

O Mundo das Galáxias

Hugo Vicente Capelato

DAS - INPE

NAT - Univ. Cruzeiro do Sul

Um Universo de Galáxias



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Galáxias são grandes aglomerações estelares que formam sistemas autogravitantes de formas espetaculares como as que aparecem nesta composição de imagens. Algumas destas imagens apresentam nenhuma ou quase nenhuma textura, como as duas dos cantos superiores. Outras apresentam texturas ricas e filamentosas, com formas espirais mais ou menos evidentes. A imagem do canto inferior esquerdo, examinada mais detidamente, percebe-se que são duas formas espiraladas ligadas por um filamento.

Notar:

- as texturas filamentosas são sistematicamente mais azuladas.
- as regiões mais centrais são sempre mais avermelhadas (ou amareladas) que o restante da imagem.
- as galáxias que não apresentam estas texturas são inteiramente mais avermelhadas (ou amareladas)

Galáxias "Normais" (ou "gigantes")

S0740



Elípticas

Espirais



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Galáxias cuja forma apresenta estas texturas espiraladas e de cor mais azulada (imagem direita), são chamadas "espirais". Galáxias cuja forma não apresenta texturas (ou muito pouco), sempre de cor mais amarelada, como a grande galáxia central da imagem esquerda, ou algumas das pequenas galáxias que se apresentam em torno dela, são chamadas galáxias "elípticas" (ou "esferoidais") ou "lenticulares" (ver slide anterior, canto superior direito).

A imagem da esquerda mostra a região central de "aglomerado de galáxias", i.é, um grande sistema autogravitante formado pelas próprias galáxias (ver adiante). No caso, este aglomerado de galáxias tem índice de catálogo S0740 enquanto sua galáxia central, que domina a imagem, é catalogada como ESO 325-G004...

Examinando em detalhe esta imagem percebe-se vários pequenos pontos bem avermelhados espalhados: são os chamados "aglomerados globulares": sistemas (também autogravitantes!) de 10.000 a 100.000 estrelas na forma de chumaços esféricos, que são parte constituinte de todas as galáxias (no caso, da galáxia central).

Galáxias "Normais" e galáxias "anãs"



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

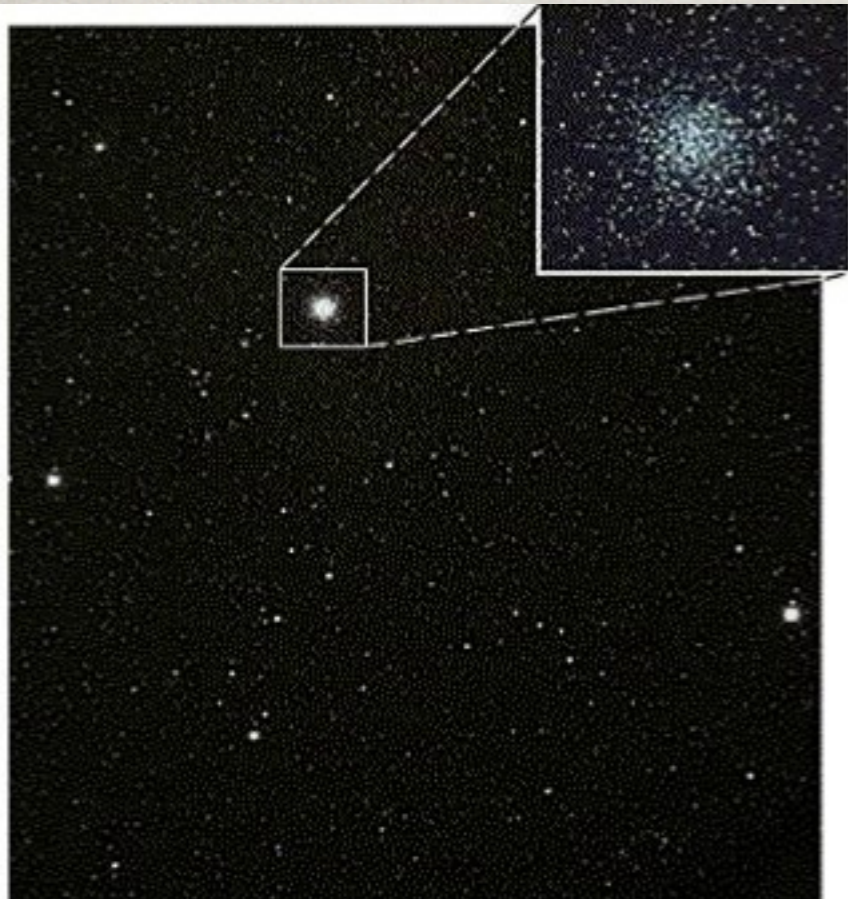
A grande galáxia de Andrômeda, M31, é a galáxia normal mais próxima da nossa Galáxia, a Via Láctea. É uma galáxia espiral gigante que, tal como a Via Láctea, mantém um grande cortejo de galáxias anãs satélites. As mais proeminentes estão anotadas na imagem.

