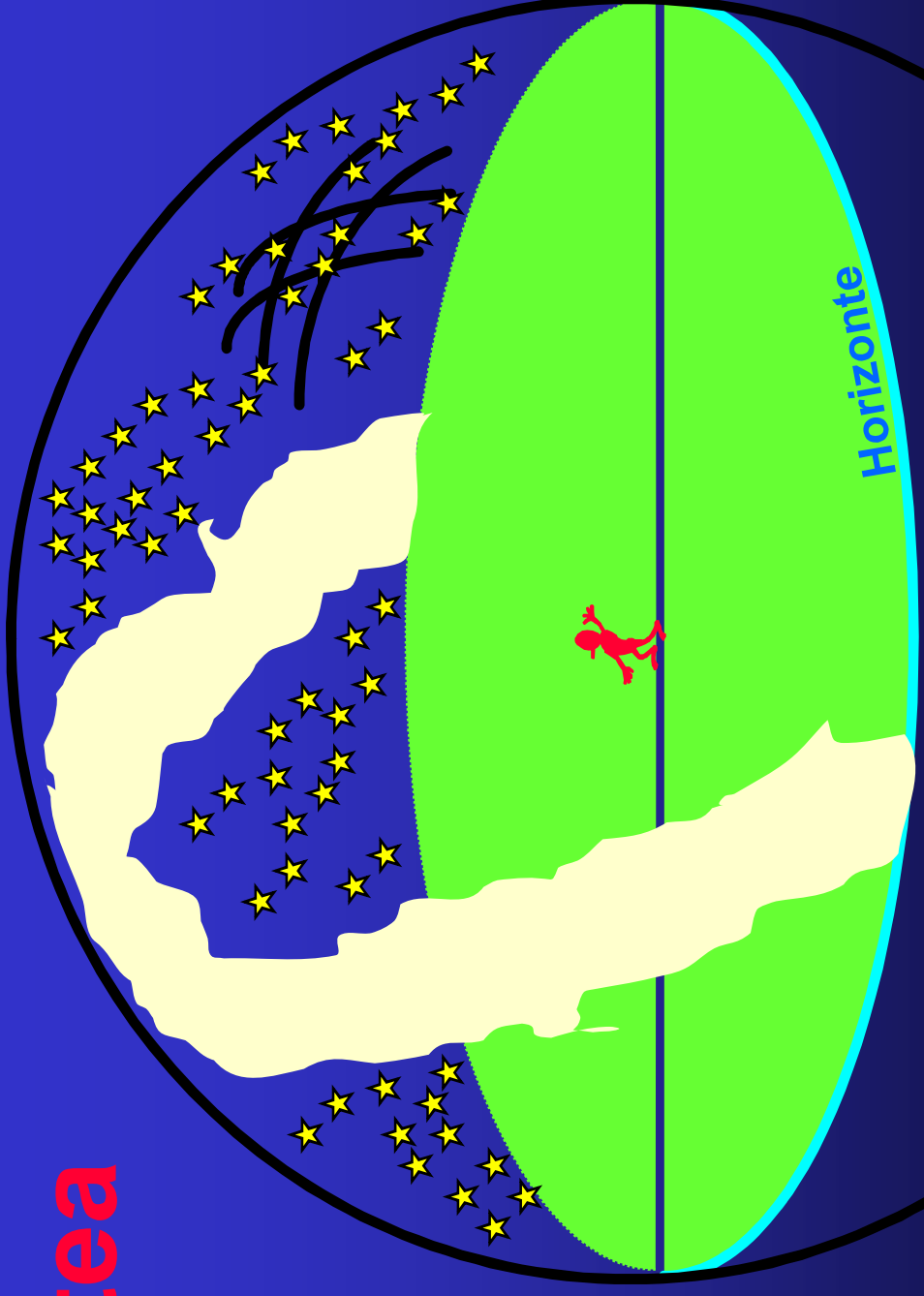


Nossa Galáxia

05
02
03

R. Boczeko
IAG - USP

Via-Láctea



Via Láctea = Nossa Galáxia = A Galáxia

(Latim)

(Caminho de Leite)

(Grego)

