimento dos fluidos).**

3


 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
 LEB0140 – Física  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

---

**Conteúdo Programático**  
 Capítulos e Textos Complementares (Moodle USP e-Disciplinas)

- Grandezas Físicas e Sistemas de Unidades
- Termodinâmica de Sistemas Gasosos (Condução Térmica & Radiação Térmica (Leis))
- Umidade Relativa do Ar
- Hidrodinâmica (estudo do movimento dos fluidos)

4


 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
 LEB0140 – Física  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

**TURMAS**

**Disciplina: LEB0140 - Física**

**Turma: 2023101 - Teórica**

**Período: 13/03/2023 - 15/07/2023**

**Aulas: 4ª Feira 19:00 - 22:20 h:**

**40 matriculados**

**Monitoria**

**Auxiliar PAP: Luca Pacini Pena <luca.p@usp.br>**



Período Letivo  
e Avaliação

5

**DISTRIBUIÇÃO DOS TÓPICOS DAS AULAS**

Mês	Dia	Assunto	Aula
Março	15	Início das Aulas (Apresentação da Disciplina) Aula 1. Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	22	Aula 2 e 3. Sistemas de Unidades e Análise Dimensional	Prof. Tiago
	29	Aula 4 e 5. Sistemas de Unidades e Análise Dimensional + Exercícios	Prof. Tiago
Abril	05	<i>Semana Santa. Não haverá aula.</i>	-
	12	Aula 6 e 7. Termodinâmica de Sistemas Gasosos	Prof. Tiago
	19	Aula 8 e 9. Termodinâmica de Sistemas Gasosos + Exercícios	Prof. Tiago
	26	<b>Prova P1</b>	Prof. Tiago
Maio	03	Aula 10 e 11. Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	10	Aula 12 e 13. Leis da Radiação Térmica	Prof. Jarbas
	17	Aula 14 e 15. Leis da Radiação Térmica + Exercícios	Prof. Jarbas
	24	Aula 16 e 17. Umidade Relativa do Ar	Prof. Jarbas
	31	<b>Prova P2</b>	Prof. Jarbas
Junho	07	Aula 18 e 19. Umidade Relativa do Ar + Exercícios	Prof. Jarbas
	14	Aula 20 e 21. Hidrodinâmica	Prof. Jarbas
	21	Aula 22 e 23. Hidrodinâmica + Exercícios	Prof. Jarbas
	28	<b>Prova P3</b>	Prof. Tiago
Julho	05	<b>Prova Substitutiva</b>	(Matéria do semestre)

6


 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
 LEB0140 – Física  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

---

**Avaliação:**  
 Os estudantes serão avaliados por Exercícios e **3 provas** que ocorrerão nas seguintes datas:

Atividade	Data	Peso
Exercícios		10%
PROVA 1	26/04/2023 (quarta-feira)	30%
PROVA 2	31/05/2023 (quarta-feira)	30%
PROVA 3	28/06/2023 (quarta-feira)	30%
PROVA SUBSTITUTIVA	05/07/2023 (quarta-feira)	(substituirá a menor nota das provas ao longo do semestre)

Encerramento do semestre: 15/07/2023

7


 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
 LEB0140 – Física  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