Percebe-se também uma grande quantidade de estrelas (os pontinhos azuis) distribuídas uniformemente na imagem: são estrelas da nossa própria galáxia, projetadas na linha de visada. Em meio a estas estrelas, pode-se perceber alguns objetos mais brilhantes e de cor diferenciada e avermelhado. Estes são os aglomerados globulares pertencentes à M31.

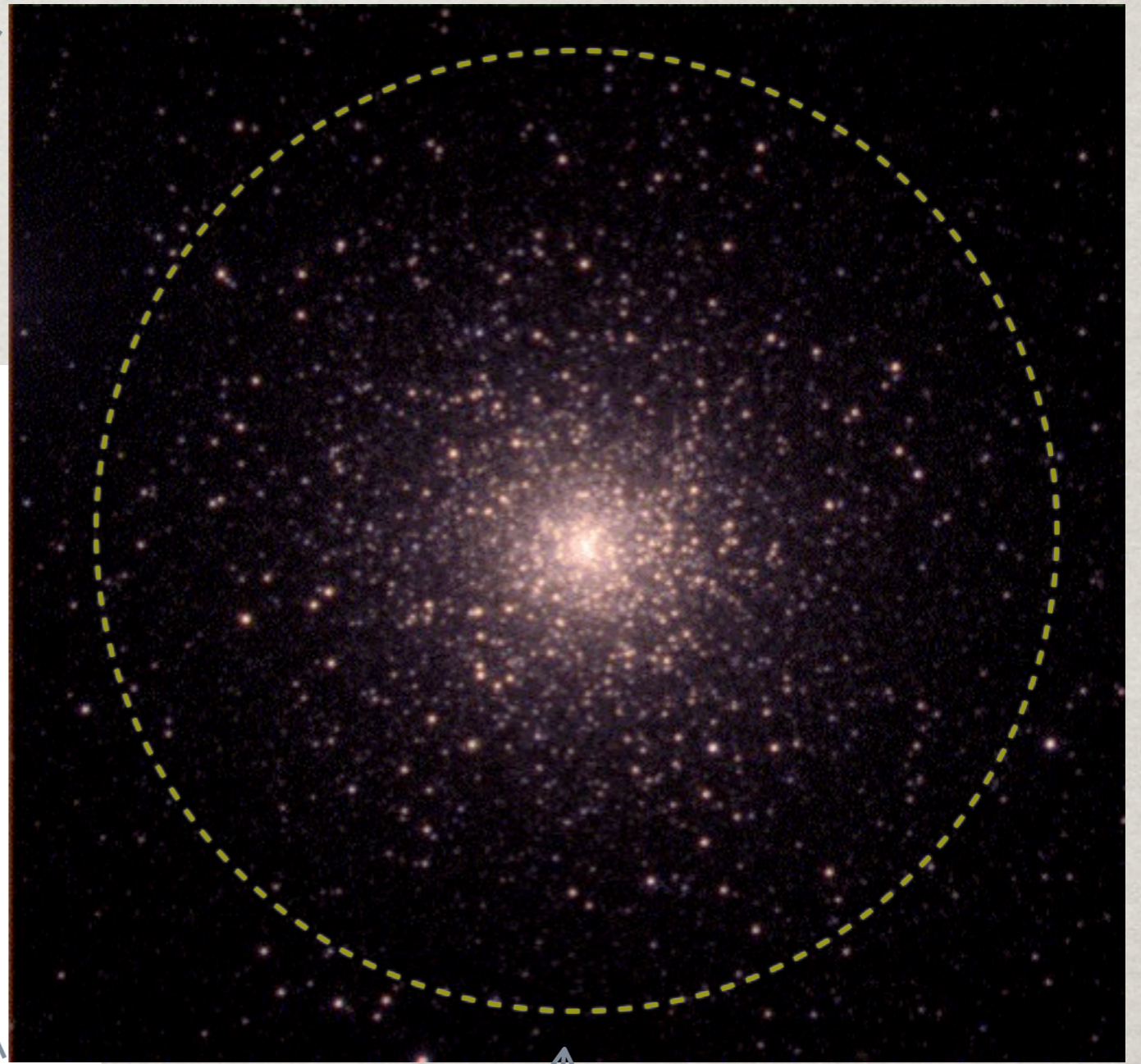
O que são os aglomerados globulares ?