Via Láctea

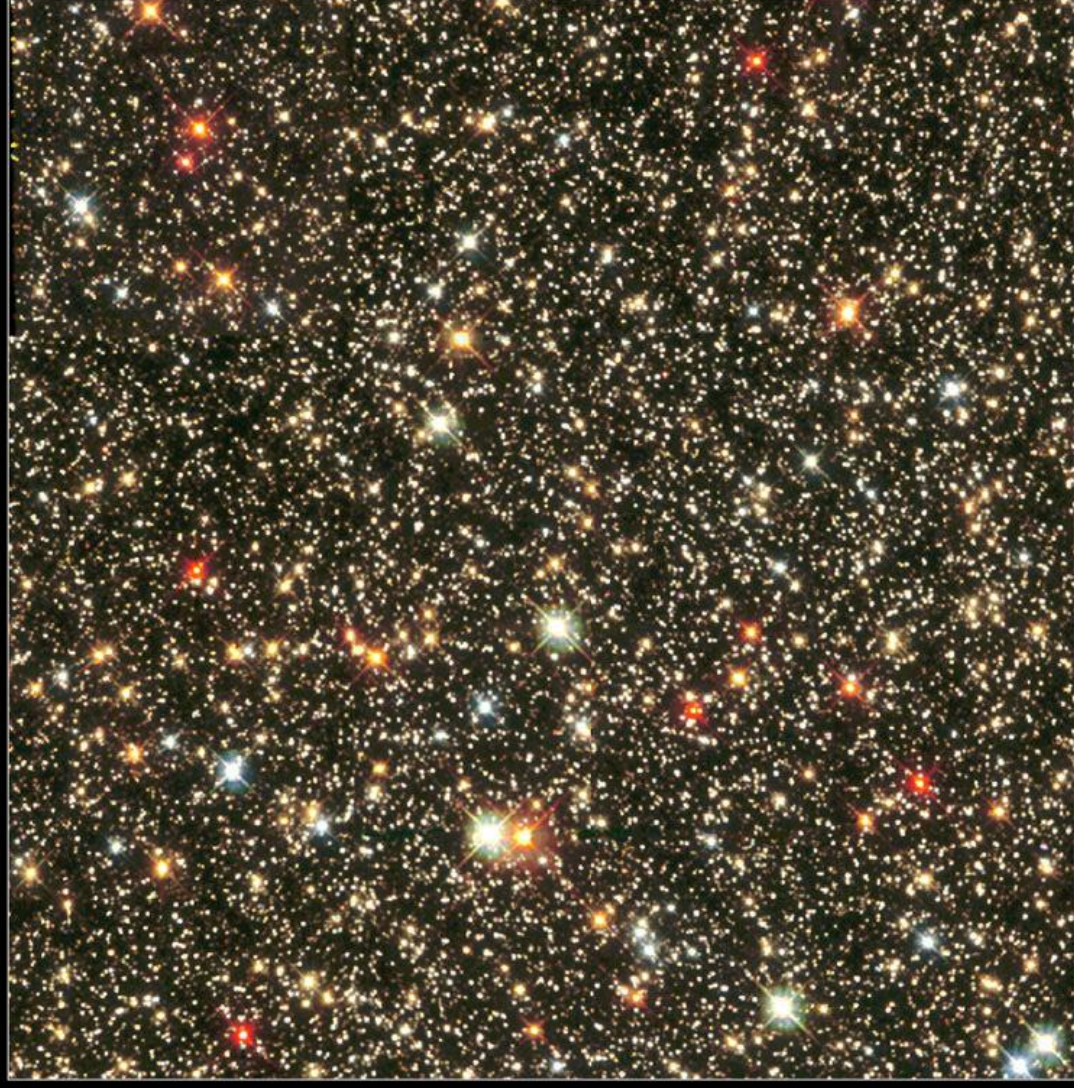
Galáxia

Galileu (1610) descobriu a composição estelar



Nuvem de estrelas em Sagittarius

Sagittarius Star Cloud



Hubble
Heritage

Nossa Galáxia

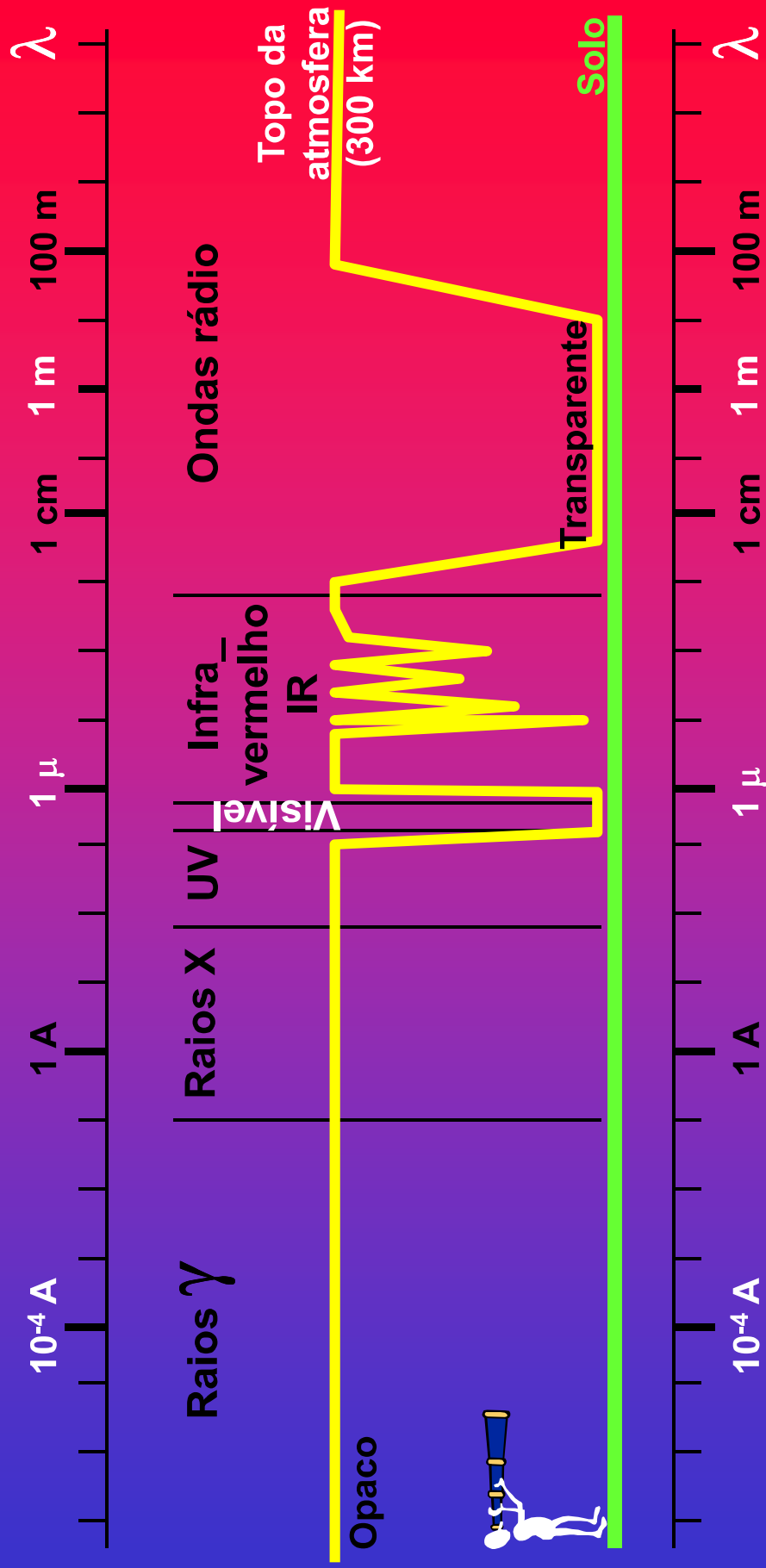


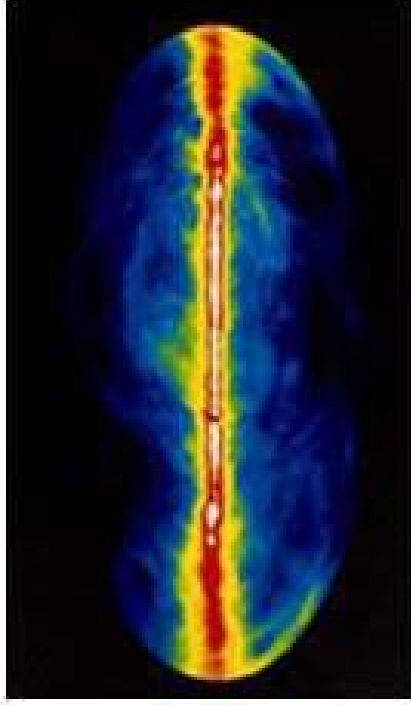
John F. Glenason

M I L K Y W a y G a l a x y

Via Láctea vista por “olhos” diferentes

Espectro Eletromagnético e a transparência da atmosfera





Rádio



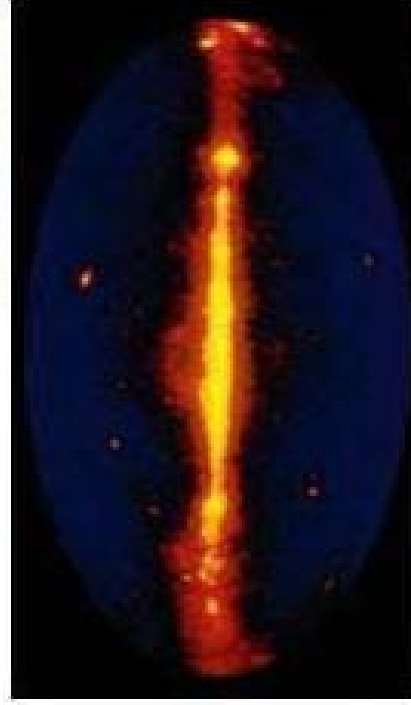
Infravermelho



Visível



Raio X



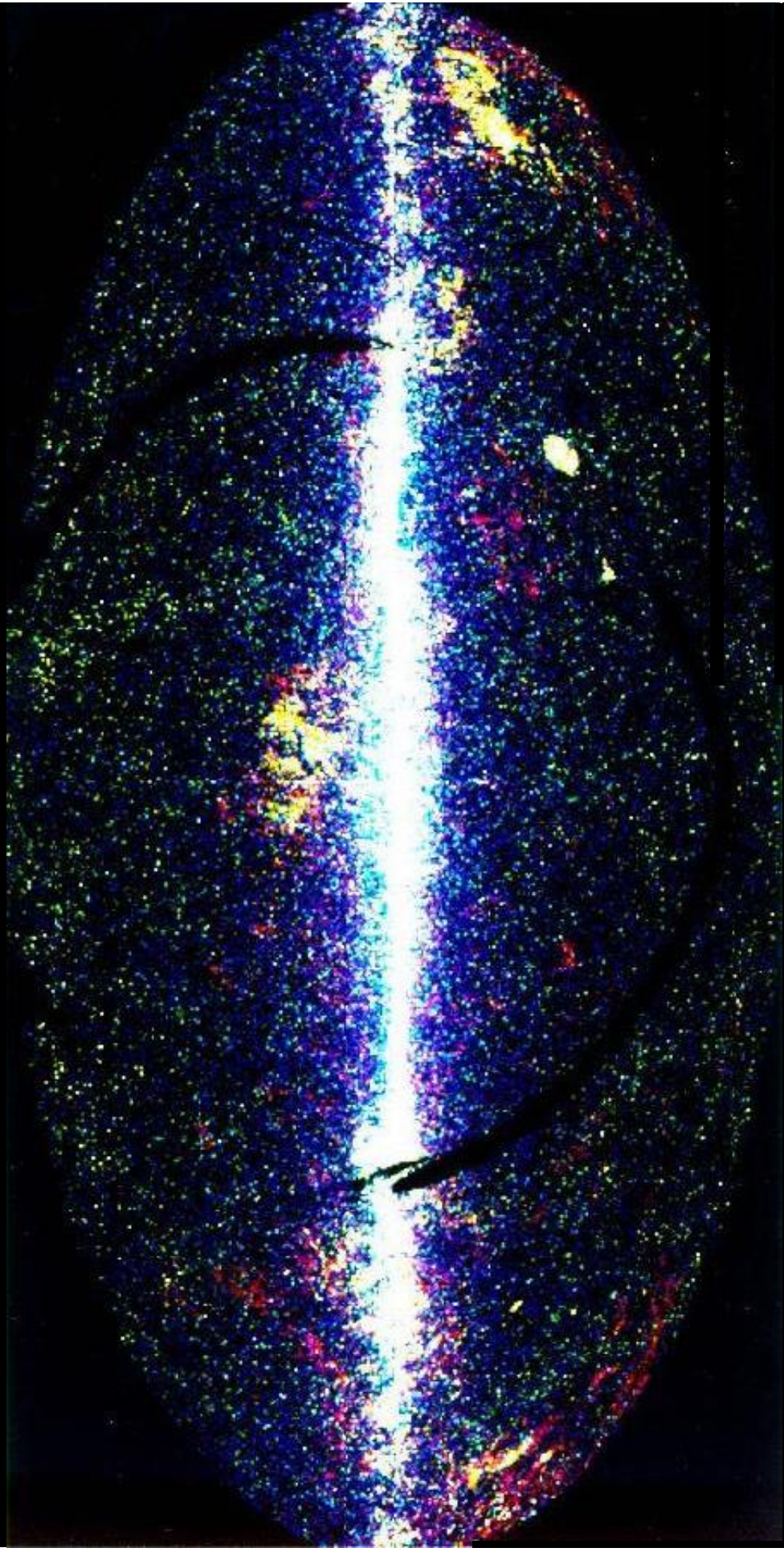
Raios Gama



Via Láctea vista em diferentes cores

Céu fotografado pelo IRAS

Satélite Astronômico no Infravermelho



Tamanhos comparados

Tamanhos comparados

•

Lua



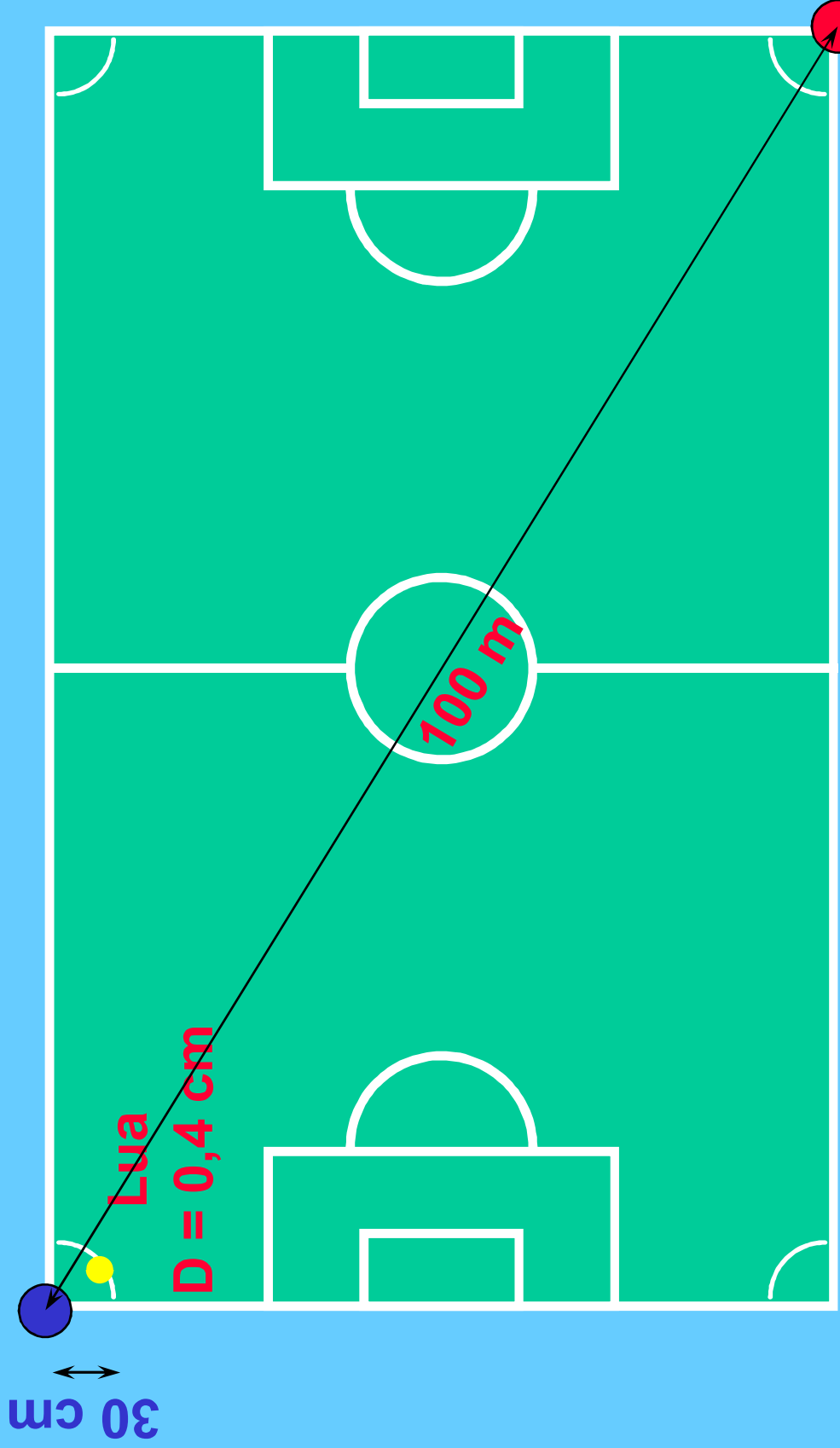
Terra

Sol



Distâncias comparadas

Distâncias comparadas



Terra
D = 1 cm

30 cm

Lua

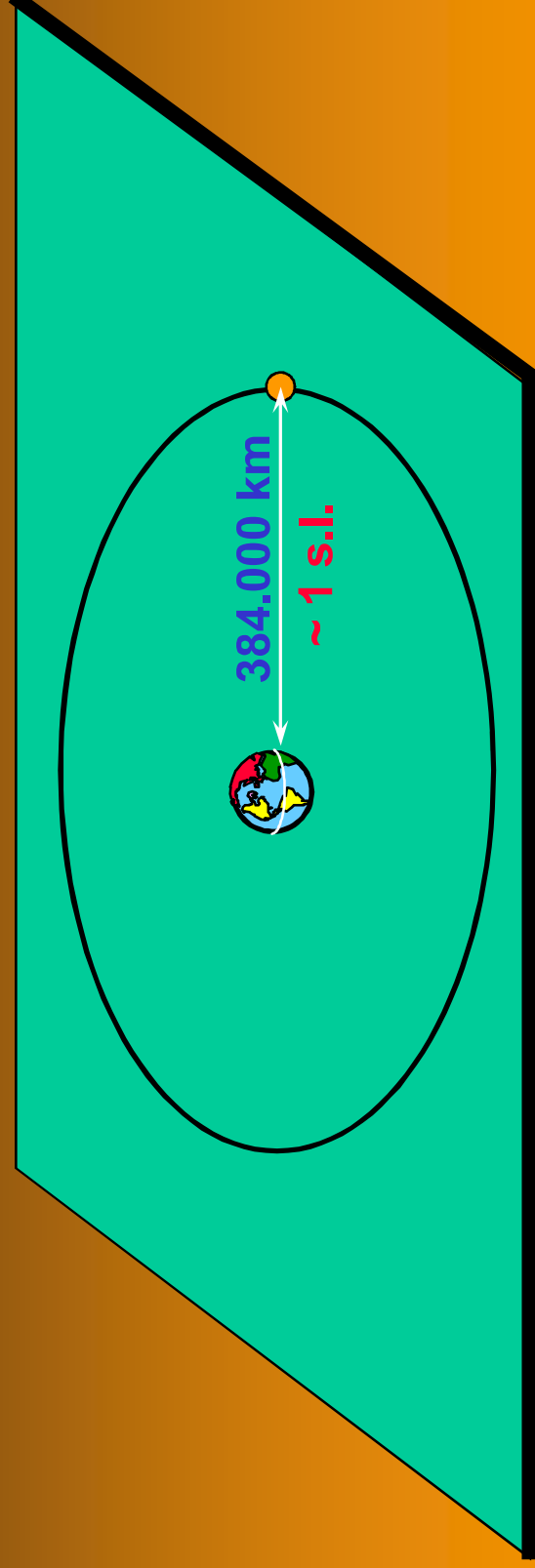
D = 0,4 cm

100 m

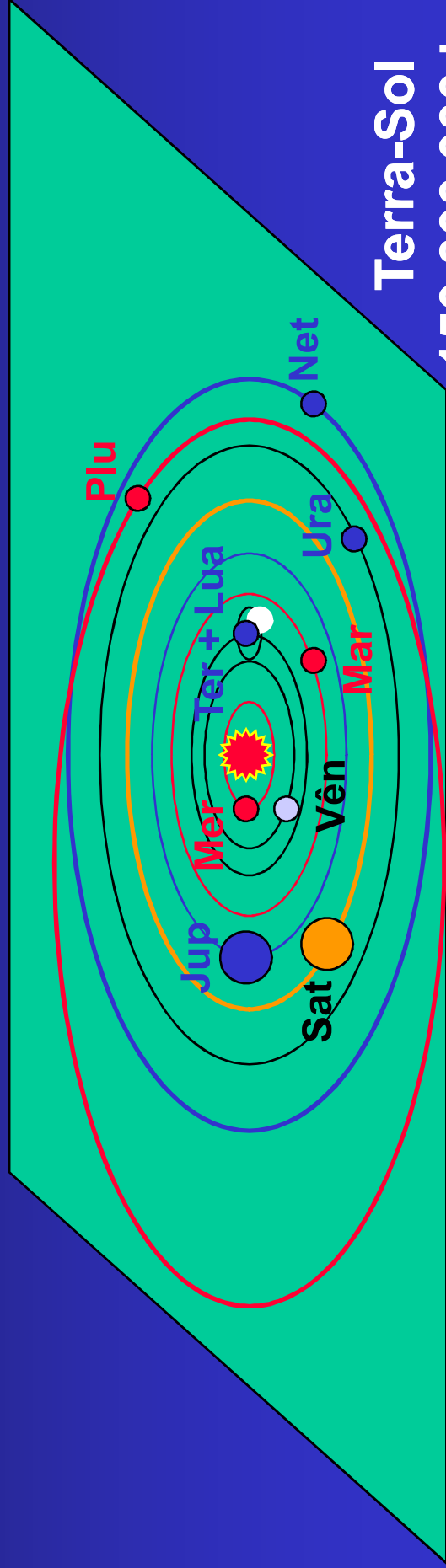
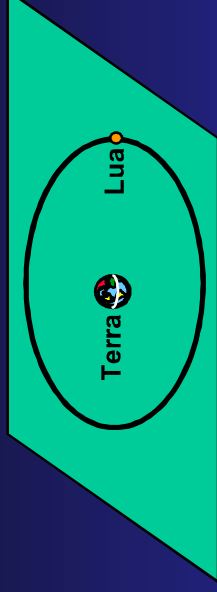
Sol

D = 109 cm

Sistema Terra - Lua

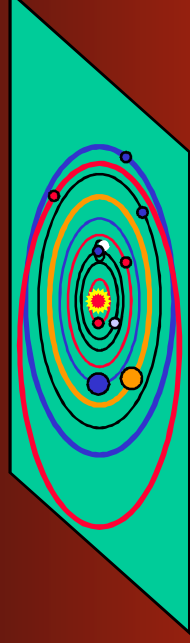


Sistema Solar

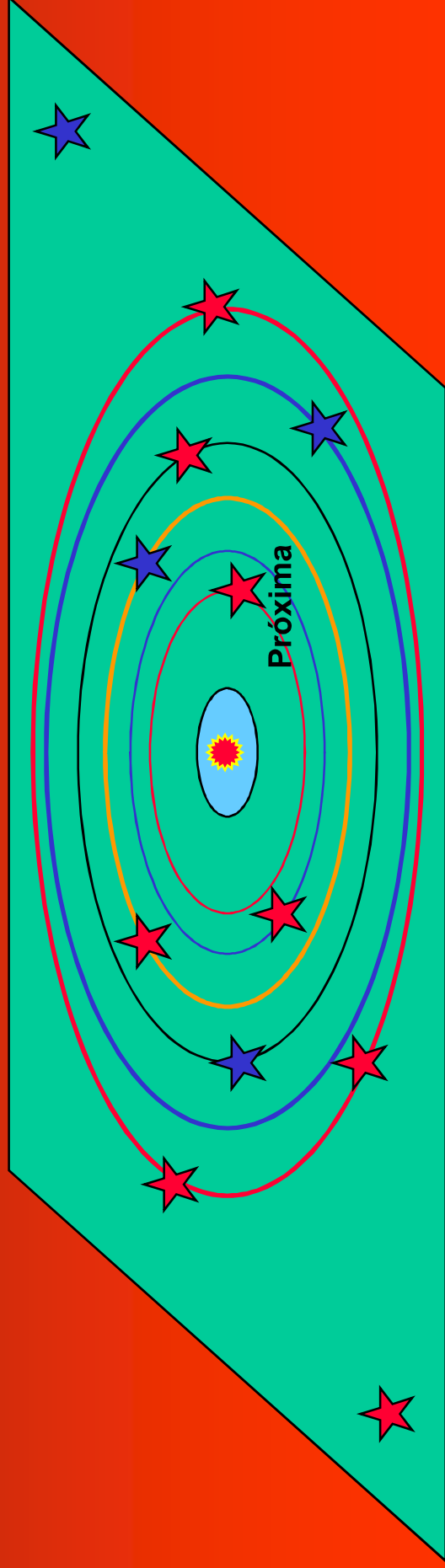


Terra-Sol
150.000.000 km
8^m 15^s luz

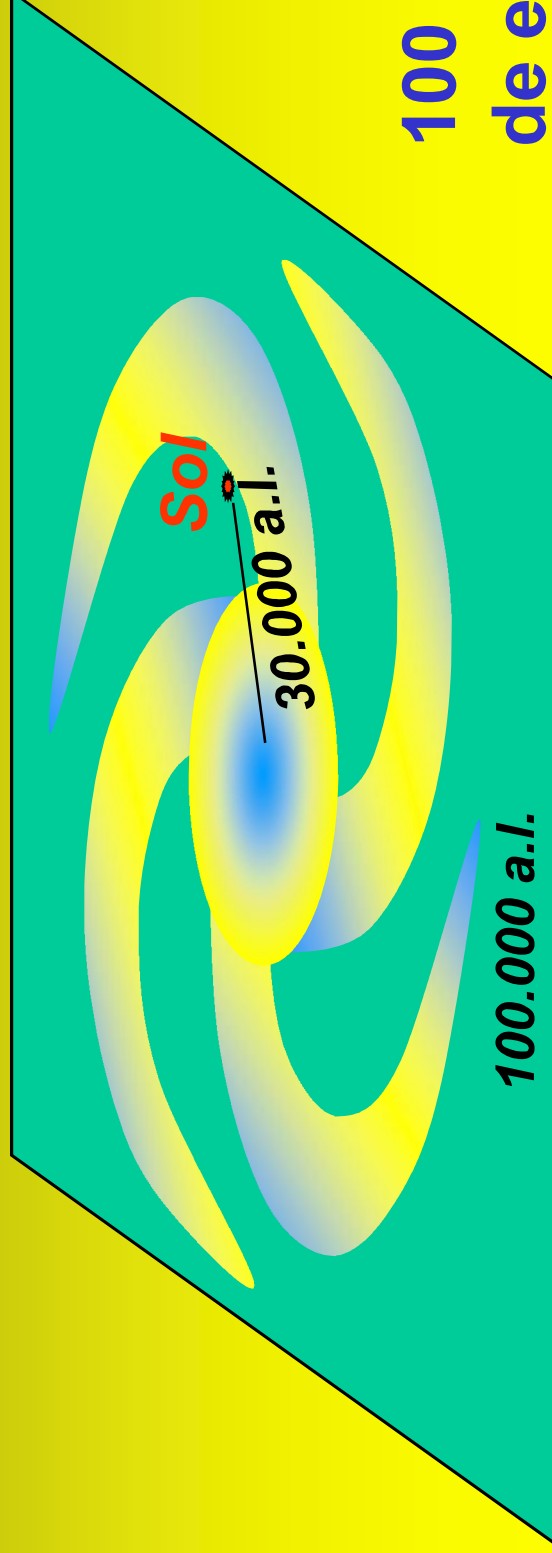
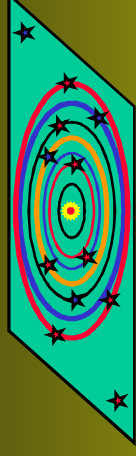
Sistema Local de Estrelas



Sol - Próxima
40 trilhões de km
(4,4 a.l.)

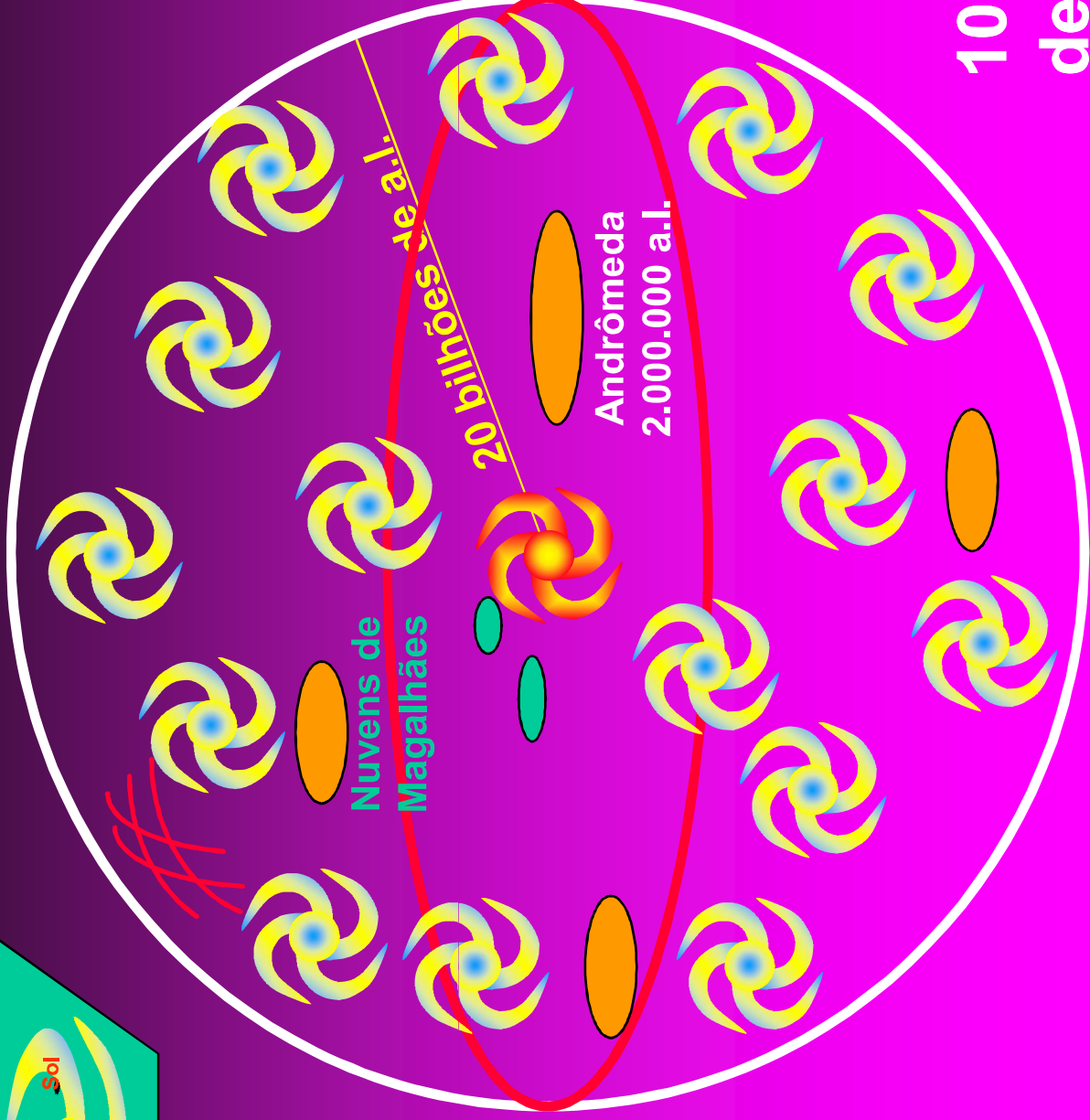
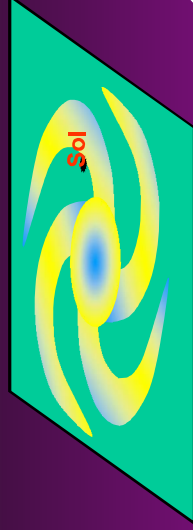