---

# Aula 1

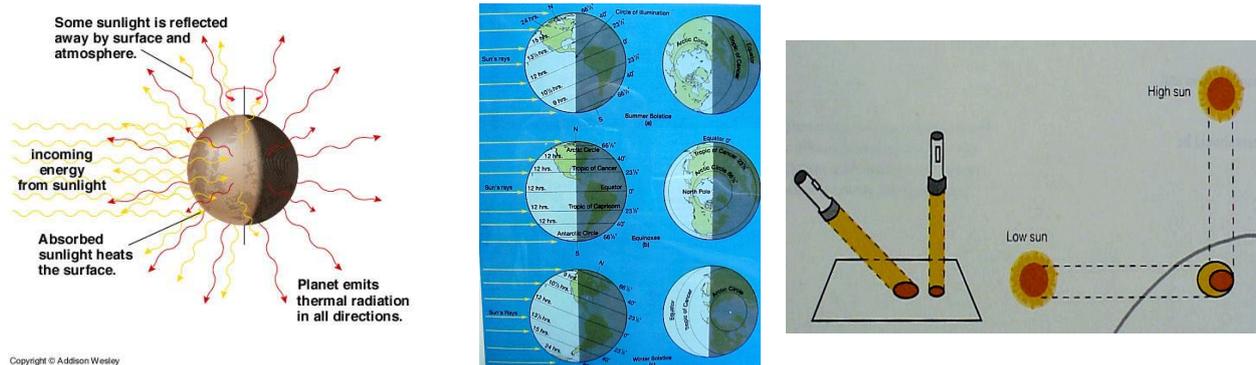
**10/05/2023**  
 Prof. Jarbas

9

## 4) Radiação Térmica - Leis

### Introdução

Todos os corpos (geleiras, nuvens, pessoas, objetos, planetas, fornos, estrelas) emitem radiação. Quanto maior a sua temperatura, mais emitem, daí que essa radiação é chamada **radiação térmica**.



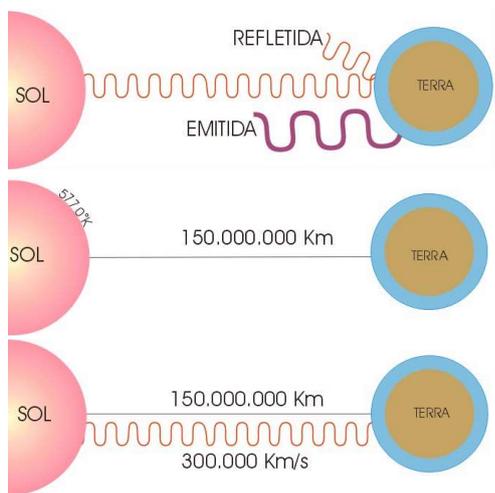
15



17


 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
 LEB0140 – Física  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 4) Radiação Térmica - Leis



REFLETIDA

EMITIDA

SOL 5700K

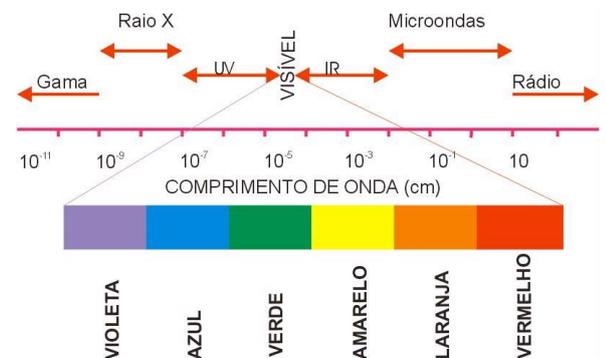
150.000.000 Km

TERRA

150.000.000 Km

300.000 Km/s

Temperatura da superfície do sol é em torno de 5800 K (5500°C) e emite 64 milhões de watts/m<sup>2</sup>



Raio X

Microondas

Gama

UV

VISÍVEL

IR

Rádio

10<sup>-11</sup> 10<sup>-9</sup> 10<sup>-7</sup> 10<sup>-5</sup> 10<sup>-3</sup> 10<sup>-1</sup> 10

COMPRIMENTO DE ONDA (cm)

VIOLETA

AZUL

VERDE

AMARELO

LARANJA

VERMELHO

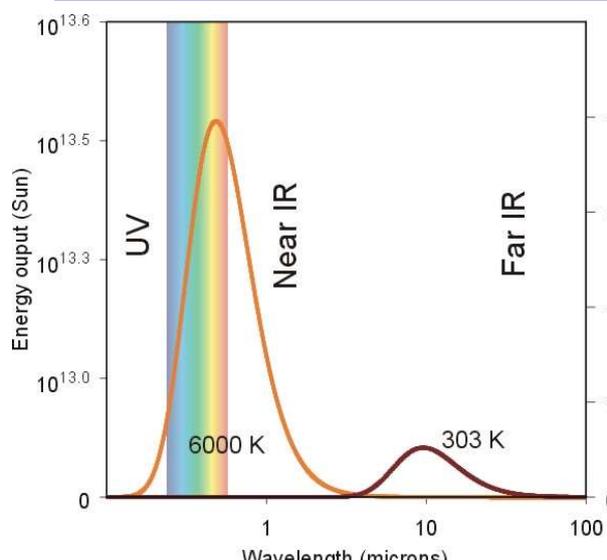
Nessa velocidade, a radiação solar leva 500 segundos, ou 8,3 minutos para chegar na superfície da Terra

19


 Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
 LEB0140 – Física  
 Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

### 4) Radiação Térmica - Leis

#### Comprimento de Ondas e Definições das Leis



Energy output (Sun)