aglomerado globular da Via Láctea

*vistos com um
telescópio ~ 2m*



vistos com uma luneta



*vistos com o
telescópio espacial*

>10.000 estrelas

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Aglomerados globulares são sistemas autogravitantes de 10.000 a 100.000 estrelas na forma de chumaços esféricos e que são parte constituinte de todas as galáxias (neste caso da Via Láctea).

O universo das Galáxias:

* "Normais" (ou "gigantes")

como a Via Láctea: Massa ~ 100 **bilhões** de M_{sol}

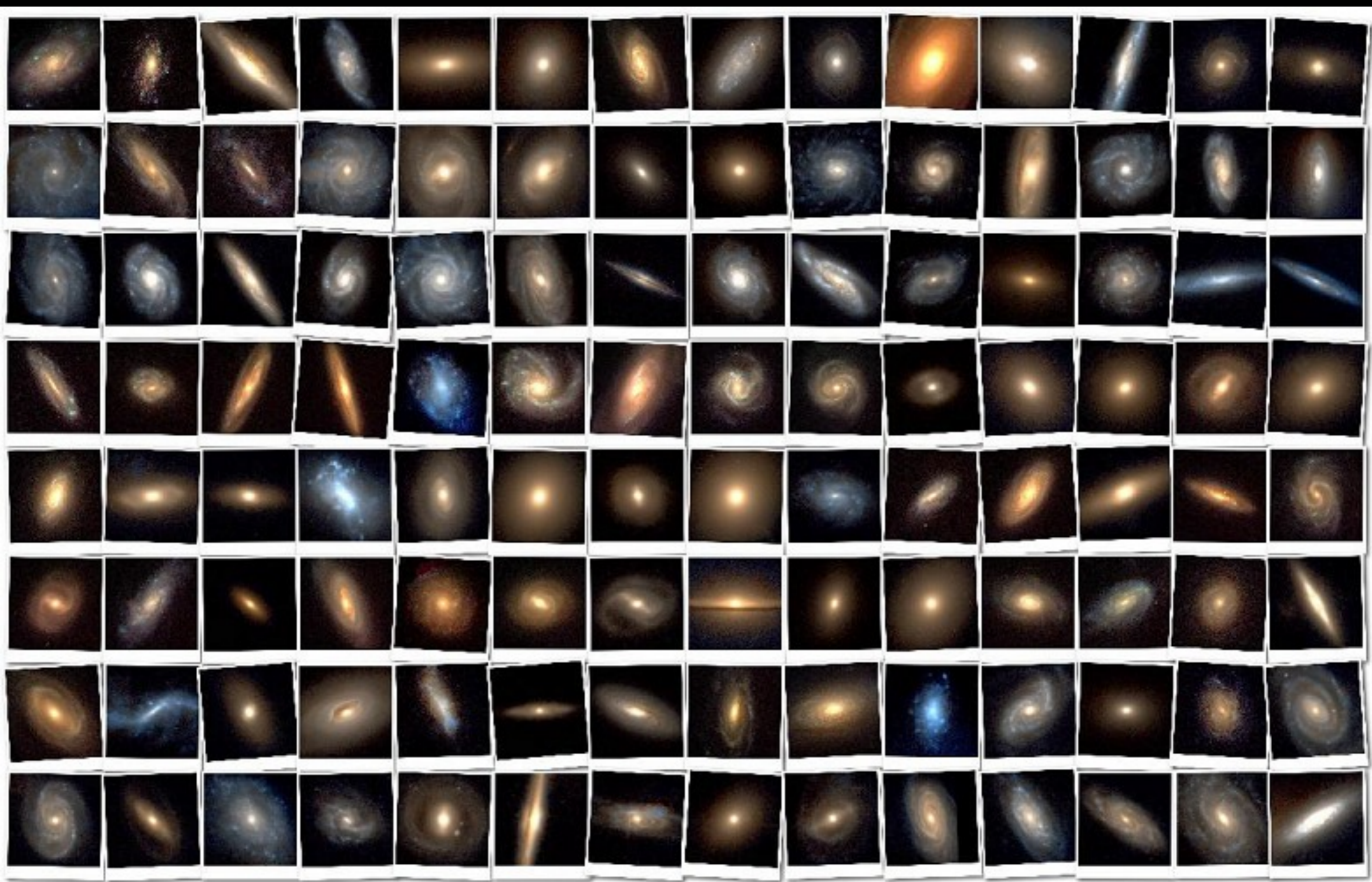
Luminosidade ~ 100 **bilhões** de L_{sol}

* "Anãs" são a grande maioria!

Massa ~ 1 *até* 1000 **milhões** de M_{sol}

Luminosidade ~ 1 *até* 1000 **milhões** de L_{sol}

As Galáxias "Normais" (ou "gigantes")



Espirais (discos)

Lenticulares (discos)

