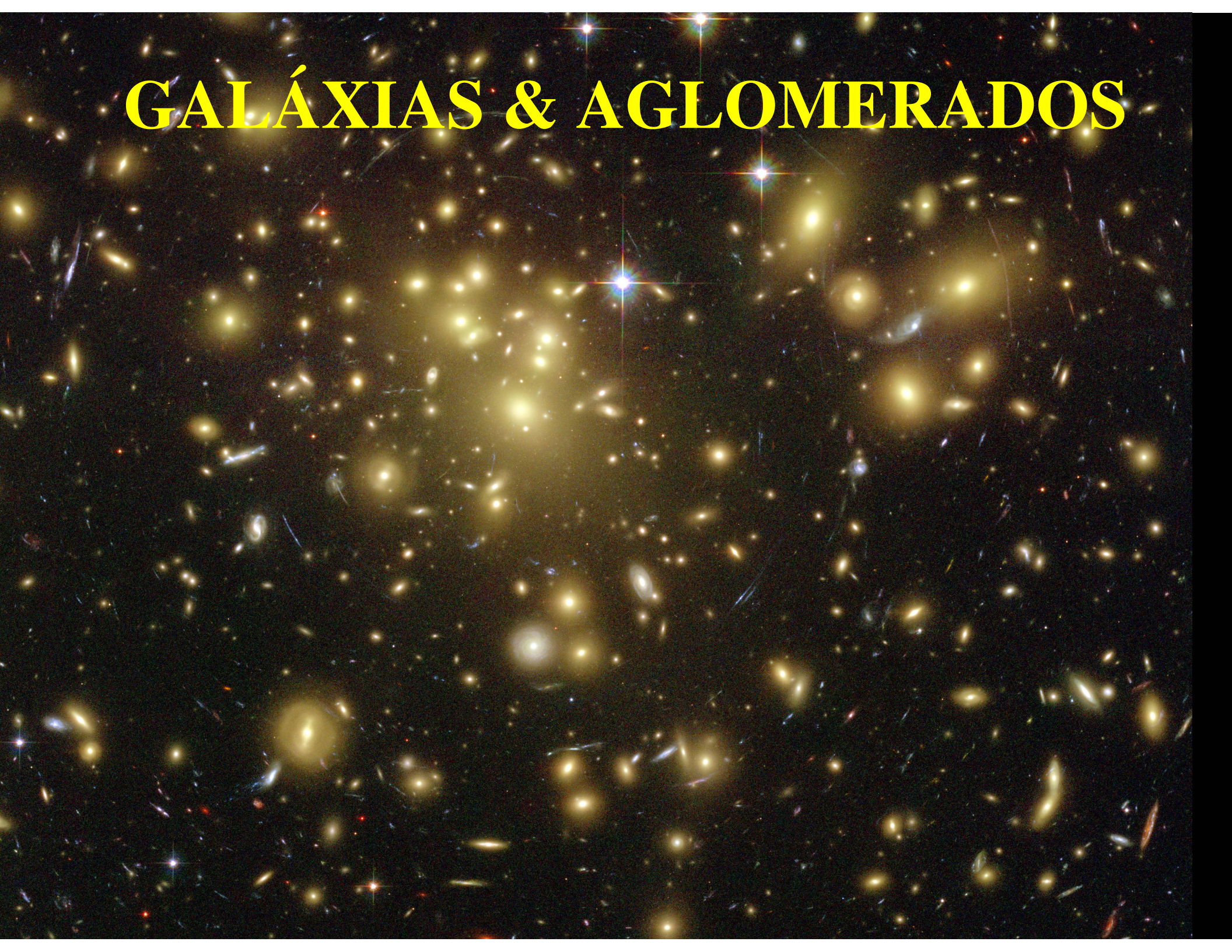


GALÁXIAS & AGLOMERADOS



GALÁXIAS

As galáxias foram identificadas como tais somente nos anos vinte do século XX. Até então não se sabia qual era a natureza destes objetos, em particular onde se localizavam. As galáxias eram confundidas com as nebulosas (gás interestelar que brilha graças à luz das estrelas próximas) presentes nos catálogos de Messier e Hershel elaborados do século XIII, onde eram identificados algumas “nebulosas” de forma elíptica e outras espirais.

Em 1920, existiam duas correntes de pensamento em relação às “nebulosas”. Uma, defendida por Harlow Shapley, propunha que a Via Láctea era muito grande, o Sol localizado longe do centro e todas as nebulosas estariam contidas nela. A outra corrente, defendida por Herber Curtis, propunha uma Via Láctea pequena, o Sol no centro e as nebulosas espirais e elípticas seriam “universos-ilhas” (termo introduzido já no século XVIII), semelhantes à Via

Láctea. Apesar de nenhuma destas teorias está completamente correta, este debate pode ser considerado como o início da astrofísica extragaláctica moderna.

Em meados da década de 1920, Edwin Hubble mede a distância de algumas nebulosas mais próximas e constata que elas são realmente distantes, exteriores à Via Láctea. Para isto Hubble se baseou no trabalho de Henrietta Levitt que descobriu a relação entre o período de pulsação e a magnitude absoluta das estrelas variáveis Cefeidas.

Em 1929, Hubble mostra que o universo está em expansão onde as galáxias se afastam uma das outras com velocidade proporcional à distância.

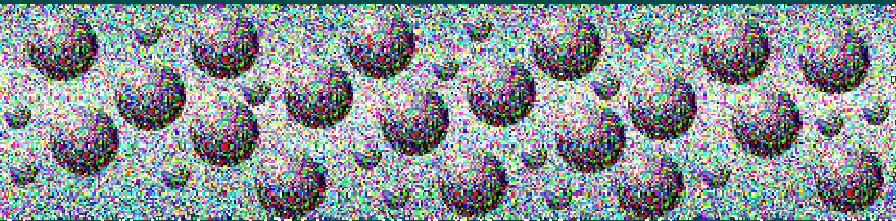
Em 1931, Karl Jansky abre uma nova janela com a descoberta de emissão rádio extragaláctica. Dois anos mais tarde, Fritz Zwicky deduz a existência da chamada “matéria escura” – até hoje desconhecemos sua natureza – em grande quantidade no aglomerado de galáxias de Coma.

Matéria Escura: Zwicky (1933)

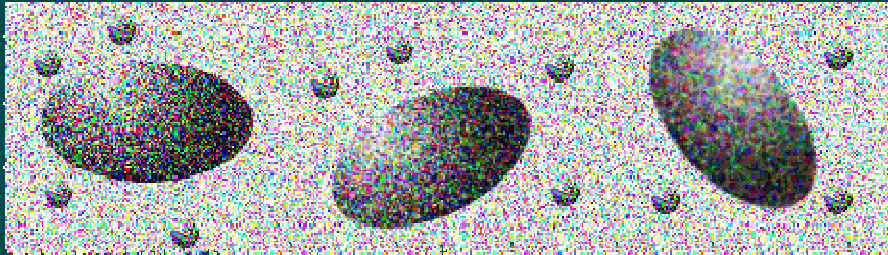
**SE O UNIVERSO PRIMORDIAL ERA HOMOGÊNEO E
ISOTRÓPICO, DENSO E QUENTE...**

COMO SE FORMARAM AS GALÁXIAS?

Formação e evolução das galáxias segundo o paradigma da matéria escura fria (CDM)



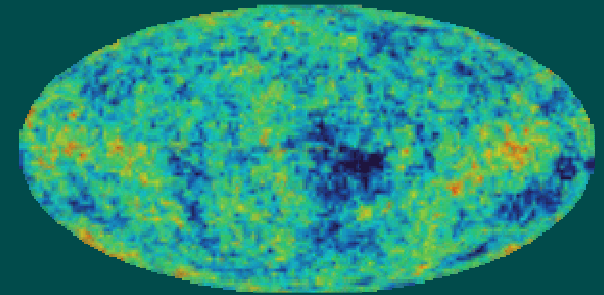
400. 000 anos



14 bilhões de anos



Big Bang



Universo primitivo observado pelo satélite
WMAP

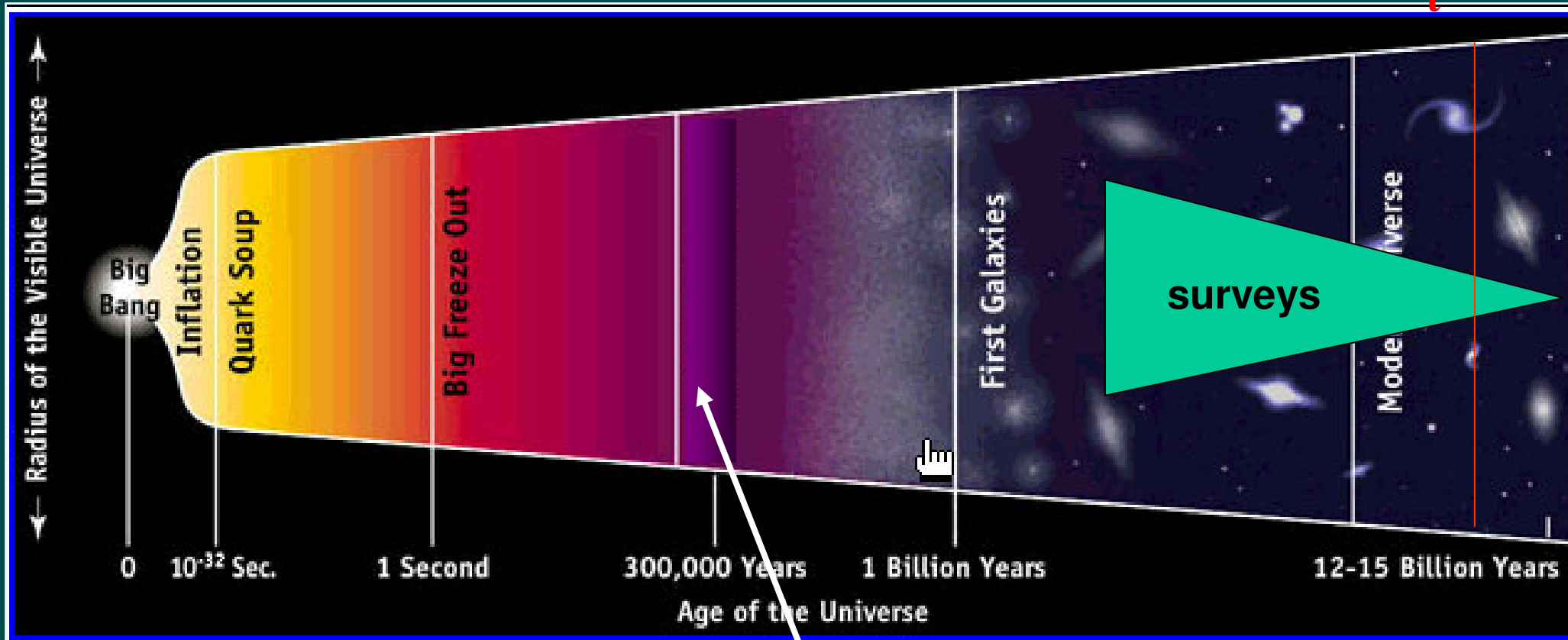
É preciso testar exaustivamente este
cenário

