

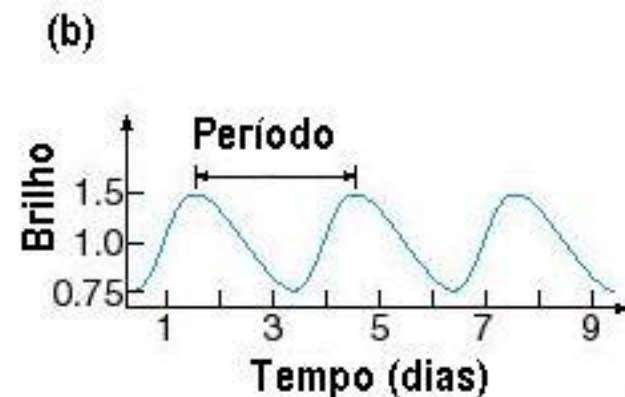
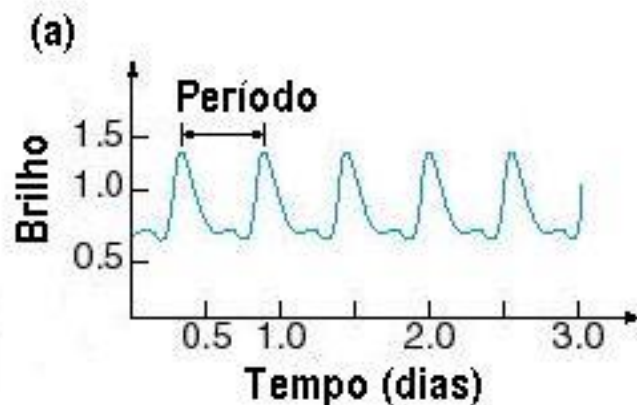


1400110

Laboratório de Física da Terra e do Universo

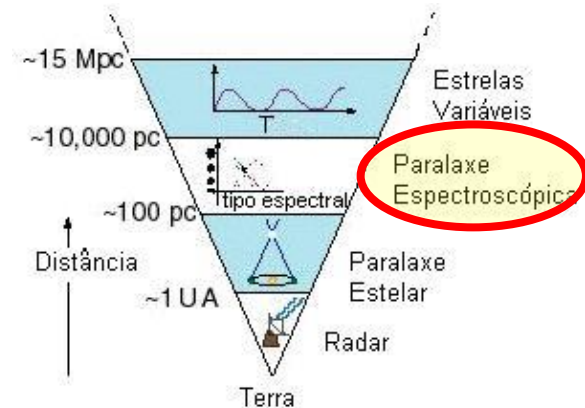
Profa. Jane Gregorio-Hetem

Curva de Luz das Cefeidas: Distância das Estrelas



ESTRELAS PULSANTES

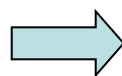
Paralaxe Espectroscópica



- Módulo de distância: comparação entre magnitudes **aparente** m (observada) e **absoluta** M (proporcional à luminosidade da estrela):

