



A Vida das Estrelas

Reciclando a matéria

Planetas e Sistemas Planetários (AGA0502)

Enos Picazzio

IAGUSP 2018

Nascimento de estrelas

 UK Astrophysical
Fluids Facility



Matthew Bate

UNIVERSITY OF
EXETER

Nebulosa de Órion: um berçário estelar



Abundância cósmica dos elementos químicos

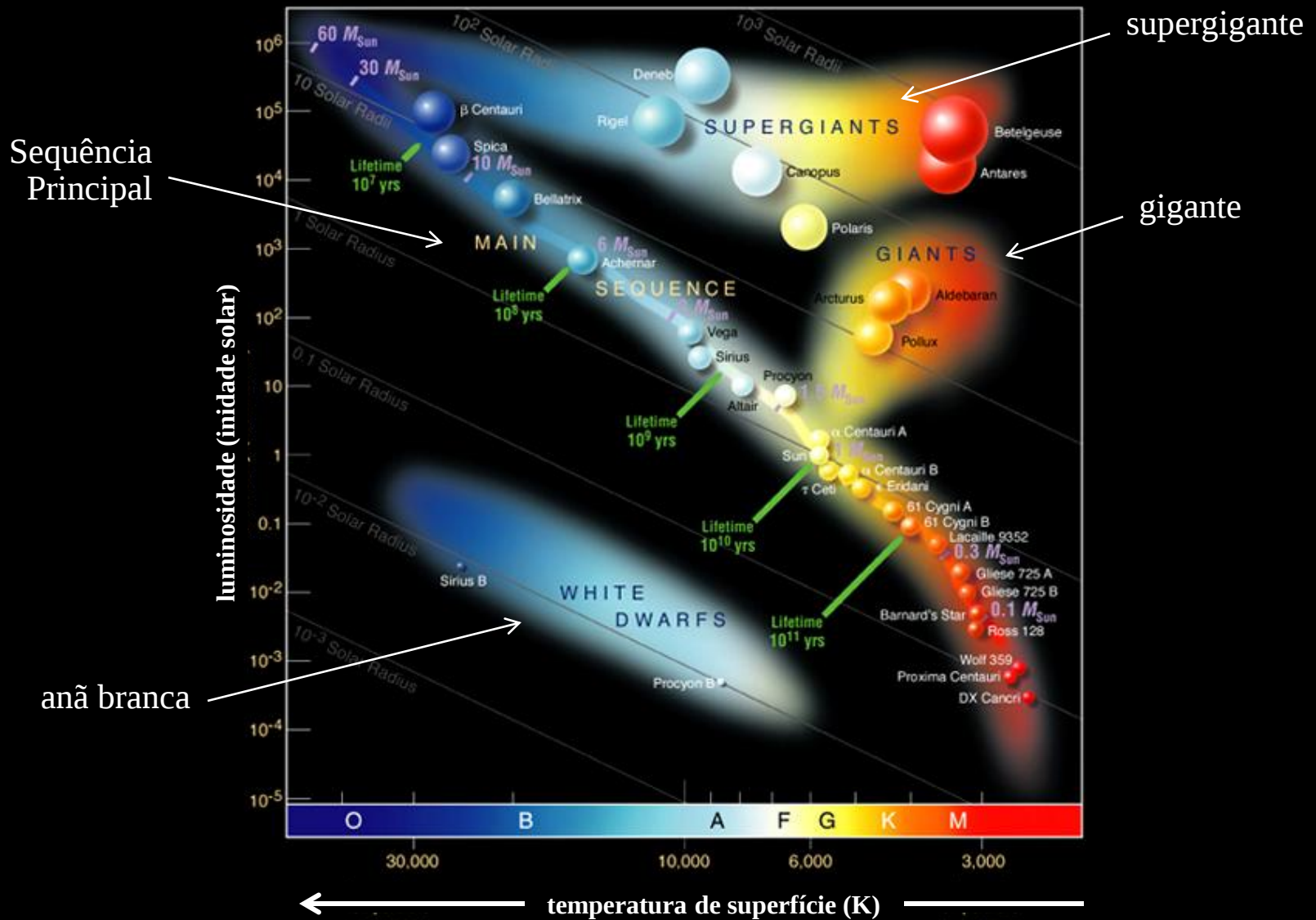
Abundância cósmica dos elementos

Elementos	Qde. de partículas no núcleo	Abundância em número (%)
Hidrogênio	1	90
Hélio	4	9
Grupo do Lítio	7-12	0,000001
Grupo do Carbono	12-20	0,2
Grupo do Silício	23-48	0,01
Grupo do Ferro	50-62	0,01
Grupo de peso médio	63-100	0,000000001
Grupo dos mais pesados	mais que 100	0,000000001

Fonte: Chaisson & McMillan, Astronomy Today

Classificação espectral

Diagrama Hertzsprung-Russel



Tempo de “gestação” de uma estrela

O tempo que uma estrela leva do nascimento à fase de geração de energia por fusão nuclear (Seqüência Principal) depende da massa.

Massa	Tipo espectral	Tempo para chegar à SP
30 M_{SOL}	O6	30.000 anos
10	B3	300.000
4	B8	1.000.000
2	A4	8.000.000
1 Sol	G2	30.000.000
0.5	K8	100.000.000
0.2	M5	1.000.000.000

Tempo de vida das estrelas

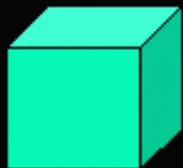
Quem brilha mais forte, vive menos.

<i>Massa</i>		<i>Tempo de vida na SP ($\approx 10^{10} / M^2$ anos)</i>
60 M_{SOL}		2 milhões anos
30		5 milhões
10		25 milhões
3		350 milhões
1,5		1,6 bilhão
1	Sol	9 bilhões
0,1		Trilhões

Produção de energia

SOL

A cada segundo



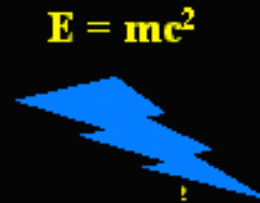
600 milhões
ton. de H



fusão nuclear



596 milhões
ton. de He



4 milhões
ton. > energia

$$E = mc^2$$

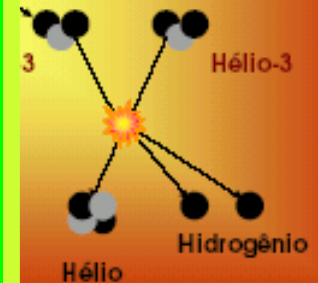
A. Damineli

40 bilhões de milhões de toneladas de TNT por segundo

com carga elétrica positiva)

na subatômica)

Energia

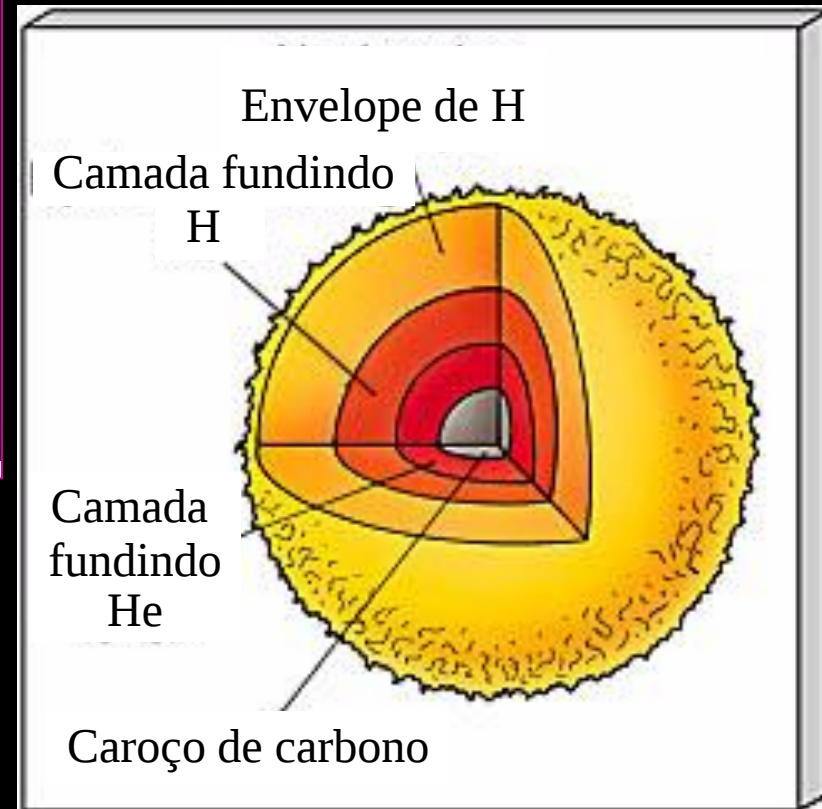
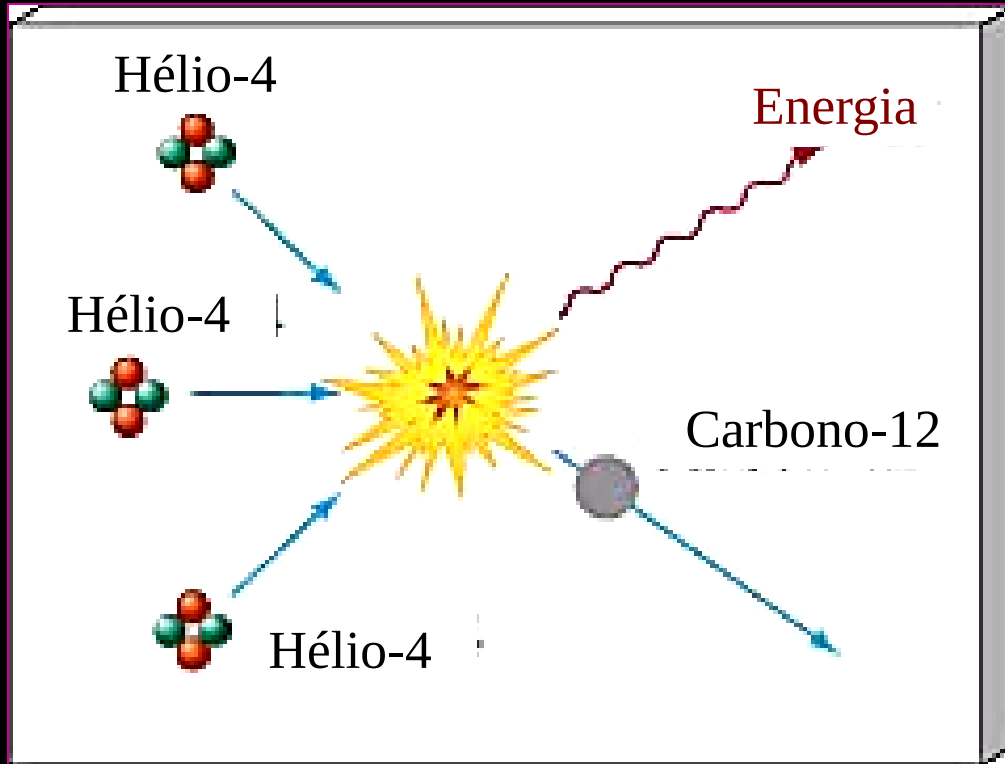