Universo observado hoje



EVOLUÇÃO DO UNIVERSO

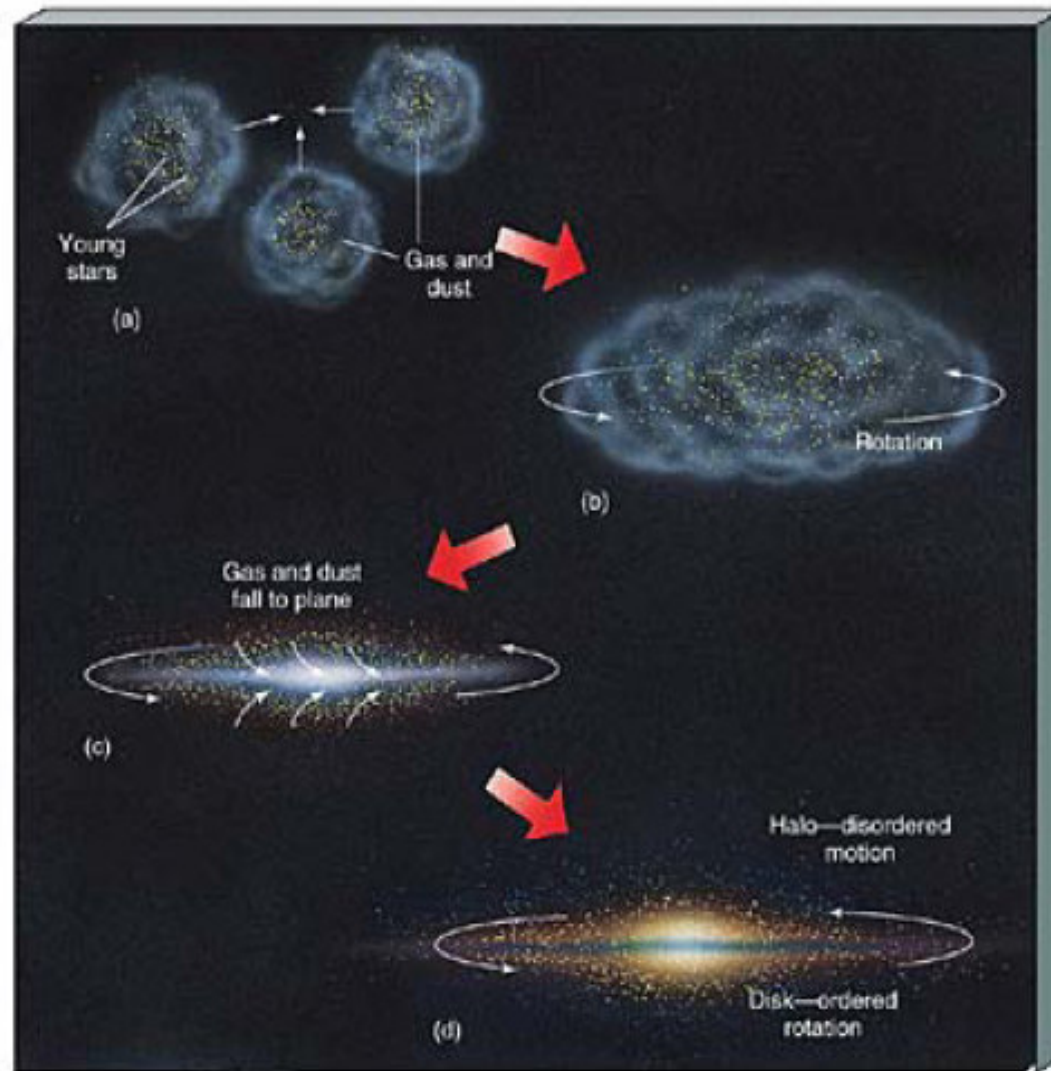
Universe Primitive $Z_t \approx 1$ Instabilidade Gravitational



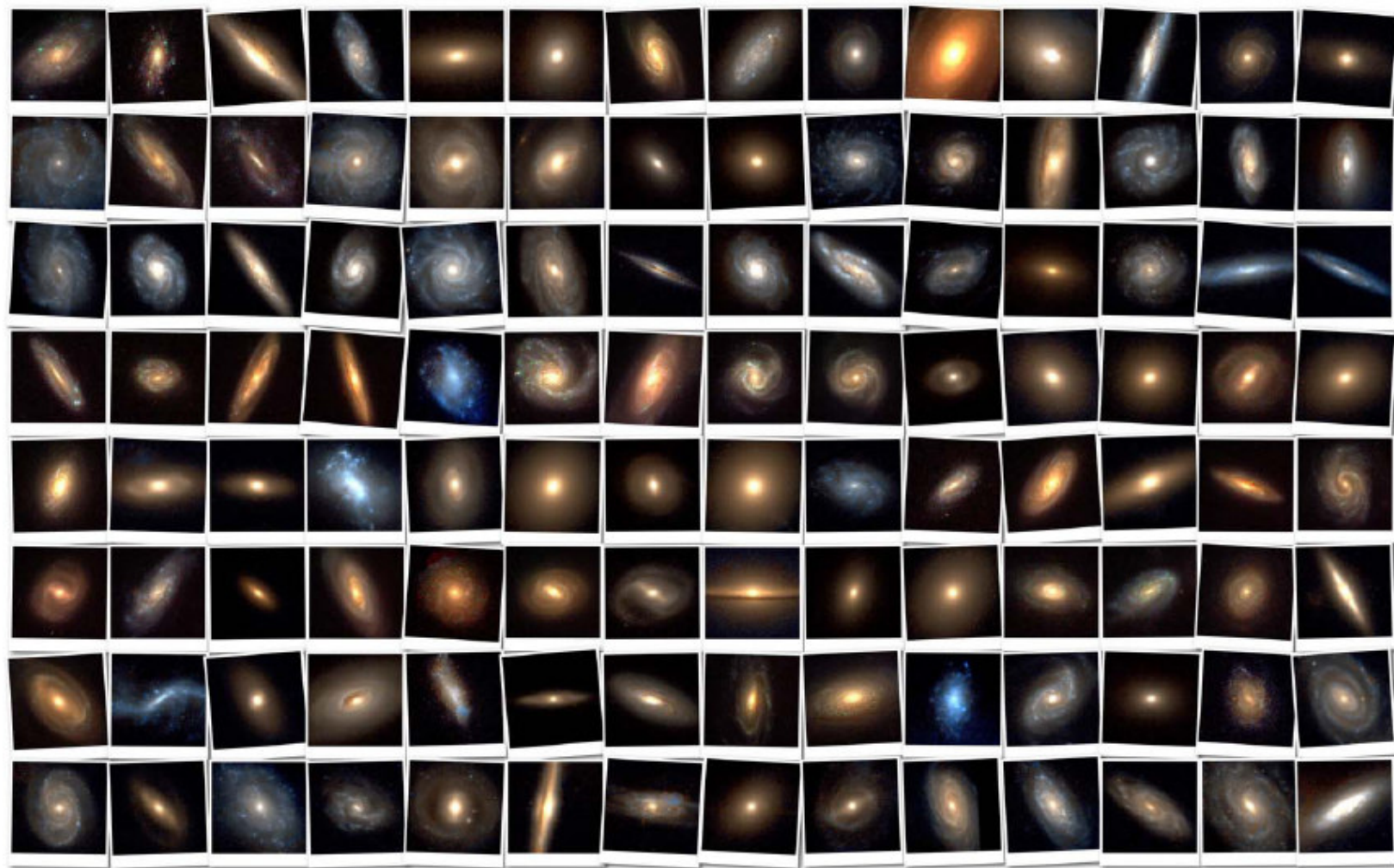
Recombinação: matéria & radiação desacoplam
 $t \sim 400.000$ anos

Energia
Escura

Formação: Cenário Clássico



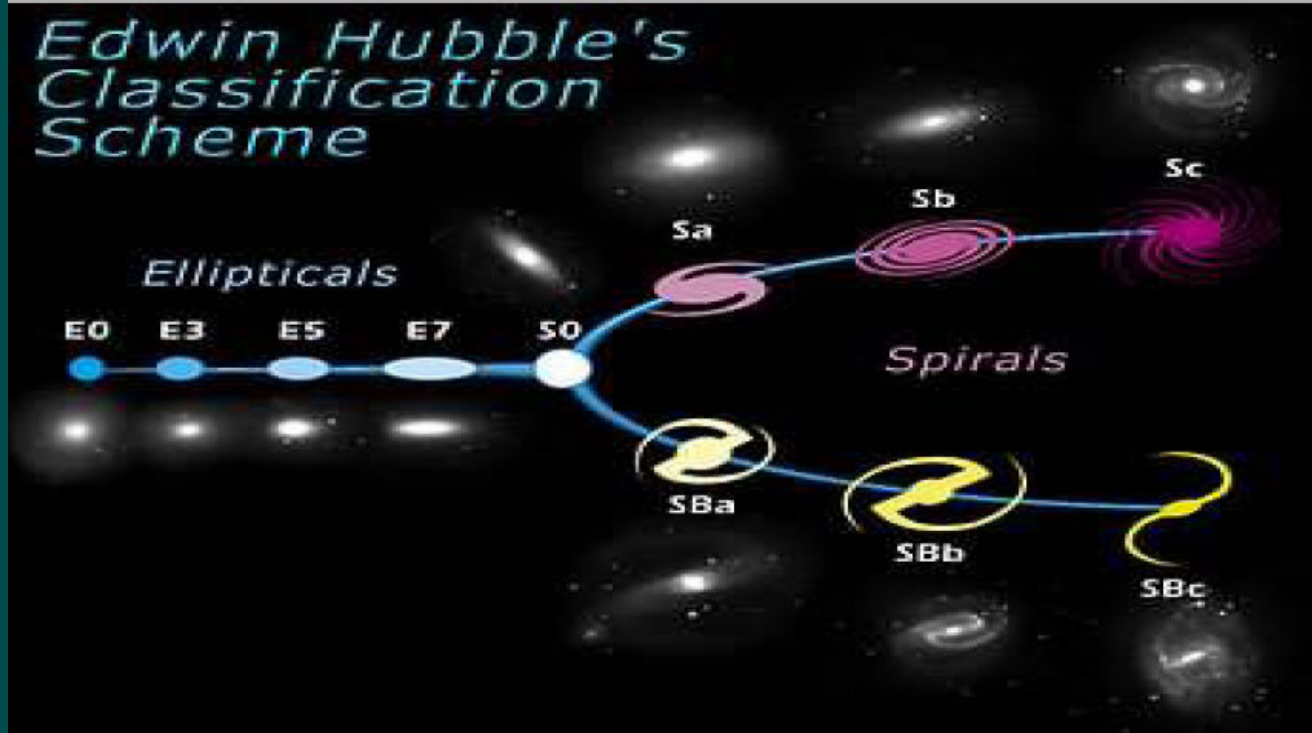
Diversidade Morfológica



Created by Zolt Tóth and James E. Gunn Copyright © 1995 Princeton University Press

MORFOLOGIA DAS GALÁXIAS

Sistema de Classificação - SCH



E = Elípticas

S= Espirais

SB= Espirais Barradas

SO=Categoria que Hubble utilizou para para descrever uma forma intermediária entre E e S!