$$m = C - 2,5 \log \left[\frac{L}{4\pi d^2} \right]$$

$$M = C - 2,5 \log \left[\frac{L}{4\pi 10^2} \right]$$



$$m - M = 5 \log \frac{d}{10}$$

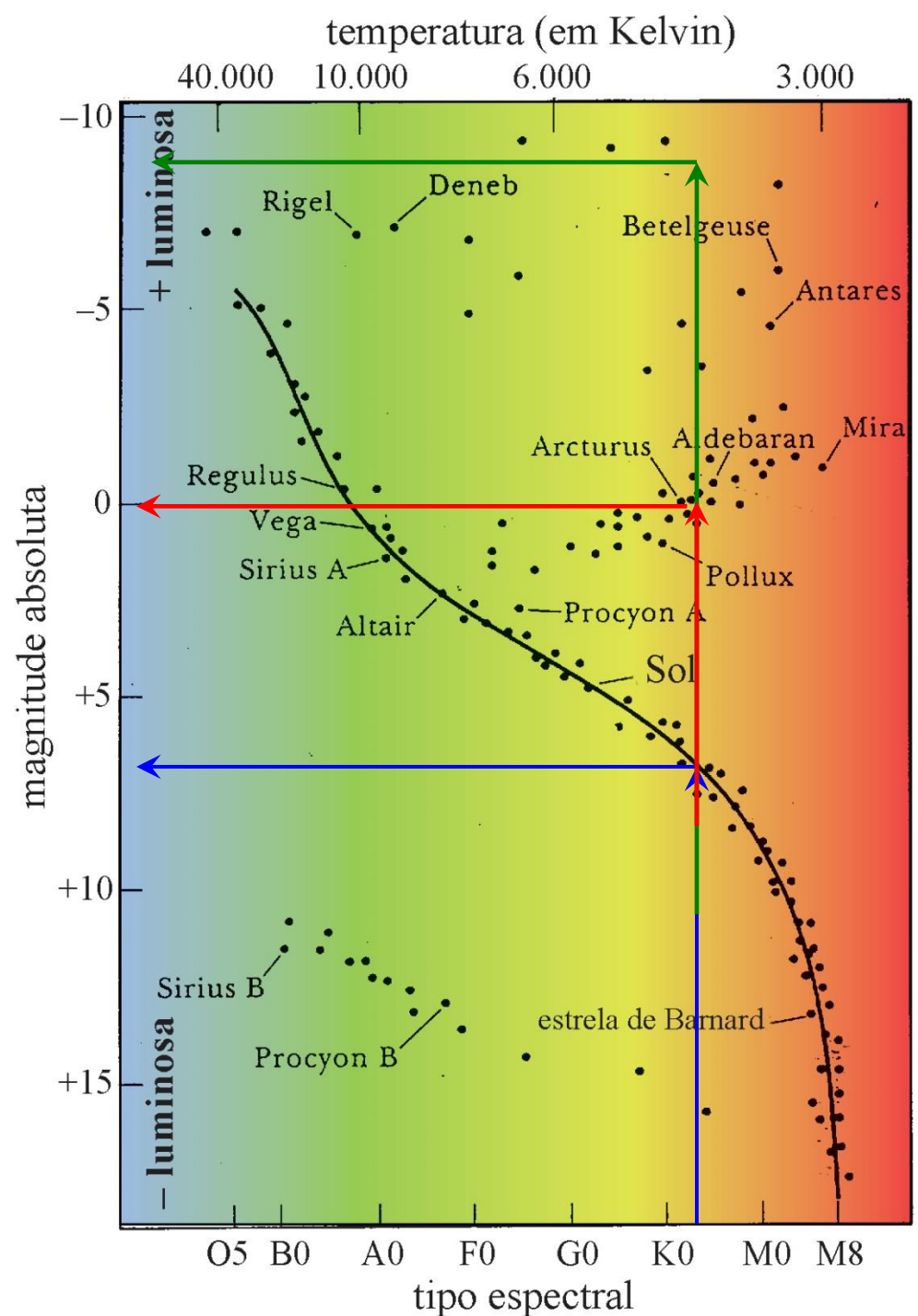
ATENÇÃO: distância em pc.

(*) Supondo ausência de extinção interestelar.

$$\left\{ \begin{array}{l} m_V = C - 2,5 \log F_V + A_V \\ F = \frac{L}{4\pi d^2} \end{array} \right.$$

Paralaxe espectroscópica

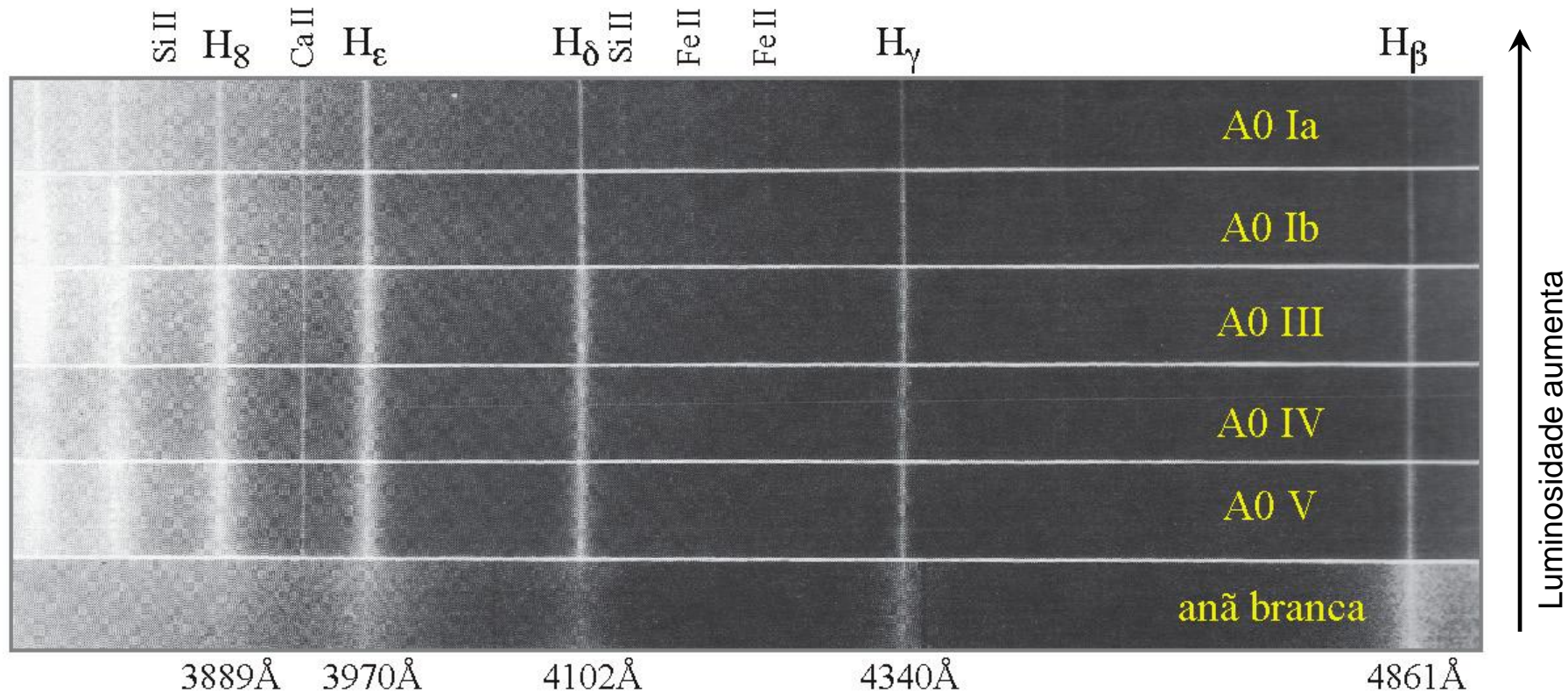
- Usando apenas o tipo espectral há uma ambiguidade.
- Mesmo tipo espectral, mas magnitudes absolutas diferentes!
- É necessário distinguir as classes de luminosidade.