Nossa Galáxia



100 bilhões
de estrelas

Nosso Universo

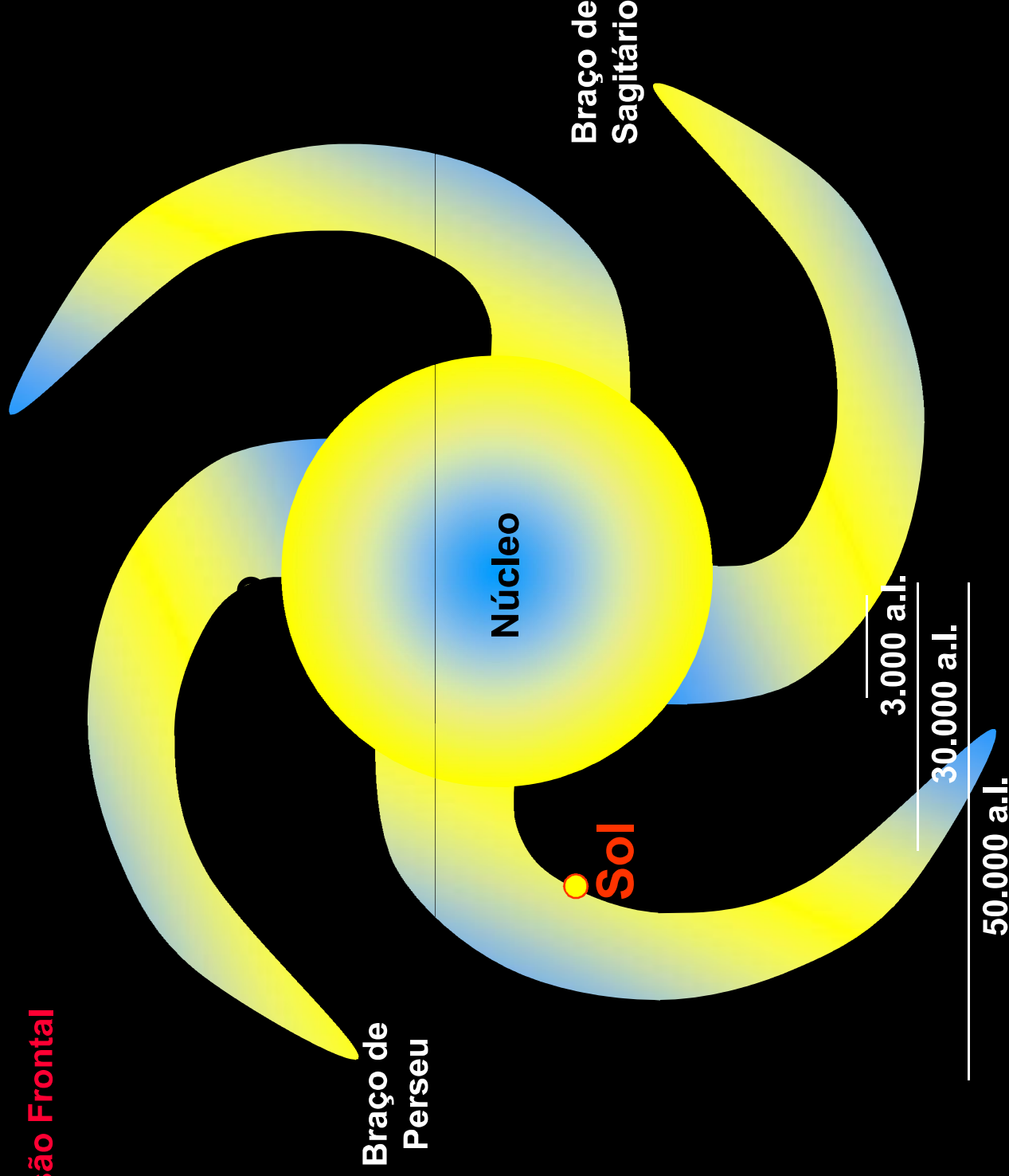


100 bilhões
de galáxias

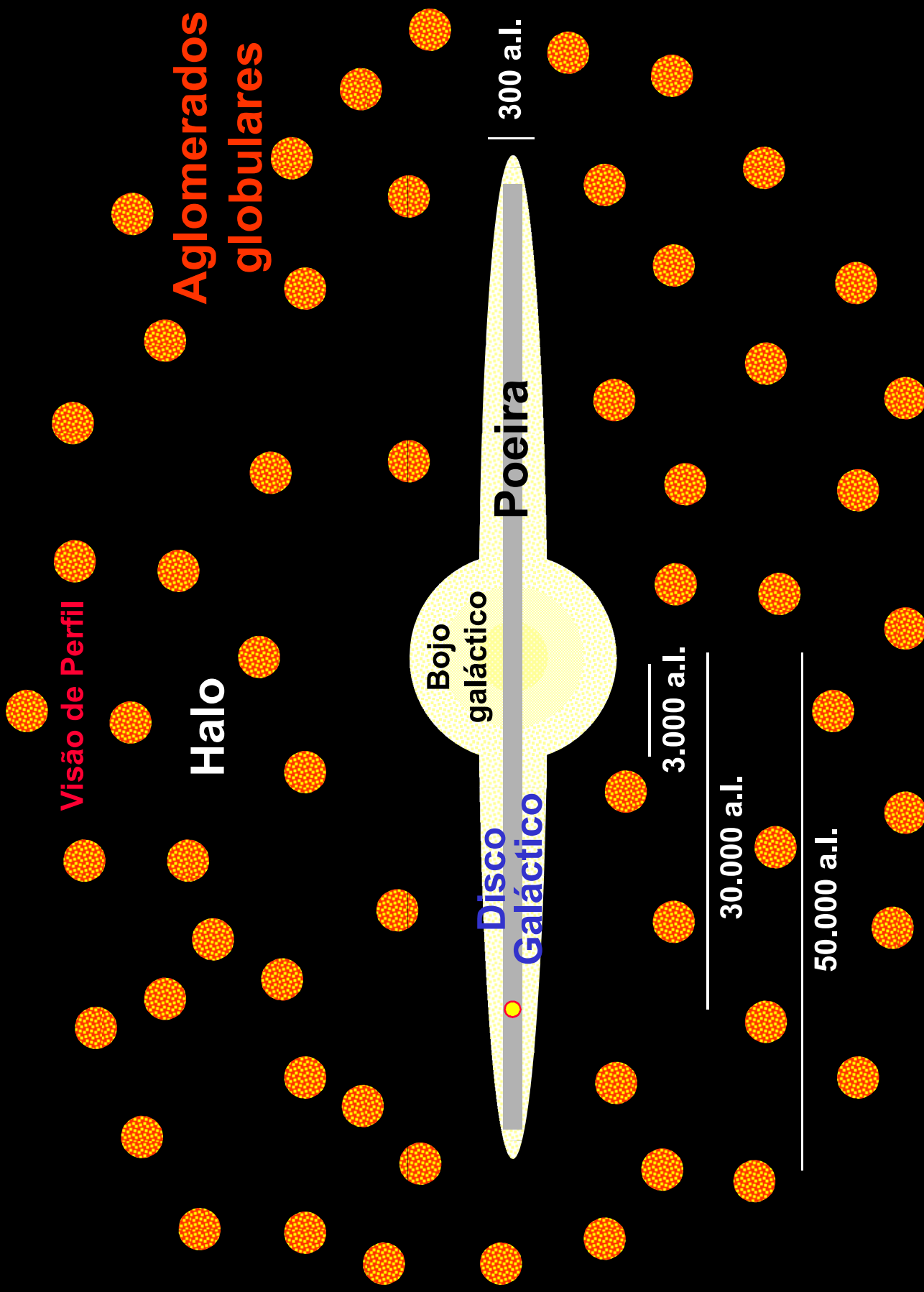
Nossa Galáxia

Nossa Galáxia

Visão Frontal

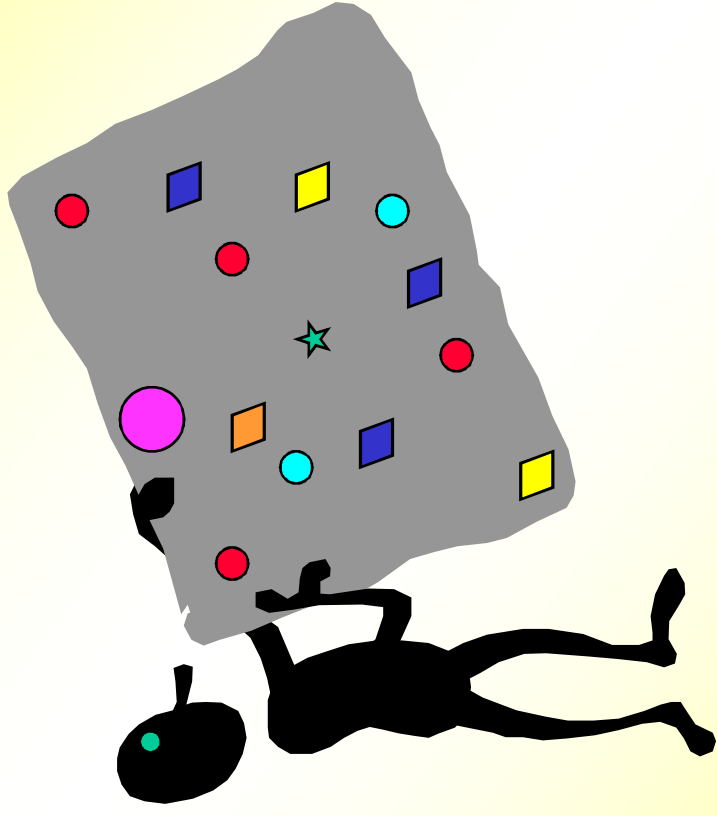
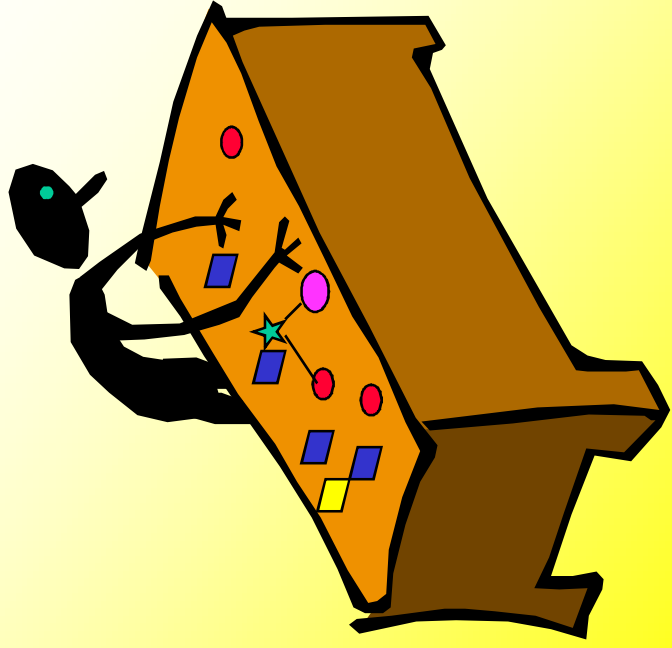
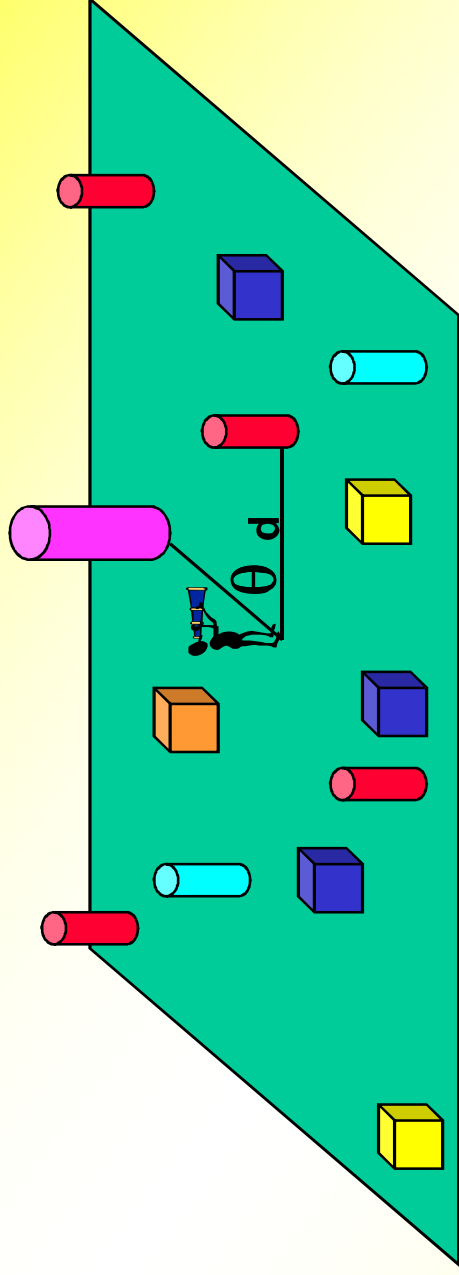


Nossa Galáxia

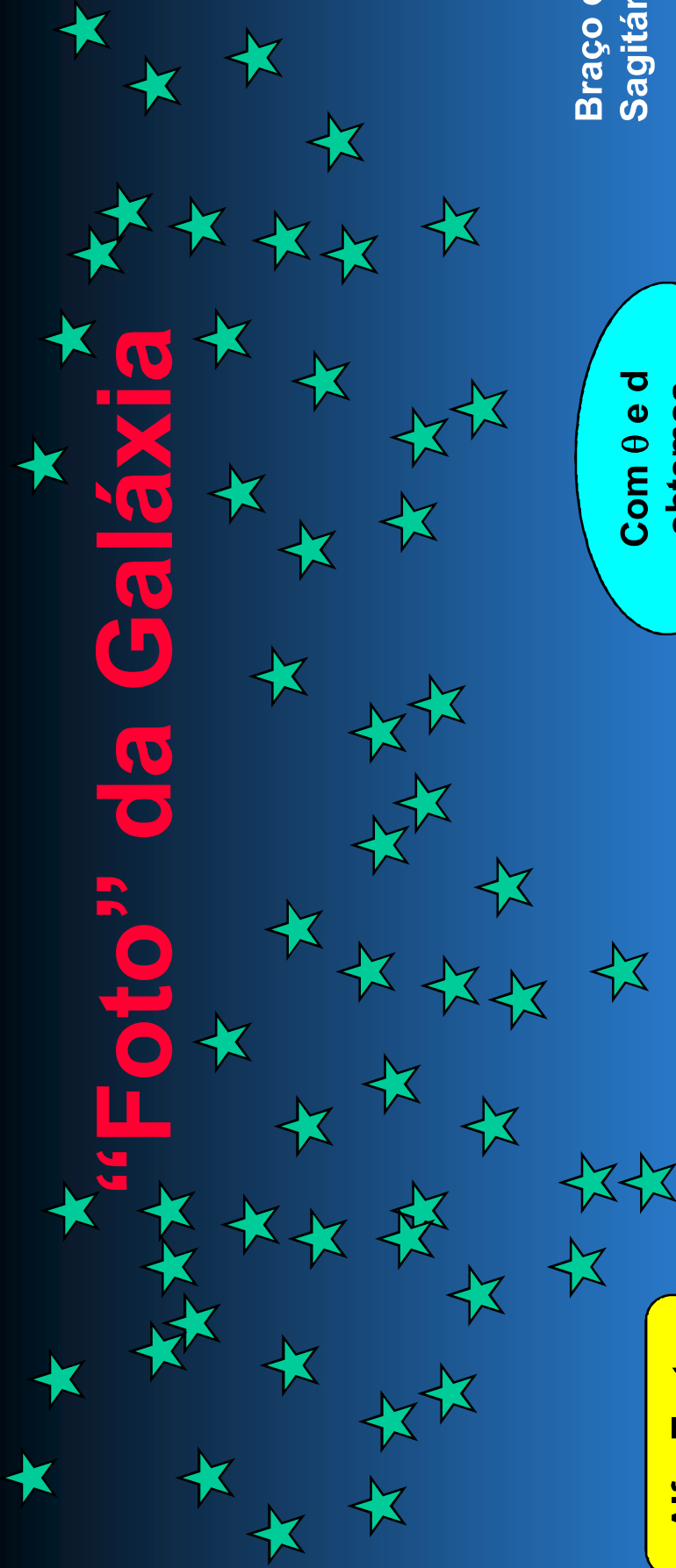


**Como sabemos a forma
da Nossa Galáxia ?**

“Foto” da Cidade

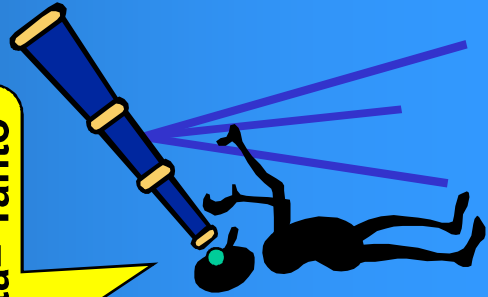


“Foto” da Galáxia

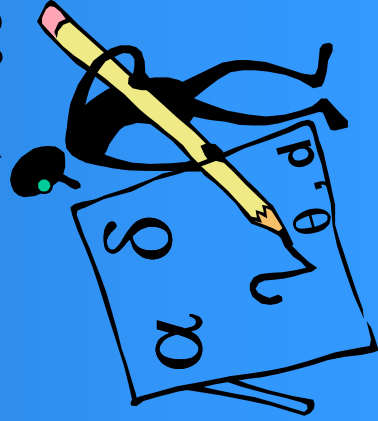


Braço de Sagitário

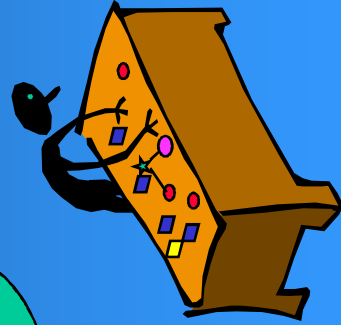
Alfa=Tanto
e
Delta= Tanto



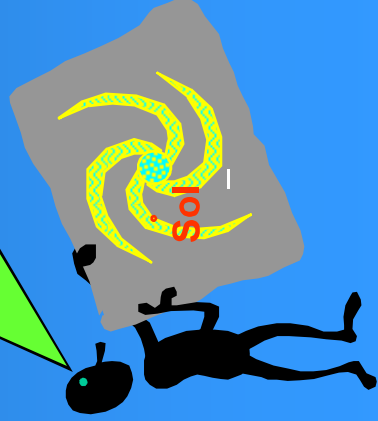
Com α e δ
obtemos θ e d !

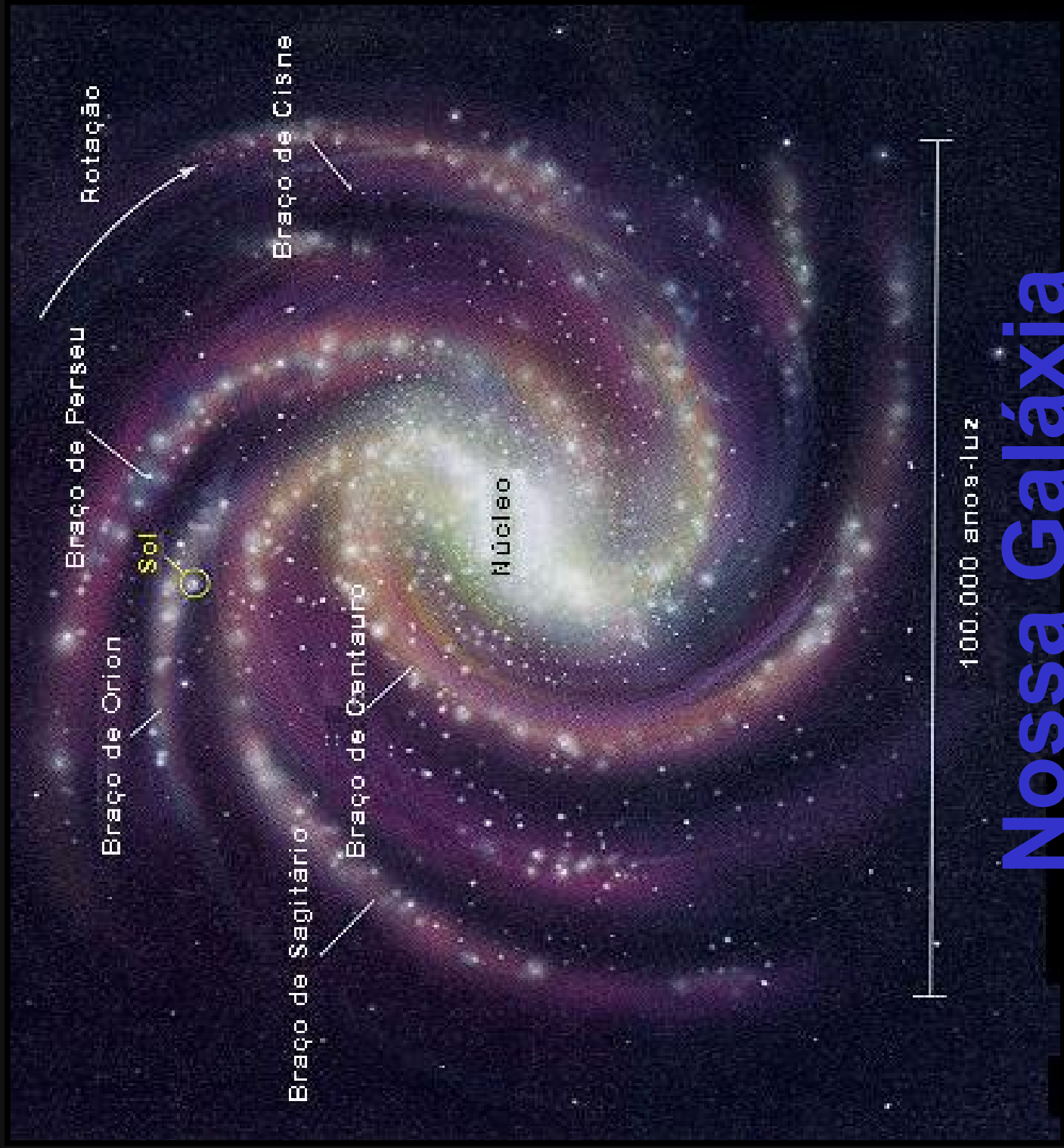


Com θ e d
obtemos esse ponto!



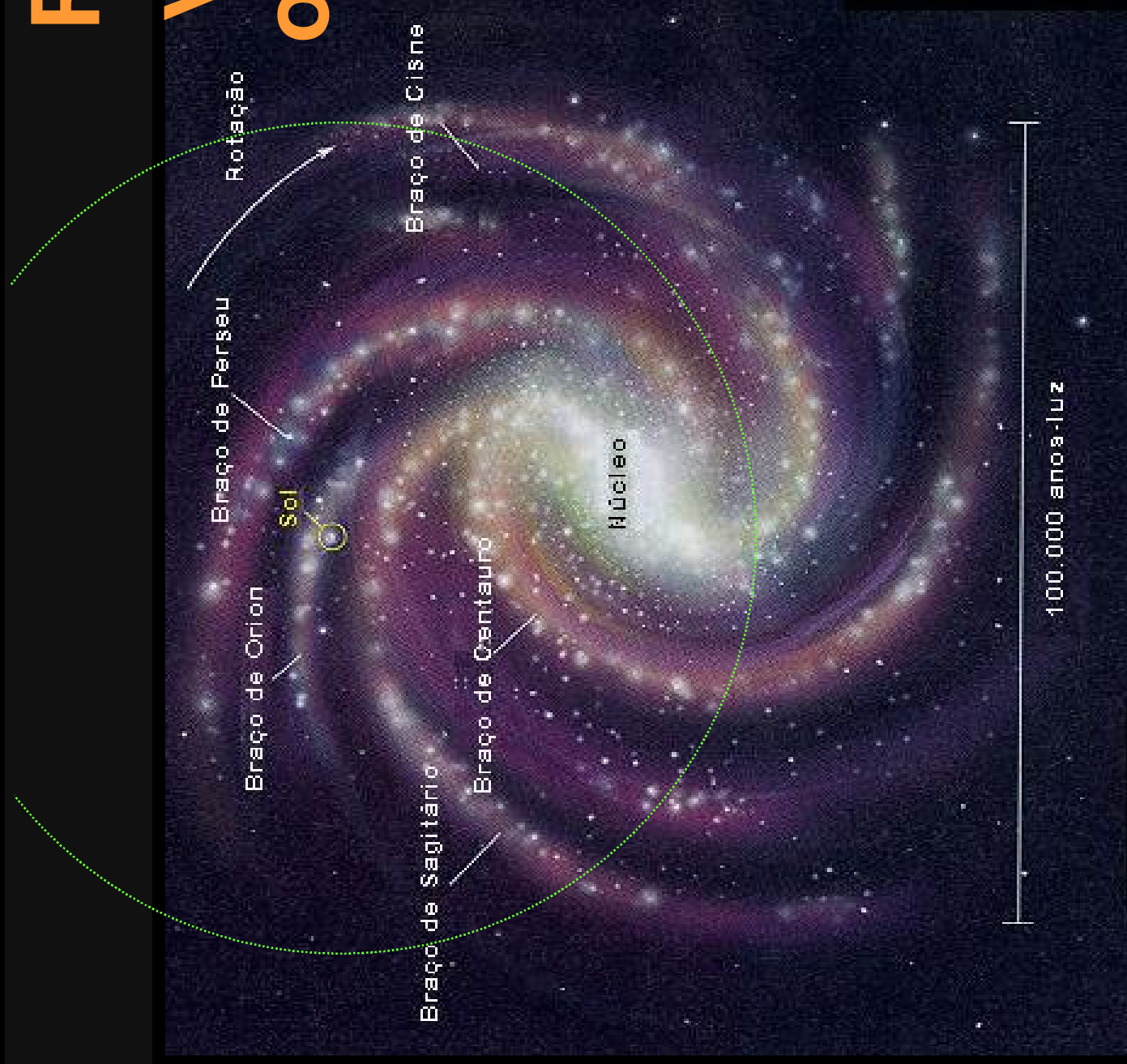
Ta-ta-ta-tchin!
Eis a foto da Galáxia!