Morfologia das Galáxias

DIAGRAMA DE HUBBLE

E



S0



Sa



Sb



Sc



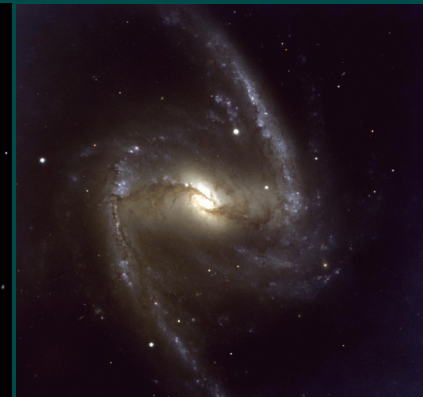
SaB



SbB



ScB



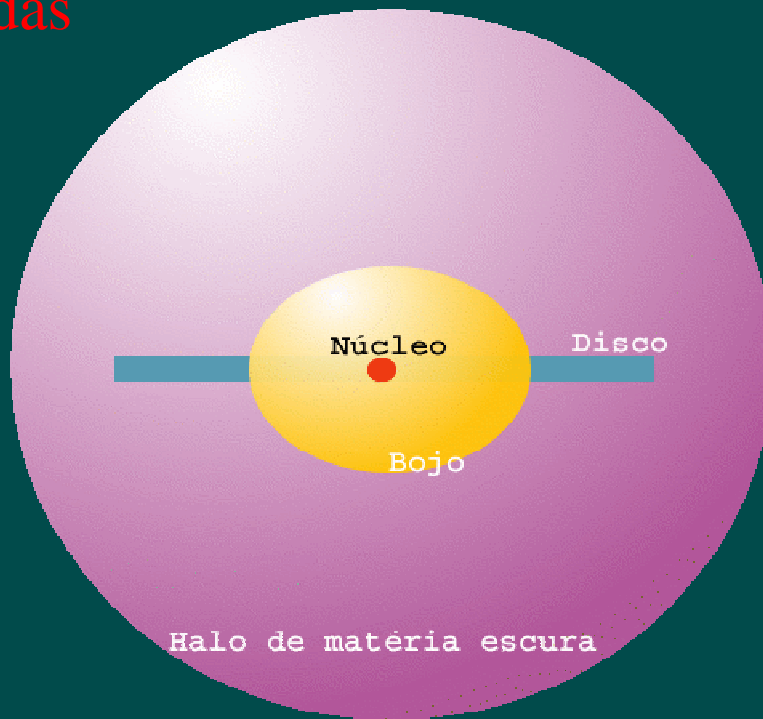
No Universo local (isto é, dentro de uma esfera de ~ 1 Gpc), as galáxias brilhantes se distribuem da seguinte forma: $\sim 20\%$ elípticas, 75% espirais e 5% irregulares.

Estas porcentagens não levam em conta as galáxias anãs, observadas dificilmente a grandes distâncias. Levando em conta as anãs, concluímos que são estas as galáxias mais abundantes no Universo.

Originalmente, a classificação morfológica de Hubble foi vista como uma sequência evolutiva das galáxias: estas nasceriam como elípticas e se tornariam espirais com o tempo. Esta interpretação é incorreta! Apesar disto, a sequência de Hubble é muito importante pois várias propriedades físicas se alteram sistematicamente ao longo deste diagrama:

- Razão massa (luminosidade) do bojo/massa do disco. As elípticas são praticamente apenas bojo (discos muito fracos são às vezes detectados); as galáxias Im não contém bojo;
- Razão massa do gás/massa das estrelas;
- Variação do índice de cor;
- Composição química do meio inter-estelar;
- Taxa de formação estelar.

Estrutura das galáxias



MASSA DAS GALÁXIAS

VÁRIOS MÉTODOS:

1. Estimativas Dinâmicas – (Teorema do Virial)
2. Lentes Gravitacionais
3. Satélites
4. Curvas de Rotação (Espirais)

Massa das Elípticas (Estimativas Dinâmicas)

A massa das Galáxias Elípticas pode ser determinada a partir do Teorema do Virial. Para um sistema estacionário (cujas propriedades não variam com o tempo) a soma da energia potencial gravitacional das partículas mais o dobro da energia cinética é nula:

$$U + 2K = 0$$

A energia potencial gravitacional é dada por:

$$U \cong -\frac{GM^2}{2R}$$

onde **R** é o raio médio da galáxia estimado a partir da distribuição de luz.

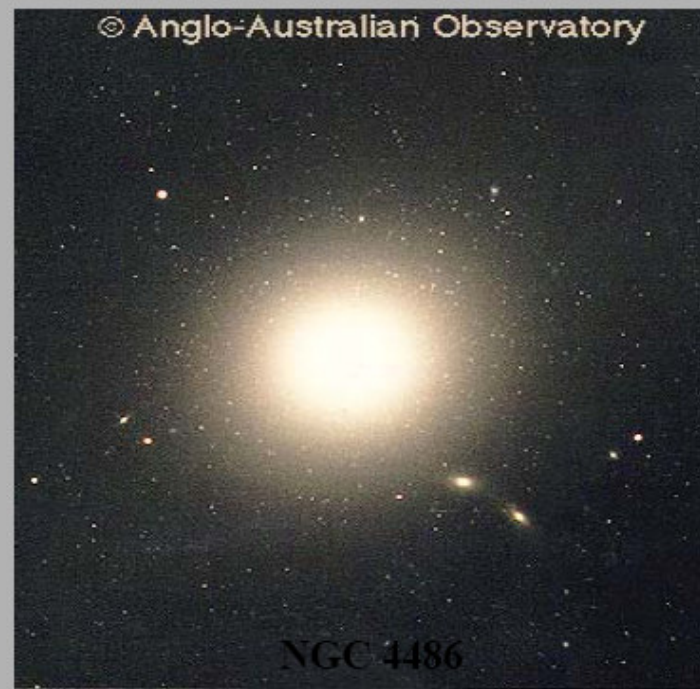
$$K = \frac{1}{2}Mv^2$$

onde **M** é a massa total da galáxia e **v** a velocidade média das estrelas.



$$M \cong \frac{2V^2R}{G}$$

Galáxias Elípticas



$$N \approx 10^{11} \text{ ☆}$$

E0

GALÁXIAS ESPIRAIS

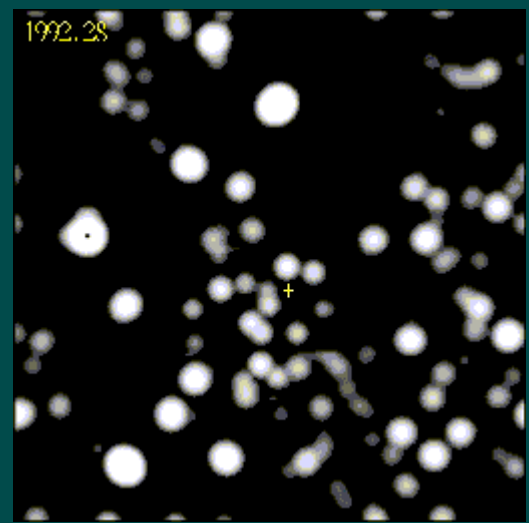
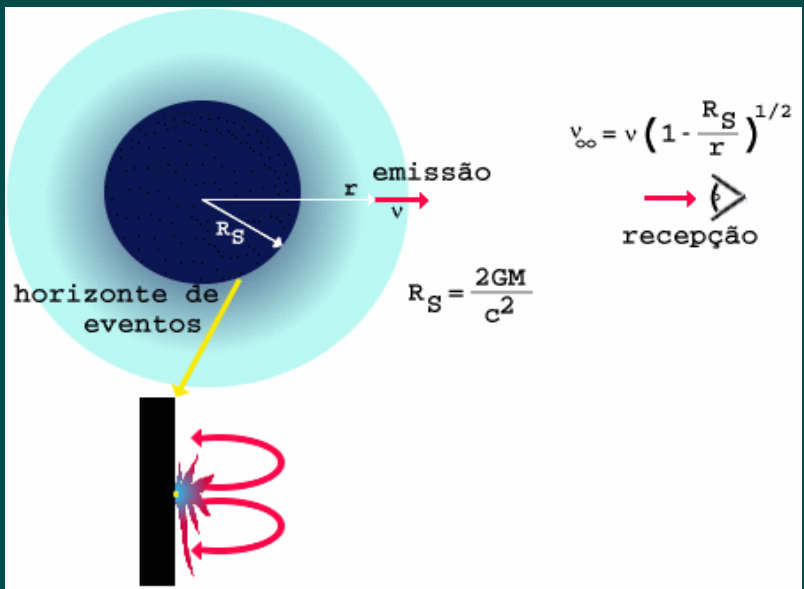
- Espiraís, têm forma de disco no qual se vê em geral braços espiáis que começam no centro ou nos extremos de uma barra no caso das espiáis barradas.

As galáxias espiáis são atualmente designadas Sa, Sb, Sc ou Sd quando não há a presença de uma barra e SBa, SBb, SBc ou SBd, no caso contrário. Os índices a, b, c e d, foram originalmente propostos para diferenciar o quanto os braços espiáis se enrolam em torno do centro galáctico: 'a' para braços muito enrolados, 'd' para braços mais abertos.

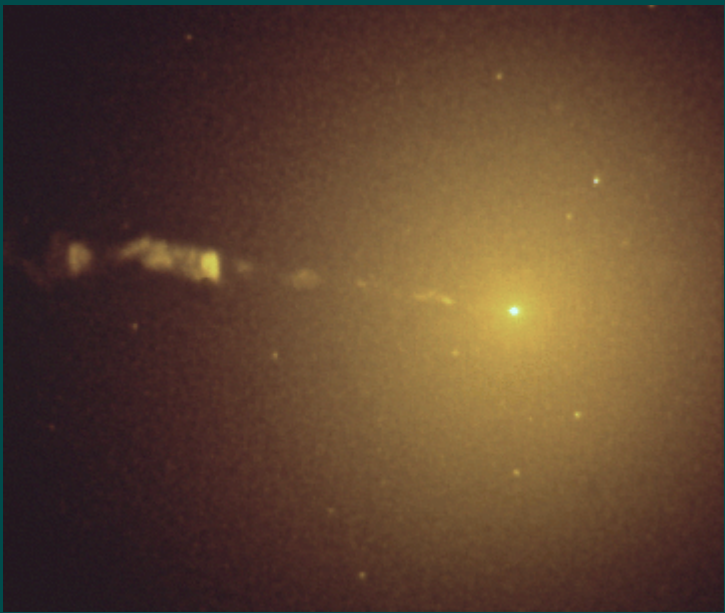
A razão entre o tamanho do bojo e do disco também servem para classificar as espiáis:
As Sa têm a maior razão bojo/disco enquanto as Sd têm a menor.

- Lenticulares, têm uma forma de disco com um pronunciado bojo central. As galáxias lenticulares são chamadas S0. Estas galáxias têm um bojo muito brilhante e discos muito fracos, sem a presença de braços espiáis.
- Irregulares, que não apresentam nenhuma forma bem definida. As galáxias satélites da Via Láctea, as Nuvens de Magalhães, são irregulares.

Na região central da maioria das galáxias espirais existem buracos negros massivos responsáveis pela atividade observada no núcleo’.