Paralaxe espectroscópica

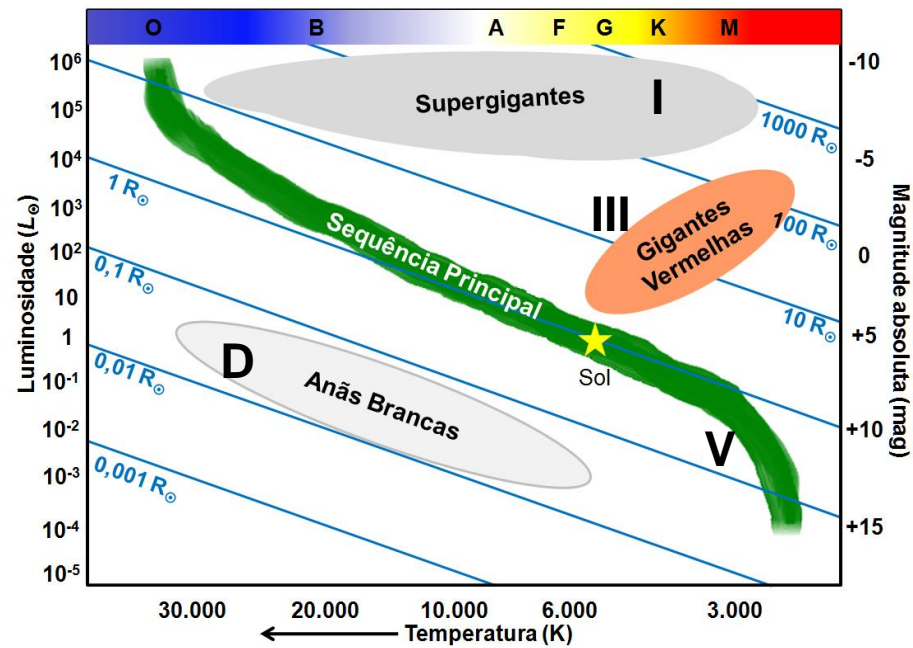
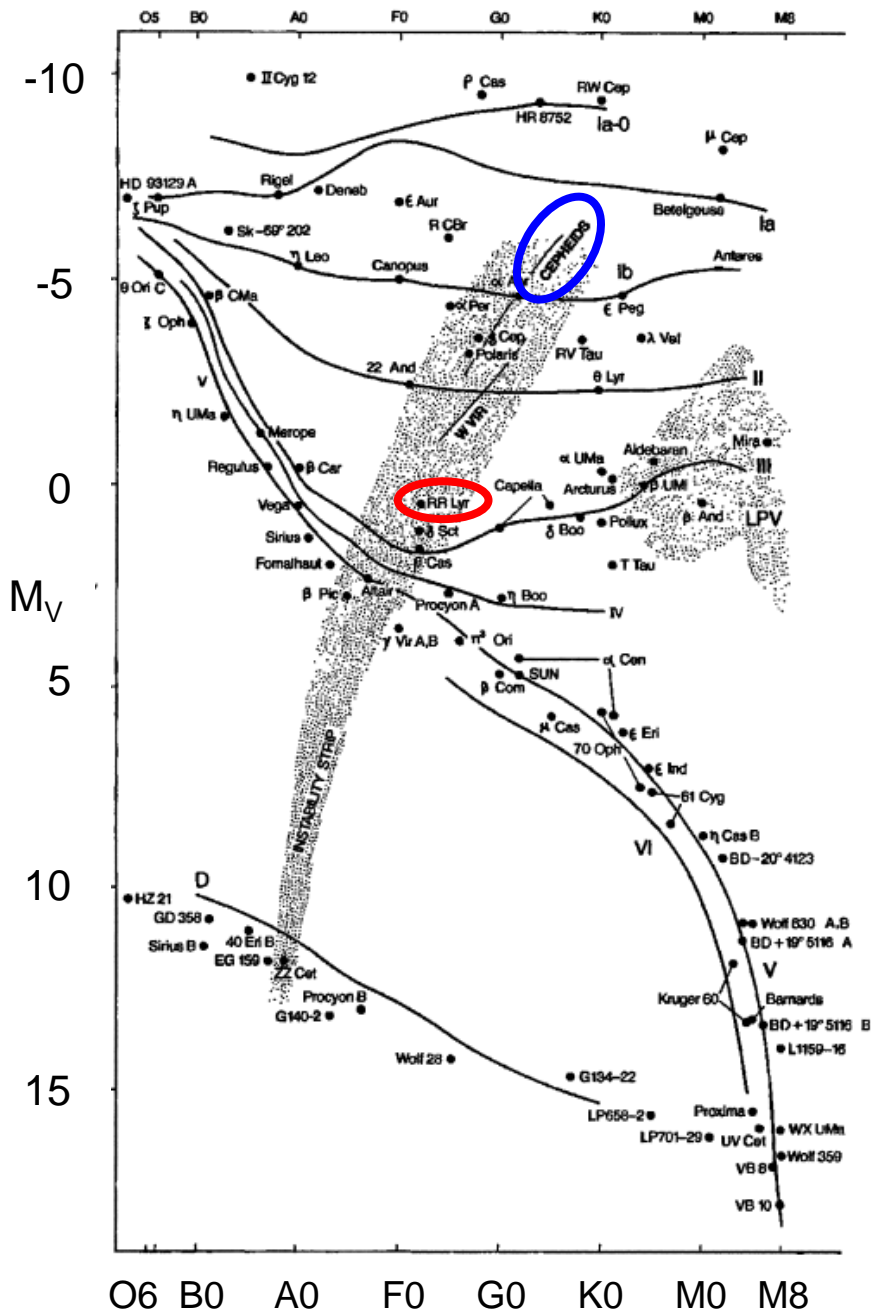
- As estrelas mais luminosas (de um dado tipo espectral) são maiores
- A pressão é menor na superfície das estrelas maiores.
 - Alargamento de linhas devido à pressão.
- As linhas são mais estreitas nas estrelas mais luminosas.