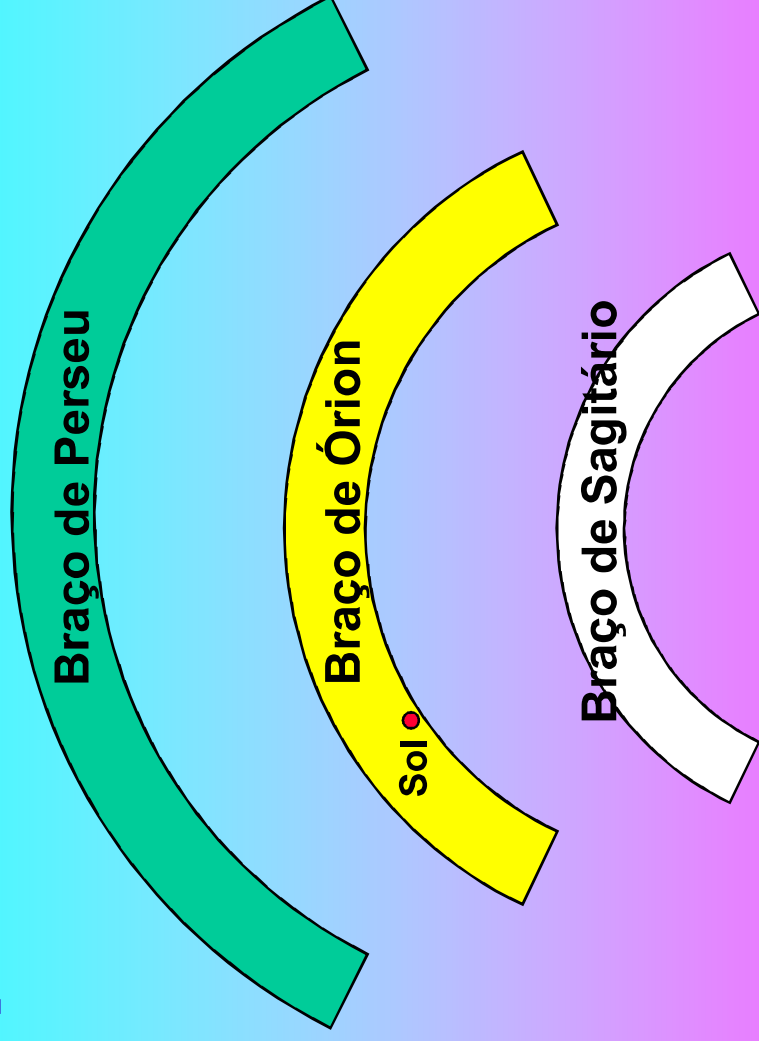


Nossa Galáxia

Região vista a olho nu

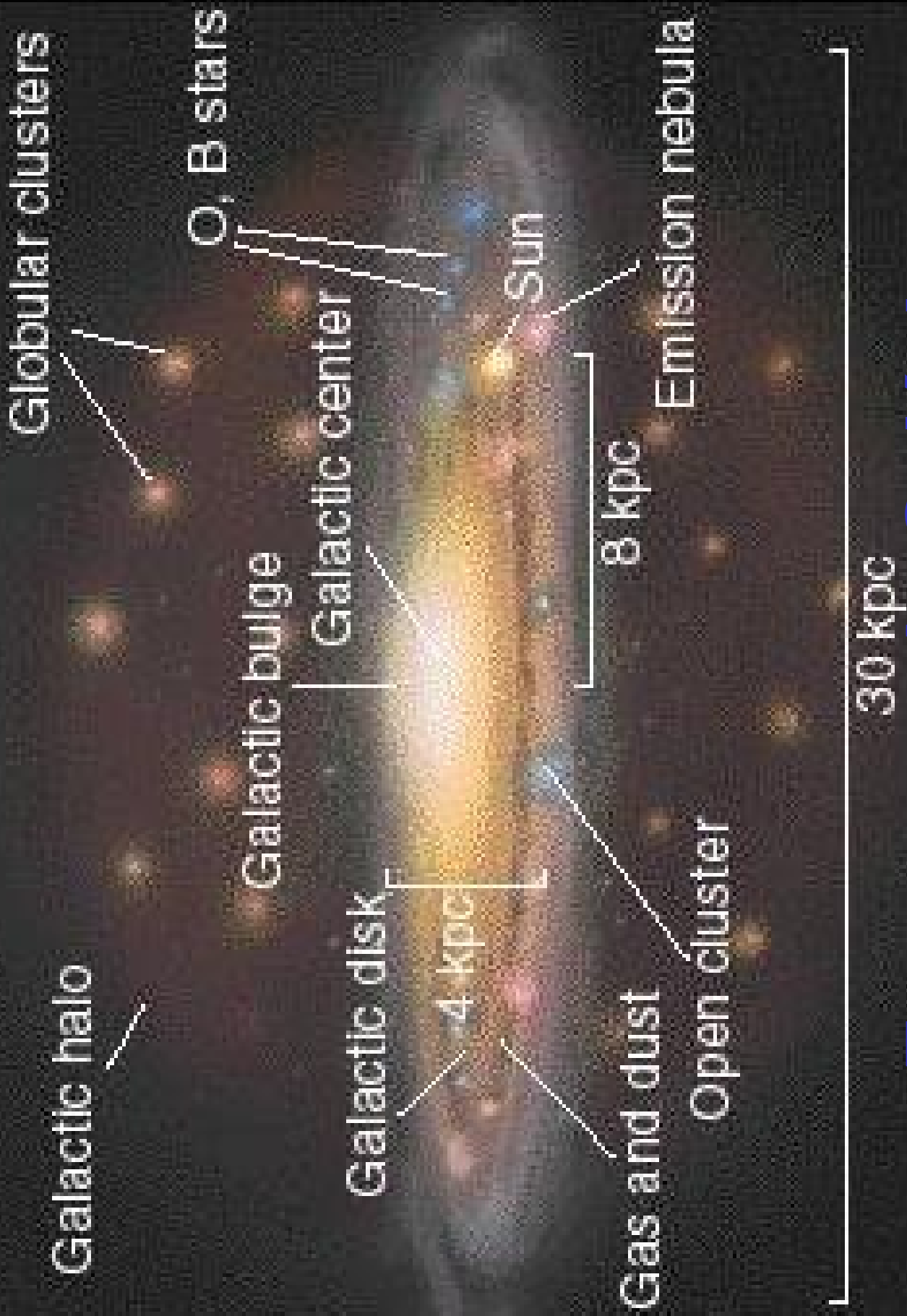


Braços da Galáxia nas proximidades do Sol



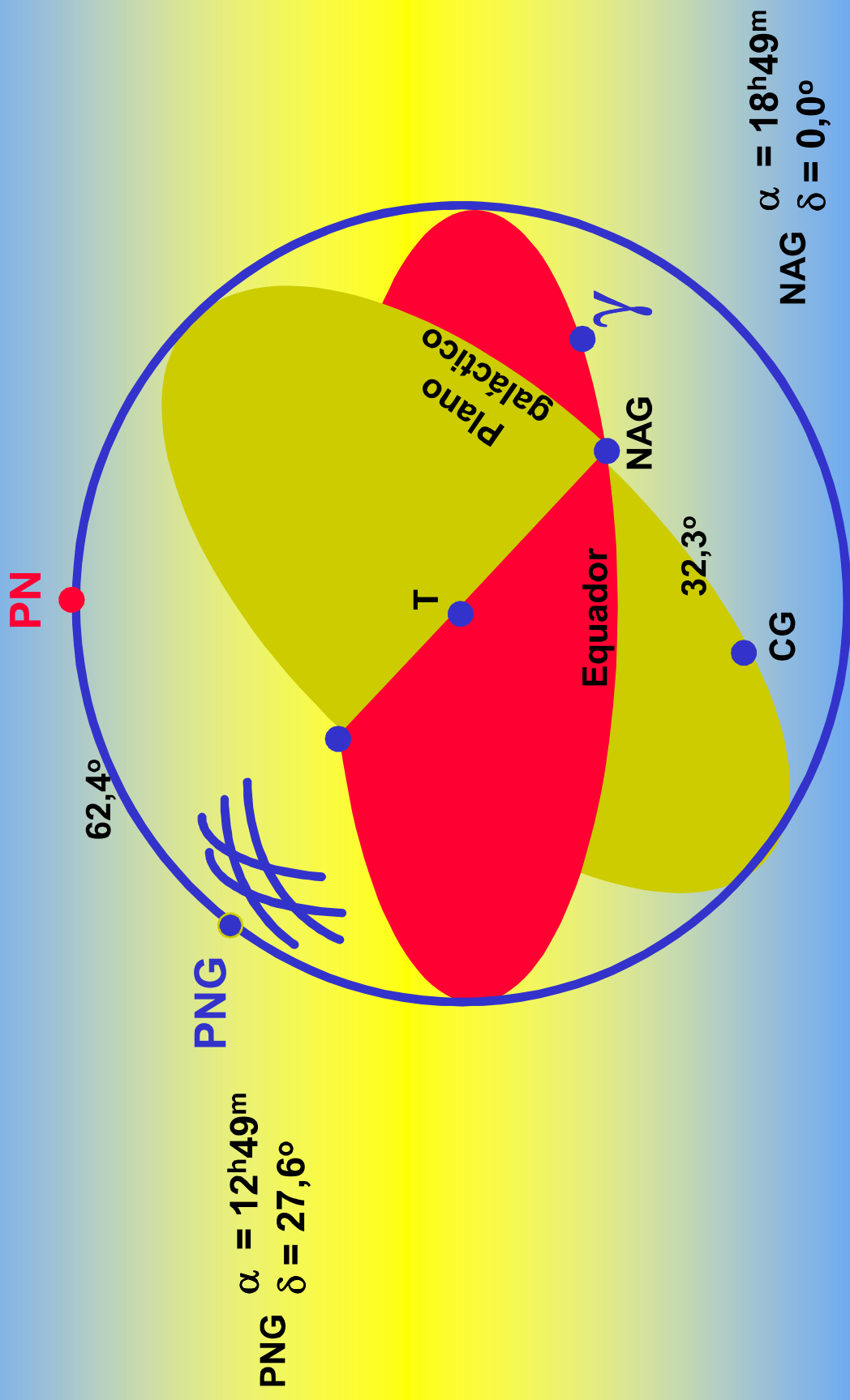
Centro da Galáxia



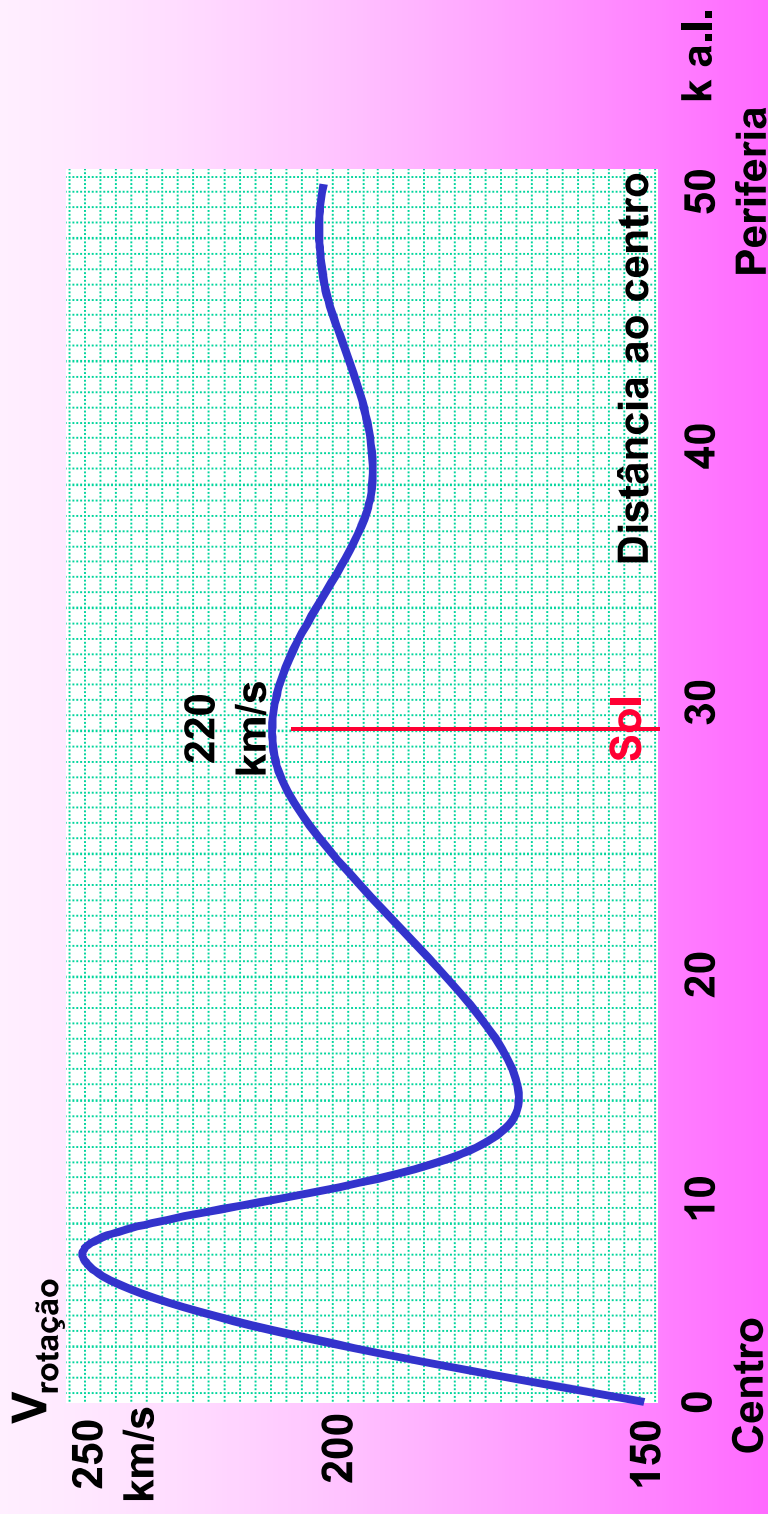


Esquema da Galáxia

Posição do Plano Galáctico



Rotação da Galáxia



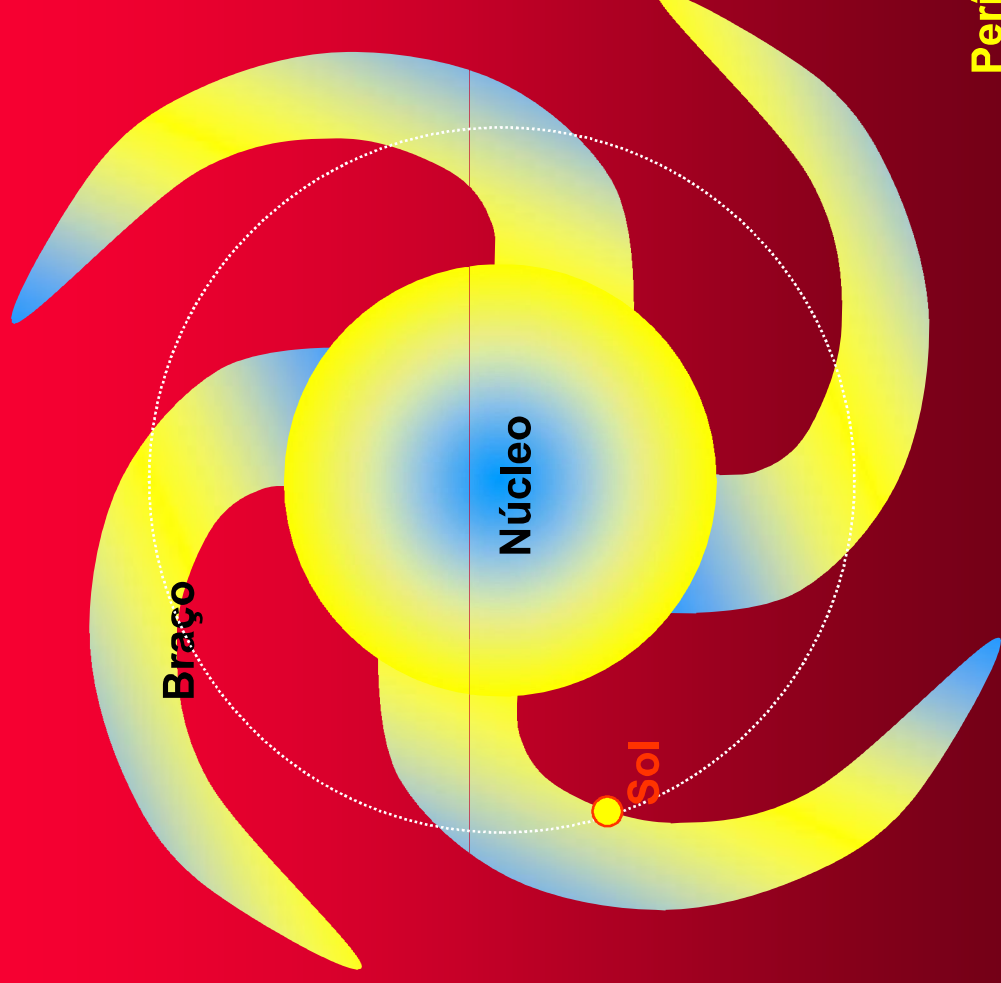
Medidas feitas principalmente com radiotelescópios na faixa de $\lambda = 21 \text{ cm}$

Período de rotação = 250 Milhões de anos (Sol deu 20 voltas em torno do centro galáctico)

Padrão Local de Repouso

LSR = Local Standard of Rest

Velocidade peculiar do Sol:
16,5 km/s
em direção do
Ápex Solar, na
constelação de
Hércules



LSR

Ponto que, num instante, está centrado no Sol e move-se com movimento circular uniforme em torno do Centro Galáctico

Período orbital do Sol em torno do centro galáctico:
~250 milhões de anos

Componentes da Galáxia

- Estrelas
- Campo de Radiação
- Meio interestelar
- Campo Magnético galáctico
- Raios Cósmicos

Estrelas

Estrelas

Correspondem de 80 a 90% da massa da Galáxia

- Estrelas isoladas (raras) 
- Sistemas binários ou múltiplos 
- Aglomerados Abertos 
- Aglomerados Globulares 

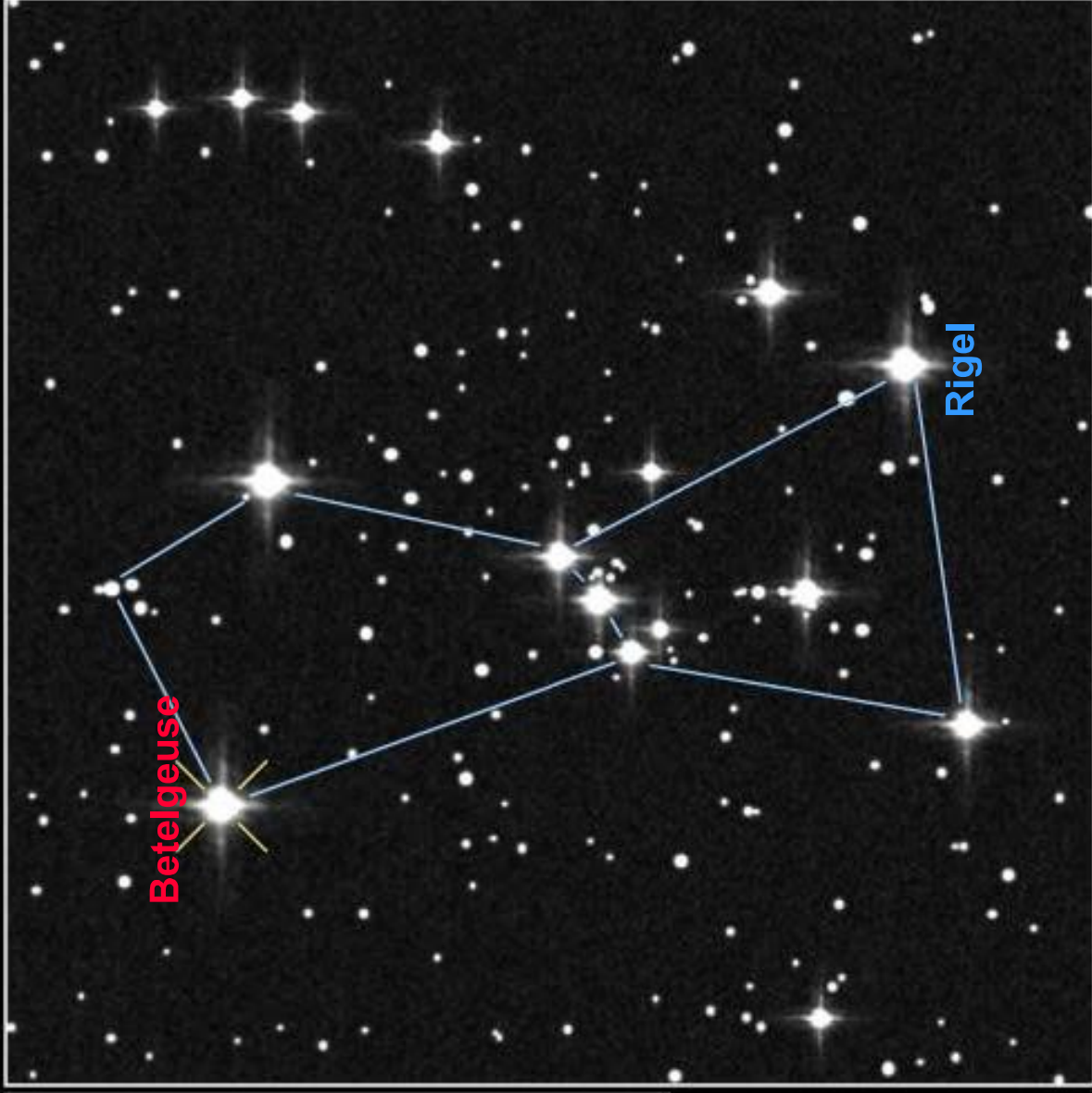
Estrela isolada



┌
└ Size of Star

┌
└ Size of Earth's Orbit

┌
└ Size of Jupiter's Orbit



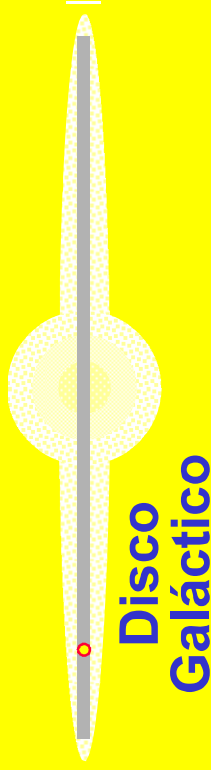
Atmosphere of Betelgeuse

Constelação de Orion

HST · FOC

PRC96-04 · ST ScI OPO · January 15, 1995 · A. Dupree (CfA), NASA

Aglomerados Abertos



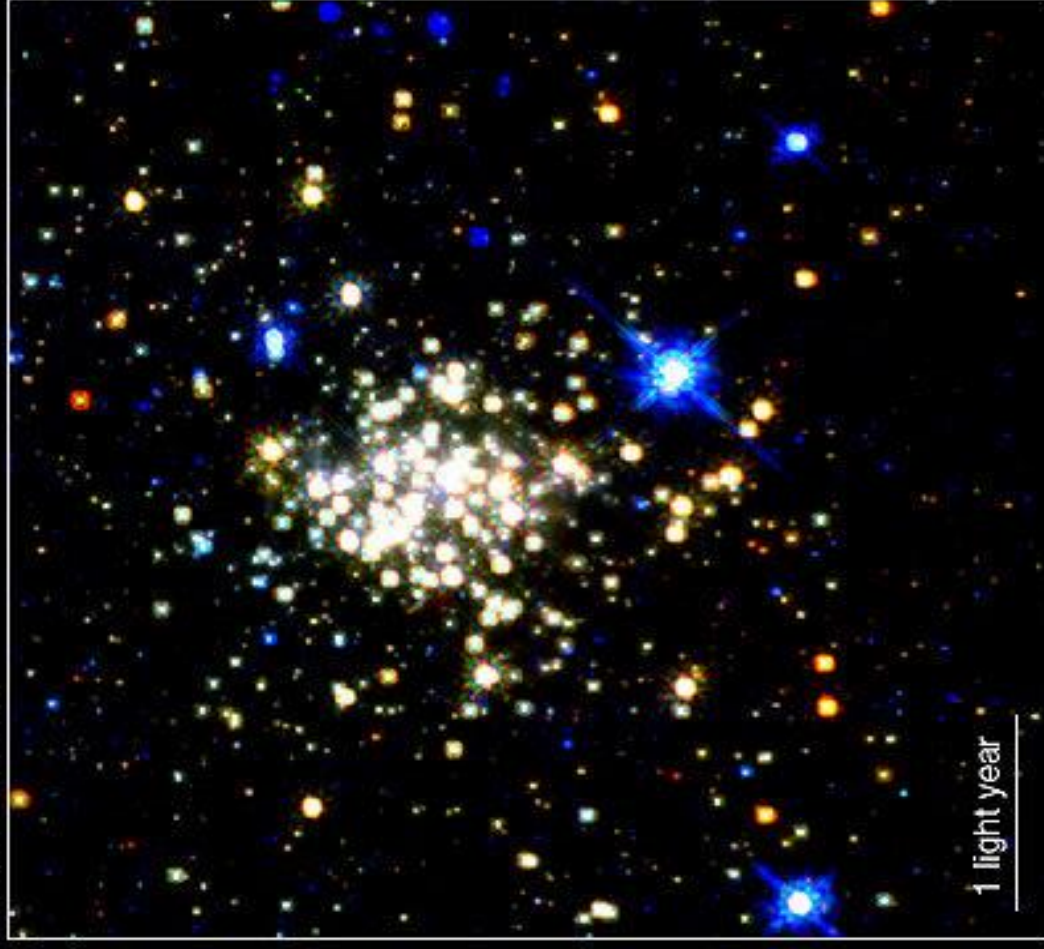
- Muito numerosos na Galáxia
- De 10 a 1000 estrelas
- Diâmetro com dezenas de anos-luz
- Forma irregular
- Localizadas no Plano Galáctico
- Têm abundância normal de elementos químicos
- Têm idades variadas
- Vários têm estrelas com material pré-ejetado
- Estrelas de População I

Aglomerado Aberto Jovem (NGC 3293)



Aglomerados abertos

Arches Cluster



1 light year

Quintuplet Cluster



2 light years

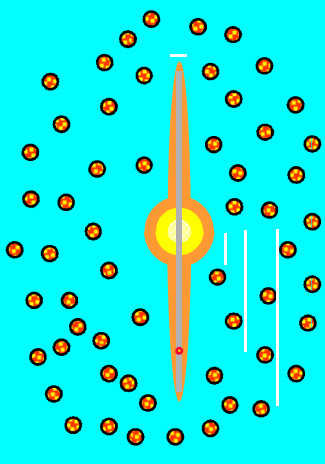
Star Clusters Near the Center of the Galaxy

PRC99-30 • STScI OPO • D. Figer (STScI) and NASA

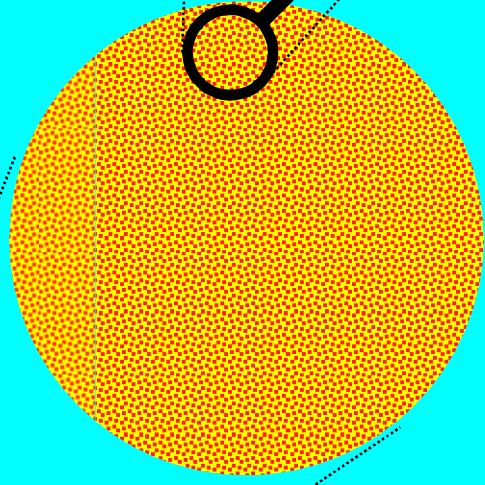
HST • NICMOS

Aglomerados Globulares

- São raros (cerca de 100 na Galáxia)
- Contêm de 100.000 a 1.000.000 de **
- Têm a forma esférica