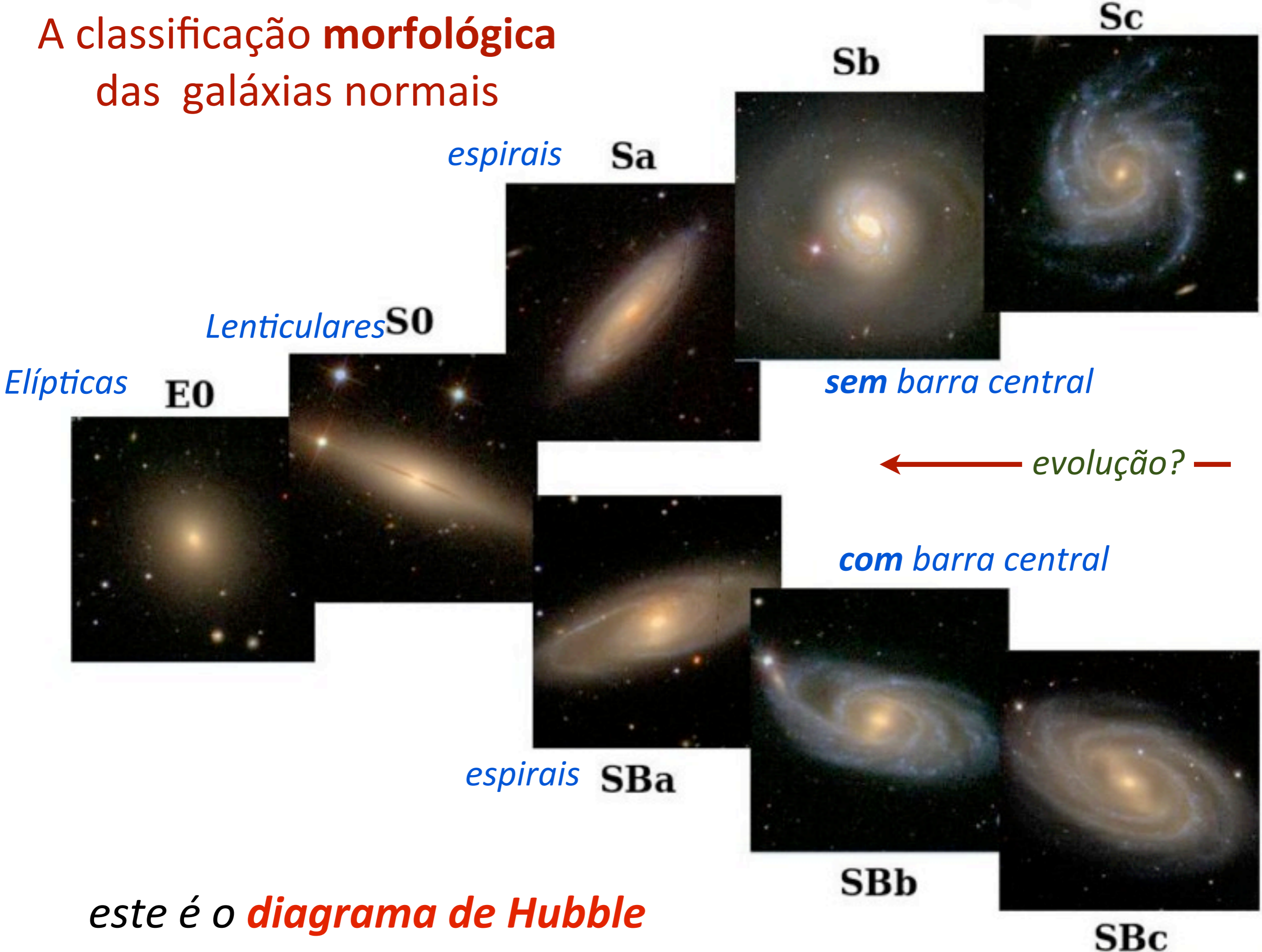
Elípticas (esferóides)

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

AS GALÁXIAS ESPIRAIS SAO SISTEMATICAMENTE MAIS AZUIS! (formação estelar)

AS GALÁXIAS MAIS AVERMELHADAS SEMPRE SÃO ESFERÓIDES OU LENTICULARES

A classificação morfológica das galáxias normais



este é o **diagrama de Hubble**

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Hubble imaginava que este diagrama seria também evolutivo.

De fato, podemos imaginar que uma galáxia espiral na ponta direita do diagrama, azulada porque novas estrelas estão sendo continuamente formadas, à medida que seu gás interno (de onde as novas estrelas são formadas) esgotar-se, tem que diminuir sua taxa de formação estelar, começando a apresentar cores mais e mais avermelhadas devido a dominância crescente das estrelas mais velhas. Seus braços espirais, outrora iluminados pelas estrelas jovens, perdem nitidez, seu disco vai amarelando e ela vai se tornando uma galáxia Lenticular, decrépita...

Mas, e as galáxias Elípticas, que não são discos ???

E outro problema: as galáxias espirais tem grandes reservatórios de gás, suficiente para permitir uma vida "azul" por muito tempo: fica então difícil explicar a grande quantidade de galáxias lenticulares observada no Universo.