$$R = \frac{1}{T^2} \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma}}$$



ESTRELAS PULSANTES

- Classe de estrelas com variabilidade intrínseca: são pulsantes e suas propriedades variam periodicamente.
- São estrelas normais, que em um dado período de sua vida tornam-se internamente instáveis.
- Sua **luminosidade varia** segundo uma relação bem definida.
- No diagrama H-R ocupam uma região peculiar chamada “*instability strip*” ou faixa de instabilidade.



Classes de Luminosidade no Diagrama H-R e a posição das estrelas pulsantes (faixa de instabilidade). Figura extraída de Carol & Ostlie (2007, adaptada de Kaler 1989).

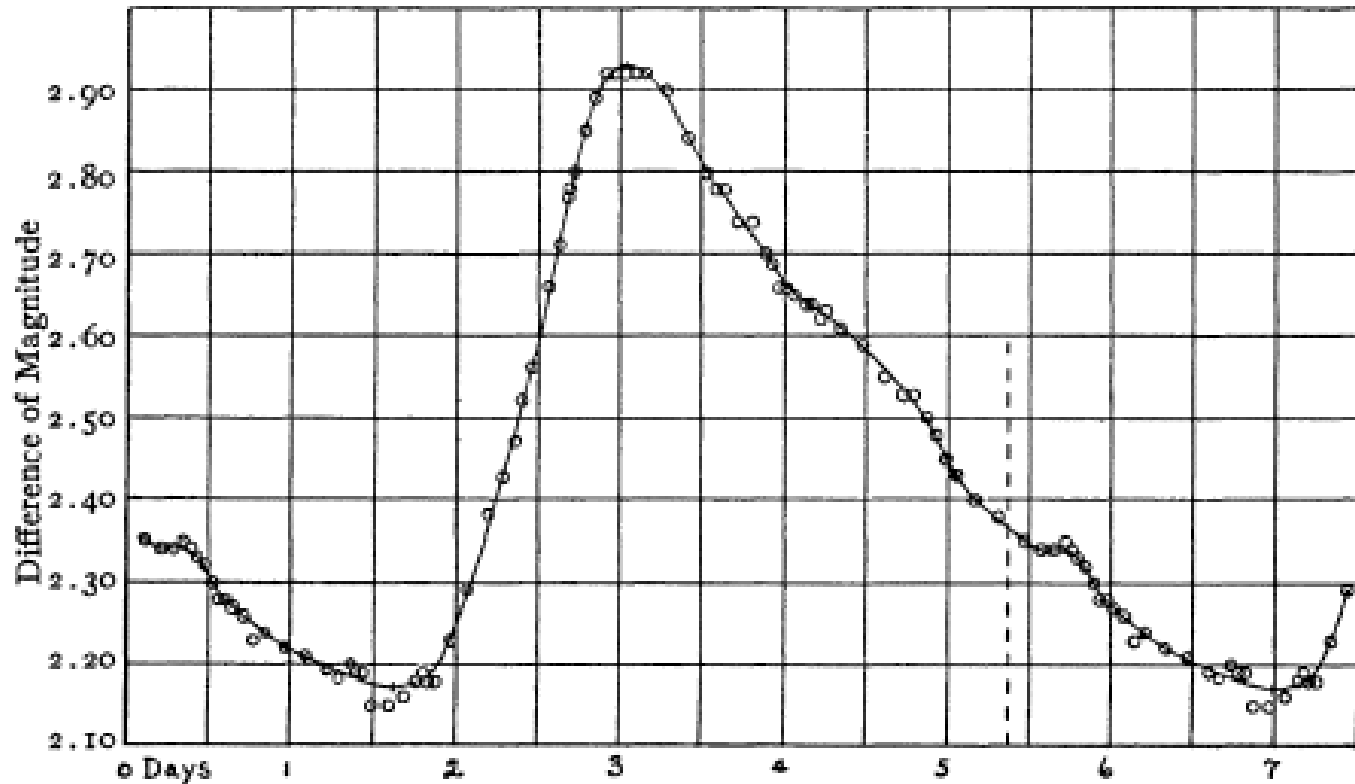


FIGURE 14.2 The light curve of δ Cephei. Its pulsation period is 5.37 days. (Figure from Stebbins, Joel, *Ap. J.*, 27, 188, 1908.)

Curva de luz de δ Cephei: uma estrela pulsante com período de ~5 dias

Relação *Período – Luminosidade* das Cefeidas

A variabilidade na luz observada em estrelas pulsantes → método para determinação de distâncias extragaláticas.

Cefeidas → **período** de pulsação diretamente associado à sua **luminosidade**.



Henrietta Leavitt

1868-1921

Henrietta Leavitt (*Harvard University*): 2400 cefeidas com períodos entre 1 e 50 dias (maioria na SMC*) → graficou magnitudes vs. período de pulsação → muito boa correlação.

(*) Pequena Nuvem de Magalhães, uma das galáxias satélites da Via Láctea.