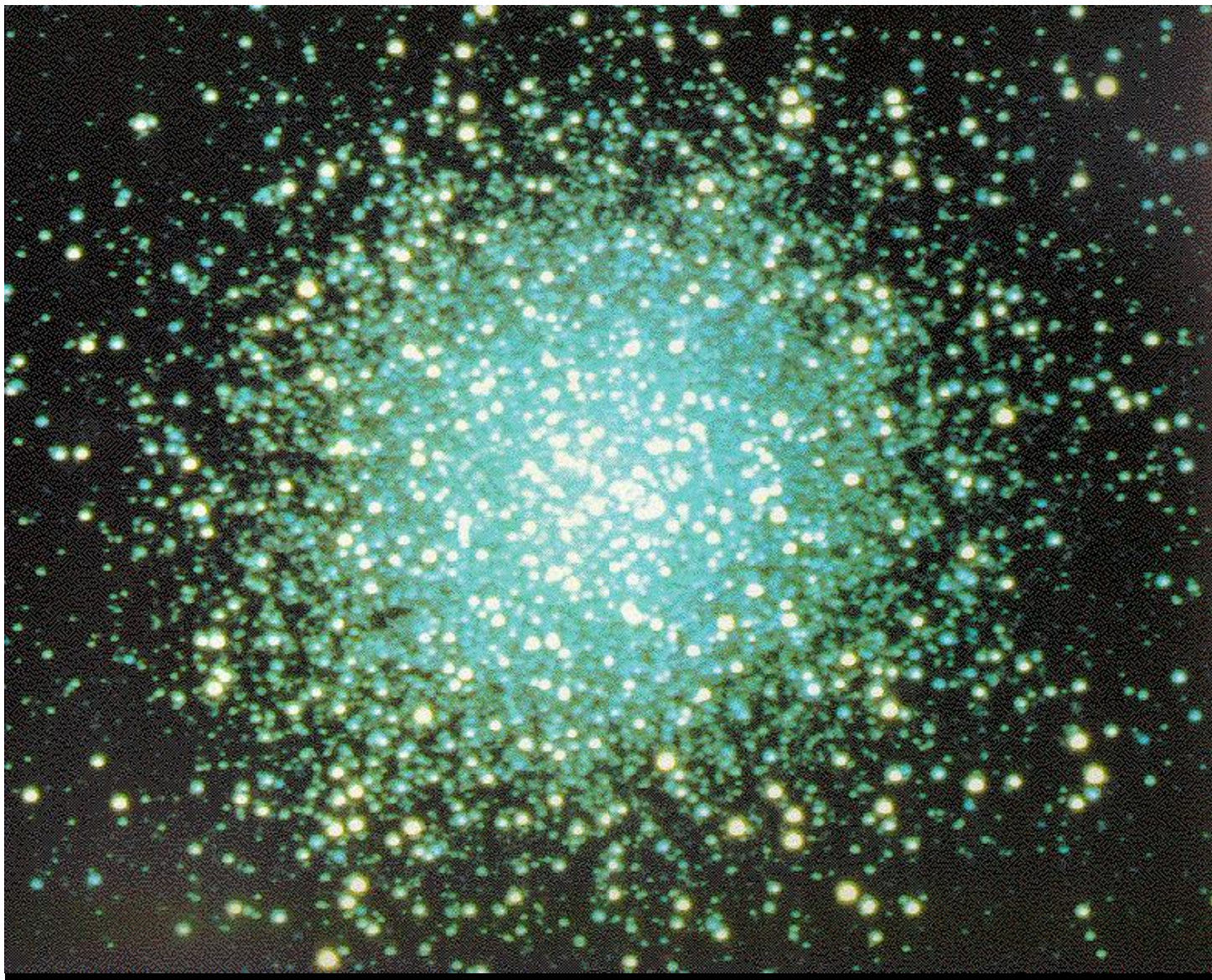
Aglomerado
globular



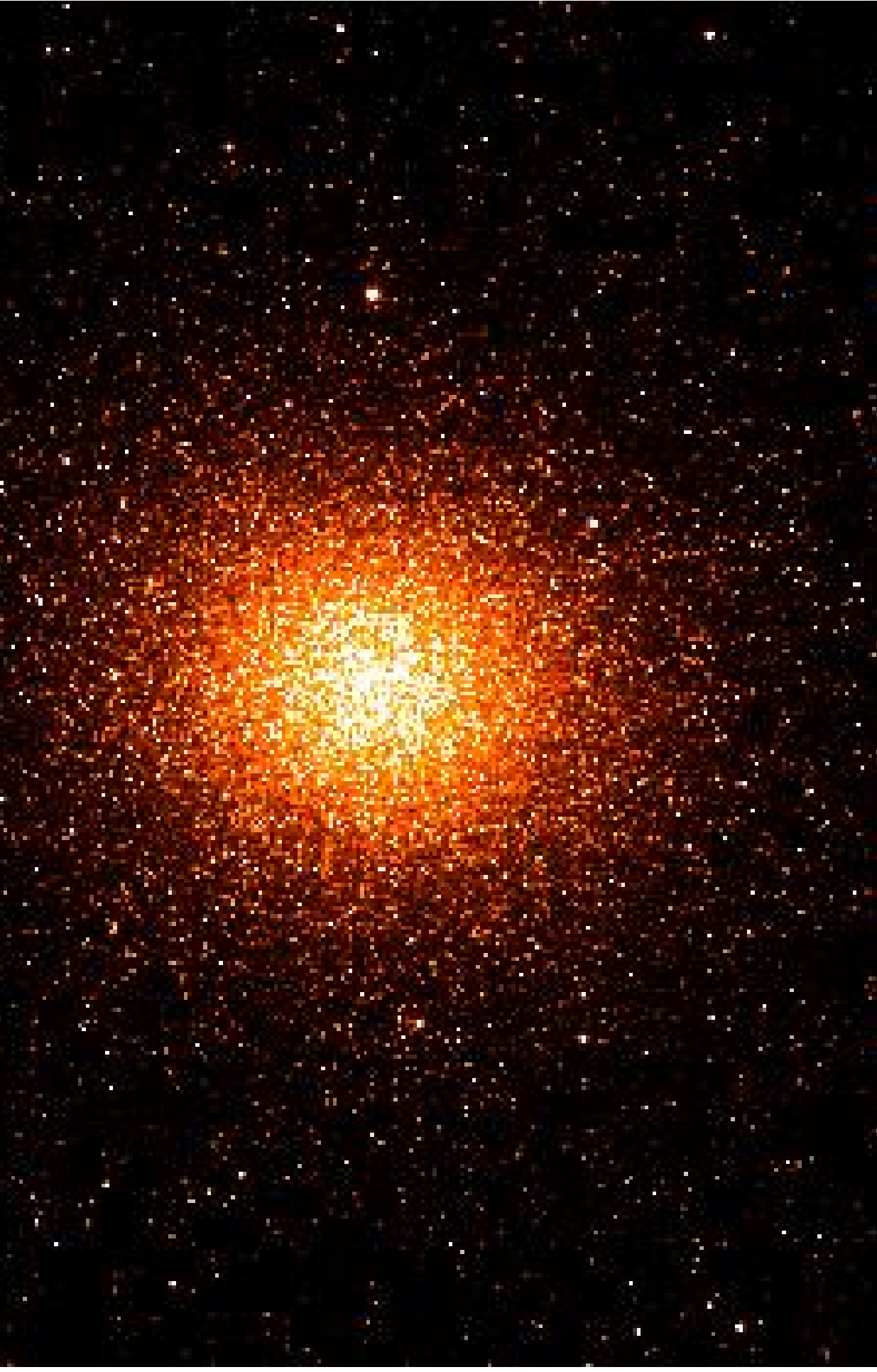
- São de estrelas mais velhas
- Formadas de material primordial da Galáxia
- Estrelas de População II
- Menor abundância de elementos pesados na superfície

Aglomerado Globular M 13

Diâmetro = 2000 AL
Estrelas = 1.000.000



Aglomerado globular



Globular Cluster NGC 6093



Hubble
Heritage

Aglomerado globular NGC 6093

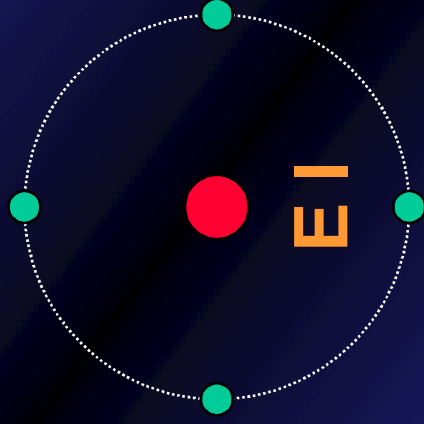
PRC99-26 • Space Telescope Science Institute • Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

Aglomerado globular

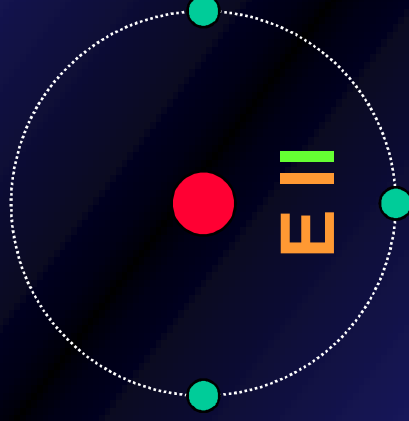


Populações estelares

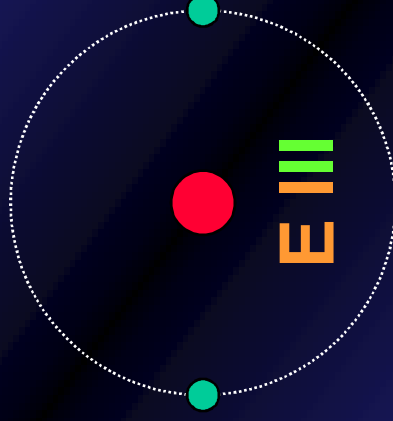
Notação de ionização dos elementos



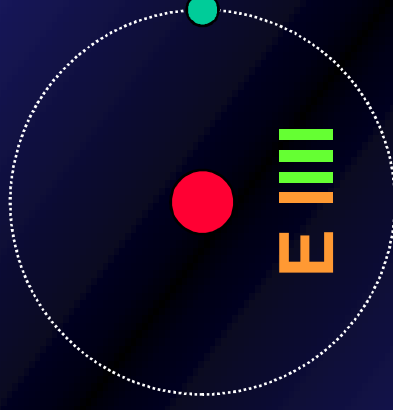
Átomo
Neutro



Ionizado
1 vez



Ionizado
2 vezes



Ionizado
3 vezes

Indicativos de Composição química

$$X = m_{\text{Hidrogênio}} / m_{\text{Total}}$$

$$Y = m_{\text{Hélio}} / m_{\text{Total}}$$

$$Z = m_{\text{Metais}} / m_{\text{Total}}$$

Baixa metalicidade

$$Z = 0,001$$

Alta metalicidade

$$Z = 0,02$$

População I (Alta metalicidade)

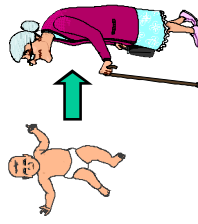
- **Jovem (< 0,1 Bilhões de anos)**

- Gás
- Poeira
- Estrelas tipo O e B
- Estrelas T-Tauri
- Aglomerados galácticos jovens
- Regiões H II



- **Velha (0,1 a 10 Bilhões de anos)**

- Sol
- Estrelas tipo A
- Estrelas Anãs vermelhas
- Aglomerados galácticos velhos



Populações estelares

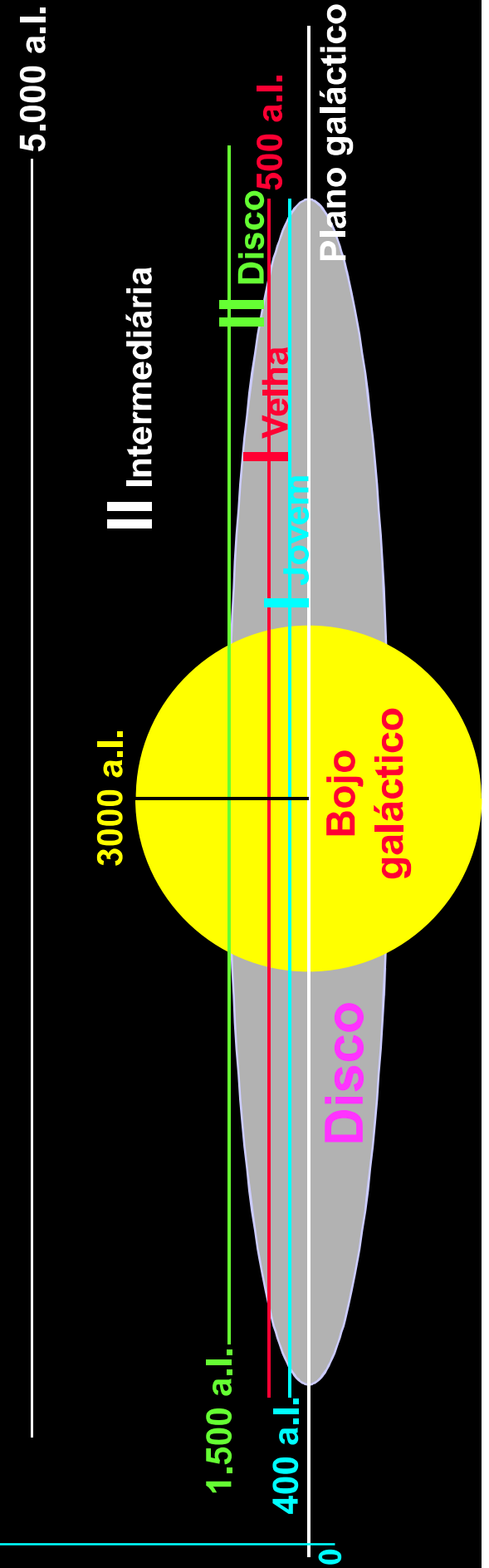
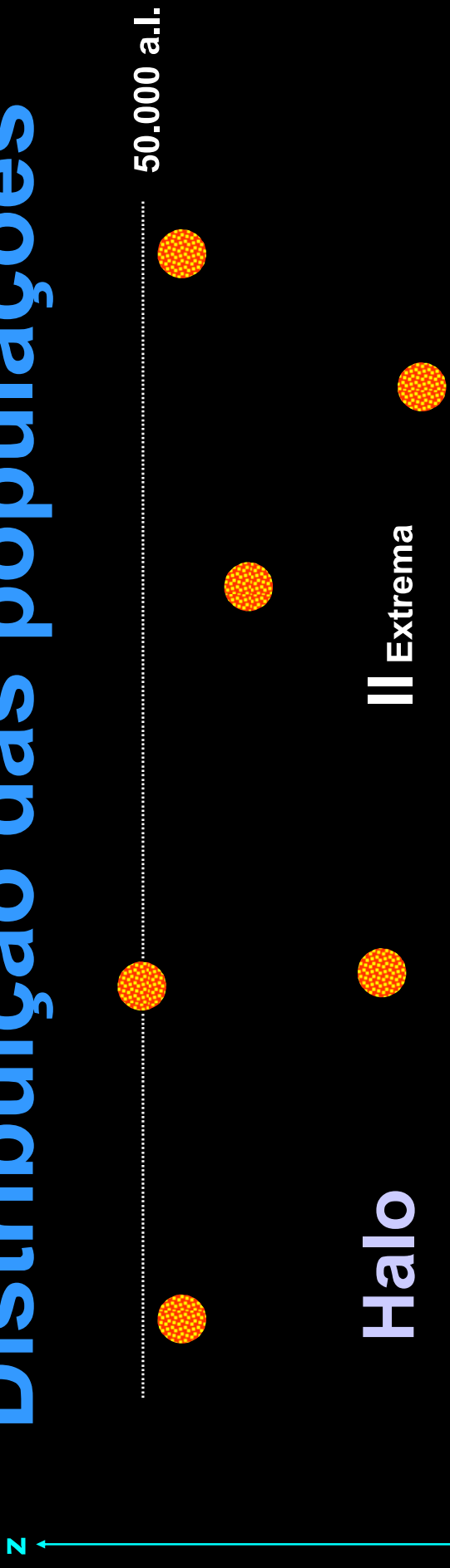
(Proposta de Baade em 1944)

População II (Formadas na juventude da Galáxia)

- **Disco (3 a 10 Bilhões de anos)**
 - Estrelas tipo Novas
 - Estrelas RR Lyrae (de curto período)
- **Intermediária (10 Bilhões de anos)**
 - Estrelas de alta velocidade
 - Variáveis de longo período
- **Extrema (> 10 Bilhões de anos)**
 - Aglomerados globulares
 - Estrelas sub-anãs
 - Estrelas RR Lyrae (de longo período)

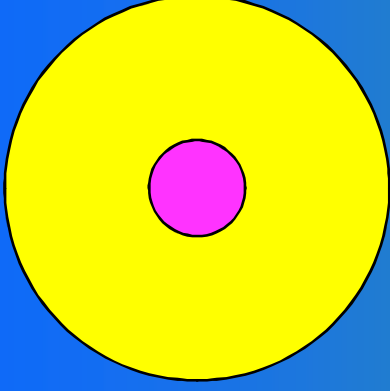


Distribuição das populações



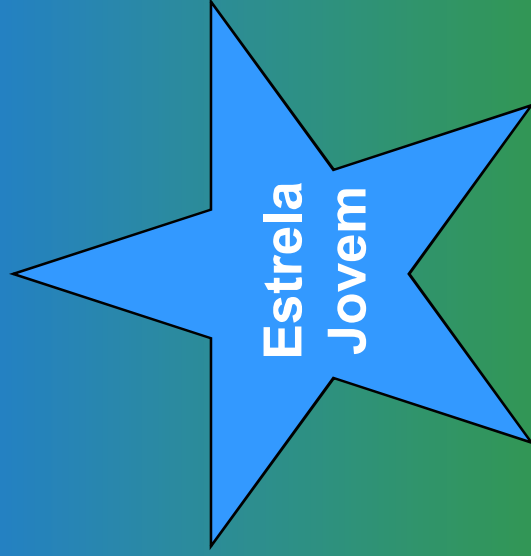
Paradoxo!

Numa estrela:

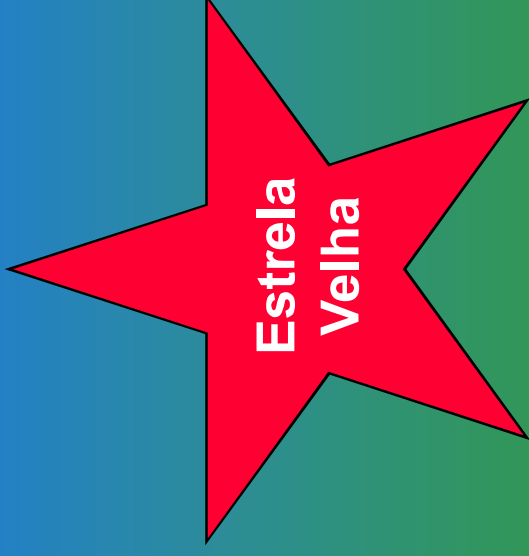


Reações de fusão nuclear:

Leve + Leve → **Pesado**



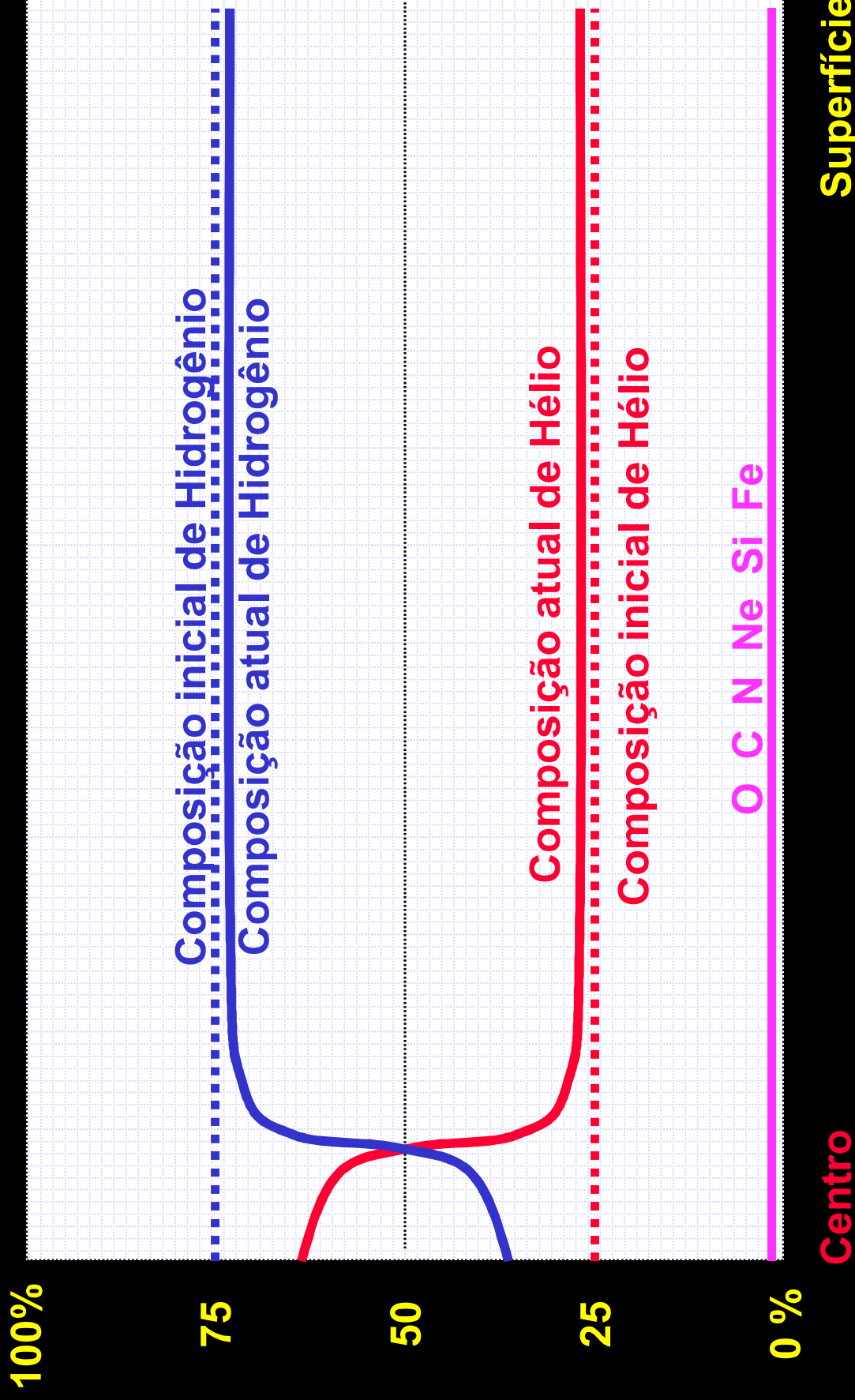
Hidrogênio
+
Elementos pesados



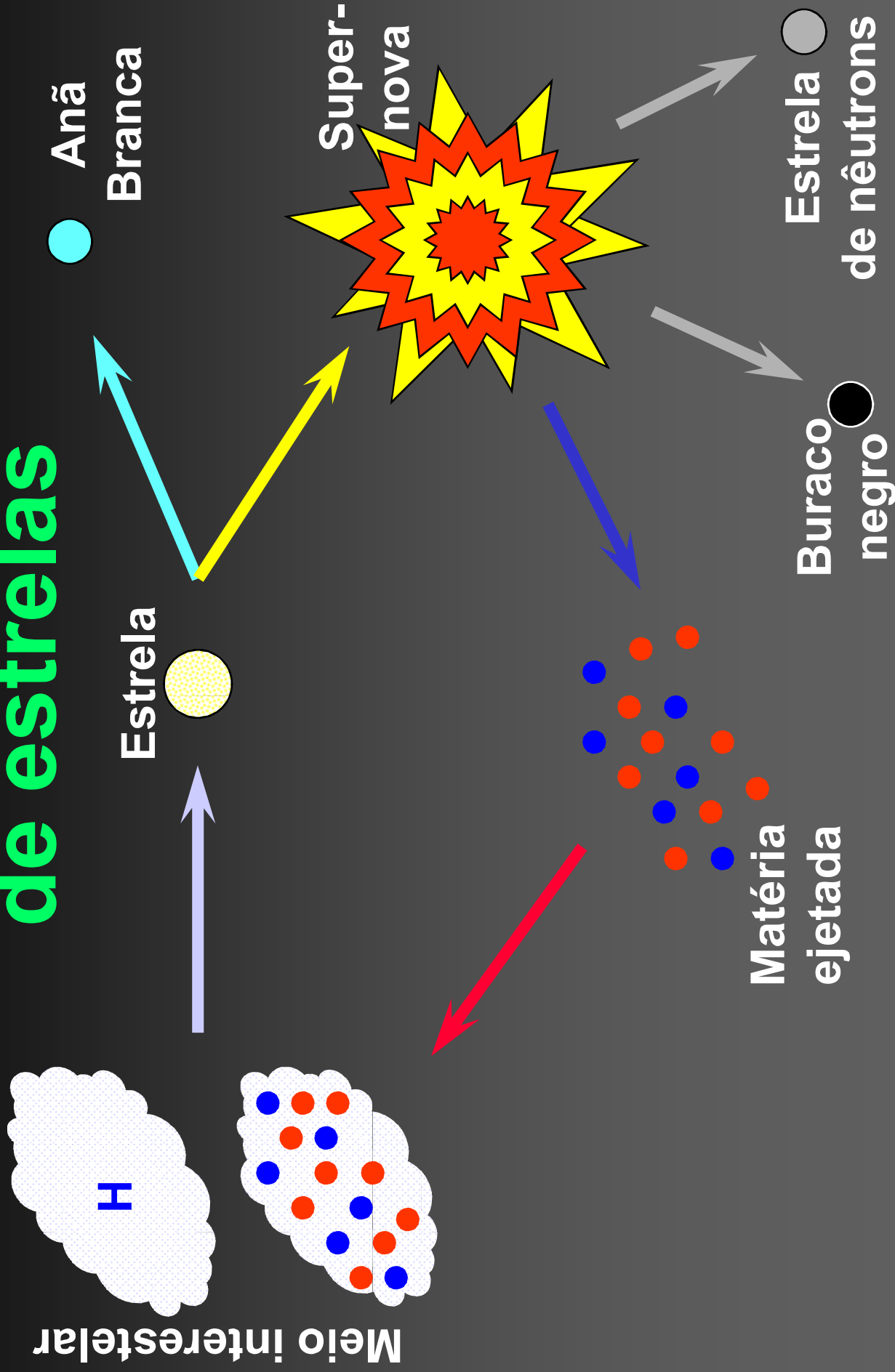
Hidrogênio

Composição
superficial

Mudanças na composição química do Sol



Formação contínua de estrelas



**Primeira
Geração**

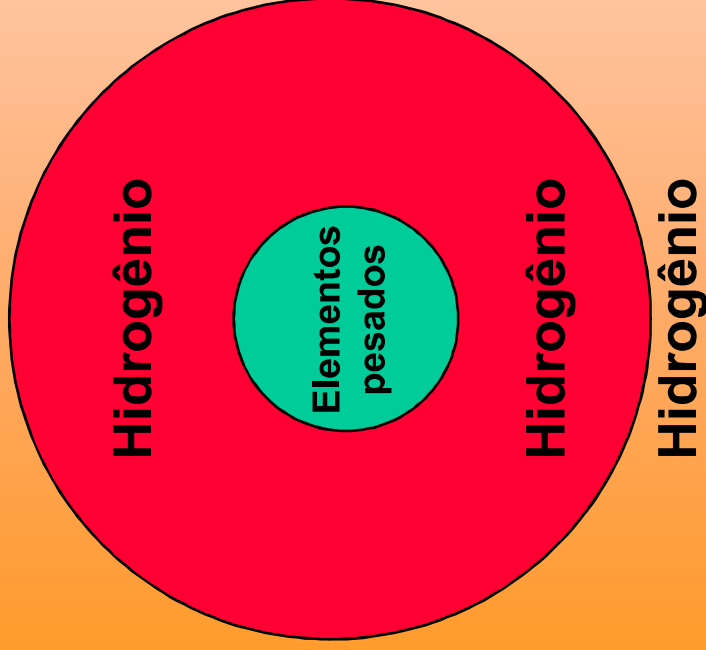


No
nascimento

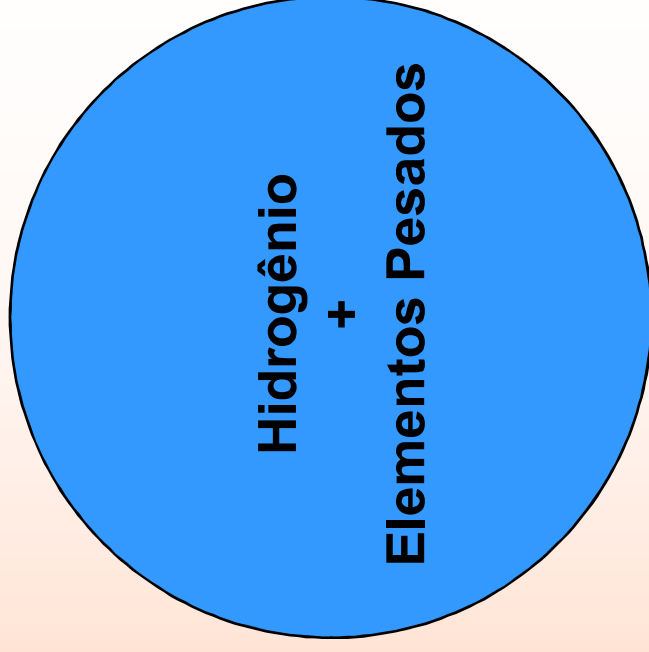
Composição estelar

**Segunda
Geração**

Estrela Velha

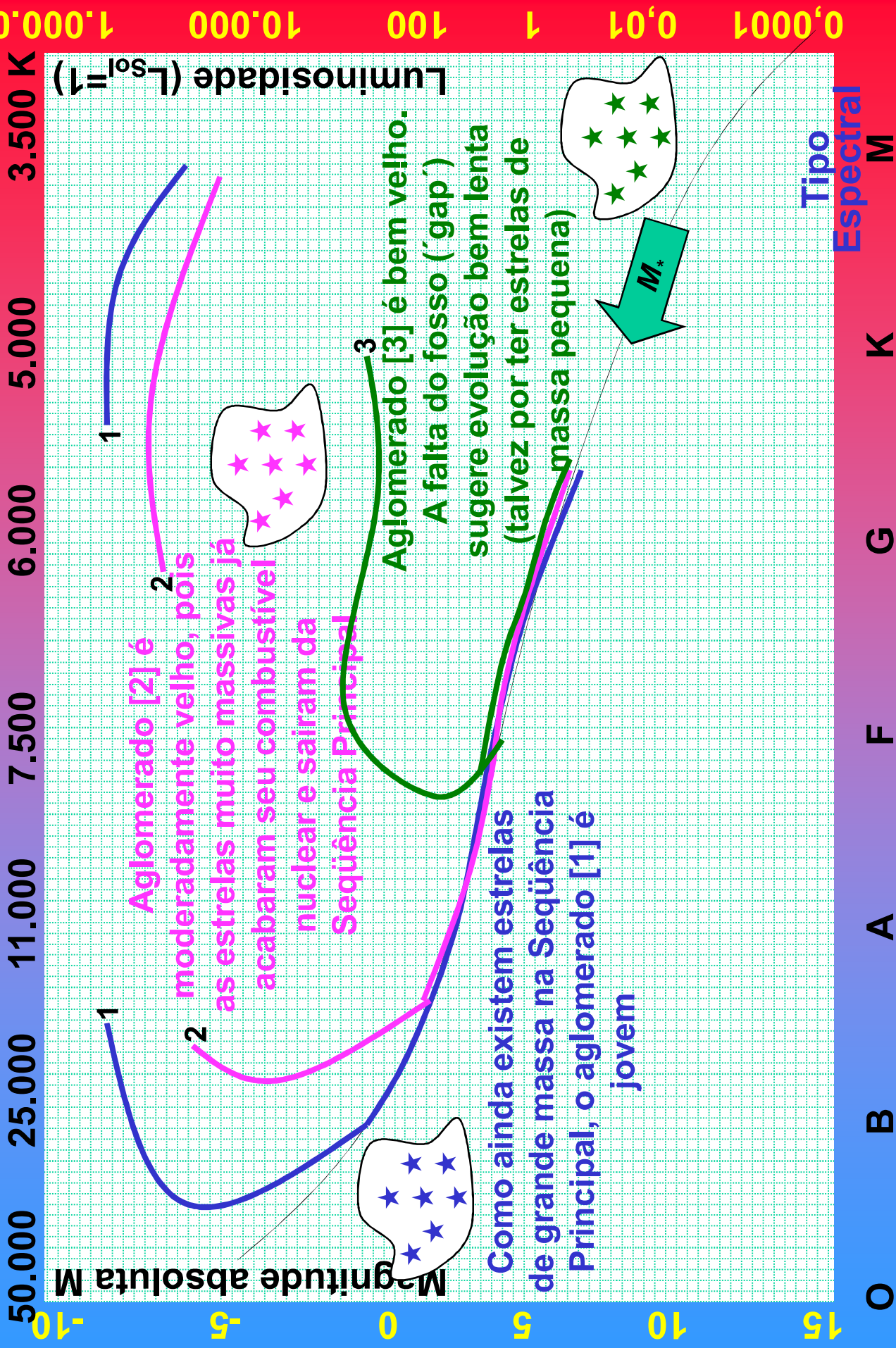


Estrela Jovem

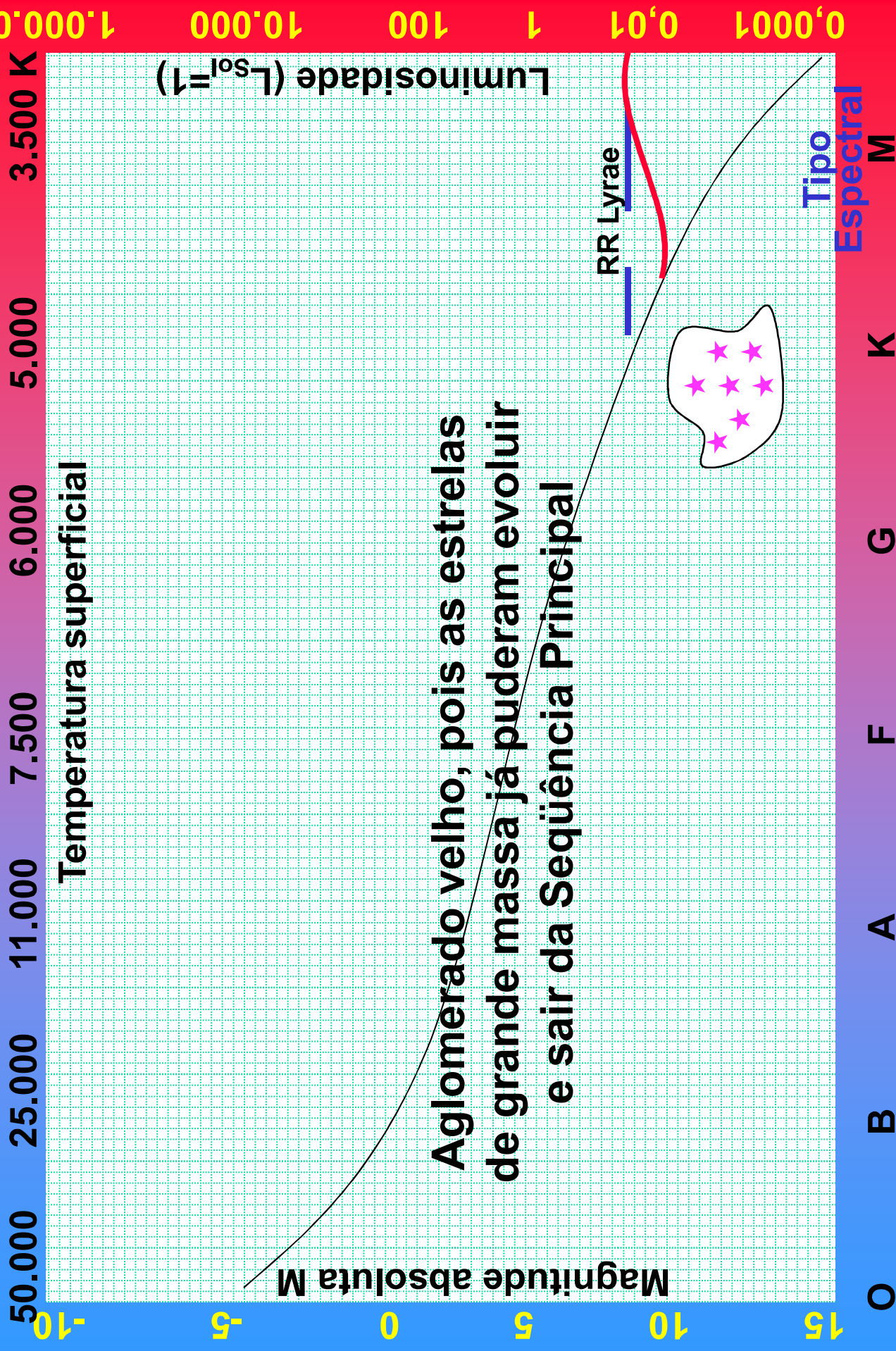


Hidrogênio
+
Elementos Pesados

H_R de Aglomerados Abertos

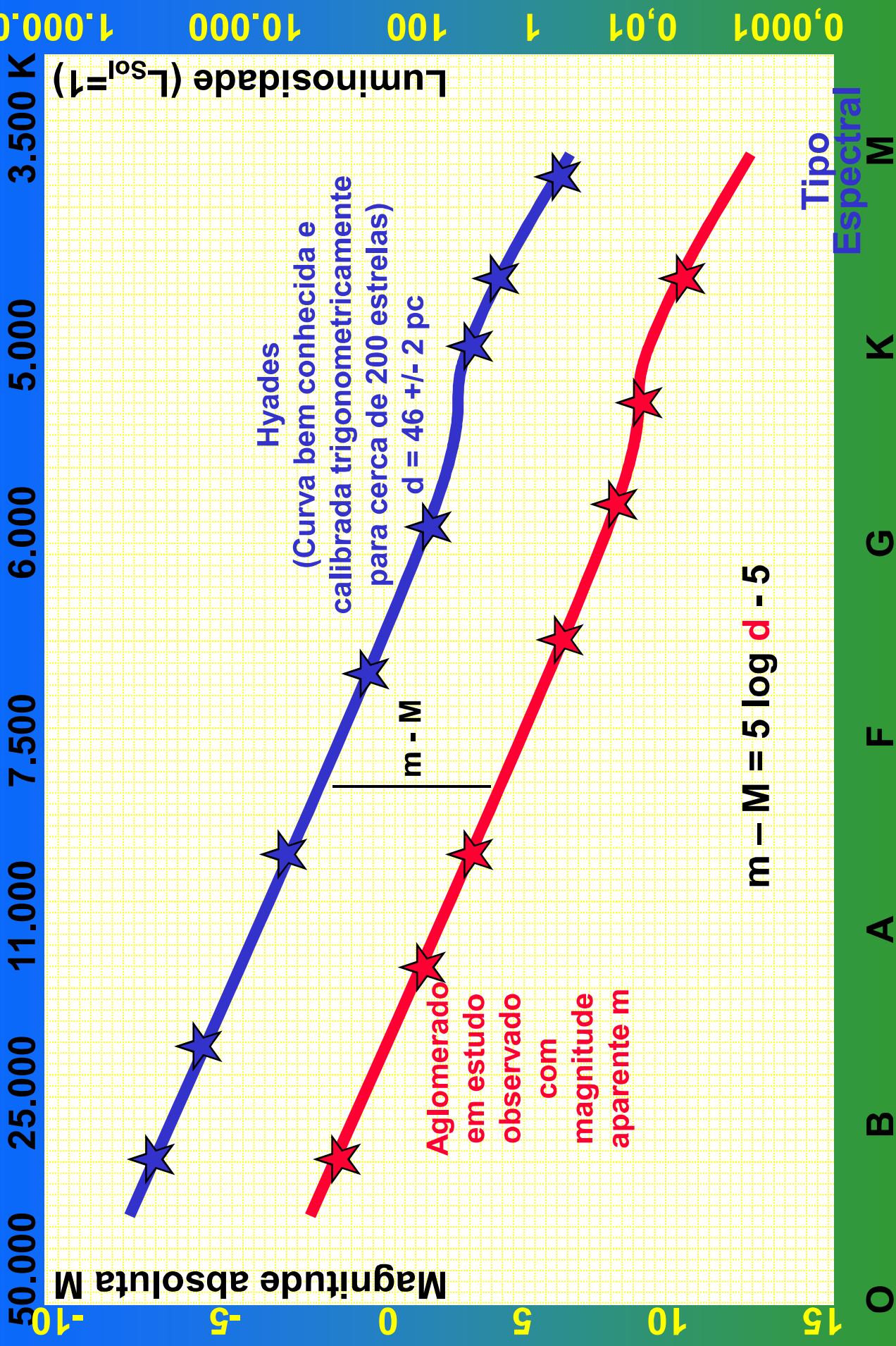


H_R de Aglomerados Globulares



Determinação de distâncias de aglomerados por comparação

Módulo de distância de aglomerados



- Estrelas
- **Campo de Radiação**
- Meio interestelar
- Campo Magnético galáctico
- Raios Cósmicos

Campo de radiação

Campo de radiação



Originado pela:

- _1_ Geração de energia pelas estrelas durante as reações de fusão nuclear no seu interior (distribuição igual ao das estrelas)**
- _2_ Explosão 'big-bang' na formação do Universo correspondente a uma radiação de Corpo Negro a 2,7 K (distribuição isotrópica)**

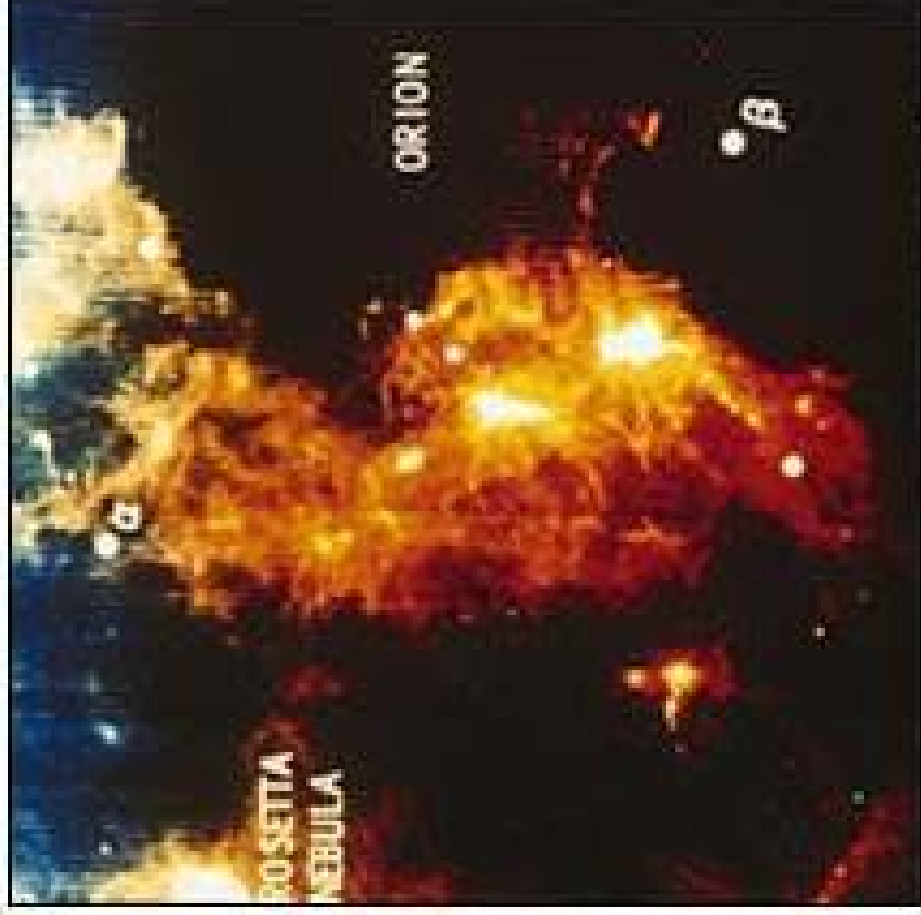
- Estrelas
- Campo de Radiação
- **Meio interestelar**
- Campo Magnético galáctico
- Raios Cósmicos