10<sup>13.6</sup>

10<sup>13.5</sup>

10<sup>13.3</sup>

10<sup>13.0</sup>

0

UV

Near IR

Far IR

6000 K

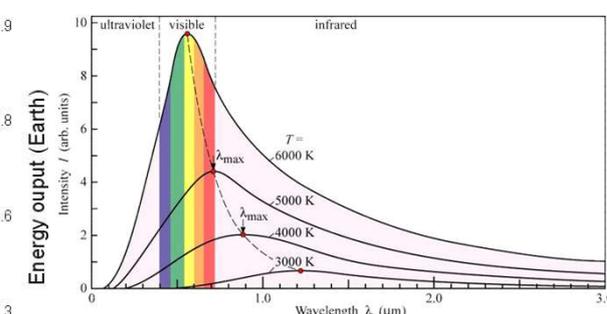
303 K

Wavelength (microns)

1

10

100



Energy output (Earth)

Intensity / (arb. units)

10<sup>7.9</sup>

10<sup>7.8</sup>

10<sup>7.6</sup>

10<sup>7.3</sup>

0

0

1.0

2.0

3.0

Wavelength  $\lambda$  ( $\mu\text{m}$ )

ultraviolet

visible

infrared

$T =$

6000 K

5000 K

4000 K

3000 K

$\lambda_{\text{max}}$

$\lambda_{\text{max}}$

21

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 - Física  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

**4) Radiação Térmica - Leis**

**Comprimento de Ondas e Definições das Leis**

$$E_{\lambda} = \frac{2 \cdot \pi \cdot c^2 \cdot h}{\lambda^5 \cdot \left[ e^{\frac{h \cdot c}{\lambda \cdot k \cdot T}} - 1 \right]}$$

$c = 3,17 \cdot 10^{17} \text{ nm s}^{-1}$   
 $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$   
 $k = 1,37 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

22

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 - Física  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

**4) Radiação Térmica - Leis**

**Lei de Wien**

**Wien's Displacement Law**

A plot of  $E_{\lambda}$  as a function of  $T$  and  $\lambda$ .

Peak of the curve is shifted to **SHORTER** Wavelengths at **HIGHER** Temperatures.

Points of the curve are related by;

$\lambda_{\text{máx}} T = 2897.6 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K}$

This is known as **Wien's Displacement Law**.

$$\lambda_{\text{máx.}} = \frac{2,94 \cdot 10^6 \text{ (nm} \cdot \text{K)}}{T \text{ (K)}}$$

23

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 – Física  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

4) Radiação Térmica - Leis

---

### Lei de Stefan-Boltzmann (T em K)

Spectral radiant exitance ( $Wm^{-2}\mu m^{-1}$ )

Wavelength ( $\mu m$ )

If T increases, peak moves towards shorter wavelengths, and the total area under the curve increases

$$E = q = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,672 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$$

24

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 – Física  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

4) Radiação Térmica - Leis

---

### Lei do Inverso do Quadro da Distância

© 2001 Brooks/Cole Publishing/ITP

25

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 - Física  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

4) Radiação Térmica - Leis

### Lei do Inverso do Quadro da Distância

Sol

Terra

$d$  = raio da fonte luminosa  
 $D$  = distância da fonte luminosa

Raio do Sol =  $6,96 \cdot 10^8$  m.  
Temperatura na sua superfície = 5800 K  
Distância Terra - Sol =  $1,5 \cdot 10^{11}$  m ou  $150 \cdot 10^6$  km

26

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 - Física  
Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

4) Radiação Térmica - Leis

### Lei dos Cossenos

a - solstício de verão  
c - solstício de inverno  
b e d - equinócios

(a) (b)

Figura 4.3 - A Lei do co-seno

27

ESALQ USP Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 – Física Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

**4) Radiação Térmica - Leis**

### Lei de Beer (Lei da Atenuação)

$q_0$

$\Delta x$

$q_1$

Radiação Incidente

$\rho =$  fração refletida

$\alpha =$  fração absorvida

$\tau =$  fração transmitida

28

ESALQ USP Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
LEB0140 – Física Prof. Jarbas H. de Miranda e-mail: jhmirand@usp.br

**4) Radiação Térmica - Leis**

### Lei de Beer (Lei da Atenuação)

$q_0$

$\Delta x$

$q_1$

$$q_1 = q_0 \cdot e^{-K \cdot \Delta x}$$

$$K = \frac{\ln\left(\frac{q_0}{q_1}\right)}{\Delta x}$$

29