Mais a frente iremos ver como o "ambiente" no qual vivem as galáxias influencia a sua evolução

A Via Láctea é a **nossa** Galáxia!



vista daqui mesmo

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Do lado direito podemos perceber a constelação do Cruzeiro do Sul e o “saco de carvão” ao seu lado.

O saco de carvão é uma grande concentração de poeira interstelar que dificulta a visão das estrelas que estão atrás. Ao longo de toda a Via Láctea, aparecem grandes regiões obscurecidas, todas de mesma natureza que o Saco de Carvão.

A Via Láctea é um disco de estrelas e poeira, tal uma galáxia espiral normal. O centro do disco na direção das constelações do Sagitário e Escorpião, esta última bem visível no centro a esquerda da imagem.

Foi Galileo Galilei quem, ao apontar sua luneta pioneira para o céu no século 17, pela primeira vez, se deu conta que o aspecto leitoso da Via Láctea era devido ao adensamento das imagens das milhões de estrelas do disco projetadas. Ao longo dos séculos seguintes, as dimensões e a natureza da Via Láctea foi sendo elucidada até chegarmos ao século 20, quando as outras galáxias foram reconhecidas como tal e a humanidade entendeu que o sistema solar é parte de um imenso disco de uma galáxia, também espiral.

A Via Láctea é a **nossa** Galáxia!



ou projetada na esfera celeste



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

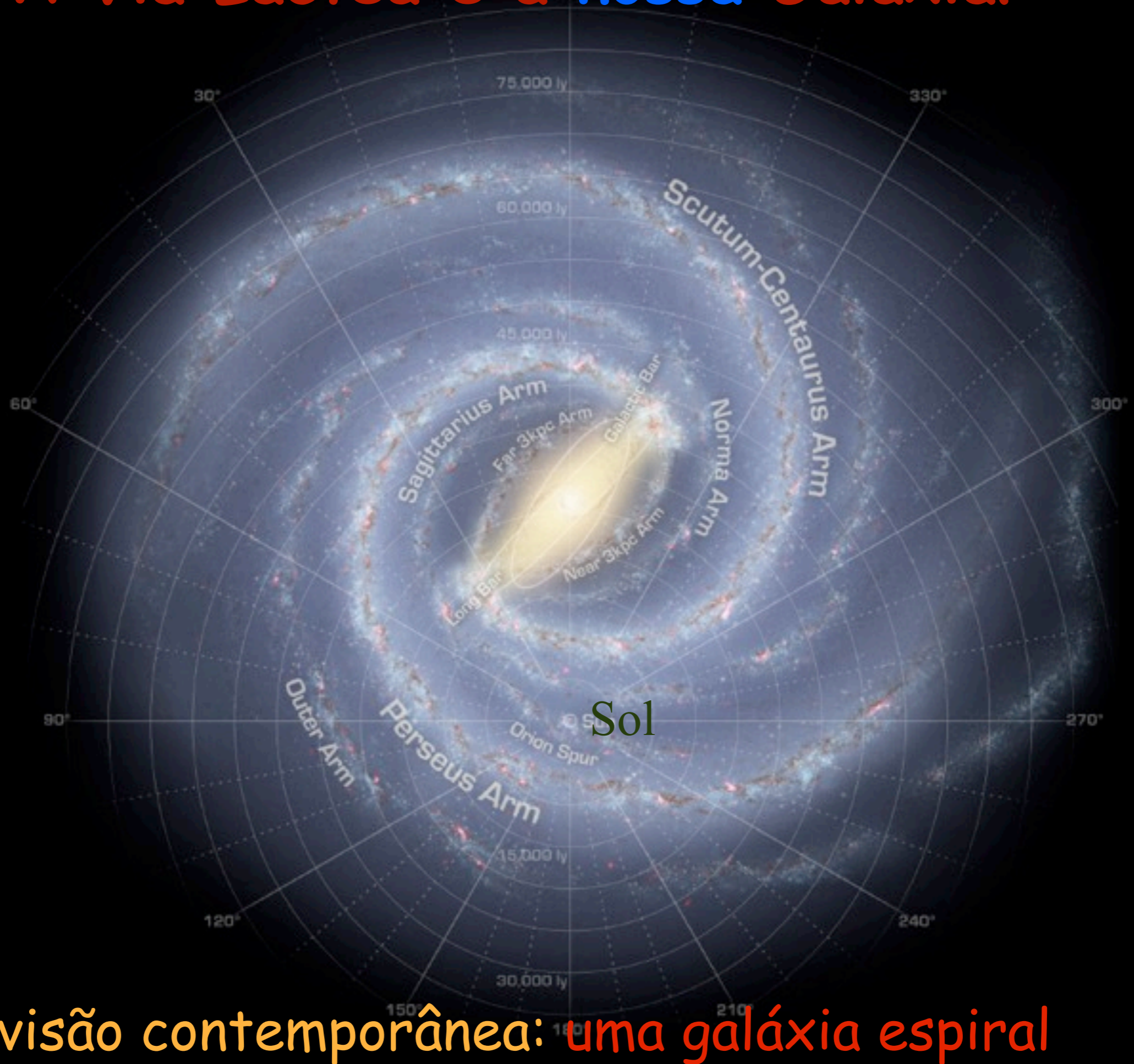
Outra maneira é fotografar regiões menores do céu durante um ano inteiro e depois fazer uma *montagem fotográfica* da **esfera celeste**. O resultado é a projeção acima, idêntica àquela utilizada para representar a Terra (abaixo). As duas pontas do mapa são a mesma coisa.