Meio interestelar



Orion visto em duas cores diferentes



Infravermelho



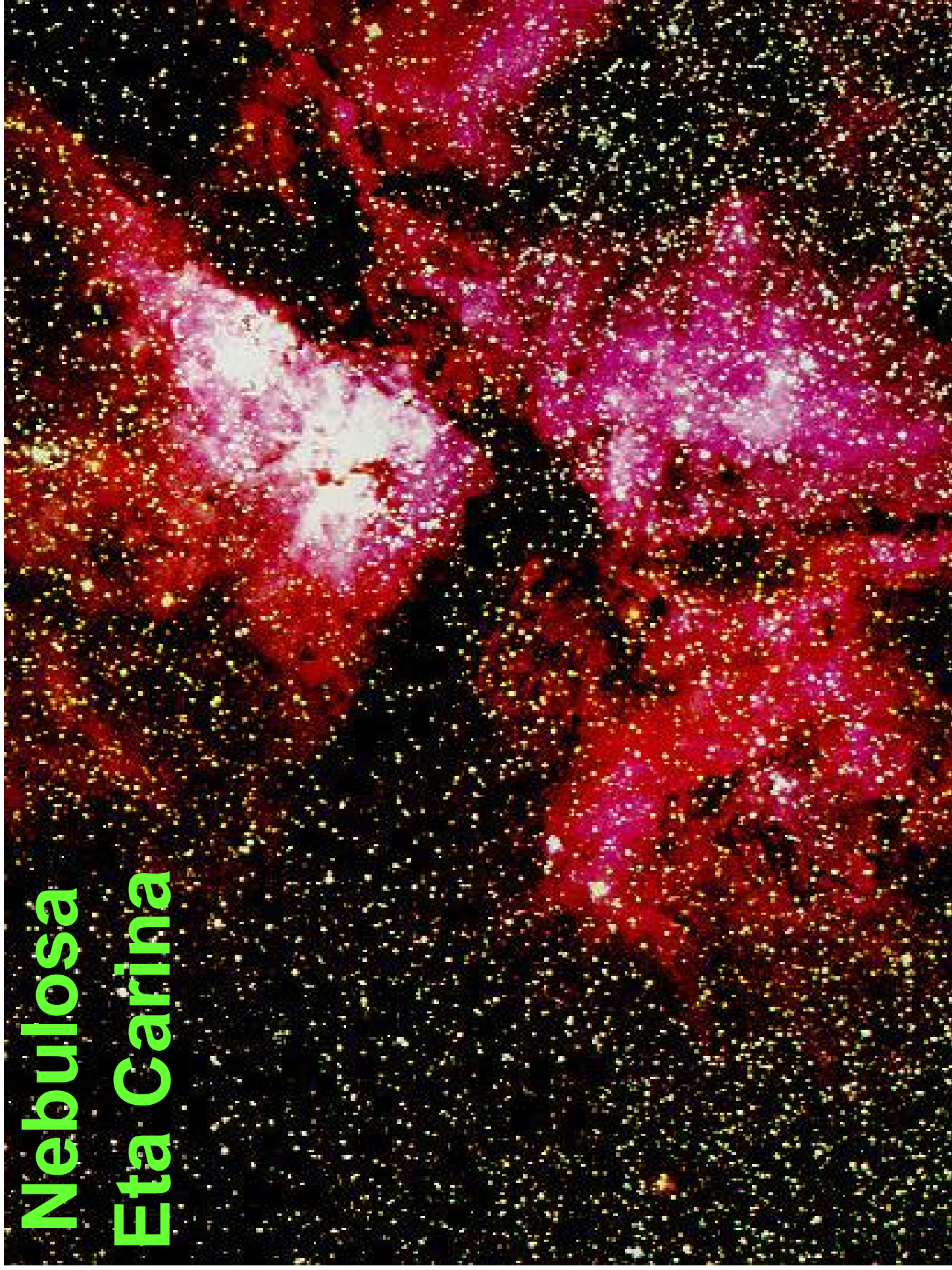
Visível



Meio interestelar

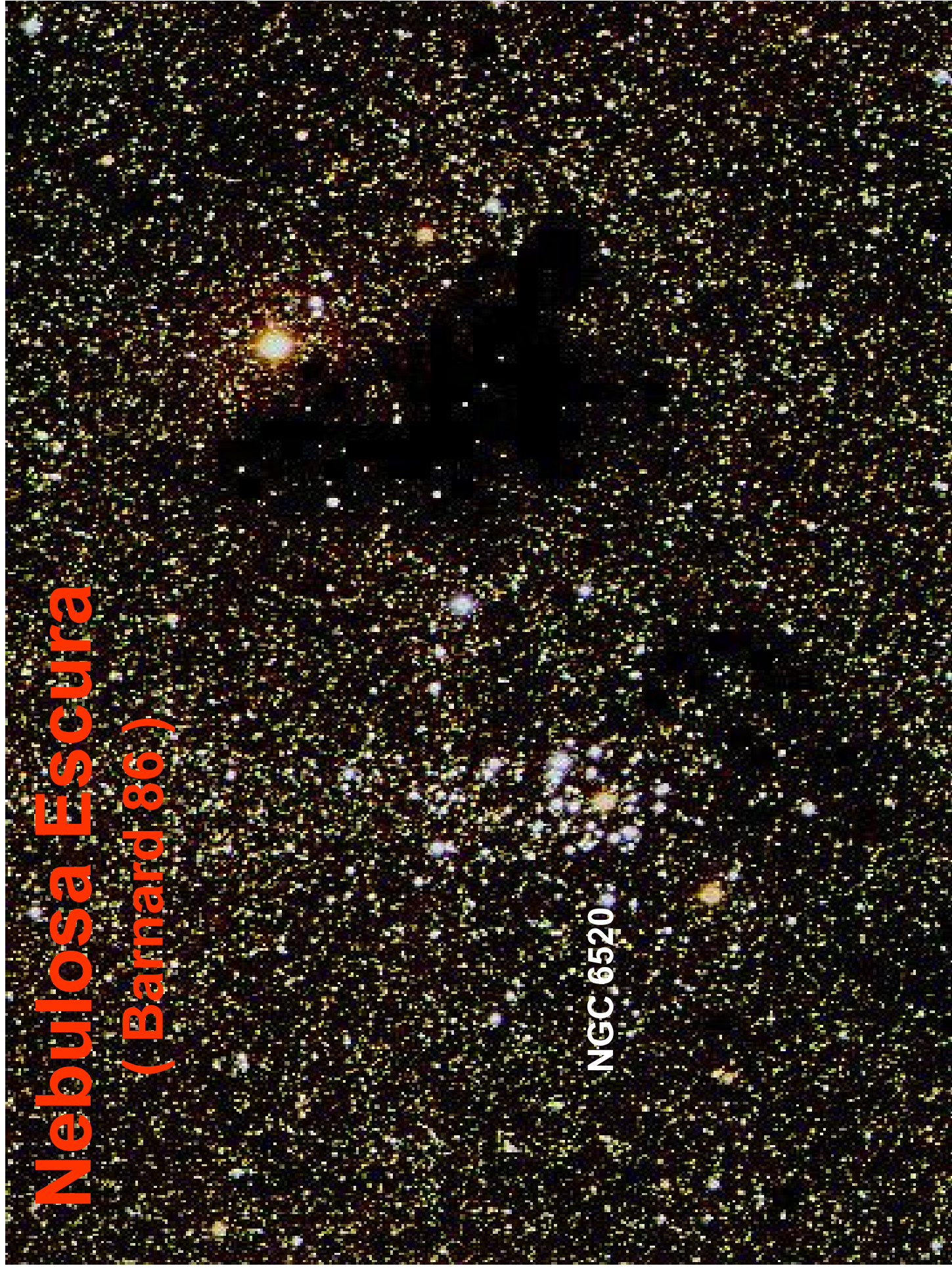
- **Corresponde a cerca de 10 a 20% da massa da Galáxia**
- **Formada por:**
 - **Gás**
 - Hidrogênio (emite na faixa de 21 cm [1420 MHz])
 - Hélio (10%)
 - Traços de outros elementos pesados
 - **Poeira**
 - Grafite
 - Ferro
 - Silicatos
 - Moléculas orgânicas (hidrocarbonetos aromáticos)
- **Densidades variadas**
- **Efeitos na luz:**
 - **Extinção interestelar (Aumento de 1 magnitude por kpc viajado)**
 - **Polarização da luz por reflexão (grãos)**

Nebulosa Eta Carinae



Nebulosa Escura (Barnard 86)

NGC 6520



Nebulosa de Orion

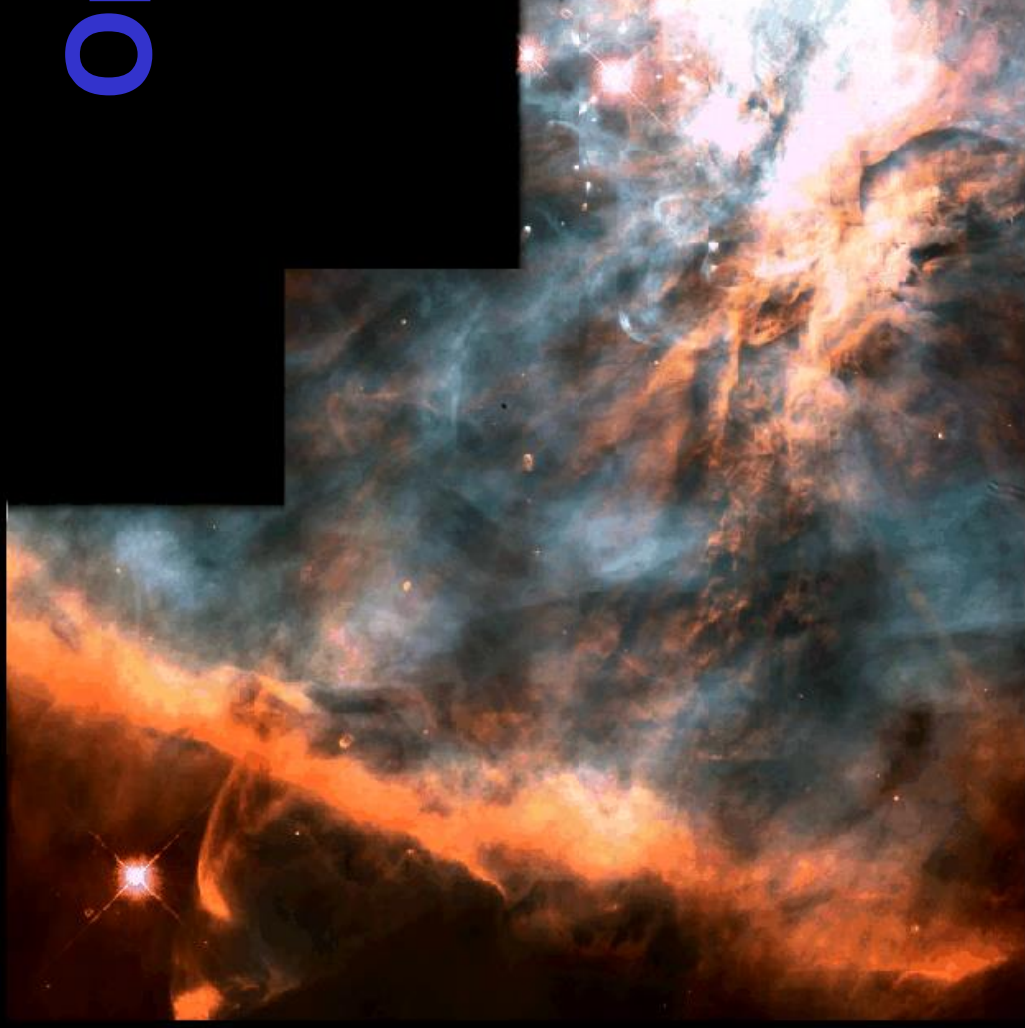
Nebulosa
de emissão

Nebulosa Escura da Cabeça do Cavalo

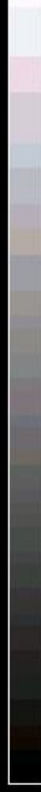


The Orion Nebula

Orion



Hubble Space Telescope
Wide Field Planetary Camera 2



Nebulosa de Orion



© Anglo-Australian Observatory

Extinção interestelar

Extinção interestelar

$$m - M = 5 \log d - 5$$

m



$$d = 10^{(m - M + 5) / 5}$$

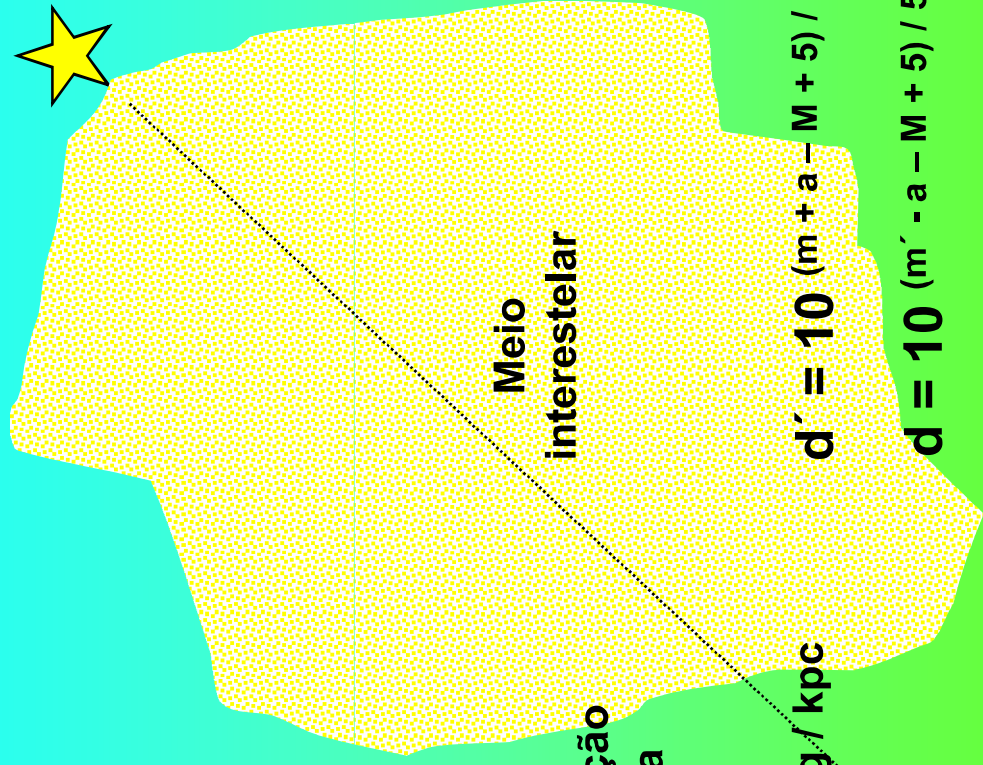


$a = \text{extinção}$

$$m' = m + a$$



$$a_{\text{disco}} = 1 \text{ mag / kpc}$$



Meio
interestelar

$$d' = 10^{(m' + a - M + 5) / 5}$$

$$d = 10^{(m' - a - M + 5) / 5}$$

$$d = d' 10^{(-a / 5)}$$

**Onde nascem as
estrelas?**

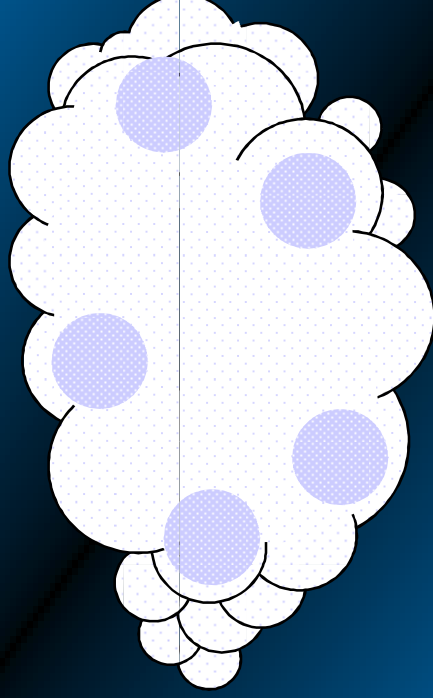
Proto-estrelas (NGC 2237)



Aglomerado Estelar



Nuvem
Inicial



Glóbulos
de Bok



Aglomerado Estelar

Plêiades

Estrelas Jovens

d = 400 a.l.

Constelação do Touro

Aglomerado aberto

Nome = M45



Nuvens na Galáxia

Nuven interestelar

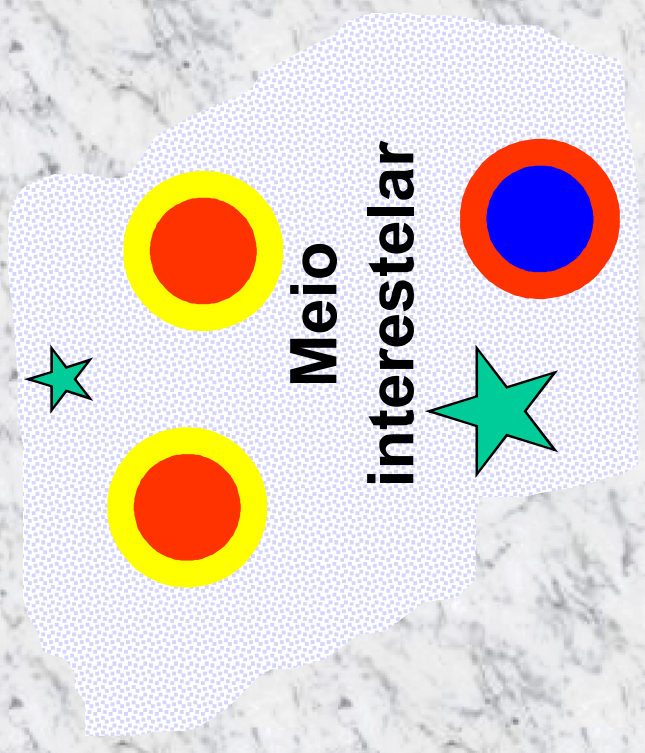
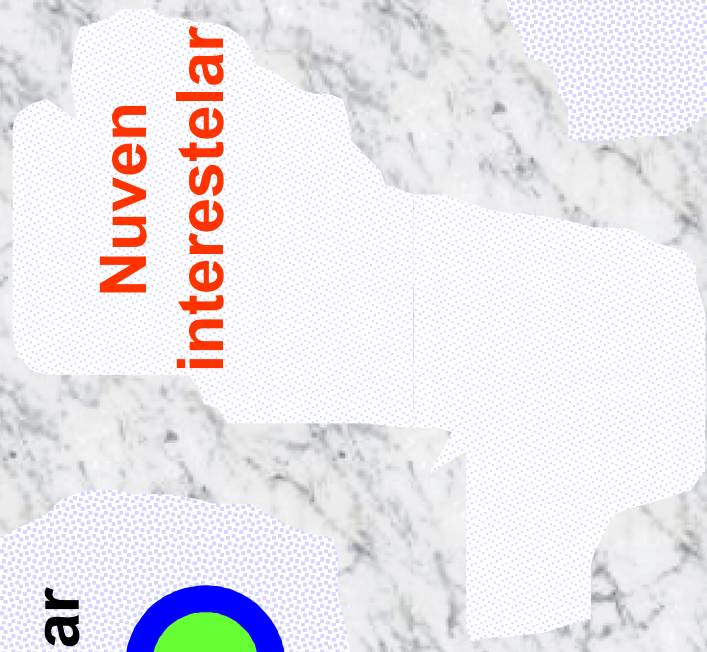
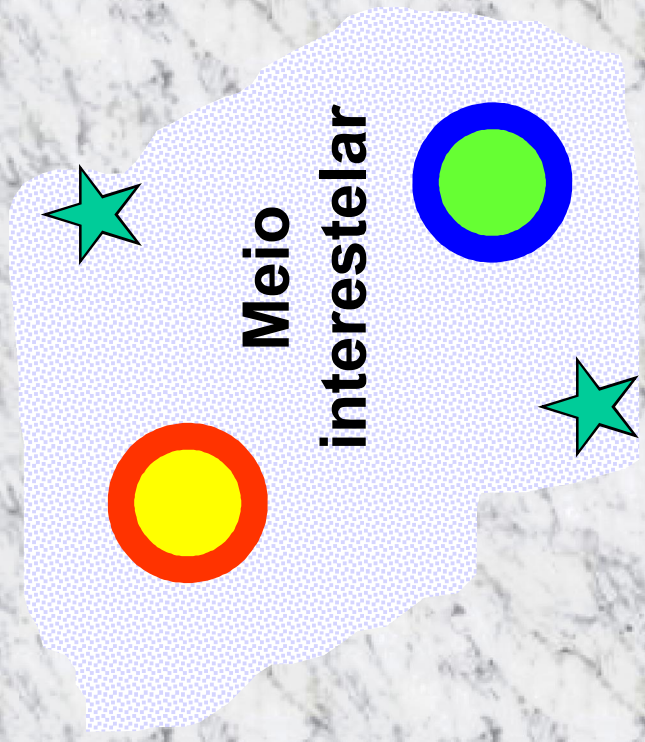
Meio Internuvens

Meio Internuvens

Meio interestelar

Meio Internuvens

Meio interestelar



Densidades

	g/cm ³	partículas/cm ³
Meio internuvens	10⁻²⁵	0,1
Nuvem interestelar difusa	10⁻²³	10
Nuvem interestelar densa	10⁻²⁰	10⁴
Envelope circumstelar	10⁻¹⁶	10⁸
Supergigante vermelha	10⁻⁸	10¹⁶
Fotosfera solar	10⁻⁷	10¹⁷
Atmosfera terrestre	10⁻³	10¹⁹
Água	1	10²²
Sol	1,41	10²⁴
Terra	5,5	
Anã branca	10⁶	10³⁰
Estrela de nêutrons	10¹⁵	10³⁸

