

# 17<sup>as</sup> Olimpíadas Nacionais de Astronomia

Prova de Análise de Dados da Final Nacional

12 de Maio de 2023

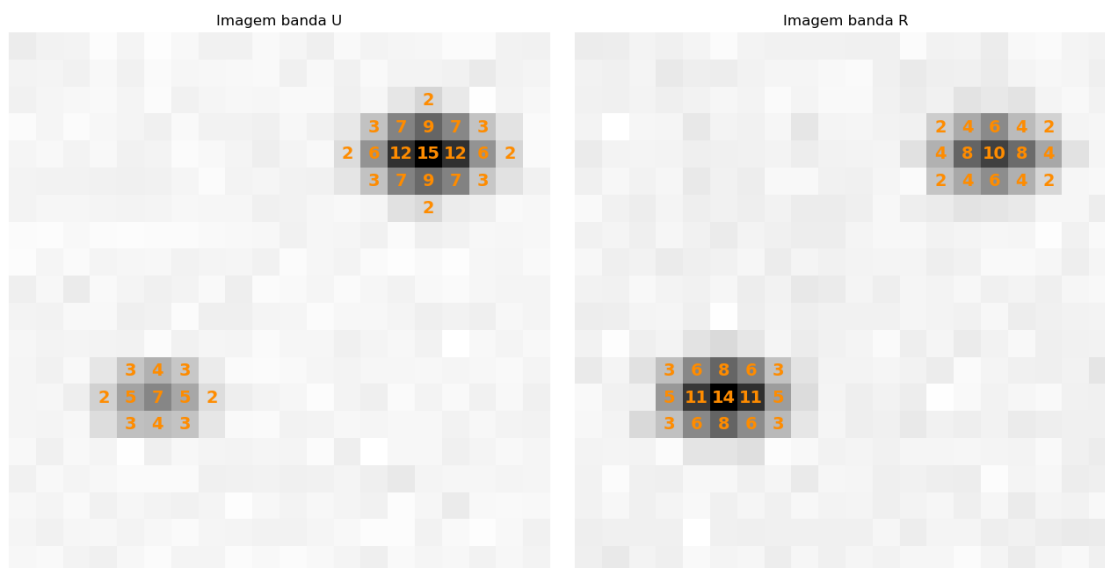
18:00

Duração máxima – 60 minutos



## Notas:

- Leia atentamente todas as questões.



1. [10 pontos] Nas imagens acima, temos observações de duas estrelas da sequência principal: a estrela 1 no quadrante superior direito, e a estrela 2 no quadrante inferior esquerdo. A imagem do lado esquerdo foi obtida através de observação com um filtro  $U$  ( $\lambda \sim 350\text{nm}$ ) e a do lado direito foi obtida através da observação com um filtro  $R$  ( $\lambda \sim 600\text{nm}$ ). Os números nas imagens representam a intensidade de cada pixel para 10 segundos de exposição.

- Calcula o fluxo (em contagens por segundo) de cada uma das estrelas para cada uma das imagens apresentadas.
- Estima as cores de cada uma das estrelas, sabendo que esta é igual à subtração da magnitude aparente da banda vermelha à magnitude aparente da banda azul.
- A partir das respostas às alíneas anteriores, o que nos podes dizer sobre a natureza (em termos de temperatura e idade) de cada uma das estrelas? Justifique a resposta.
- Sabendo que cada pixel na imagem corresponde a um tamanho de  $0.15''/\text{pix}$ , calcula a distância entre os centros das duas fontes.

## Solução:

- a) Para calcular o fluxo, é necessário somar todos os valores indicados na imagem.  
 Estrela 1:  $u=11.7$ ,  $r=7.0$ ,  
 Estrela 2 :  $u=4.1$ ,  $r=9.8$ ,
- b) Para calcular a cor da estrela, usamos a equação  $c = -2.5 \log_{10}(f_{\text{blue}}/f_{\text{red}})$ .  
 Cor estrela 1 =  $-0.56$  (positiva significa mais fluxo no azul)  
 Cor estrela 2 =  $0.95$  (negativa significa mais fluxo no vermelho)
- c) A estrela 1 tem uma cor azul, o que indica uma temperatura mais elevada, e é por isso potencialmente mais jovem. A estrela 2 tem uma cor vermelha, o que indica uma temperatura mais baixa, e é por isso potencialmente mais velha.
- d) Medindo o número de pixels entre os centros das estrelas temos que  $d = 0.15 \times \sqrt{10^2 + 9^2} \approx 2''$ .

2. [10 pontos] A tabela abaixo contém informações sobre a distância e o redshift de algumas galáxias próximas.

Galáxia	distância [Mpc]	z	velocidade [km/s]
NGC 5548	67.87	0.017175	?
NGC 3227	15.43	0.003859	?
NGC 3245	17.52	0.004610	?
NGC 3310	11.32	0.003312	?
NGC 3368	10.45	0.002992	?
NGC 3471	27.55	0.007102	?
NGC 5866	7.55	0.002242	?
NGC 6181	30.88	0.007922	?
NGC 6217	16.65	0.004543	?
NGC 6643	18.76	0.004950	?