uma coisa única, ou

- c^2 é um número muito grande ($9 \times 10^{20} \text{ cm}^2/\text{s}^2$)
- conclusão: **mesmo uma massa tão diminuta gera uma quantidade enorme de energia**
- mecanismo capaz de manter o Sol brilhando na mesma taxa que a atual por um período equivalente à sua idade (4,6 bilhões de anos).

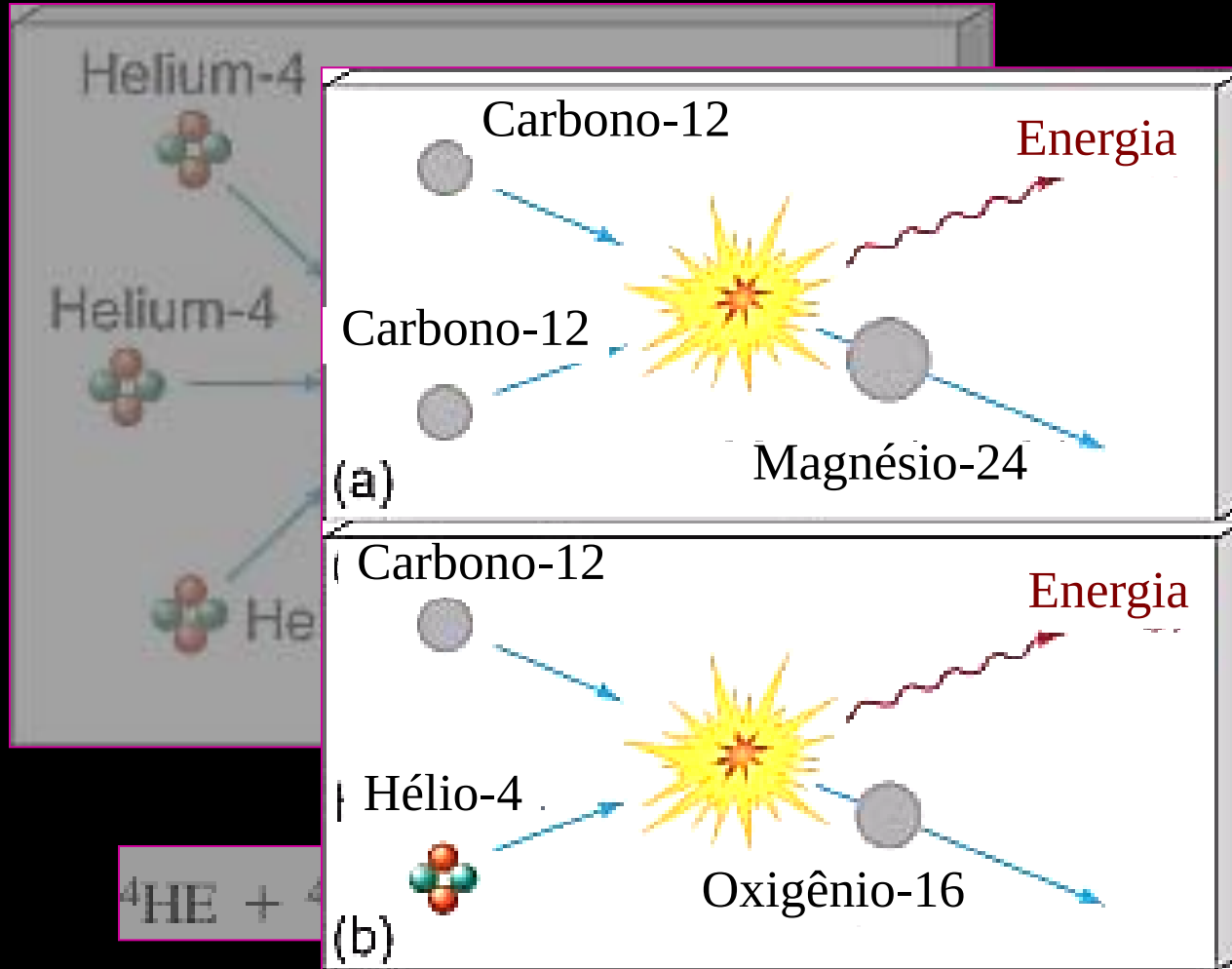
Fusão fora de Sequência Principal

o ciclo da morte

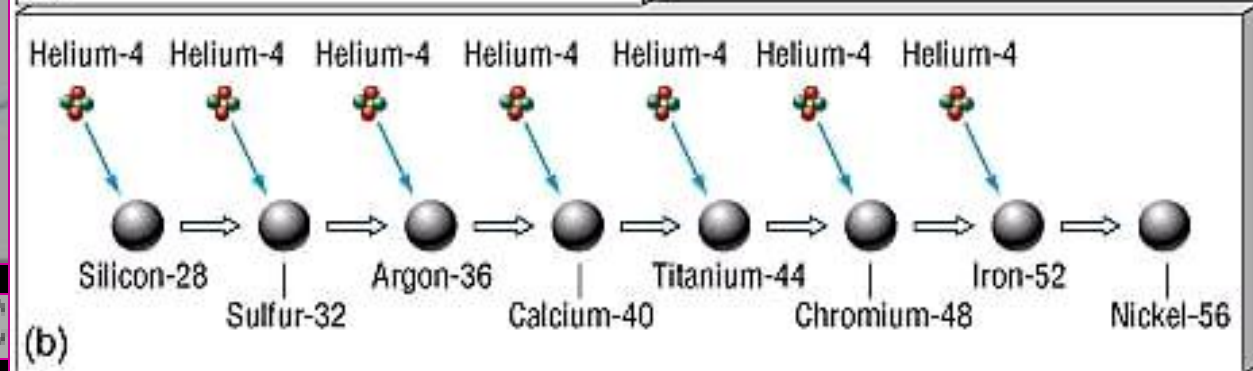
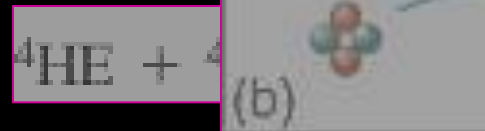