Via Láctea

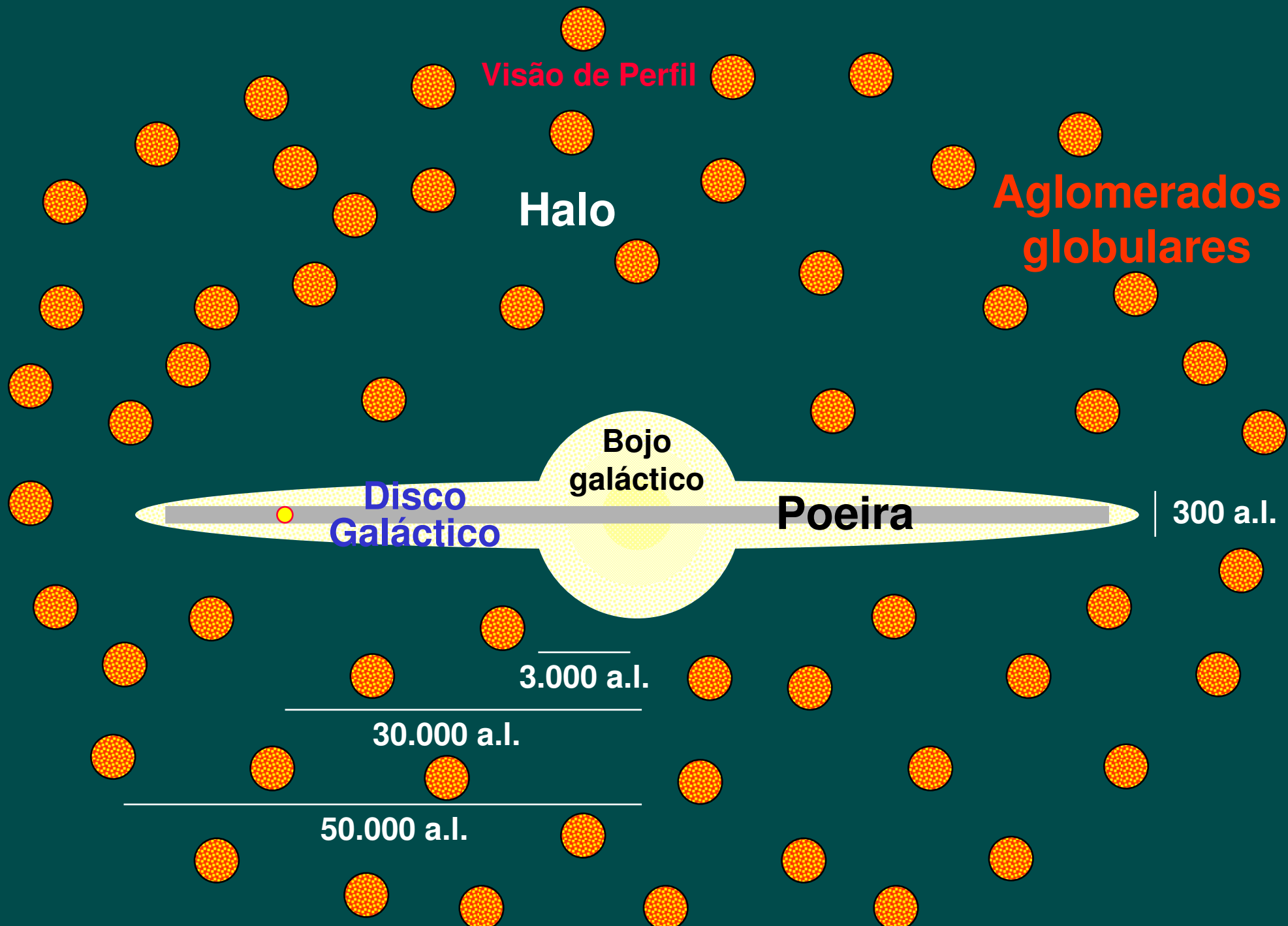


$M_{BN} \sim 1 \text{ Milhão} - 1 \text{ Bilhão } M_\odot$

M87 – galáxia central de Virgo

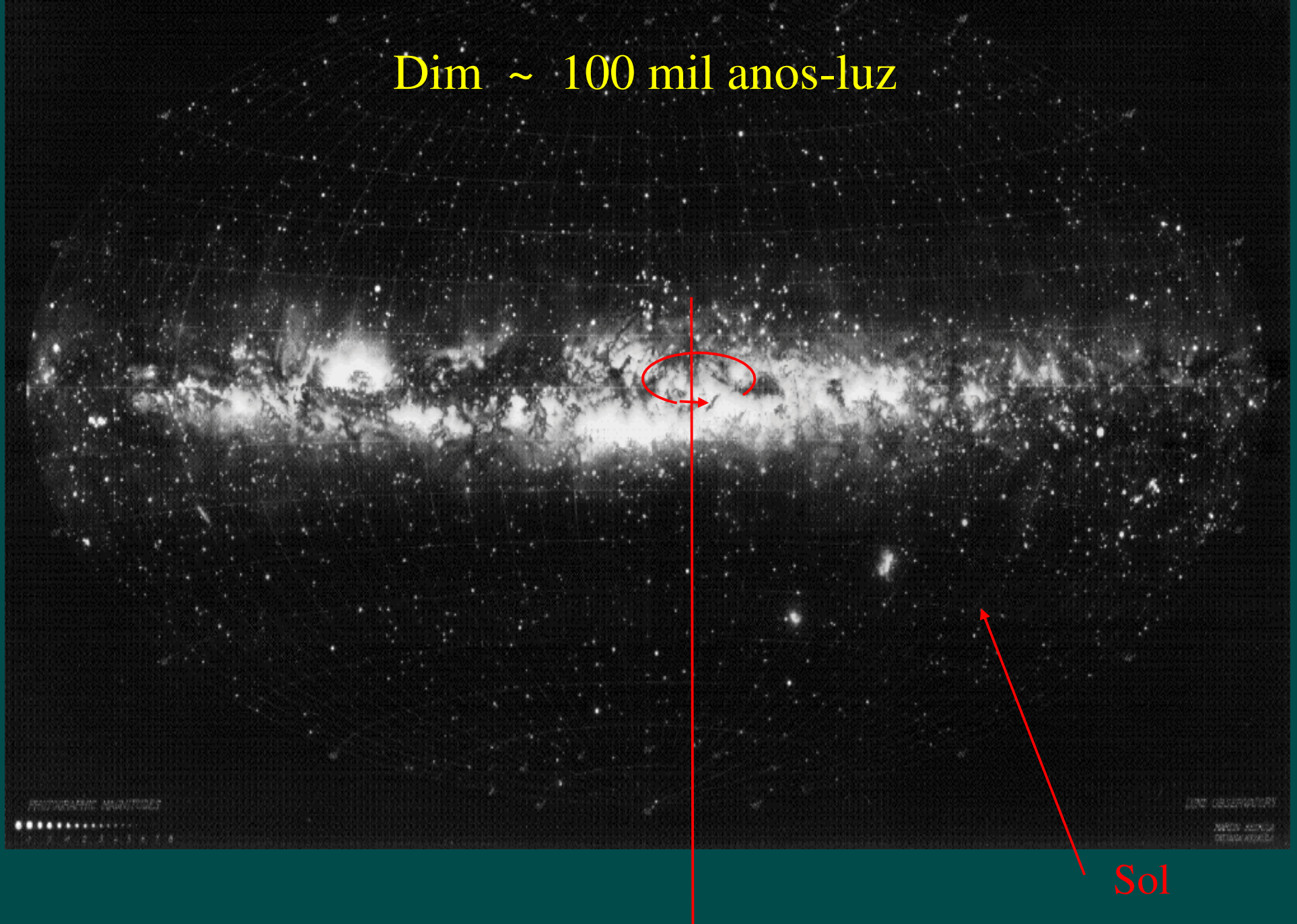
Nossa Galáxia

Nossa Galáxia

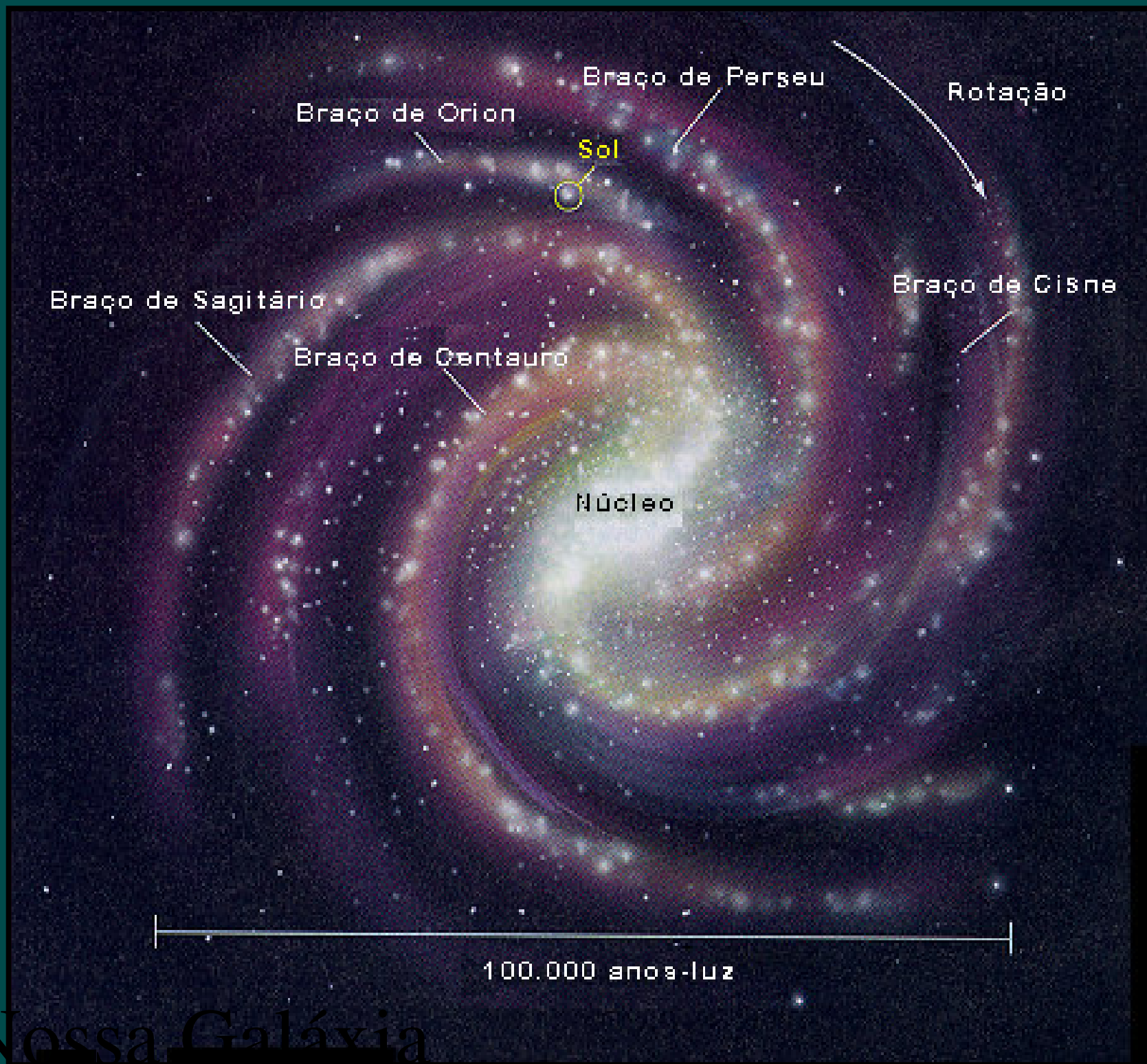


Massa ~150 bilhões $M_{\odot}$ Período ~200 milhões de anos

Dim ~ 100 mil anos-luz

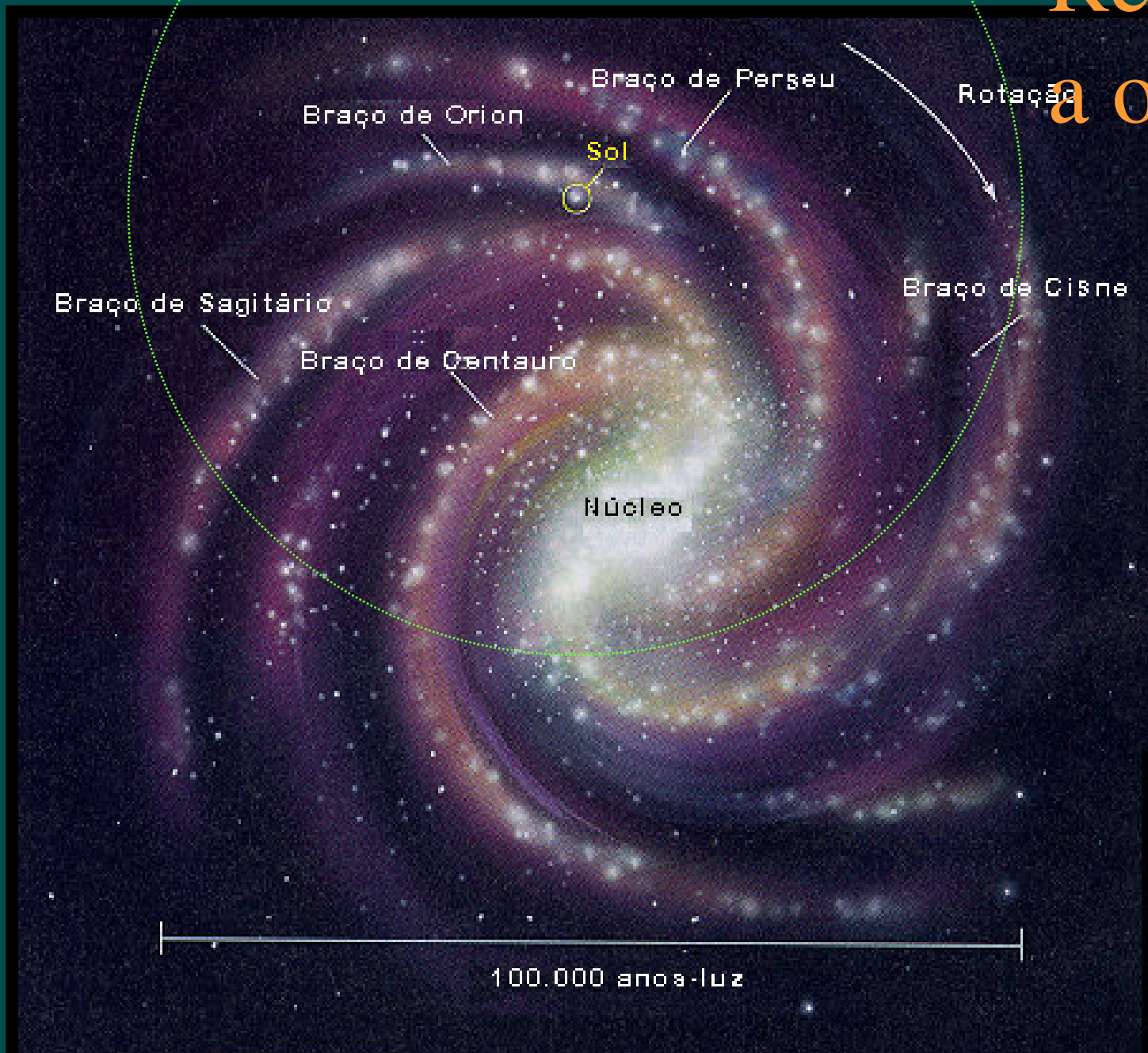


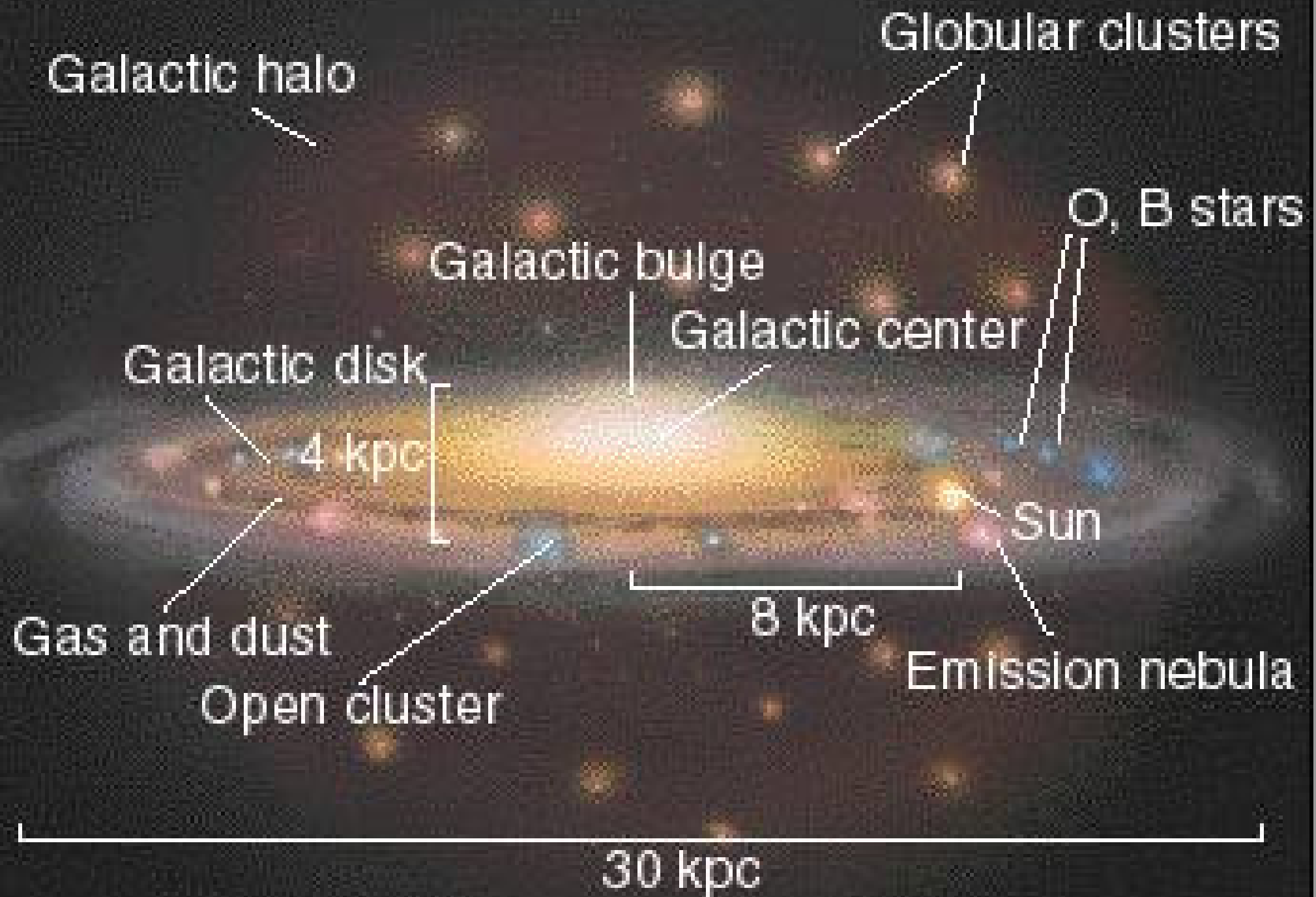
Sol



Nossa Galáxia

Região vista a olho nu





Esquema da Galáxia

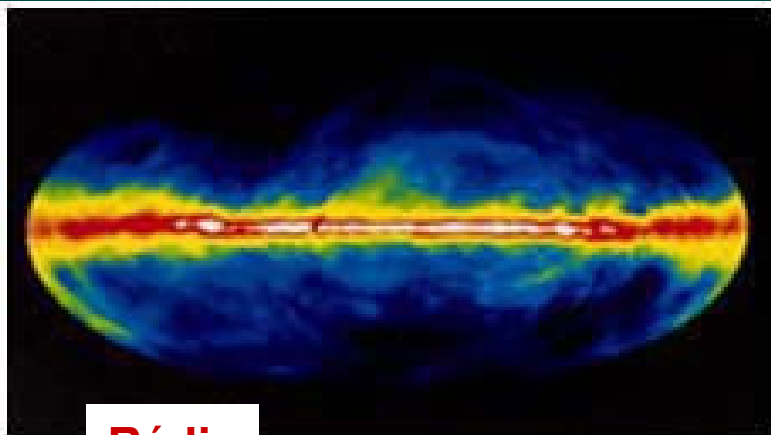