- a) Calcula a velocidade de recessão para cada objecto. Nota que para  $z \ll 1$ , podemos usar a aproximação que a velocidade de recessão é dada por  $v = cz$ .
- b) Na folha de papel milimétrico, ilustra o gráfico da velocidade versus a distância para estas galáxias.
- c) Estima qual o valor da constante de Hubble que se pode derivar destes dados.
- d) A partir do valor da alínea anterior, estima a idade (em giga-anos) e o tamanho (em Mpc) do universo observável.

**Solução:**

---

velocidade [km/s]

---

5149

1157

1382

993

a) 897

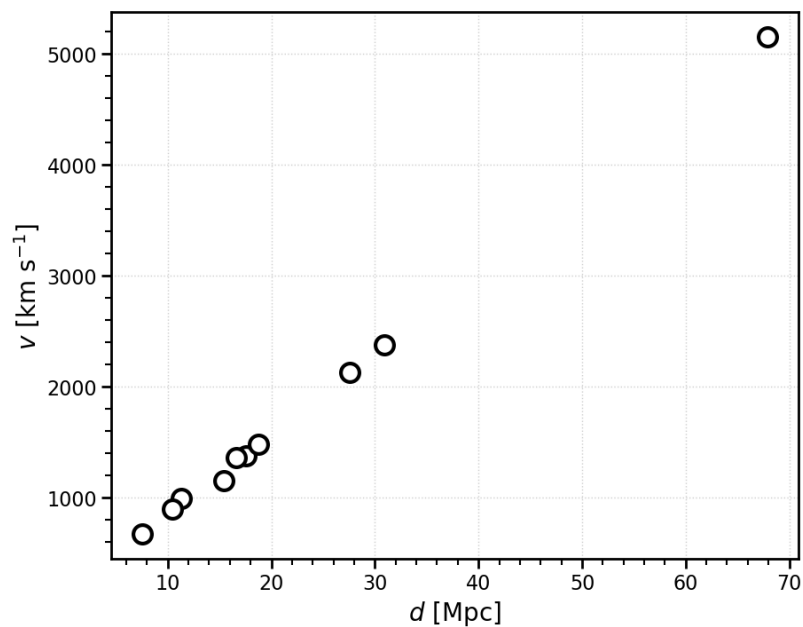
2129

672

2375

1362

1484



b)

c) Com uma aproximação linear, temos

$$m = \frac{\sum_i (d_i - \bar{d})(v_i - \bar{v})}{\sum_i (d_i - \bar{d})^2} \quad (1)$$

$$b = \bar{v} + m\bar{d} \quad (2)$$

O que resulta em  $v = 74.2 \times d + 98.6$ , e portanto temos uma constante de Hubble com o valor de  $\approx 74.2 \text{ km/s/Mpc}$ .

d) A idade pode ser estimada por  $t = 1/H \approx 13.18 \text{ Gyr}$ . O tamanho do universo observável pode ser dado por  $r = c/H \approx 4042 \text{ Mpc}$ .

## Tabela de Dados:

### Constantes Universais

- Velocidade da luz (vazio):  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
- Constante gravitacional:  $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$
- Constante de Stefan-Boltzmann:  $\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W m}^2 \text{ K}^{-4}$
- Constante de dispersão de Wien:  $b = 2.8976 \times 10^{-3} \text{ m K}$
- massa de um próton:  $m_p = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg}$

### Dados sobre o Sol

- Massa do Sol:  $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$
- Raio do Sol:  $R_{\odot} = 6.955 \times 10^8 \text{ m}$
- Período médio de rotação do sol:  $T = 27 \text{ dias}$
- Luminosidade do Sol:  $L_{\odot} = 3.846 \times 10^{26} \text{ W}$
- Magnitude Absoluta Visual do Sol:  $M_{\odot} = +4.83 \text{ mag}$
- Temperatura superficial do Sol:  $T_{ef} = 5780 \text{ K}$

### Dados sobre a Terra

- Massa da Terra:  $M_{\oplus} = 5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$
- Raio da Terra:  $R_{\oplus} = 6371 \times 10^3 \text{ m}$

### Dados sobre a Lua

- Massa da Lua:  $M_{\zeta} = 7.348 \times 10^{22} \text{ kg}$
- Raio da Lua:  $R_{\zeta} = 1738 \times 10^3 \text{ m}$

### Conversão de unidades

- Unidade Astronómica (UA):  $1 \text{ UA} = 1.49 \times 10^{11} \text{ m}$
- Parsec (pc):  $1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{16} \text{ m}$
- Ano-luz (ly):  $1 \text{ ly} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$

### Relações importantes

- Velocidade angular  $\Omega = \frac{2\pi}{T} [\text{rad s}^{-1}]$
- Lei de Stefan-Boltzmann:  $L = 4\pi R^2 \sigma T_{ef}^4$
- Distância em parsec:  $d_{pc} = 10^{\frac{m-M+5}{5}}$
- Magnitude absoluta:  $M = -2,5 \log(L) + K$ , em que  $K$  é uma constante

• Lei da Gravitação Universal:  $F_g = G \frac{Mm}{r^2}$

• Lei de Wien:  $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$

• Lei dos cossenos:

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos \hat{A}$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2a \cdot c \cdot \cos \hat{B}$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos \hat{C}$$