Fusão fora de Sequência Principal

o ciclo da morte

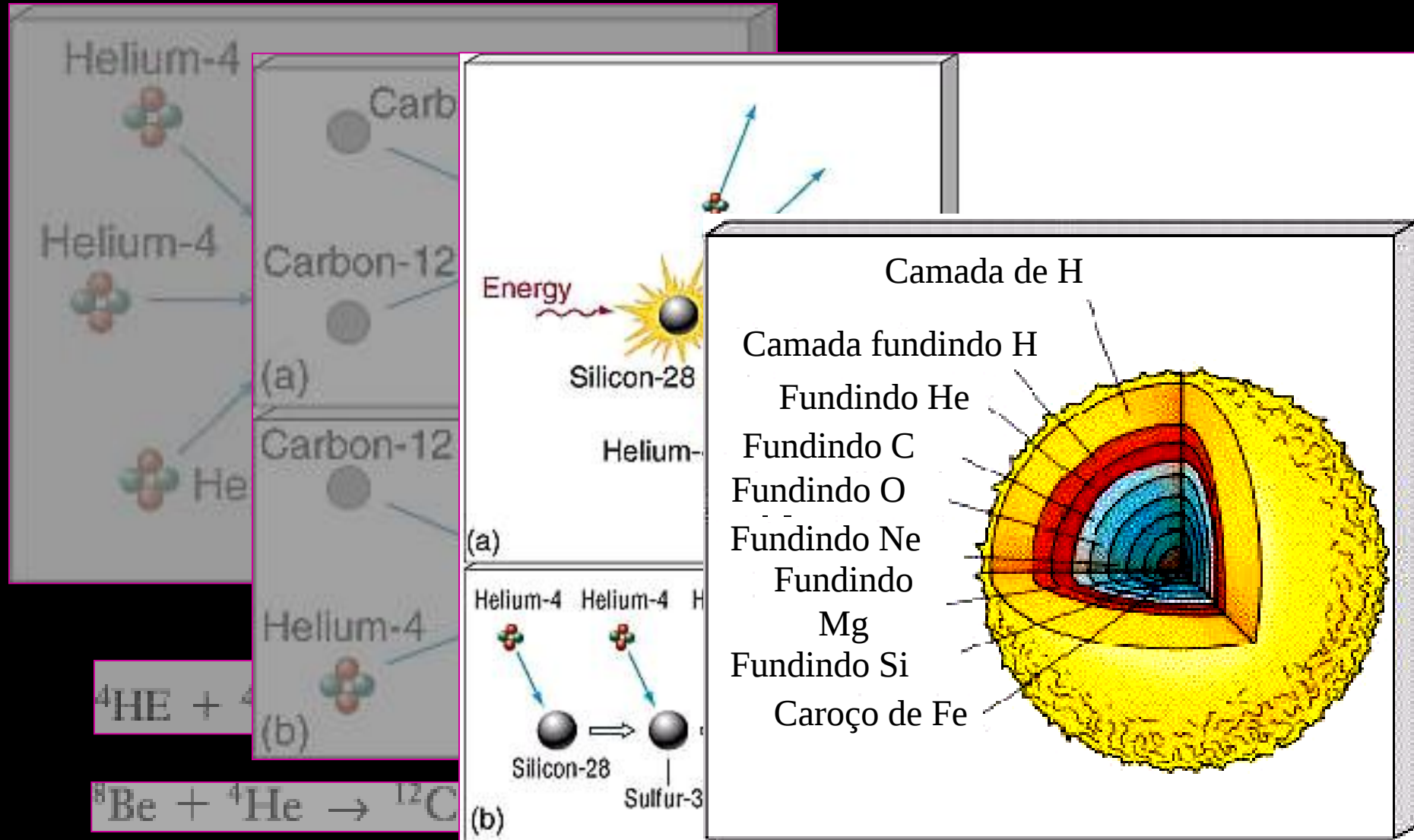


o ciclo da morte



Fusão fora de Sequência Principal

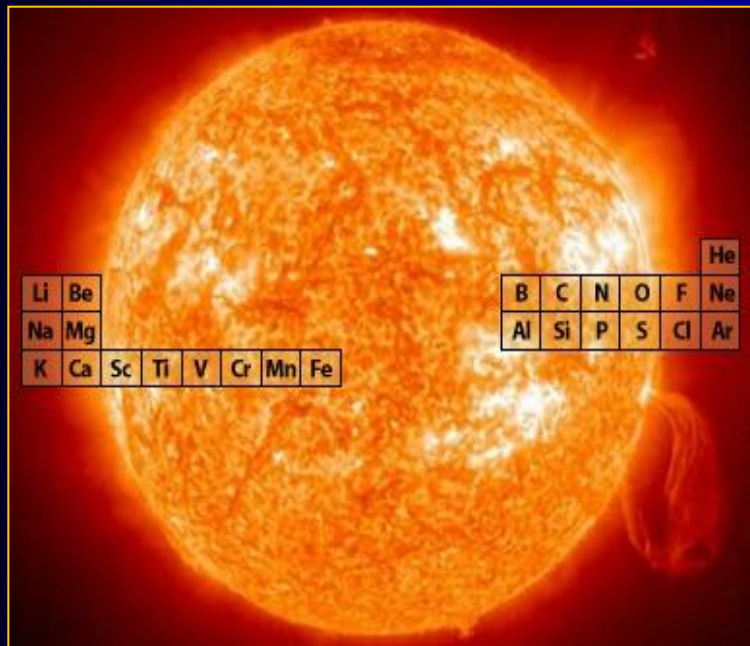
o ciclo da morte



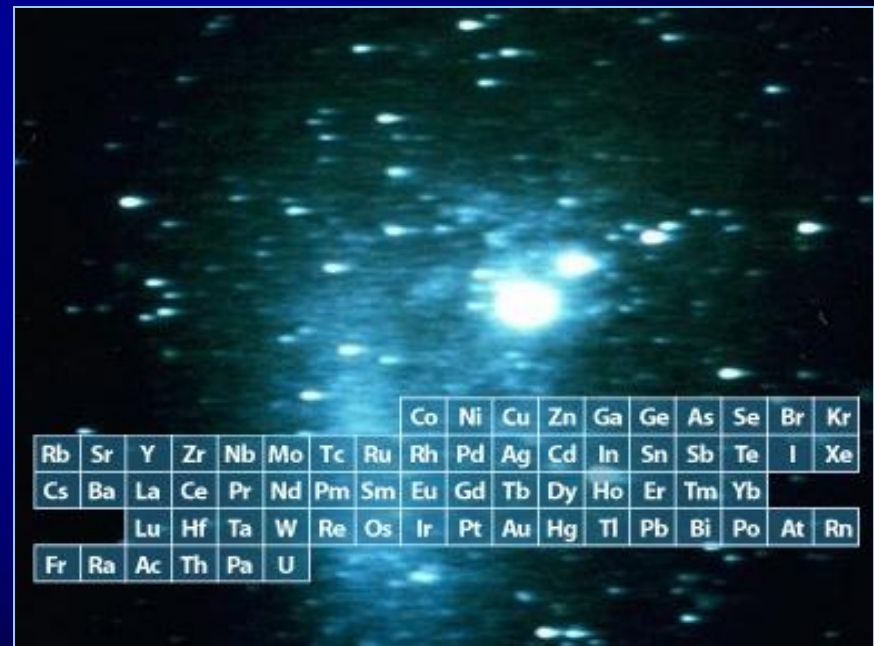
A síntese dos elementos químicos

A energia das estrelas vêm da **fusão nuclear**:
átomos de menor massa são fundidos em outros de maior massa.

É a **transmutação nuclear**.

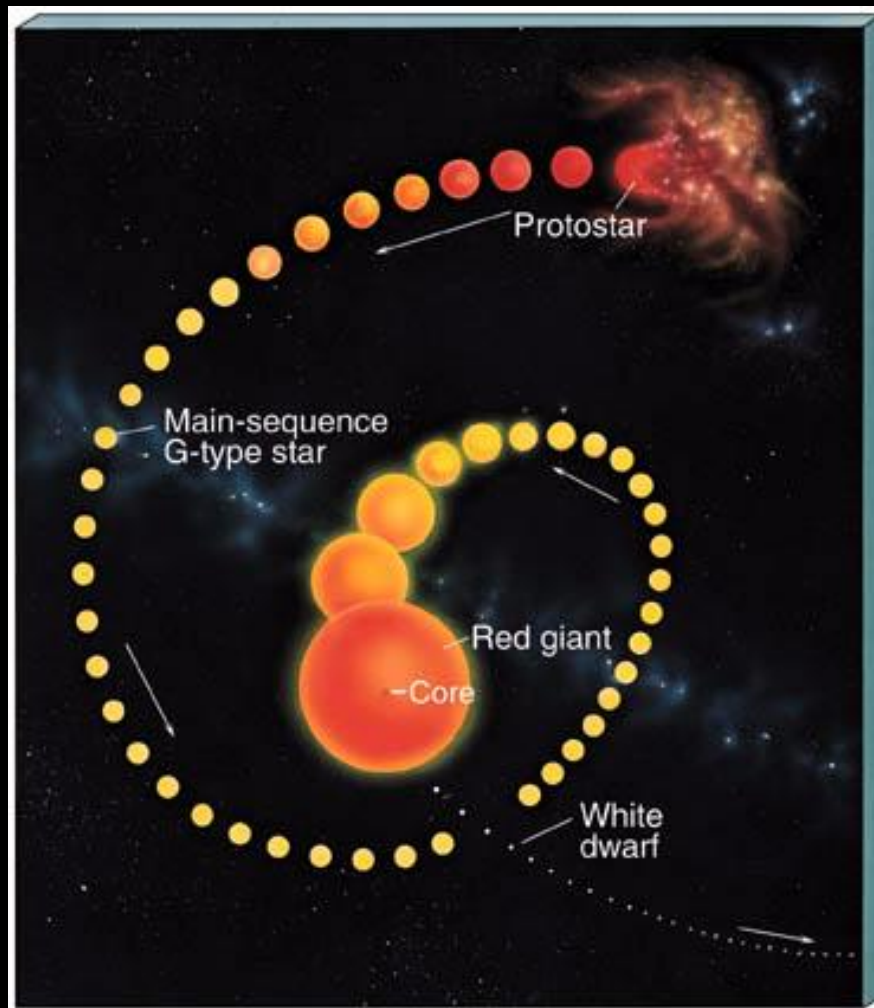


Elementos químicos até o peso do ferro são manufaturados nas estrelas.