Projeto Gaia: missão espacial prevista para 2011. Deverá observar 1 bilhão de estrelas em nossa galáxia. O projeto vai monitorar todos os alvos por um período de 5 anos medindo:

1. **Distância**
2. **Movimento**
3. **Brilho (variações)**

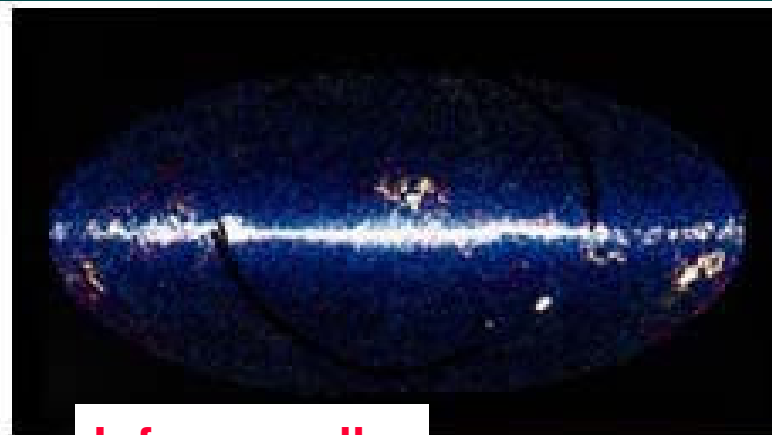
Expectativa

Descoberta de milhares de novos objetos celestes (planetas extrasolares e anãs marrons). No Sistema Solar Gaia deverá identificar milhares de novos asteróides.

As medidas de Gaia serão tão precisas que se ele estivesse na lua veria a foto de uma pessoa na terra.