Relação *Período – Luminosidade* das Cefeidas

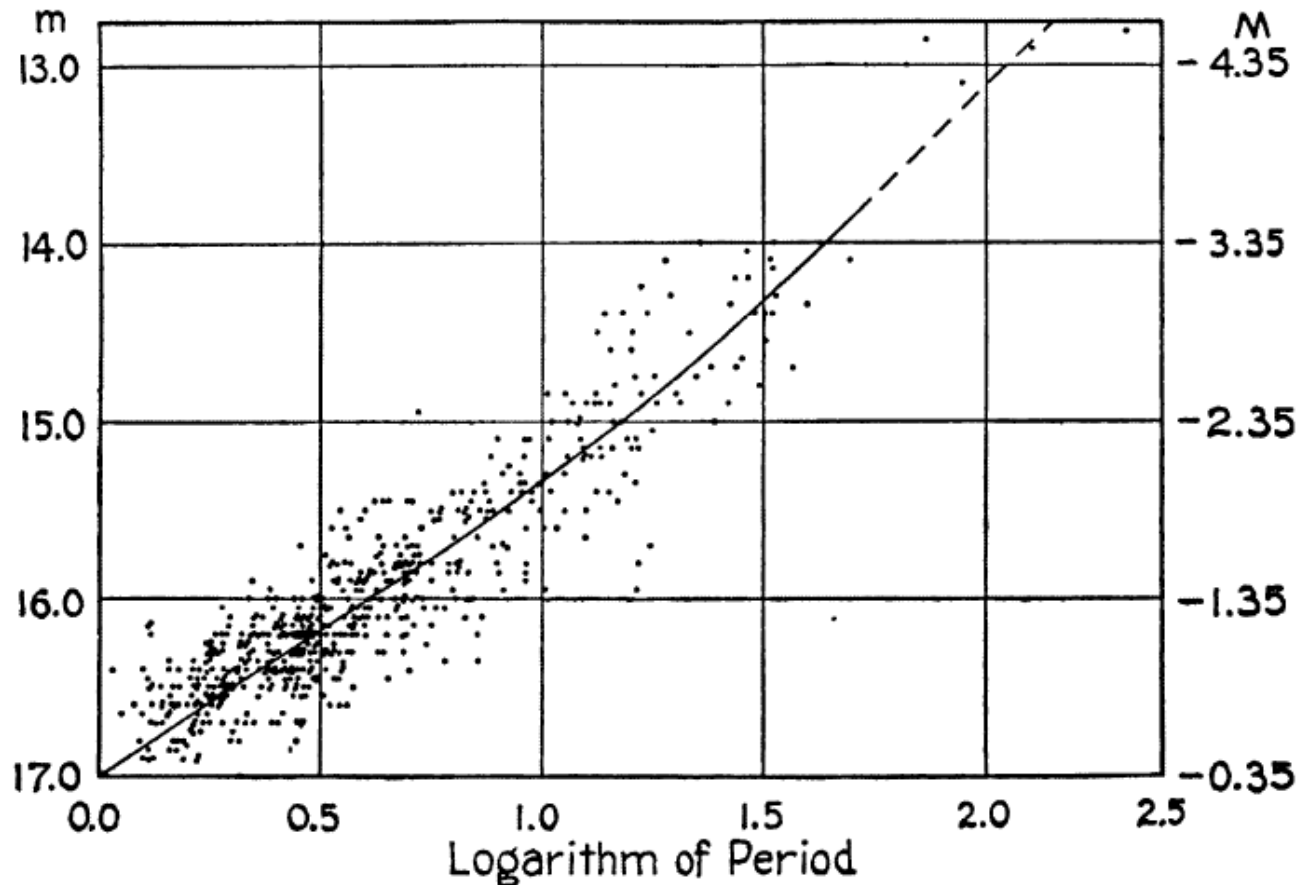
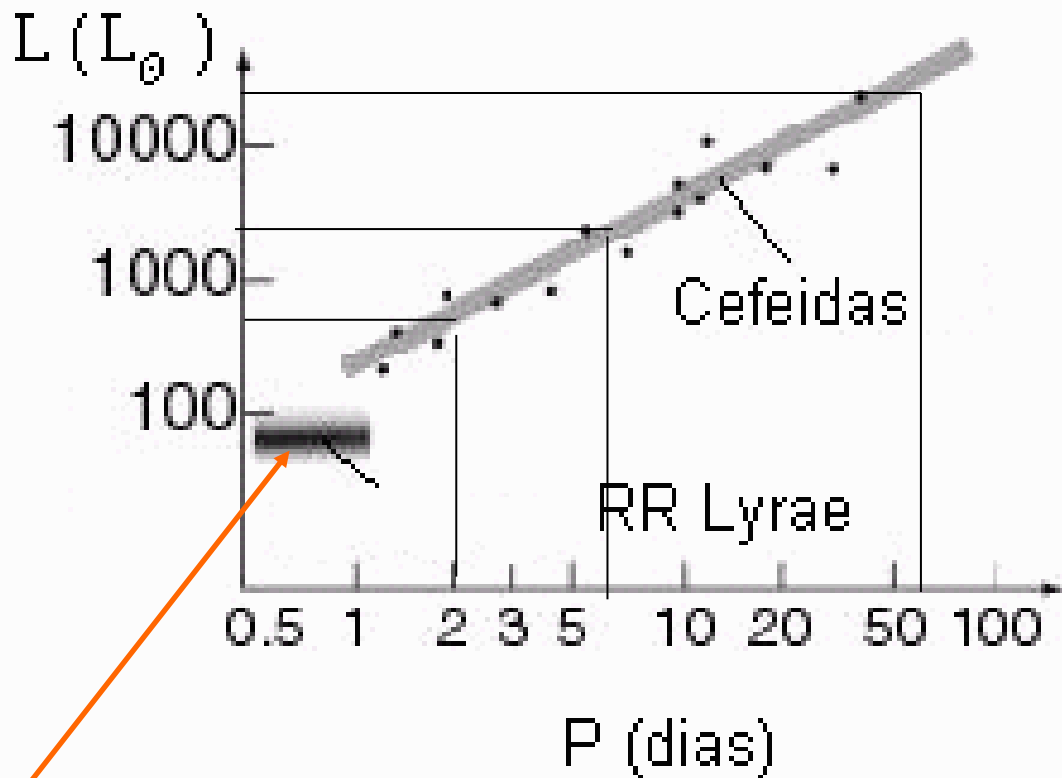
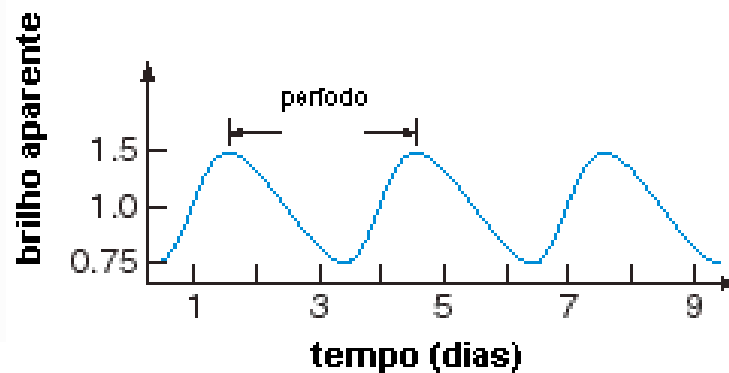
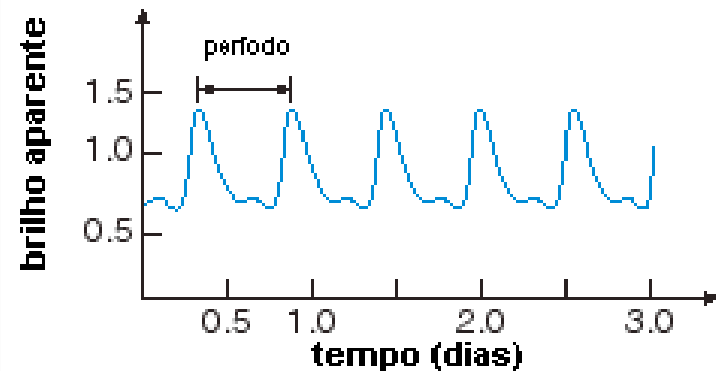


FIGURE 14.4 Classical Cepheids in the Small Magellanic Cloud, with the period in units of days. (Figure from Shapley, *Galaxies*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1961.)

Gráfico do período de pulsação (P) vs luminosidade (L) para as Cefeidas, mostrando a boa correlação entre P e L.



Períodos de pulsação das estrelas variáveis RR Lyrae.