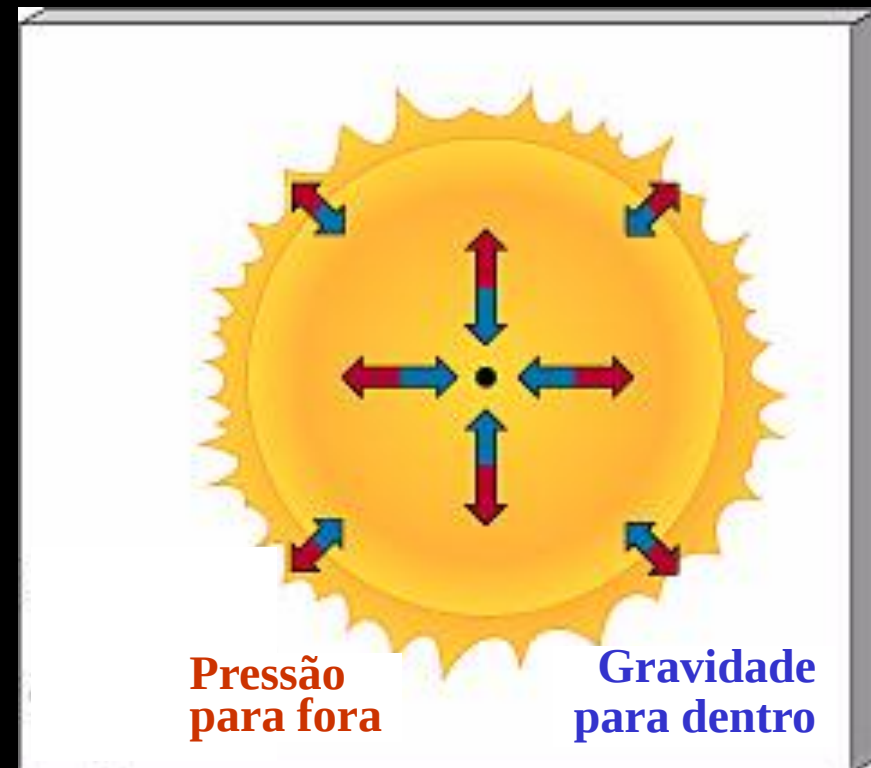


Elementos químicos mais pesados que o ferro são formados na explosão de uma supernova.

A morte do Sol



Densidade na **Gigante Vermelha** :
núcleo: $\sim 100 \text{ kg/cc}$ (Sol $\sim 150 \text{ g/cc}$)
superfície: $\sim 10^{-6} \text{ g/cc}$



Nebulosas planetárias



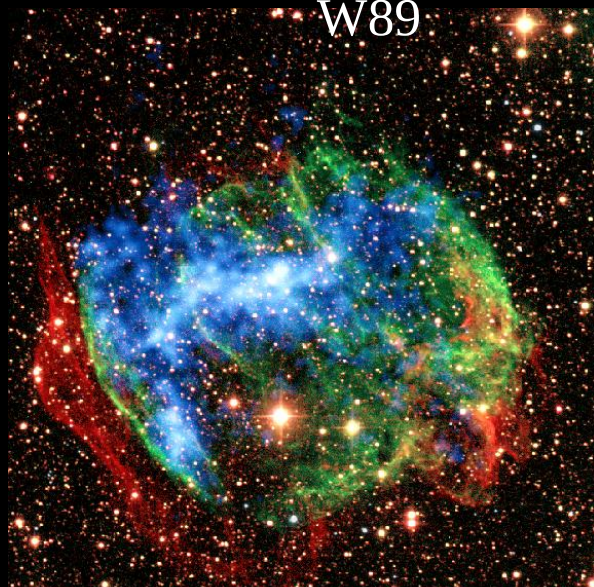
Hubble Space Telescope photographs of planetary nebulae. In 4.5 billion years, our Sun will become a planetary, and then become a white dwarf star. <http://hubblesite.org/>