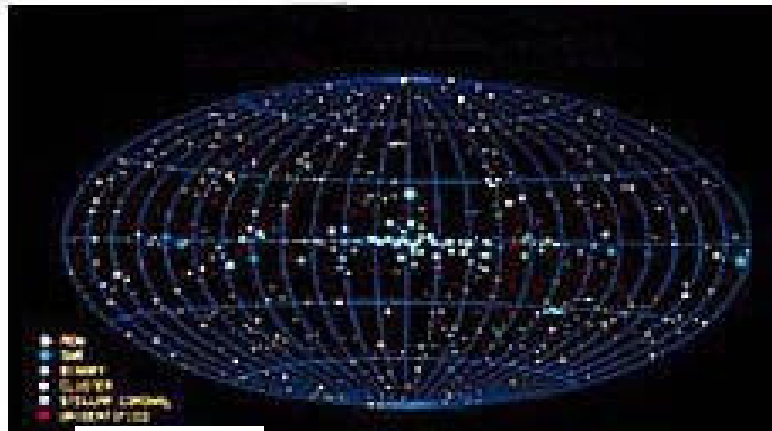
(a) **Rádio**



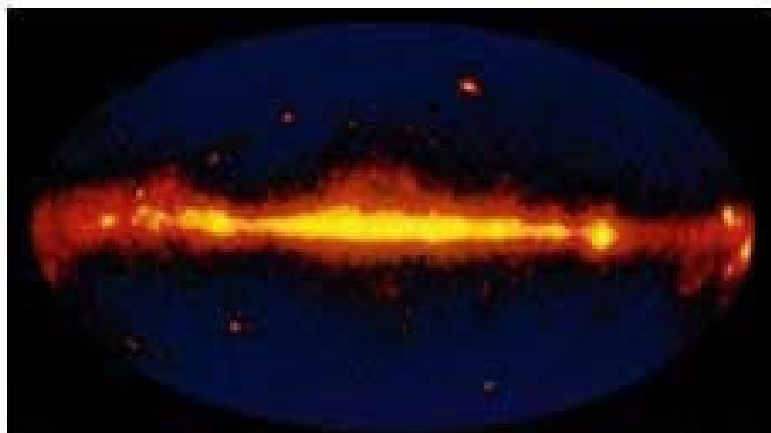
(b) **Infravermelho**



(c) **Visível**



(d) **Raio X**



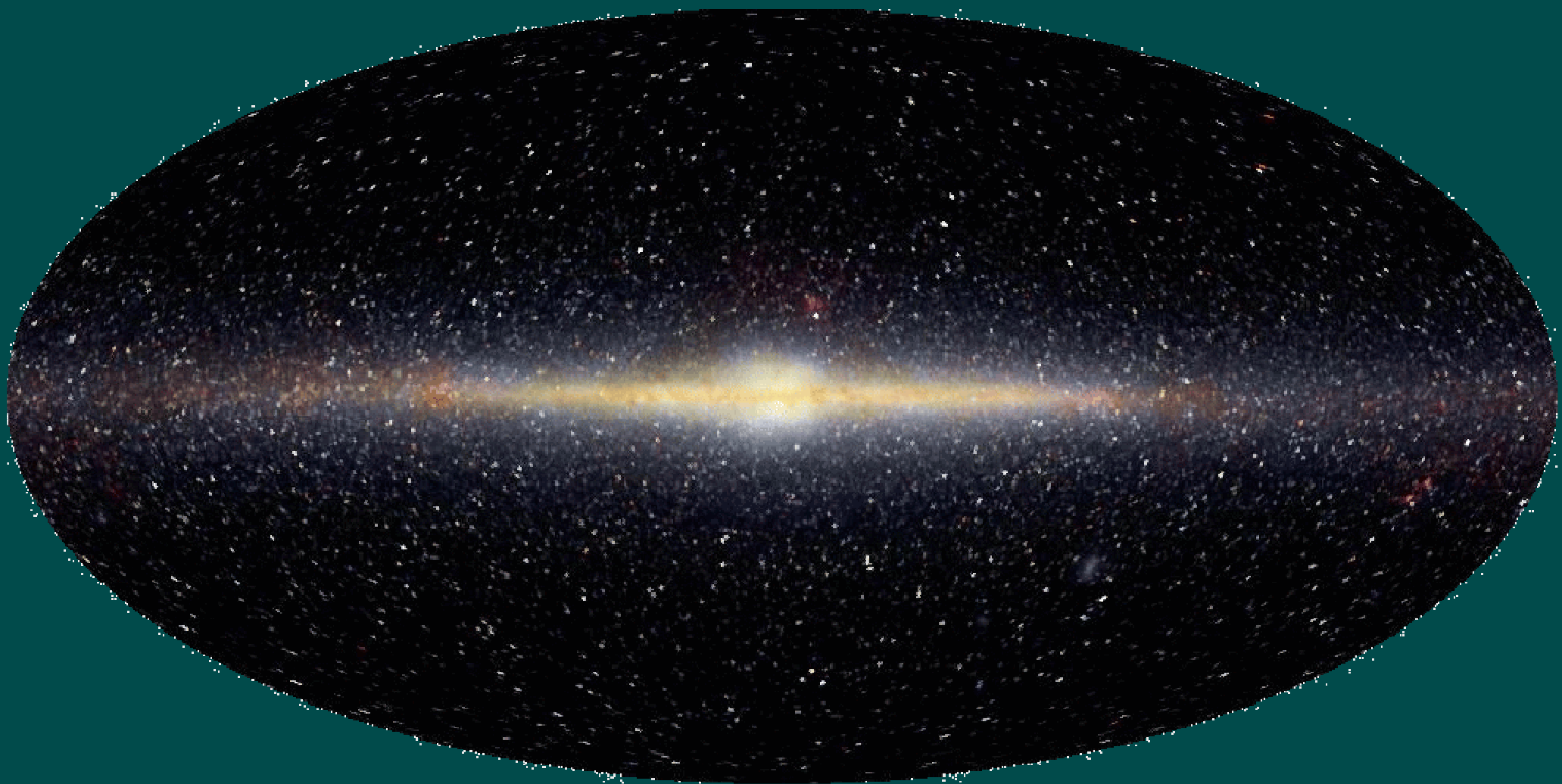
(e) **Raios Gama**



Via Láctea
vista nos vários
comprimentos de onda!

A Via Láctea vista pelo COBE

no infravermelho próximo (2-5 microns)

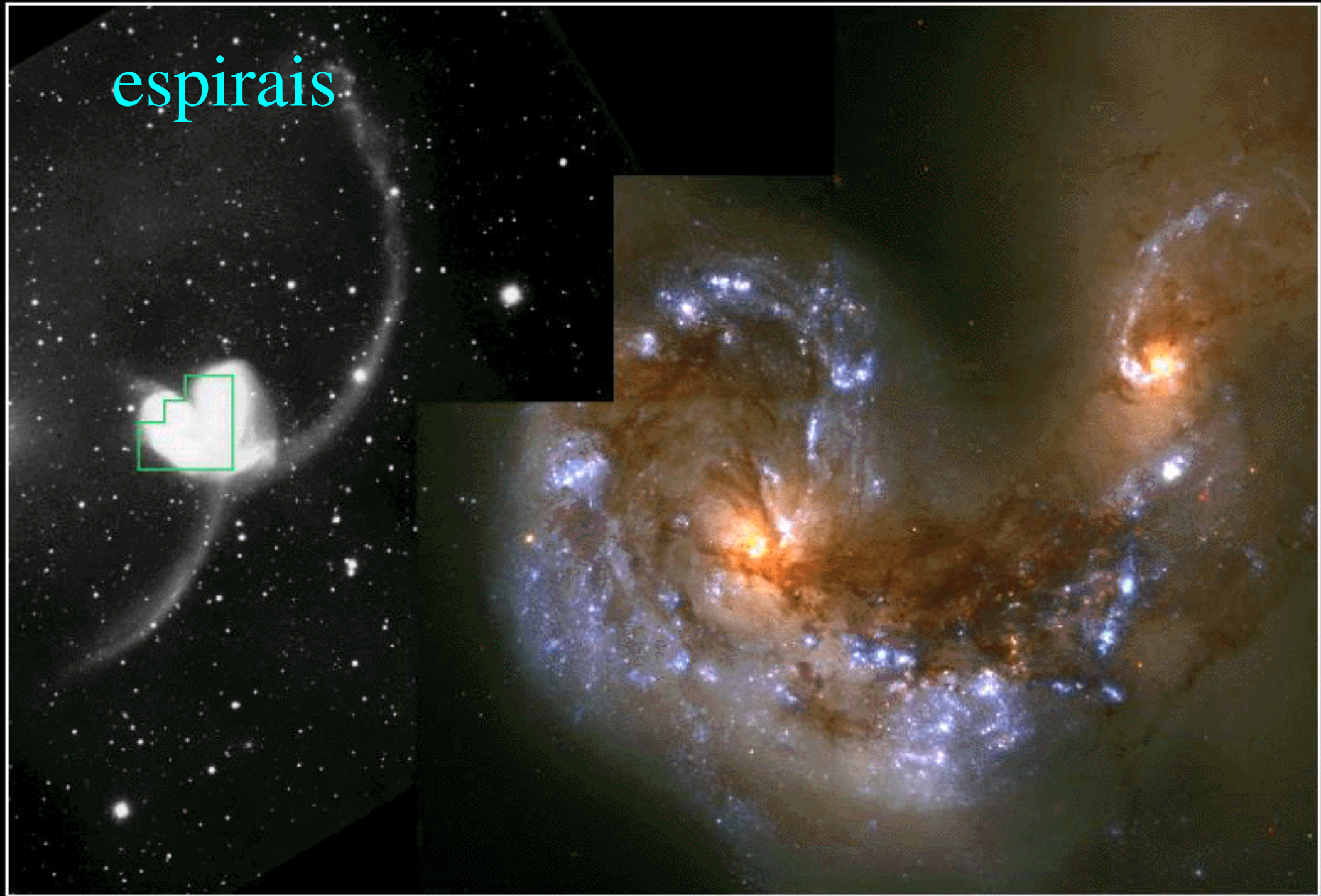


Interação entre galáxias

M51 + NGC5195



espirais



Colliding Galaxies NGC 4038 and NGC 4039

HST • WFPC2

PRC97-34a • ST ScI OPO • October 21, 1997 • B, Whitmore (ST ScI) and NASA

Interação entre galáxias



Colisão de galáxias espirais

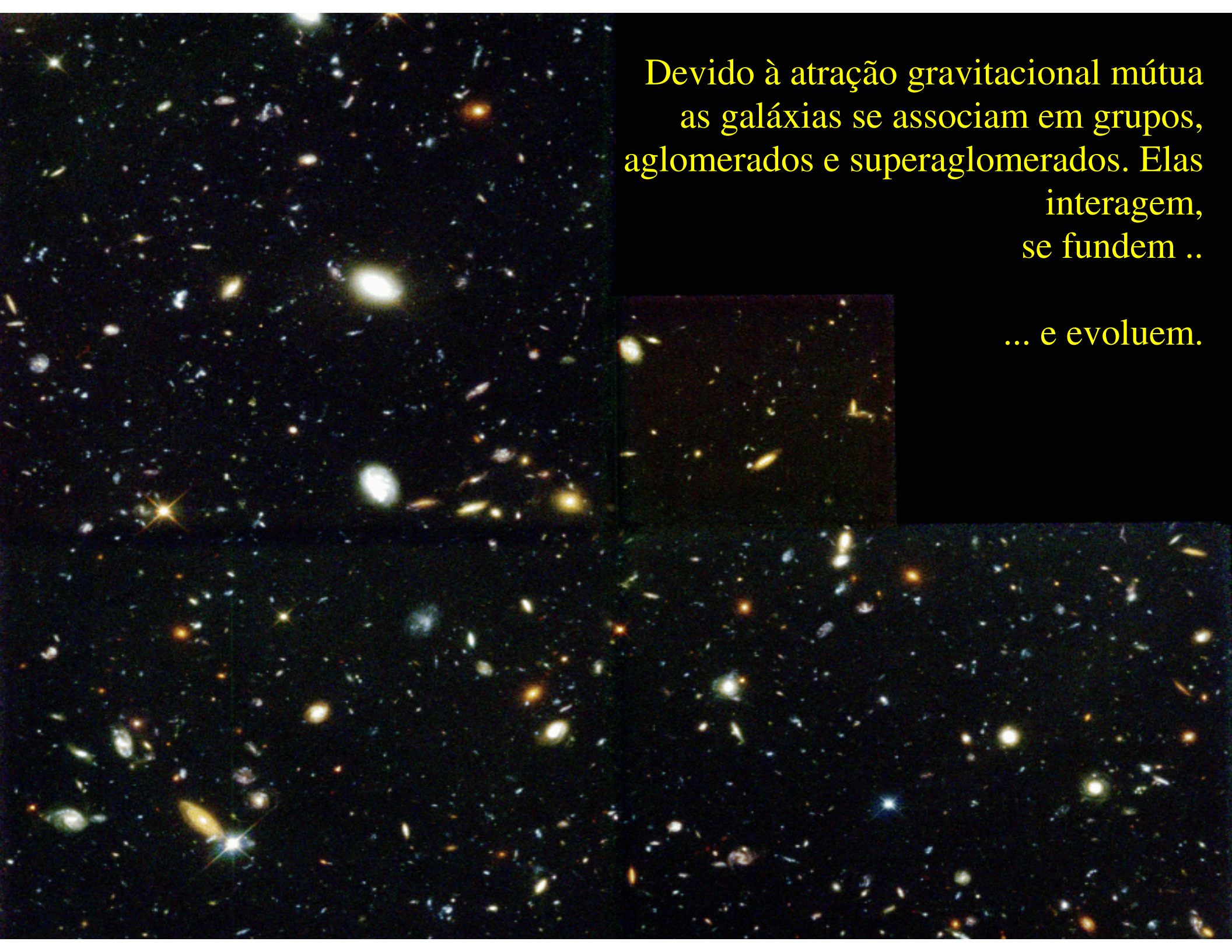


Colliding Galaxies NGC 4038 and NGC 4039

HST • WFPC2

PRC97-34a • ST ScI OPO • October 21, 1997 • B, Whitmore (ST ScI) and NASA

Aglomerados de galáxias



Devido à atração gravitacional mútua
as galáxias se associam em grupos,
aglomerados e superaglomerados. Elas
interagem,
se fundem ..