Período:

0,5 a 1 dia p/ as RR Lyrae
1 a 100 dias p/ as Cefeidas

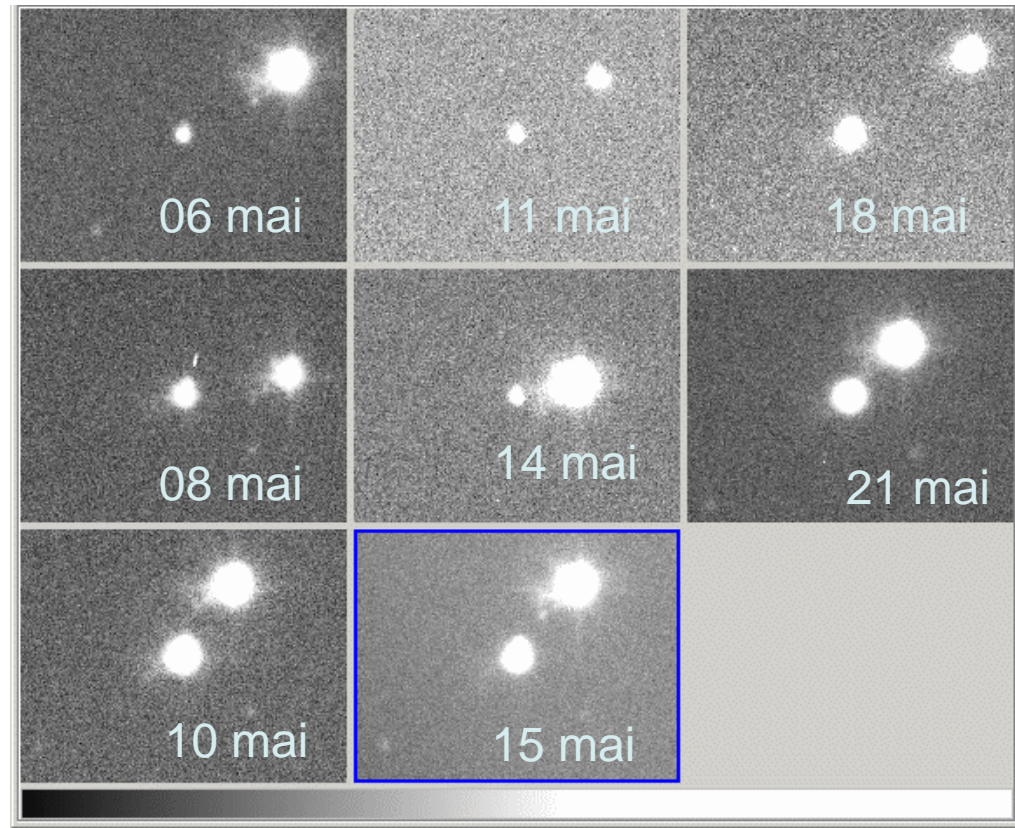


EXPERIMENTO

Atividade I - Elaborando um gráfico da curva de luz para uma cefeida através de imagens arquivadas

Uma cefeida foi monitorada por um período de 15 dias. Você deverá medir o brilho da estrela em cada noite e elaborar uma curva de luz para a estrela. A curva de luz é um gráfico com o brilho no eixo vertical e o tempo (dias) no eixo horizontal.

Observações de uma
Cefeida e uma
estrela de
comparação ao longo
de 15 dias



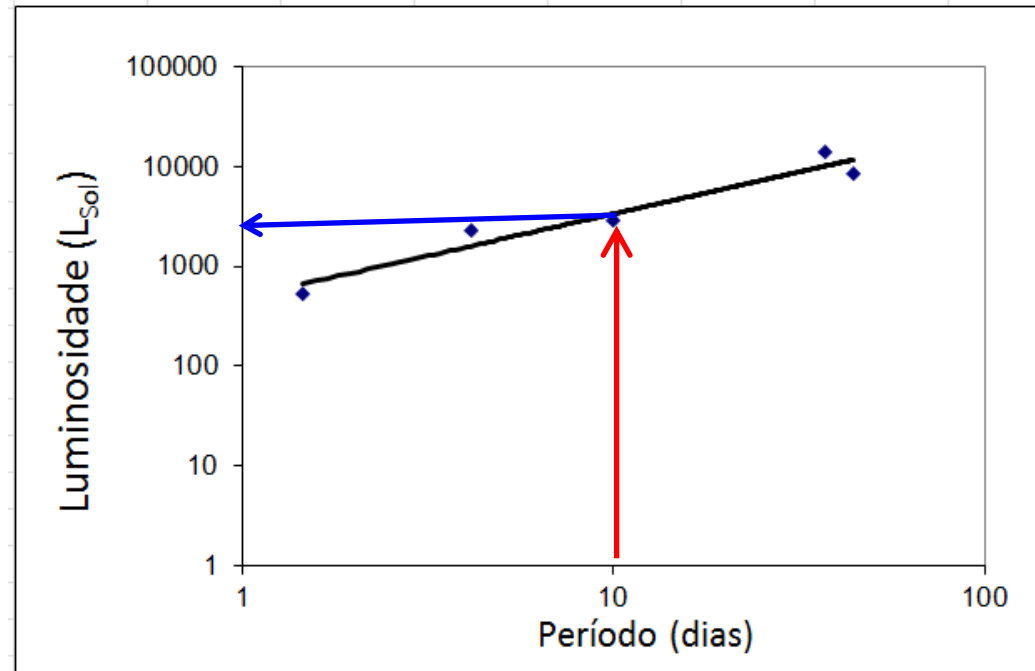
Atividade II - Determinando a luminosidade para uma cefeida