Resquícios de supernovas

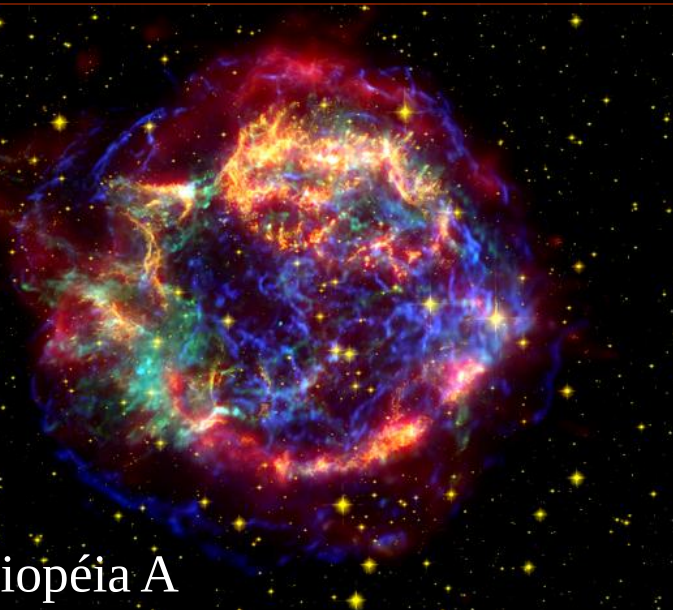
“Loop” em Cisne



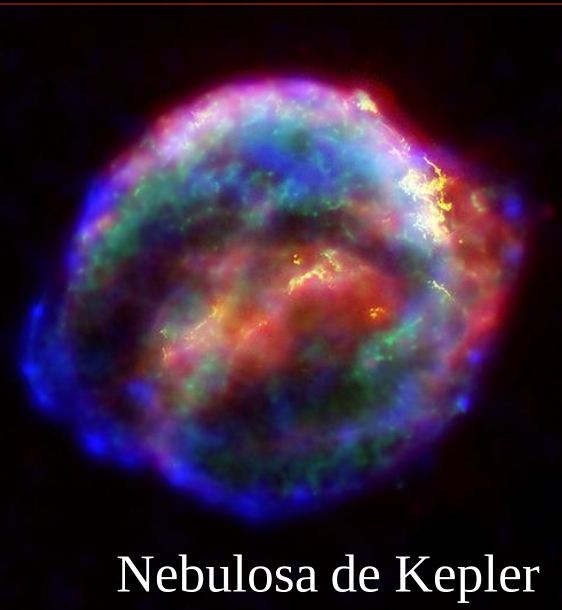
W89



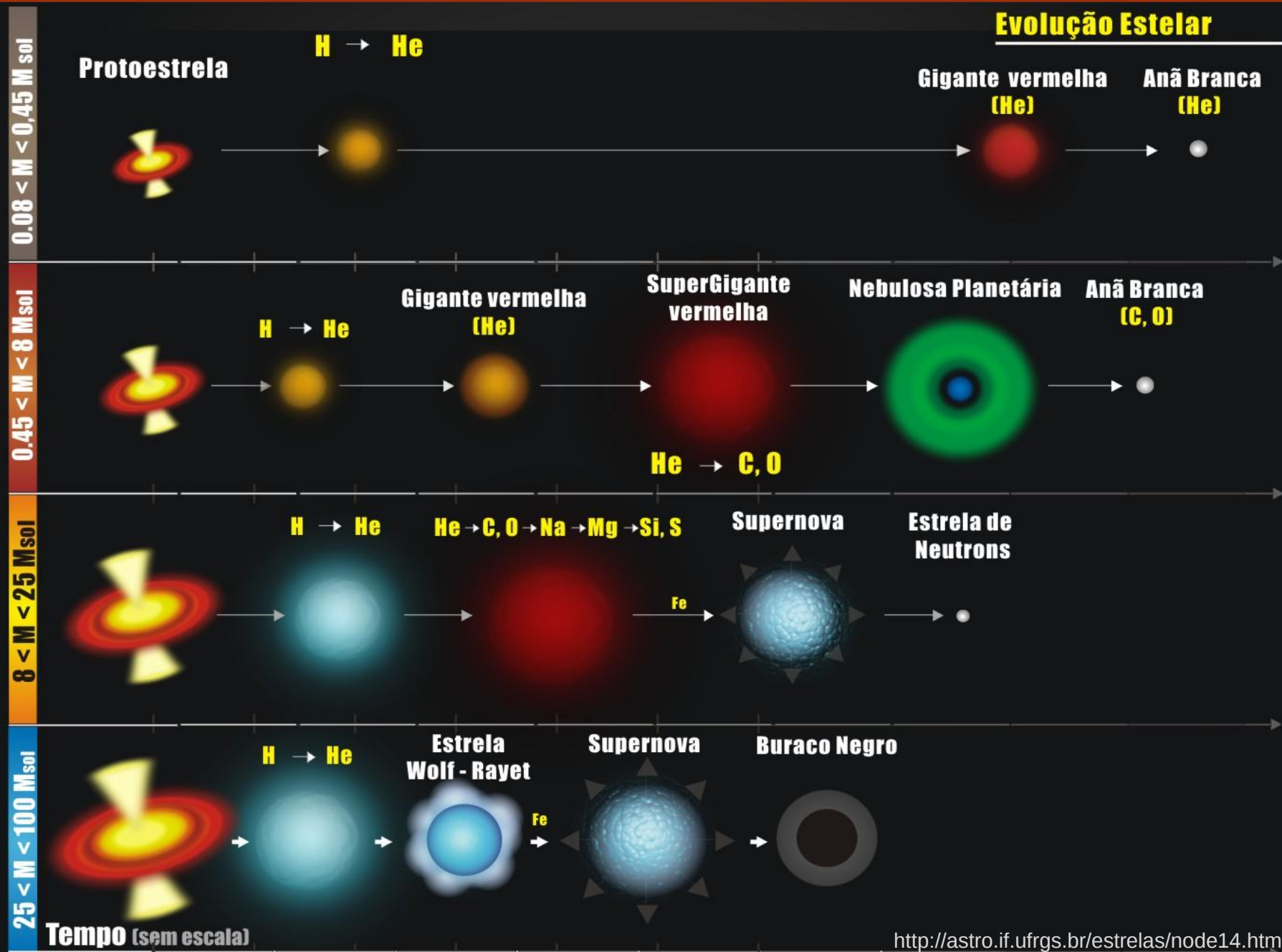
Cassiopeia A



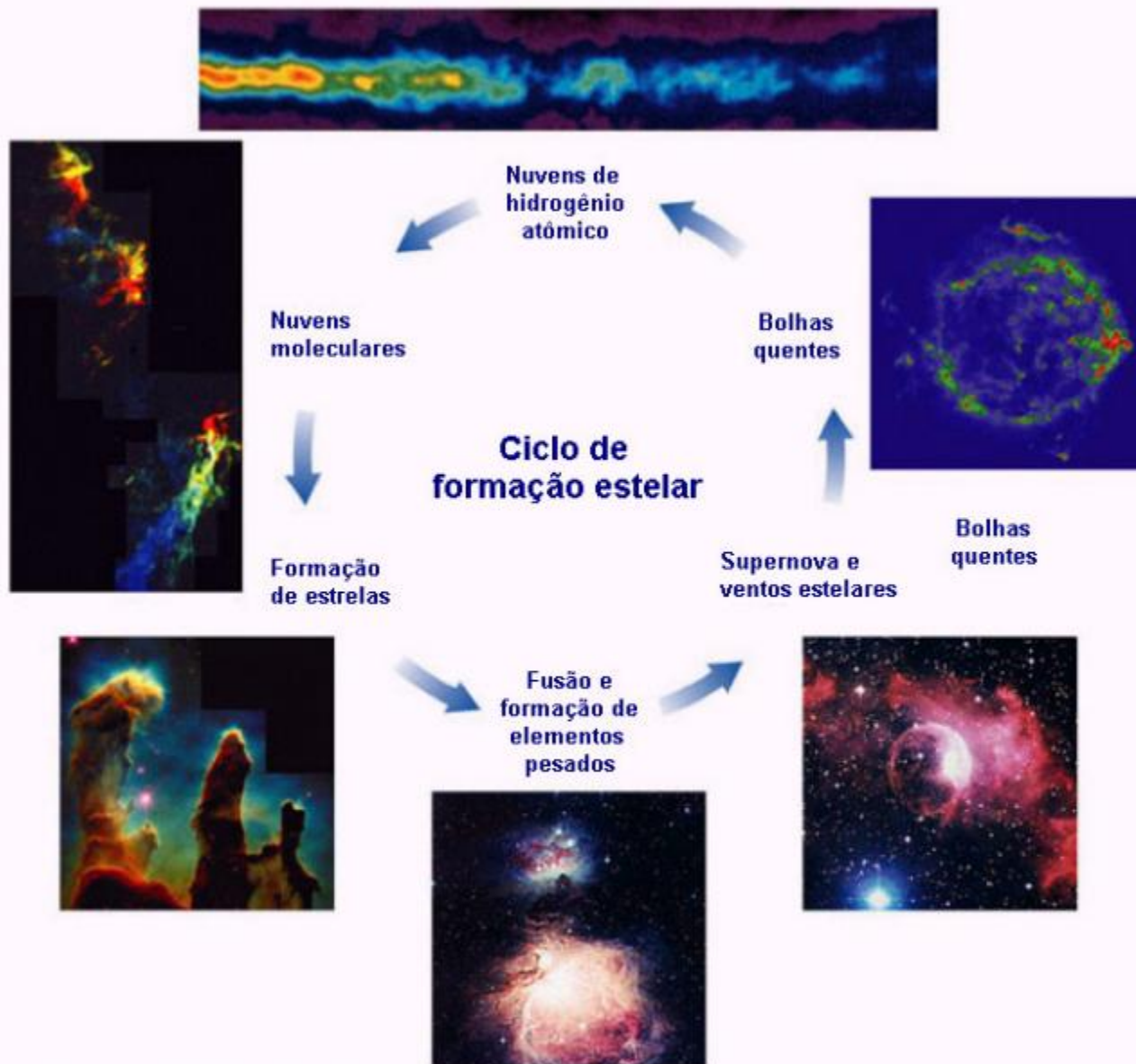
Nebulosa de Kepler



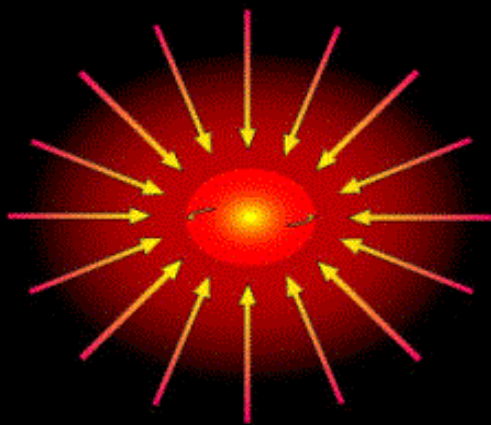
Ciclo de vida estelar



Ciclo de formação estelar

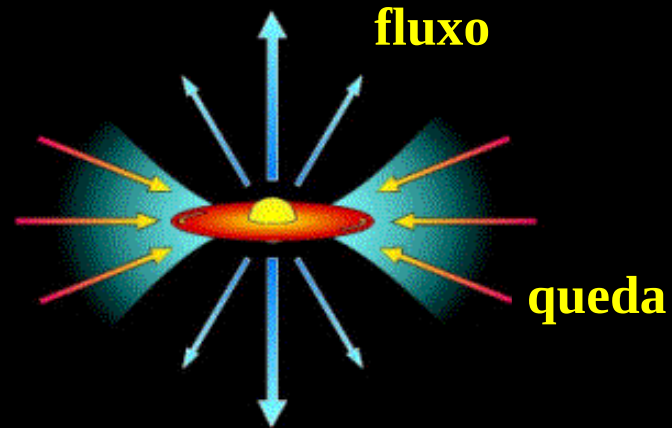


Formação de sistemas planetários



Colapso

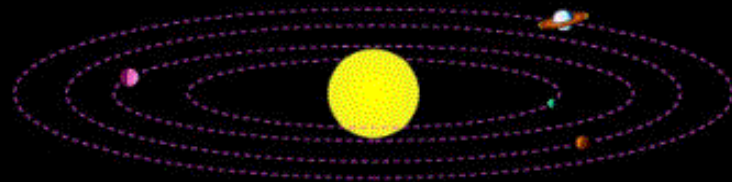
**x1000
em escala**



Disco em rotação

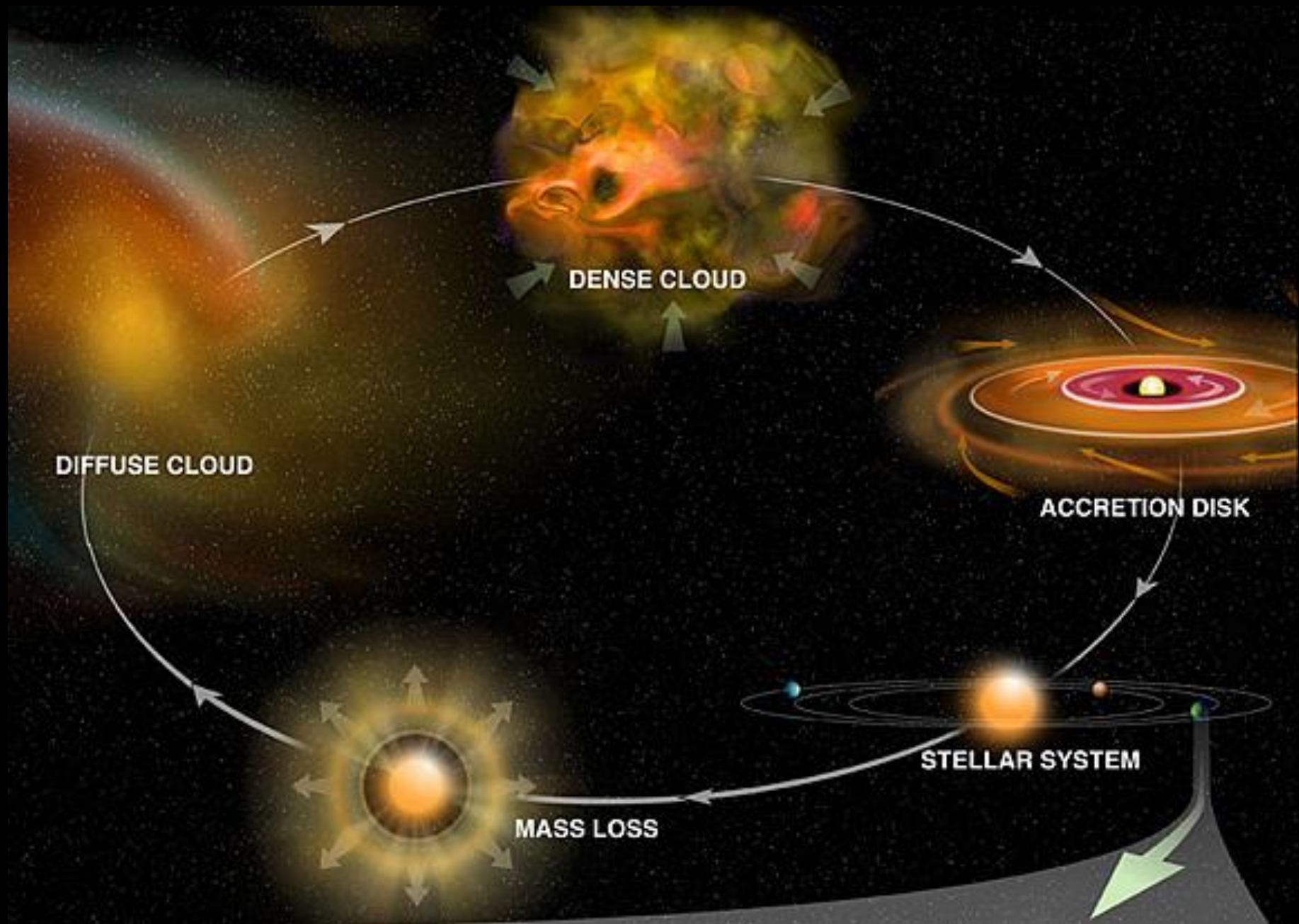


Formação de planetas