... e evoluem.

Aglomerado Local de Galáxias:

- **Nossa Galáxia – Mais massiva**
- **Galáxia de Andrômeda – Mais Comprida**
- **Grande Nuvem de Magalhães**
- **Pequena Nuvem de Magalhães**
- **15 galáxias anãs ou irregulares**

Grupo de Galáxias



Região central do Aglomerado de Virgo

M84
(elíptica)

M86
(elíptica)

Distância = 40 milhões de AL
(o mais próximo de nós)

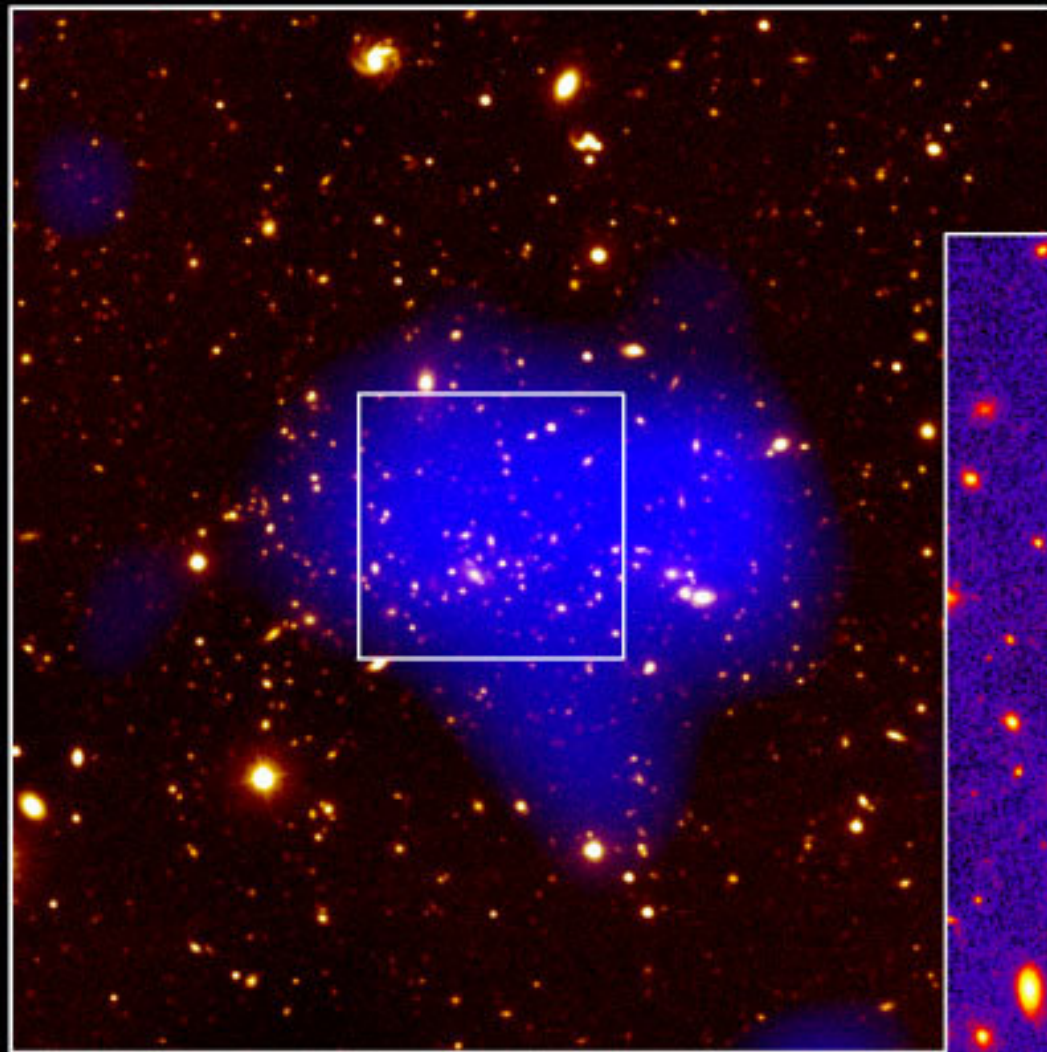
Número de Galáxias = 2250

Aglomerado de galáxias em Coma

(D~100 Mpc)

A MAIOR PARTE DA MASSA DOS ESTÁ NO
GAS QUENTE INTERGALÁCTICO! A MASSA
DESSE GÁS É CERCA DE 6 VEZES MAIOR DO
QUE A MASSA DAS ESTRELAS DE TODAS AS
GALÁXIAS DO AGLOMERADO!