As observações das cefeidas foram feitas no filtro visível (V). Esse filtro bloqueia a maior parte da luz, exceto no comprimento de onda que corresponde à parte amarelo-verde do espectro. Quando você calcular a luminosidade e o brilho aparente de uma cefeida, deve ter em mente que os valores são válidos somente para a luz no filtro V.

1. Use o diagrama período-luminosidade para estimar a luminosidade (página 4) da cefeida medida na atividade I. Note que a luminosidade é dada em unidades solares, onde 1000 significa 1000 vezes a luminosidade do Sol.

Diagrama Período-Luminosidade

Período	Luminosidade
1,45E+00	5,39E+02
4,13E+00	2,34E+03
1,00E+01	2,93E+03
3,72E+01	1,39E+04
4,44E+01	8,50E+03



Com base no **período** de variabilidade (dado em dias), que foi determinado pela curva de luz, estimar a **luminosidade** (em L_{\odot}).

$$\log_{10}(L) = 2,69 + 0,84 \times \log_{10}(P)$$

Exemplo:

$$\log_{10}(L) = 2,69 + 0,84 \times \log_{10}(10)$$

$$\log_{10}(L) = 2,69 + 0,84 = 3,53$$

$$L = 10^{3,53} \sim 3390 L_{\odot}$$

2. Use o valor da luminosidade Solar no filtro V para calcular $L(V)$ das suas estrelas cefeidas em Watts. $L(V)$ do Sol = $5,7 \times 10^{25}$ Watts.

Atividade III – Determinando a distância até uma estrela cefeida

A magnitude aparente em V da estrela de referência é 8,0. A partir da tabela de conversão de brilho em anexo, vemos que esta estrela possui um brilho aparente em V de $2,28 \times 10^{-12}$ Watts/m².

ANEXO

Tabelas de Conversão Entre Magnitudes e **Watt/m²**

Mag.	I	R	V	B	U	Bolometric
5.0	2.40×10^{-11}	1.65×10^{-11}	3.61×10^{-11}	9.24×10^{-11}	1.83×10^{-11}	2.40×10^{-10}
5.1	2.19×10^{-11}	1.51×10^{-11}	3.29×10^{-11}	8.43×10^{-11}	1.67×10^{-11}	2.19×10^{-10}
5.2	2.00×10^{-11}	1.37×10^{-11}	3.01×10^{-11}	7.69×10^{-11}	1.52×10^{-11}	2.00×10^{-10}

Mag.	I	R	V	B	U	Bolometric
8.0	1.51×10^{-12}	1.04×10^{-12}	2.28×10^{-12}	5.83×10^{-12}	1.16×10^{-12}	1.51×10^{-11}
8.1	1.38×10^{-12}	9.49×10^{-13}	2.08×10^{-12}	5.32×10^{-12}	1.06×10^{-12}	1.38×10^{-11}
8.2	1.26×10^{-12}	9.66×10^{-13}	1.90×10^{-12}	4.85×10^{-12}	9.66×10^{-13}	1.26×10^{-11}
8.3	1.15×10^{-12}	7.90×10^{-13}	1.73×10^{-12}	4.43×10^{-12}	8.81×10^{-13}	1.15×10^{-11}

2. Use o valor da luminosidade Solar no filtro V para calcular $L(V)$ das suas estrelas cefeidas em Watts. $L(V)$ do Sol = $5,7 \times 10^{25}$ Watts.

Atividade III – Determinando a distância até uma estrela cefeida

A magnitude aparente em V da estrela de referência é 8,0. A partir da tabela de conversão de brilho em anexo, vemos que esta estrela possui um brilho aparente em V de $2,28 \times 10^{-12}$ Watts/m².

1. Calcule o brilho aparente para a cefeida.

Dicas: brilho aparente da cefeida: $B_C = (C_C / C_R) \cdot B_R$ (onde $B_R = 2,28 \times 10^{-12}$ W/m²). Aqui para o valor: C_C / C_R , podemos fazer uma média entre os valores das razões da tabela da atividade I

2. Use a luminosidade em V para a estrela cefeida e a equação para o brilho aparente para a determinar a distância d da cefeida em metros.

Dica: distância da cefeida em metros: $d^2 = L / 4\pi B_C$

3. Determine a magnitude aparente da cefeida (filtro V) a partir da tabela de conversão de brilho aparente (obtido no item 1) em magnitude aparente e vice-versa.

4. Converta a distância para unidades de anos-luz. 1 ano-luz = $9,46 \times 10^{15}$ m.

BIBLIOGRAFIA (AGA0215)

“Estrelas Variáveis” (Cap. 13)