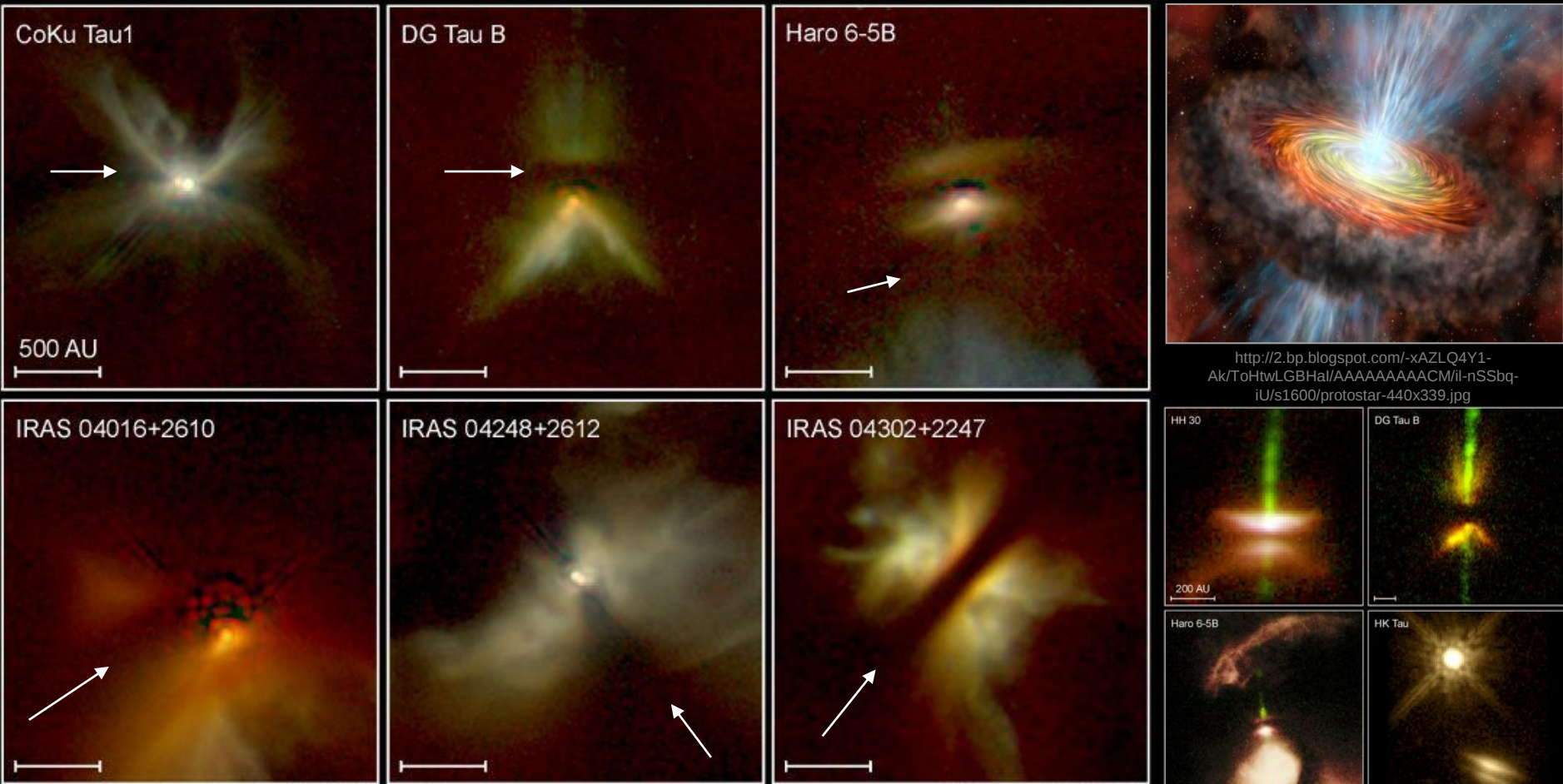
Sistema Planetário

Processo cíclico e a evolução química



Sistemas planetários em formação

Formação de disco protoplanetário durante a contração nebular também é observada em estrelas em formação. A posição do disco é indicada nas imagens.



<http://2.bp.blogspot.com/-xAZLQ4Y1-Ak/ToHtwLGBHal/AAAAAAAAACM/il-nSSbqiU/s1600/protostar-440x339.jpg>

Young Stellar Disks in Infrared

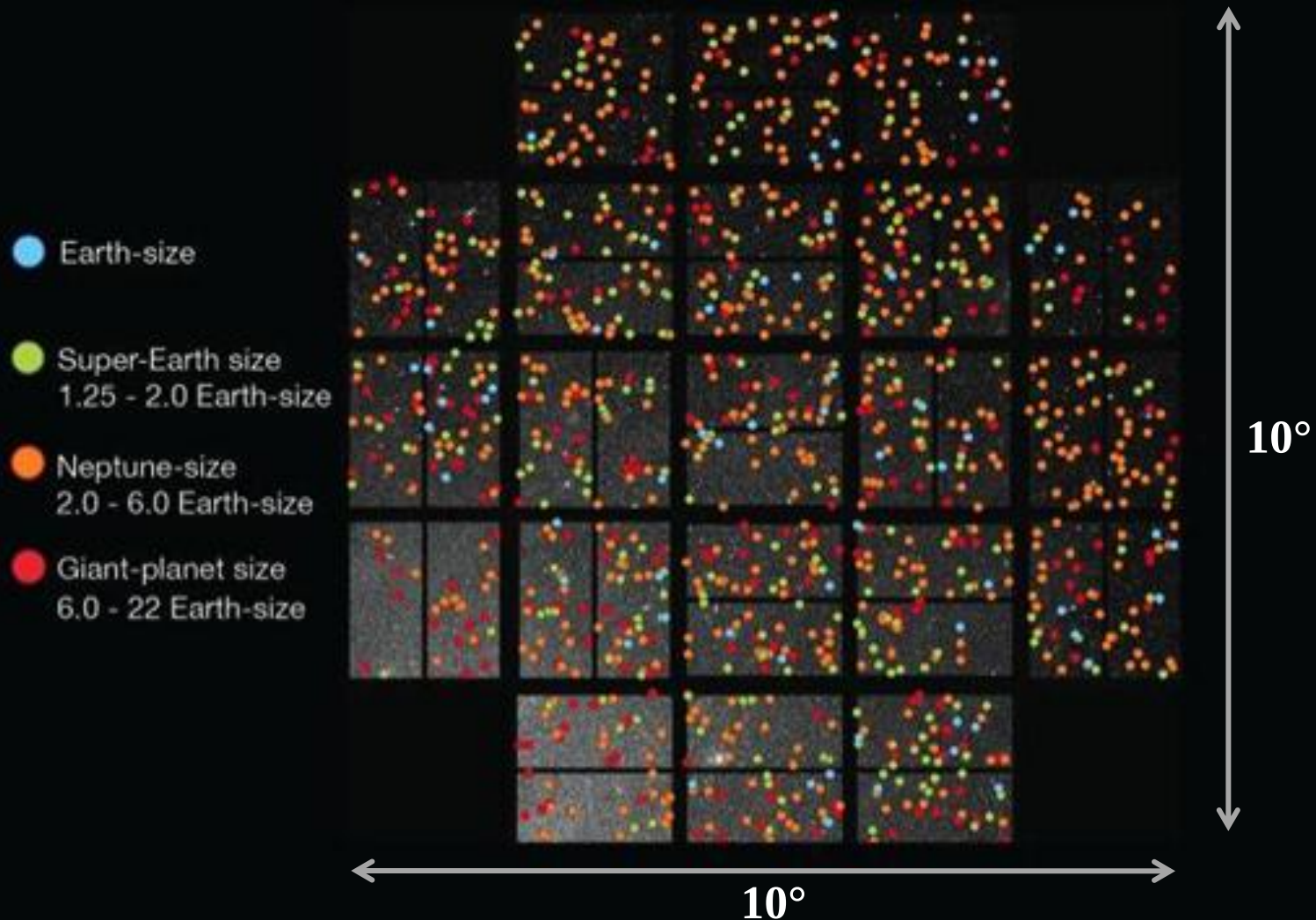
PRC99-05a • STScI OPO
D. Padgett (IPAC/Caltech), W. Brandner (IPAC), K. Stapelfeldt (JPL) and NASA