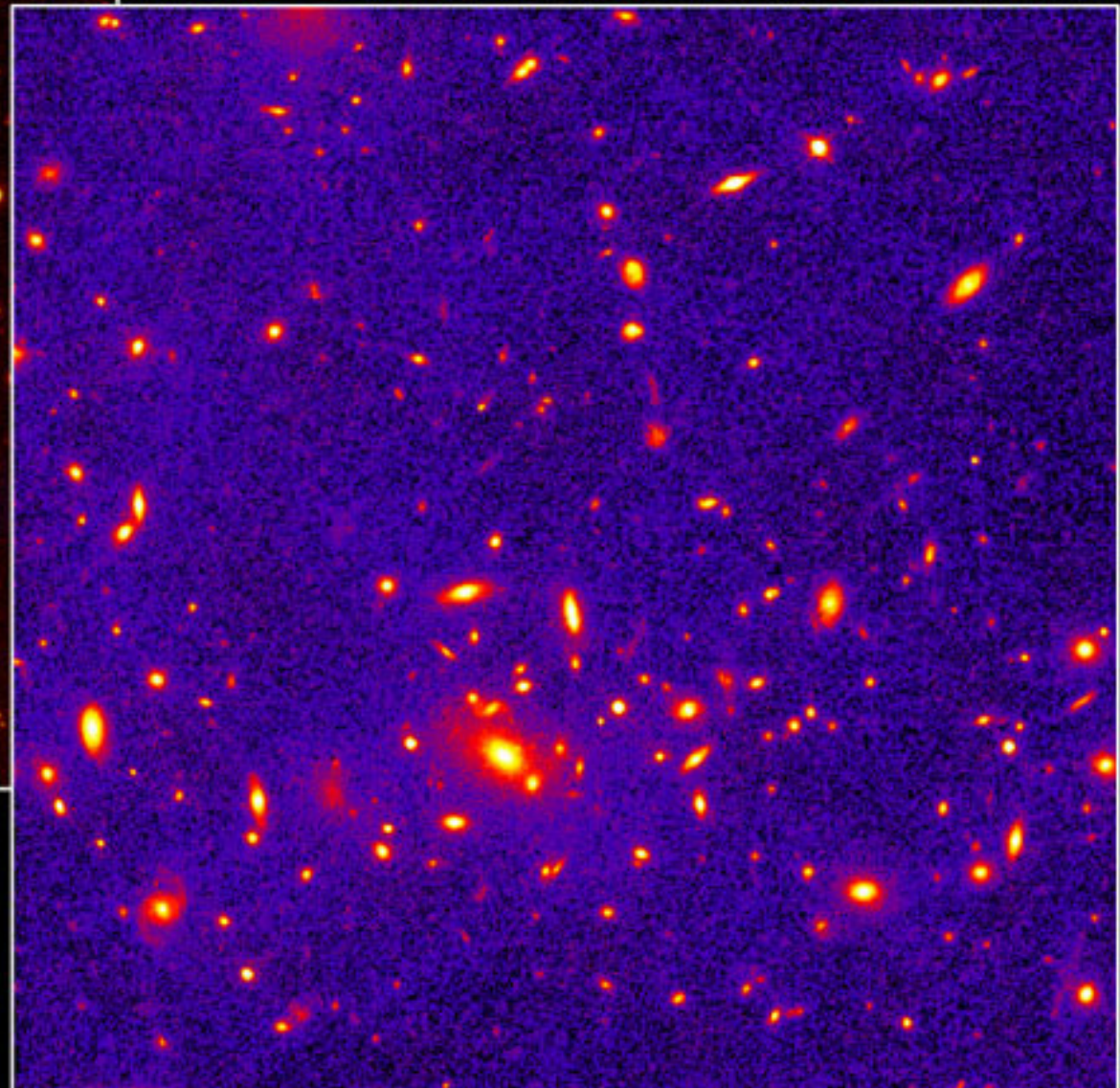
Aglomerado de Galáxias



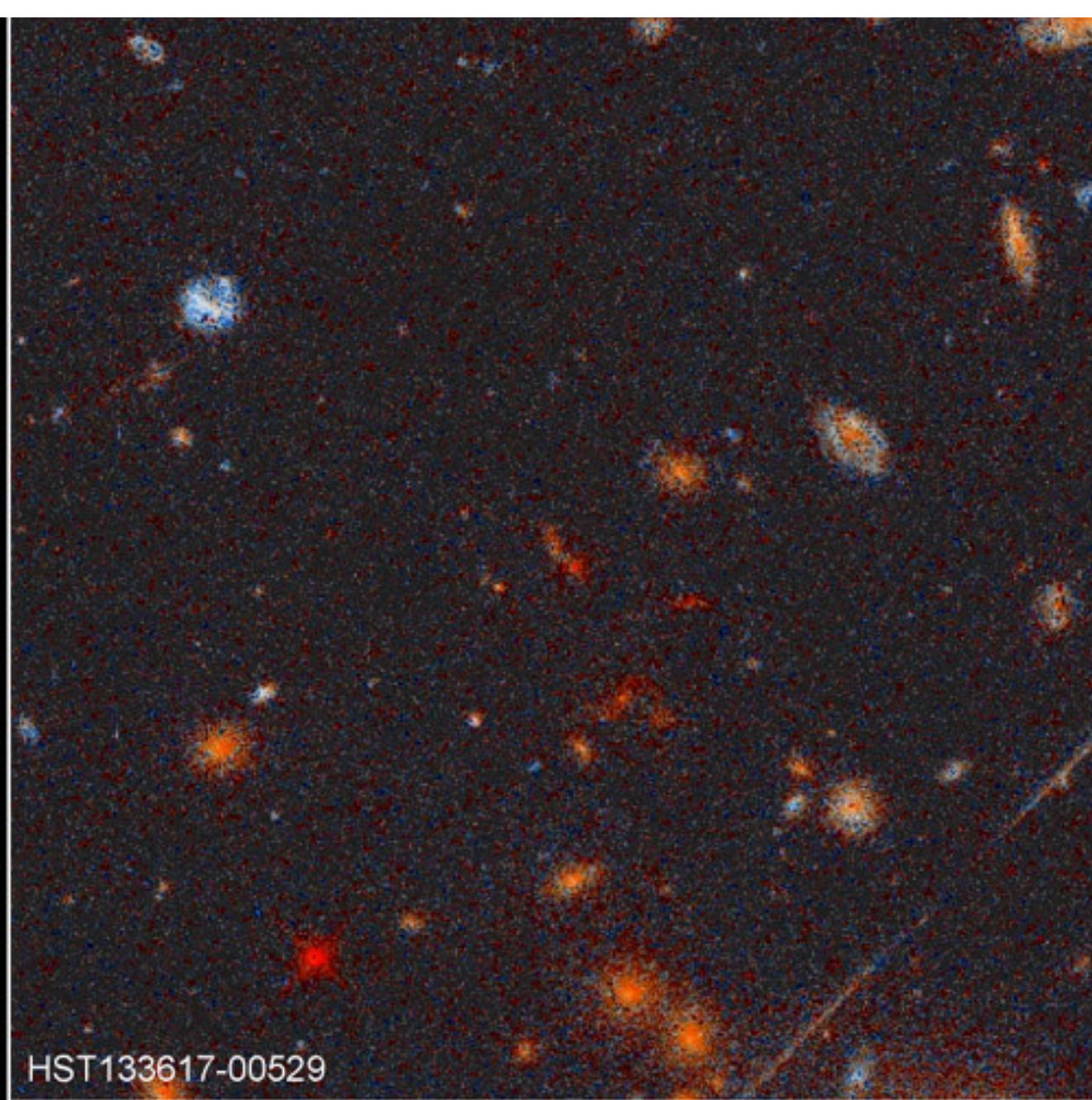
Ground + X-ray

Distant Galaxy Cluster
MS1054-0321

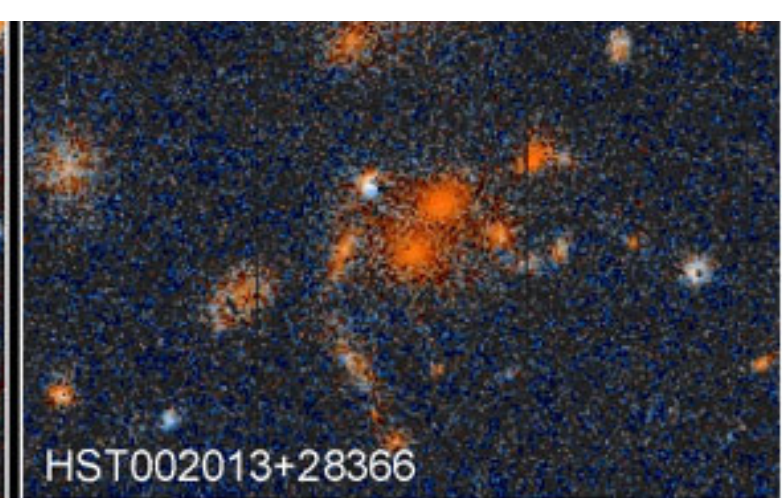
HST • WFPC2



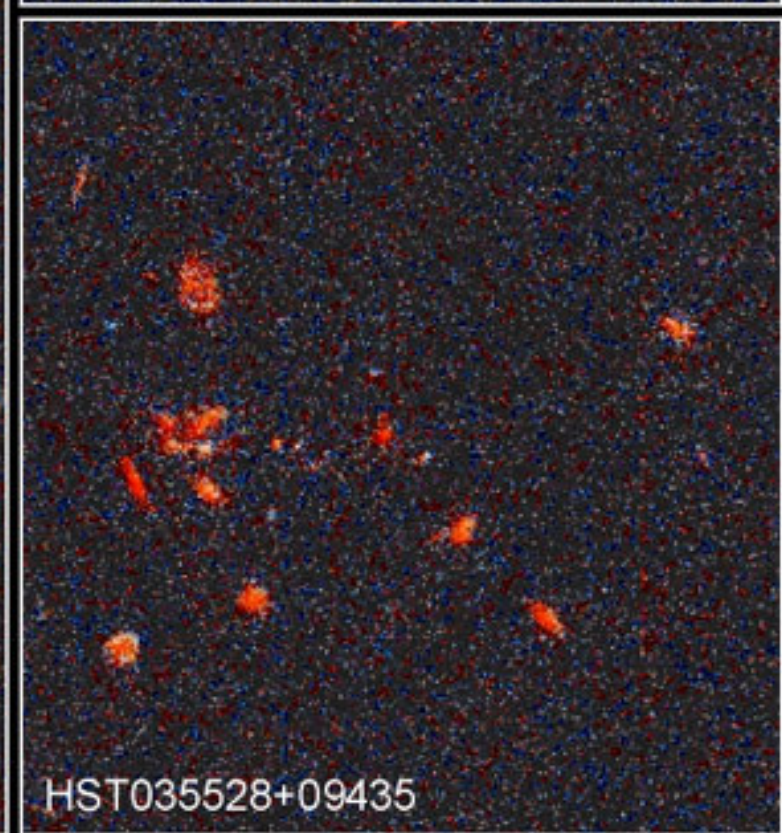
PRC98-26 • August 19, 1998
STScI • OPO
M. Donahue (ST ScI) and NASA



HST133617-00529



HST002013+28366

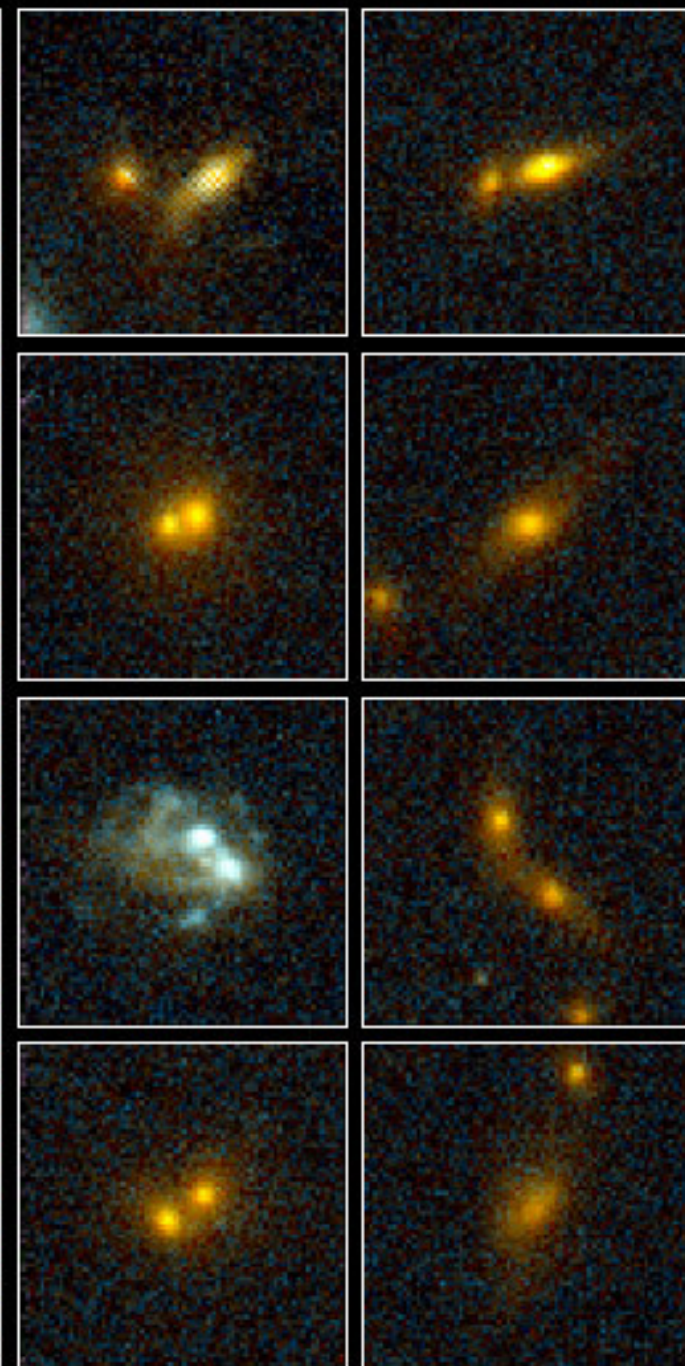
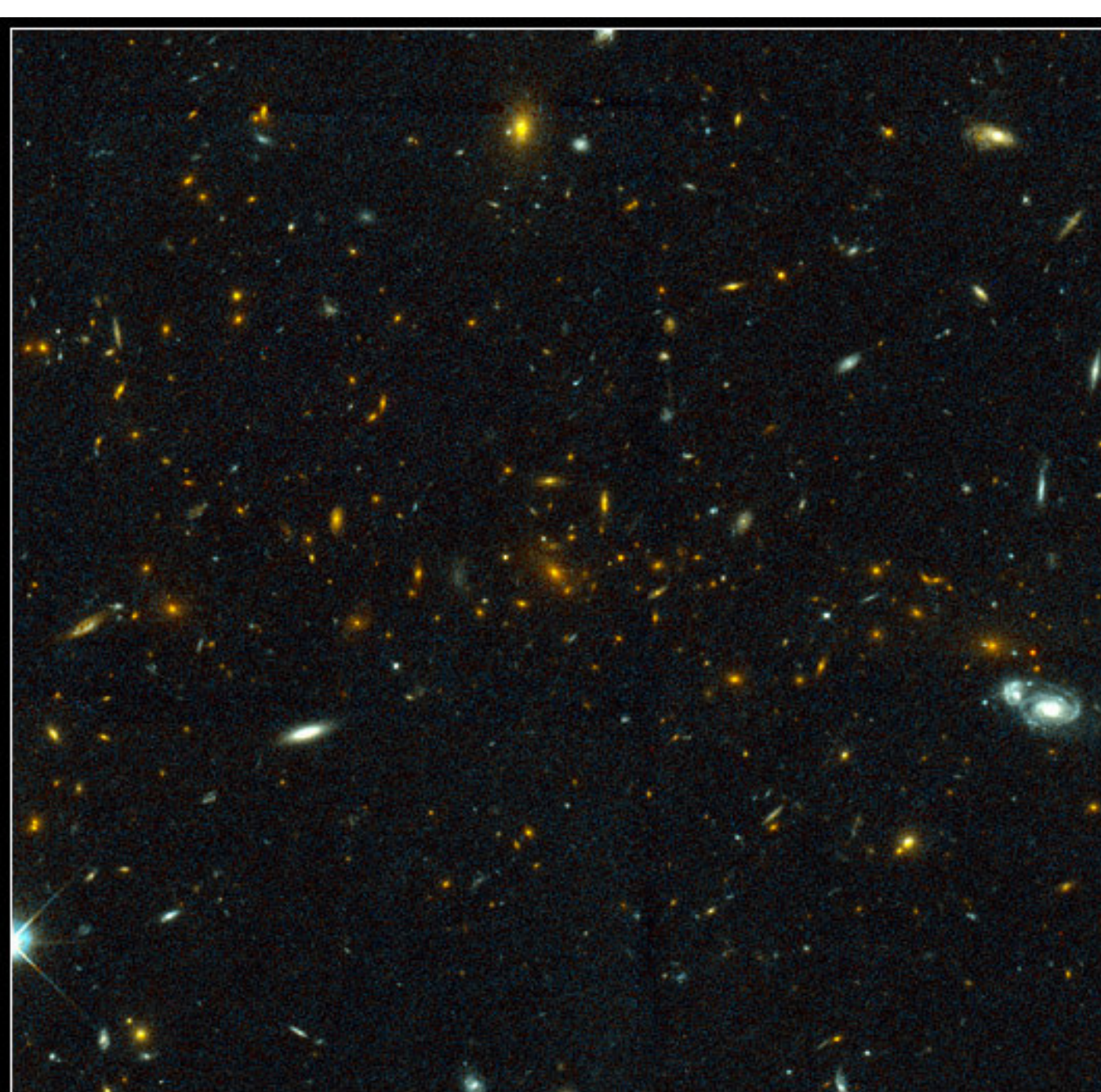


HST035528+09435

Distant Galaxy Clusters

HST • WFPC2

Aglomerados de Galáxias



Galaxy Cluster MS1054-03

HST • WFPC2

Hubble Deep Field - Algumas das galáxias estão distantes mais de 3 bilhões de a.l.

Campo distante
com o Hubble



100 horas de exposição

\

Quais são as questões ainda não respondidas em Astronomia e Cosmologia?