Nebulosa da Águia

Gás aquecido
por UV de estrelas.
Nebulosa de emissão

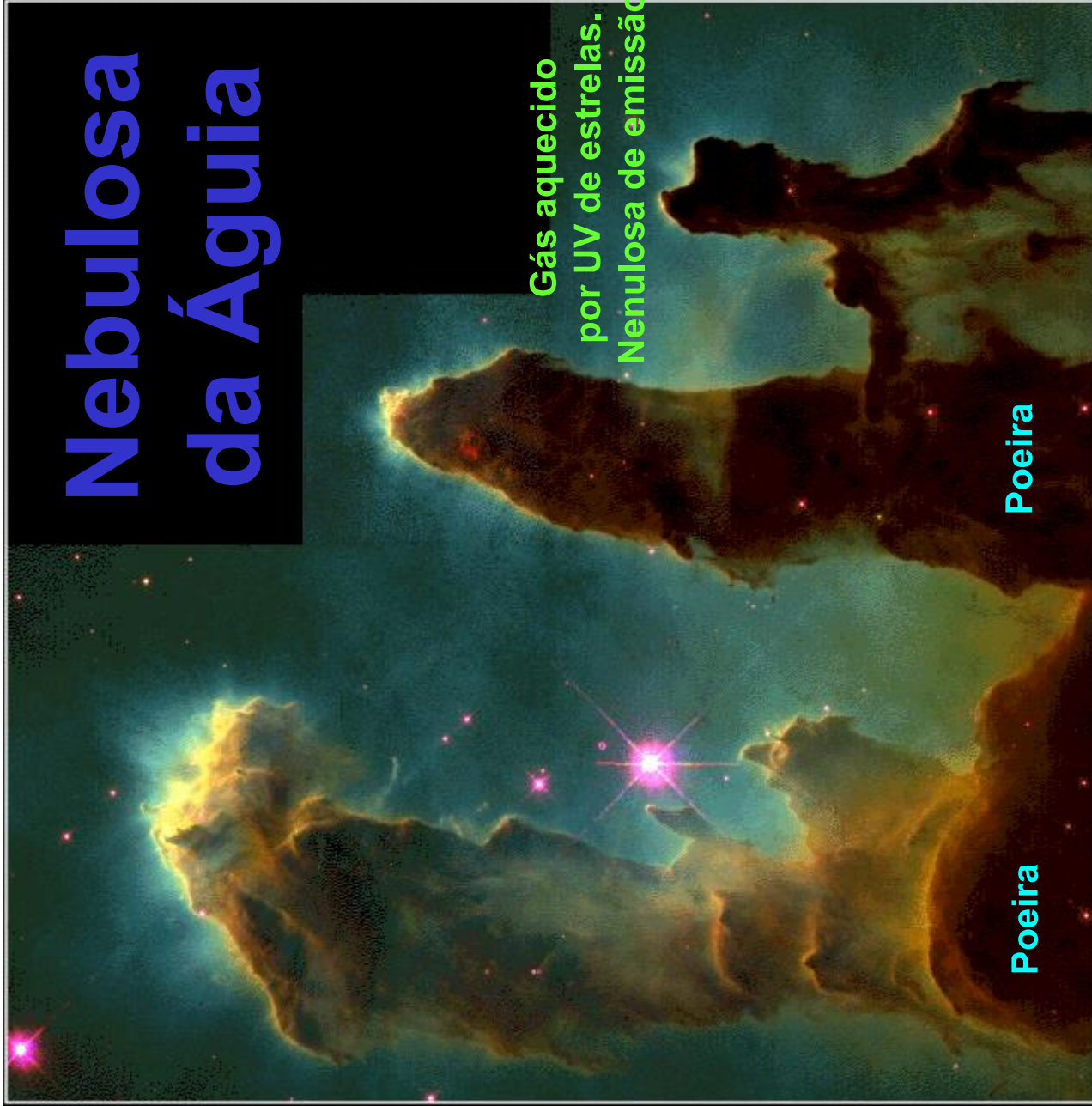
Poeira

Poeira

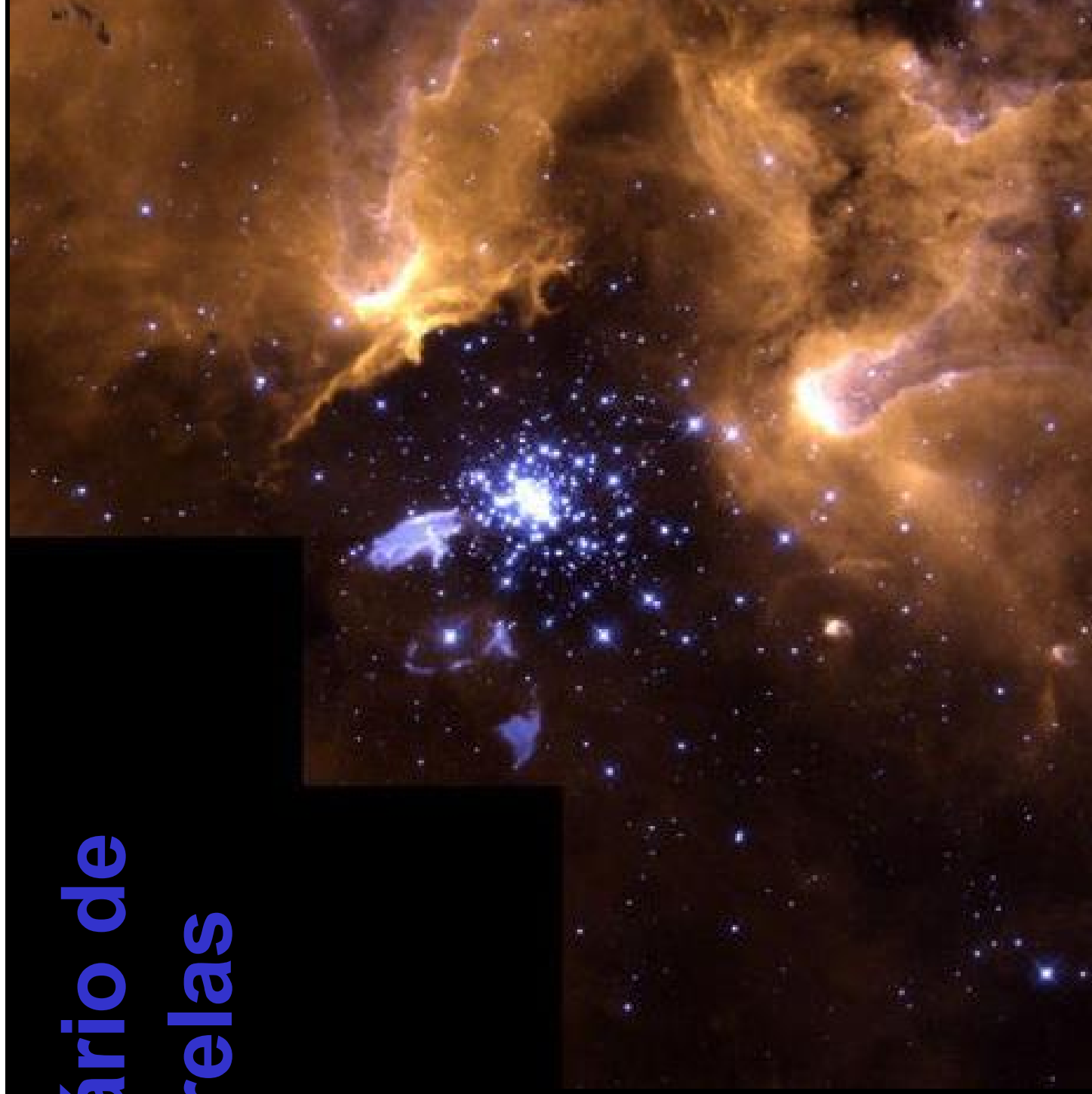
Gaseous Pillars • M16

PRC95-44a • ST ScI OPO • November 2, 1995
J. Hester and P. Scowen (AZ State Univ.), NASA

HST • WFPC2

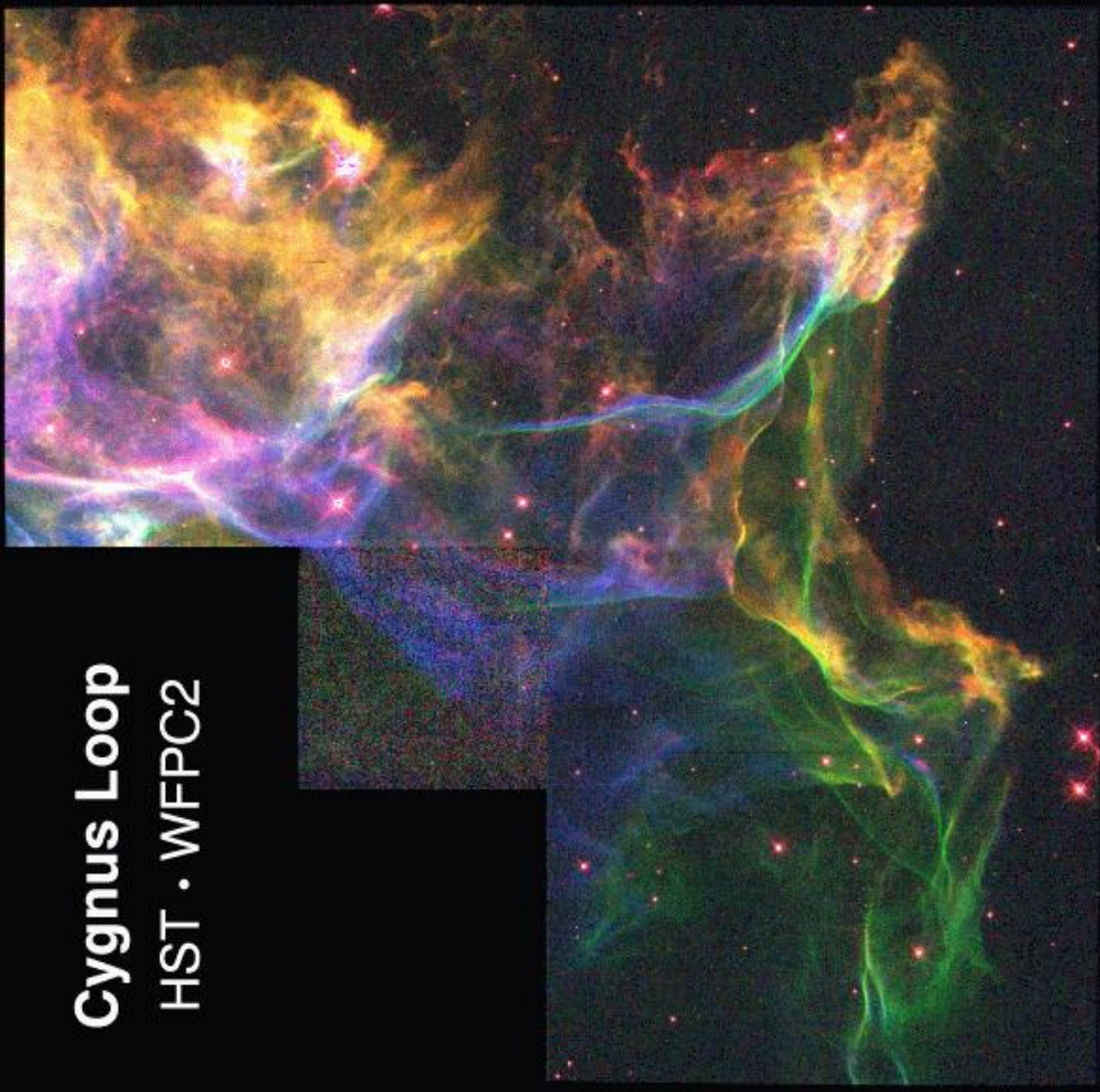


Berçário de estrelas



Detailhes em Gygnus

Cygnus Loop
HST • WFPC2



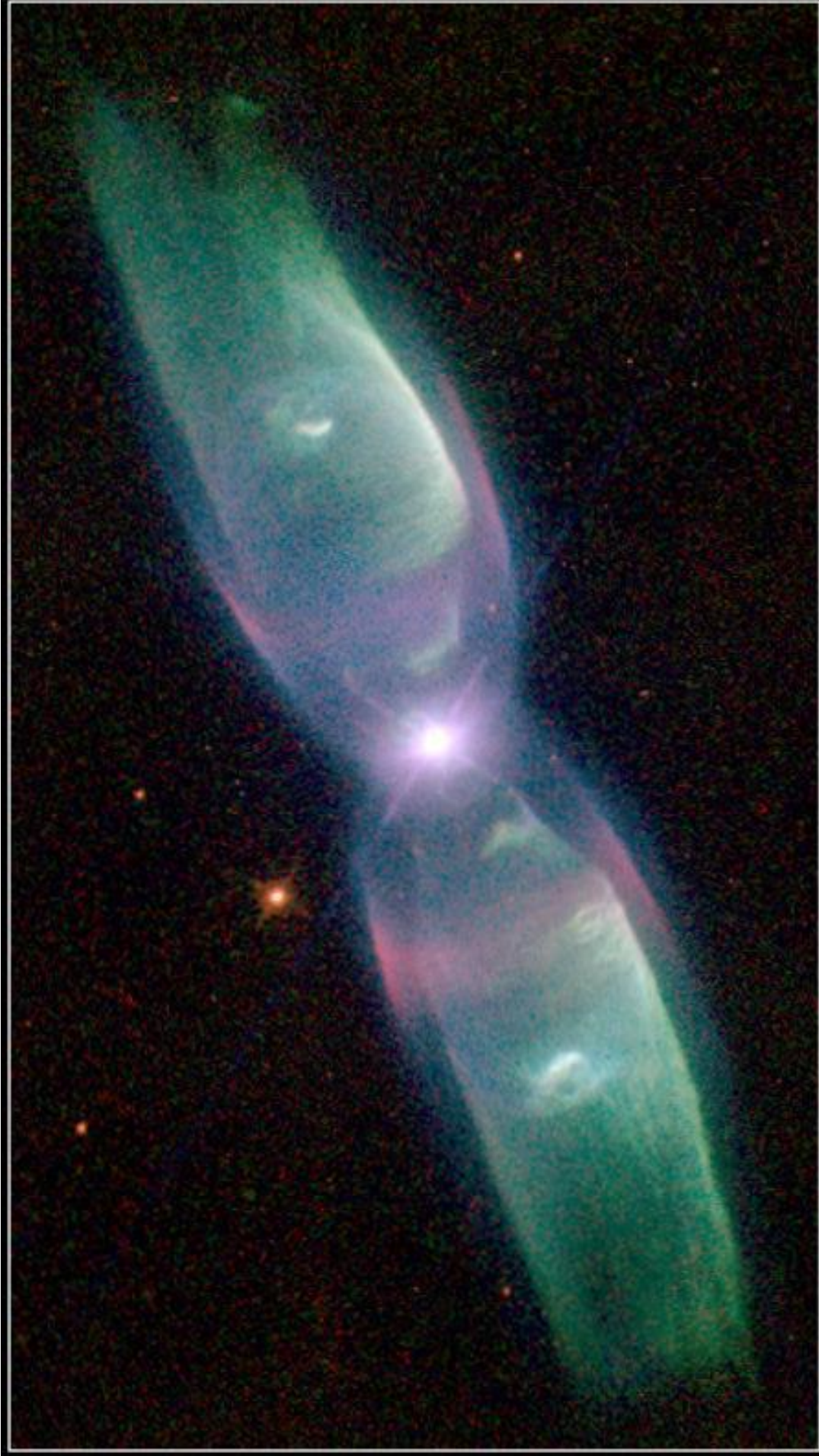
ST ScI OPO PRC95-11 • February 1995

2/14/95 zgi

Filamentos gasosos em Cygnus



**Onde morrem as
estrelas?**



Planetary Nebula M2-9

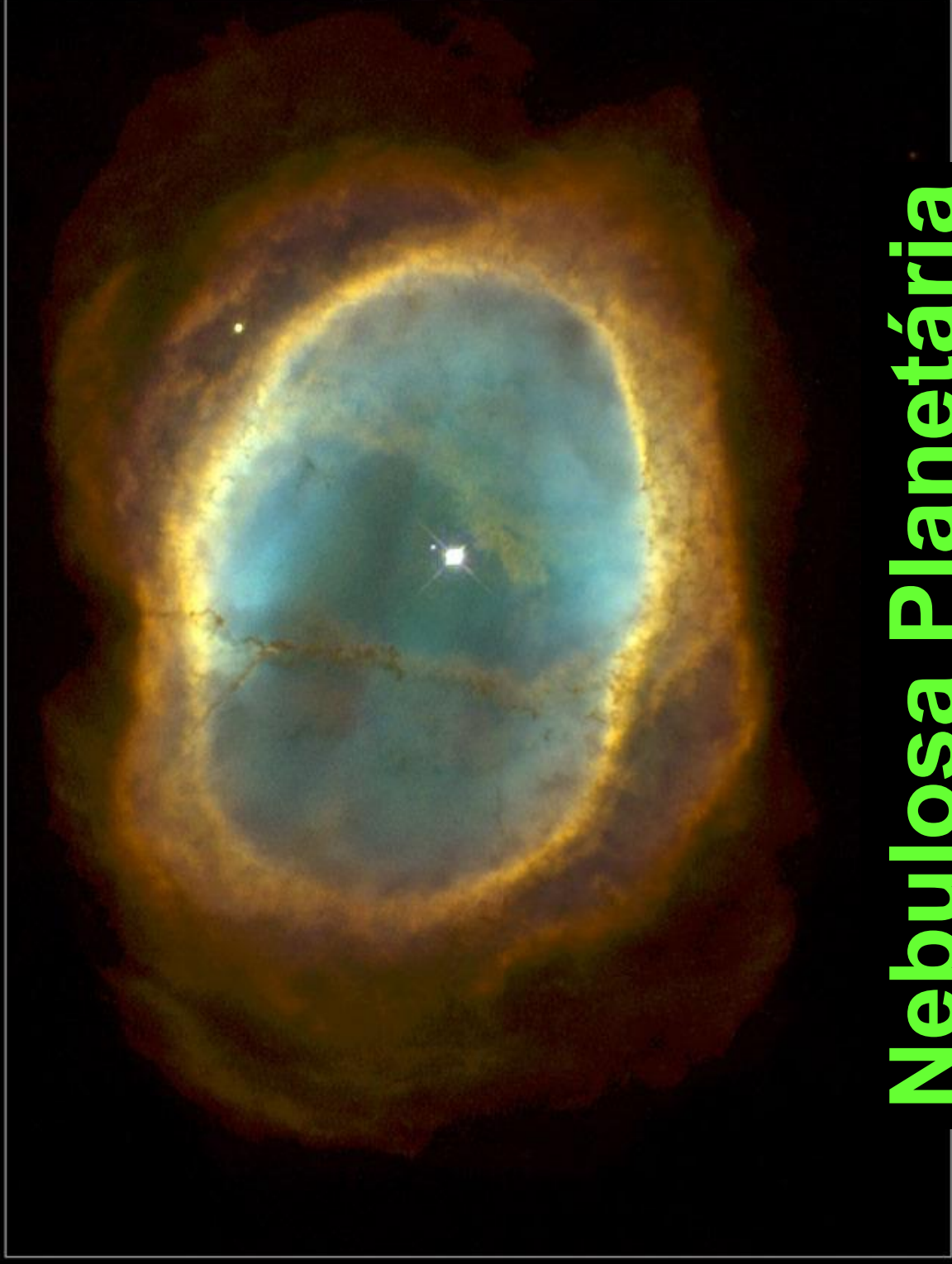
PRC97-38a • ST ScI OPO • December 17, 1997

B. Balick (University of Washington) and NASA

HST • WFPC2

Nebulosa Planetária

Planetary Nebula NGC 3132



Nebulosa Planetária NGC_3132

Hubble
Heritage

NGC_6543 a



NGC 6543

PR95-01a • ST ScI OPO • January, 1995 • P. Harrington (U.MD), NASA

HST • WFPC2

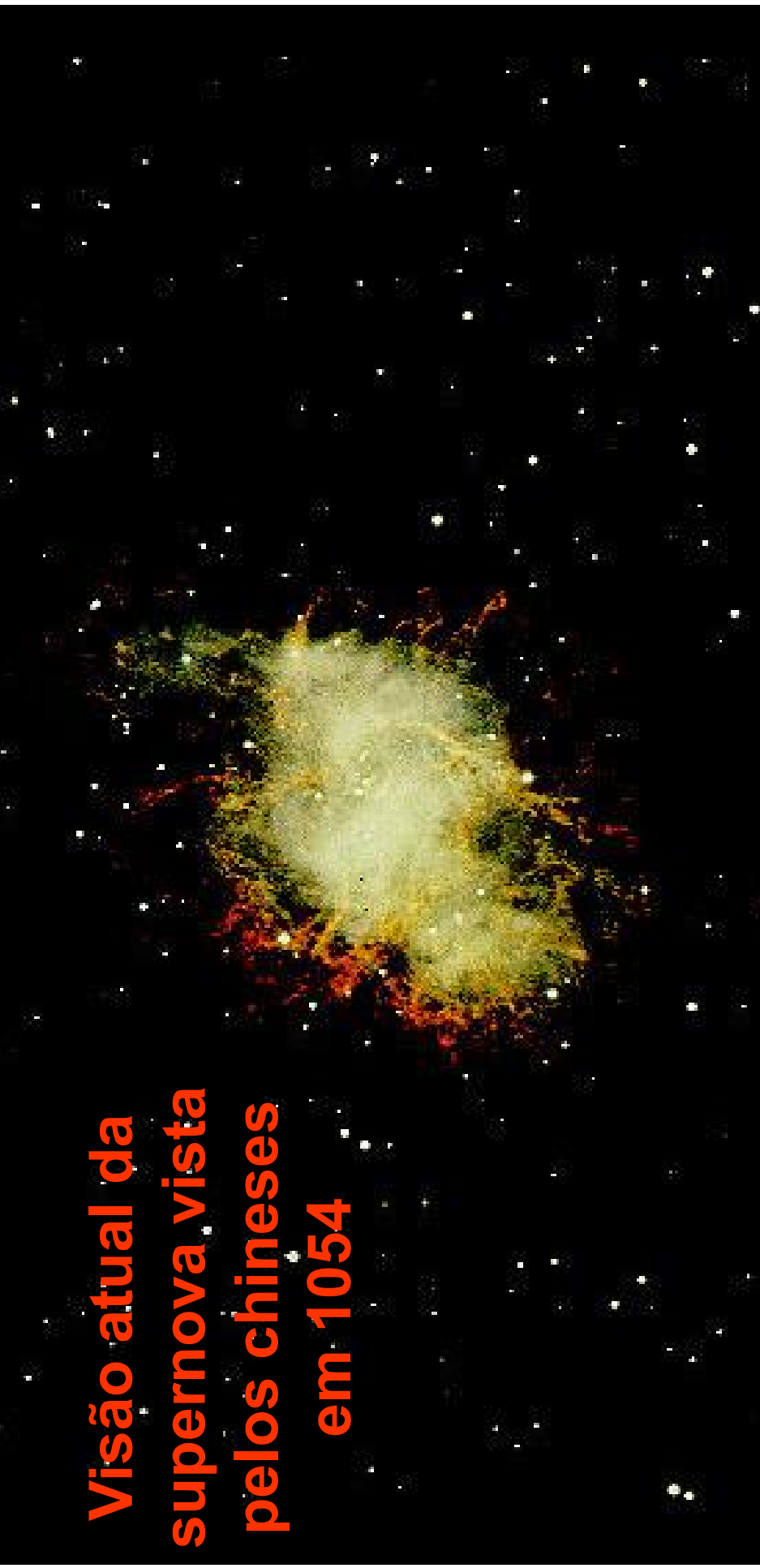
12/13/94 zgl

Remanescente de Supernova

Visão atual da
supernova vista
pelos chineses
em 1054

Contém um pulsar de
período de 33 milissegundos

Nebulosa do Caranguejo
(Constelação do Touro)



Remanescente de Supernova (Vela)



Nebulosa da Tarântula



Hubble
Heritage
Explosão de estrela

PRC99-12 • Space Telescope Science Institute • Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)

- Estrelas
- Campo de Radiação
- Meio interestelar
- **Campo Magnético galáctico**
- Raios Cósmicos

Campo magnético

Campos magnéticos

- **Da ordem de 10^{-6} Gauss** (na superfície da Terra é de 0,6 G)
- **Detecção feita por:**
 - Radiação de pulsares
 - Polarização da luz emitida por estrelas

- Estrelas
- Campo de Radiação
- Meio interestelar
- Campo Magnético galáctico
- Raios Cósmicos

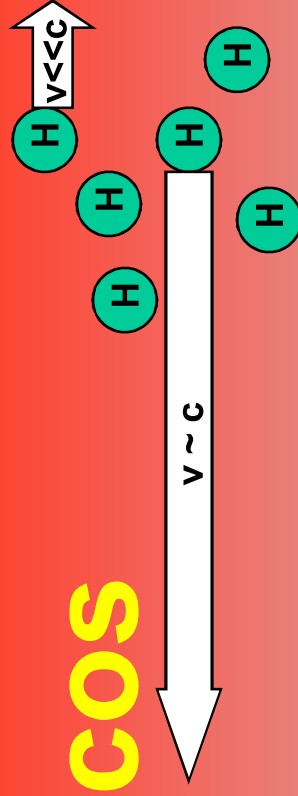
Raios cósmicos



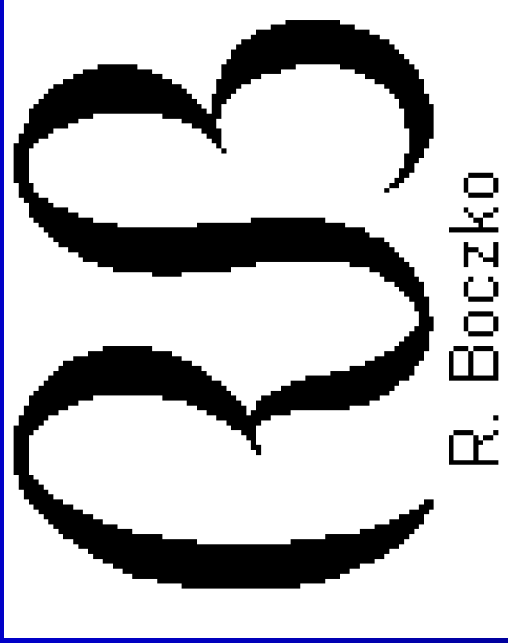
Raios cósmicos

- São partículas de alta energia:
 - **Prótons**
 - **Elétrons**
 - **Núcleos leves**
- Têm velocidades próximas à velocidade da luz
- Origem: explosões de estrelas supernovas
- Influem na nucleossíntese
- Colisões com átomos de gás geram elementos leves:
 - **Li**
 - **Be**
 - **B (processo de espalação)**

Composição relativa dos raios cósmicos



Elementos químicos	Raios cósmicos	Média no Universo
H	1.000,0	1.000,0
He	68,0	152,0
Li Be B	1,5	0,000.001.5
C N O F	4,4	1,5
Outros: Ne Fe Mg Si S Al Ni Ca	1,9	0,15



R. Boczek

Fim