HST • NICMOS

Disks around Young Stars
PRC99-05b • STScI OPO
C. Burrows and J. Krist (STScI), K. Stapelfeldt (JPL) and NASA

HST • WFPC2

Telescópio espacial Kepler (NASA)



1.235 candidatos a exoplanetas

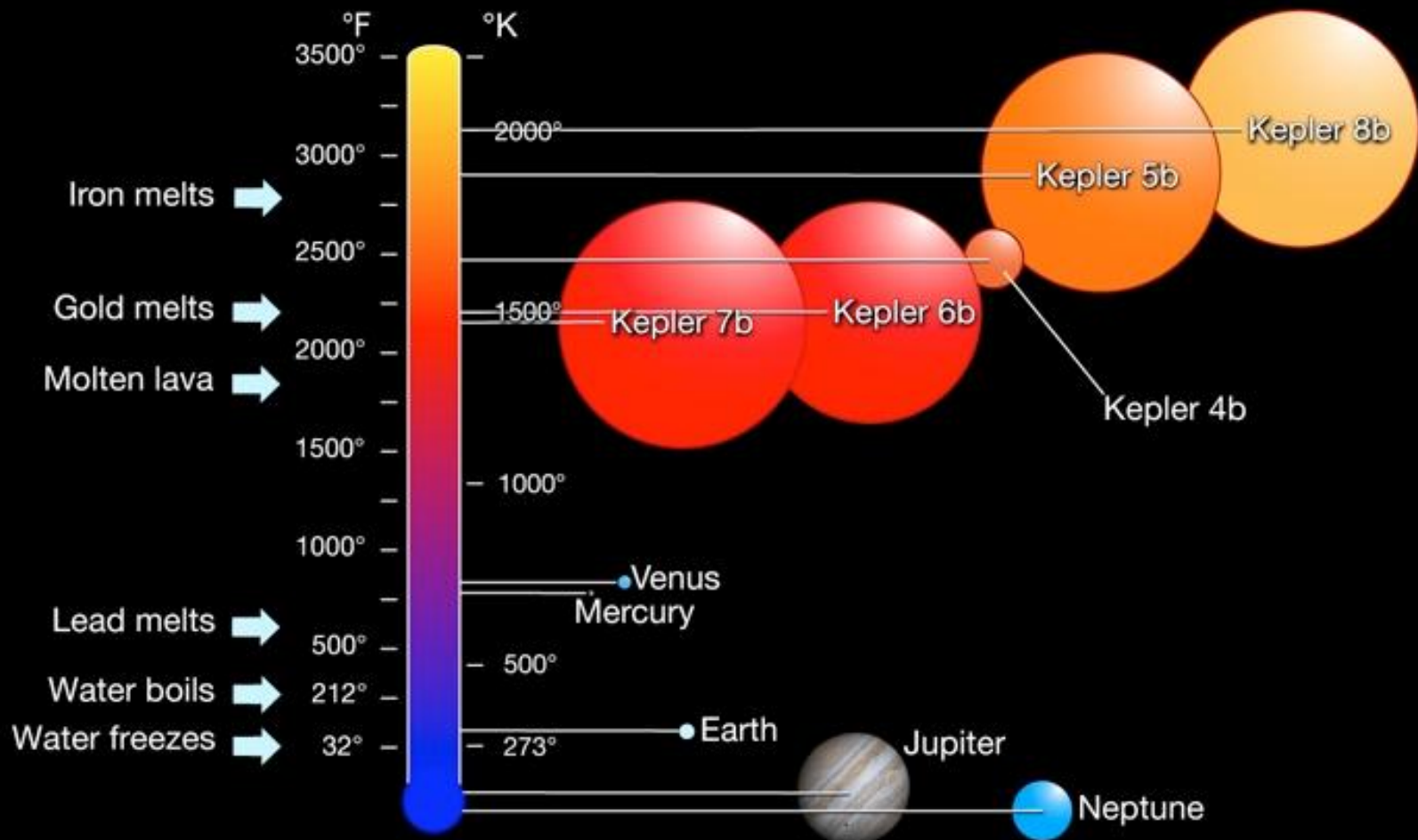
Lançamento: 06/03/2009

Região: constelação do Cisne (Cygnus)

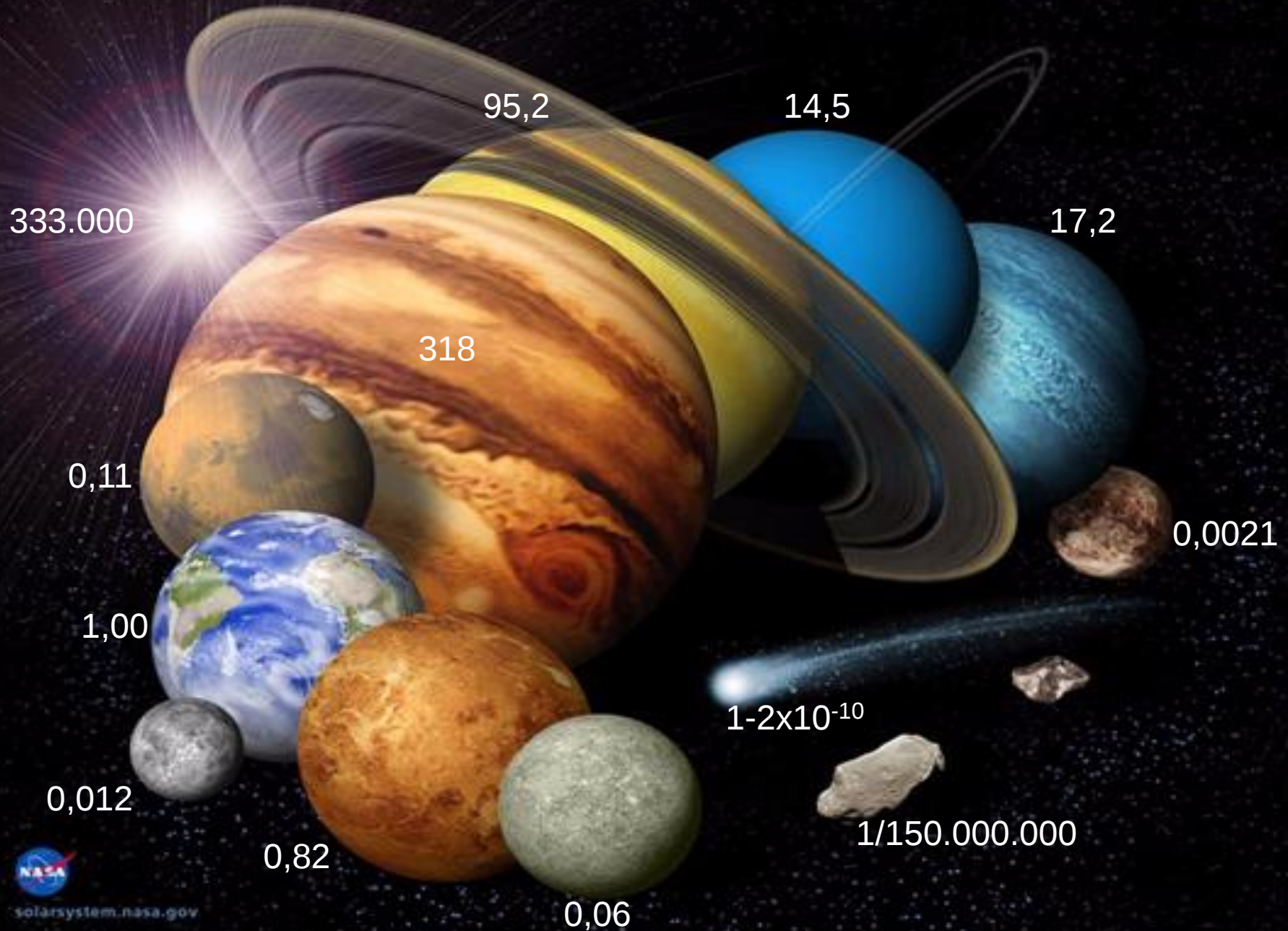
Câmera: 95-megapixel

Estrelas de campo: 4,5 milhões

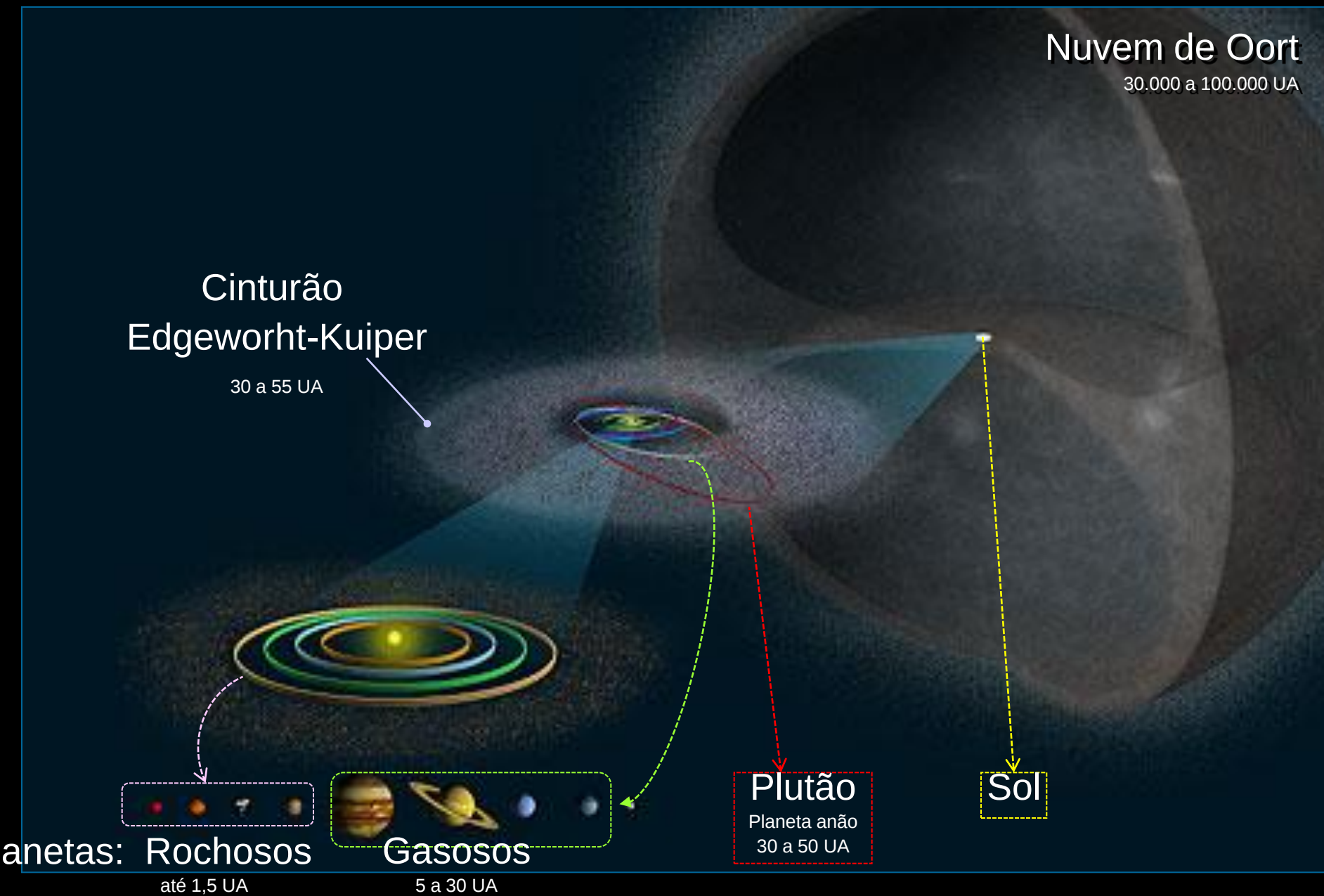
Planet Temperature & Size



Sistema Solar – a família do Sol

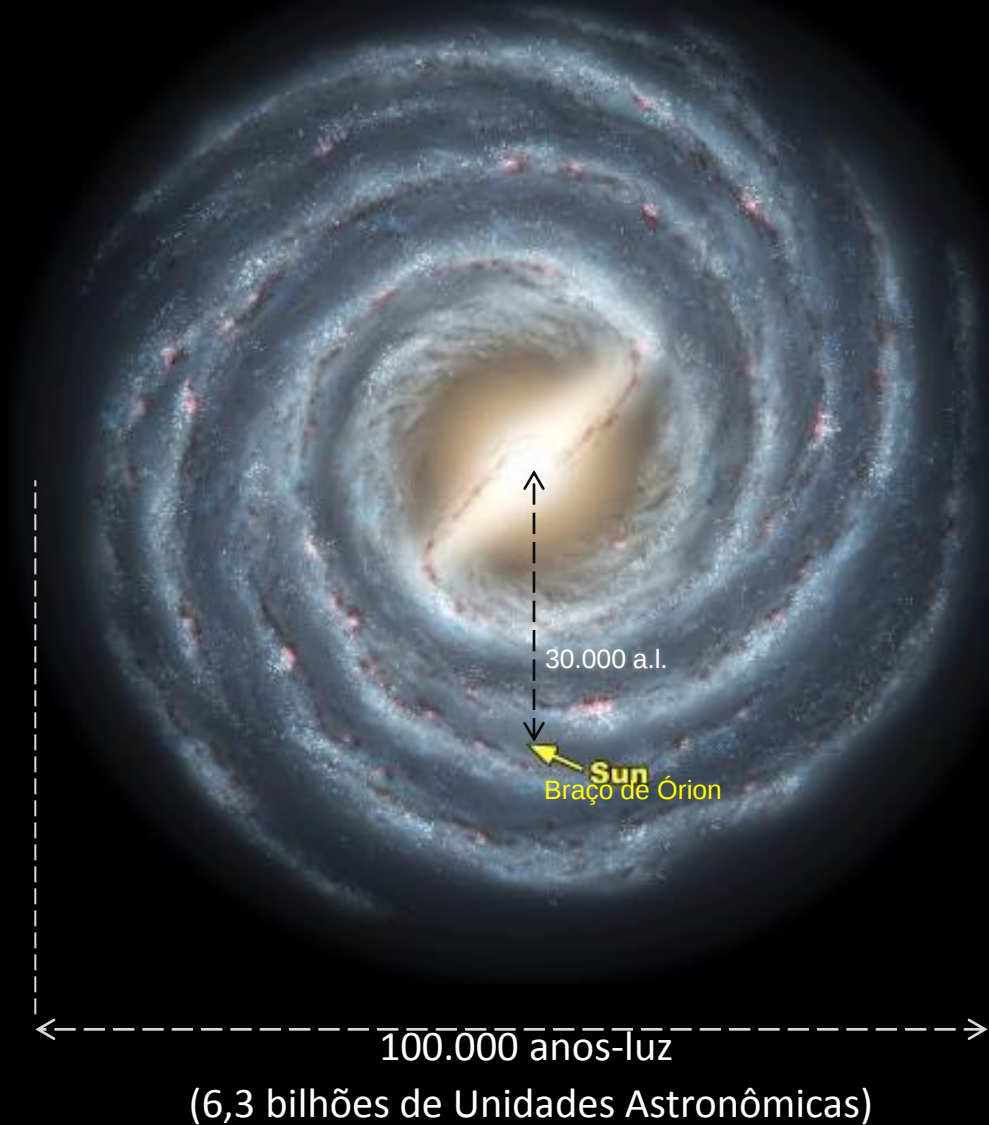


Dimensão do Sistema Solar



Localização do Sistema Solar na Via Láctea

Esboço mais fidedigno da nossa galáxia (Via Láctea)



O que veremos na disciplina?



Histórico e Coordenadas Celestes

Órbitas planetárias:

parâmetros orbitais, Leis de Kepler, Leis de Newton.

Planetas e Satélites.

Corpos Menores: Asteróides, Cometas, Cinturão de Kuiper e Nuvem de Oort, Meteoróides, Meteoros, Poeira Zodiacal.

Formação do Sistema Solar: nebulosa primitiva e colapso gravitacional

Exoplanetas: observação e casos conhecidos

Sol: estrutura interna e atmosfera, atividade solar, vento solar.