Nesta imagem a esfera celeste está vista em grande profundidade. Notar as manchas nebulosas que aparecem sobretudo na parte inferior, abaixo do disco da Via Láctea.

- à direita aparecem a Grande e a Pequena Nuvem de Magalhães (ver adiante imagem detalhada)
- à esquerda vemos a grande galáxia de Andrômeda (em detalhe no box a esquerda)

Outras galáxias são visíveis nesta imagem, além de uma infinidade de aglomerados globulares,

A Via Láctea é a nossa Galáxia!



A visão contemporânea: uma galáxia espiral

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Uma visão de artista da estrutura espiral da Via Láctea, a partir do nosso conhecimento das vizinhanças do Sol

Galáxias Espirais

M51

Nebulosas de Reflexão:
Luz estelar espalhada
pela poeira

**Nenhuma formação
estelar no bojo**
estrelas velhas e frias

**Abundante população
estelar azulada**
Estrelas jovens

Nebulosas de Emissão
Regiões HII:
sítios de
formação estelar

**faixas de poeira
confinadas nos
braços**

luz visível: a luz das estrelas $\lambda \sim 0,4 - 0,8\mu\text{m}$

Hubble

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

As regiões HII são avermelhadas por causa da predominância das linhas de recombinação Halfa do hidrogenio (~6500A).

Note the pinkish areas--young star formation regions---are mostly confined to the spiral arms There are no star forming regions in the bulge, except in the parts where the disk of the galaxy and the bulge are coincident (that is where they blend together). Note how most of the dust is confined to the spiral arms---where the giant molecular clouds are. In these regions it is cold enough to keep the dust from evaporating. The bulge of our galaxy is older than the disk. Surrounding the galaxy is a low density region called the "halo". There are stars in the halo, but not very many of them, and the ones we find there appear to be very old. Also in the halo are the globular clusters. The globular clusters orbit around the center of our galaxy, and in a way, are like the comets in the Oort cloud orbiting around the Sun:

Galáxias Espirais

M51

*Sítios de
formação estelar:
poeira mais quente*

*no infravermelho: a luz da poeira aquecida
pelas estrelas $\lambda \sim 70 - 160\mu\text{m}$*

Herschel

Galáxias Espirais

M63



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Galáxias Espirais

M31

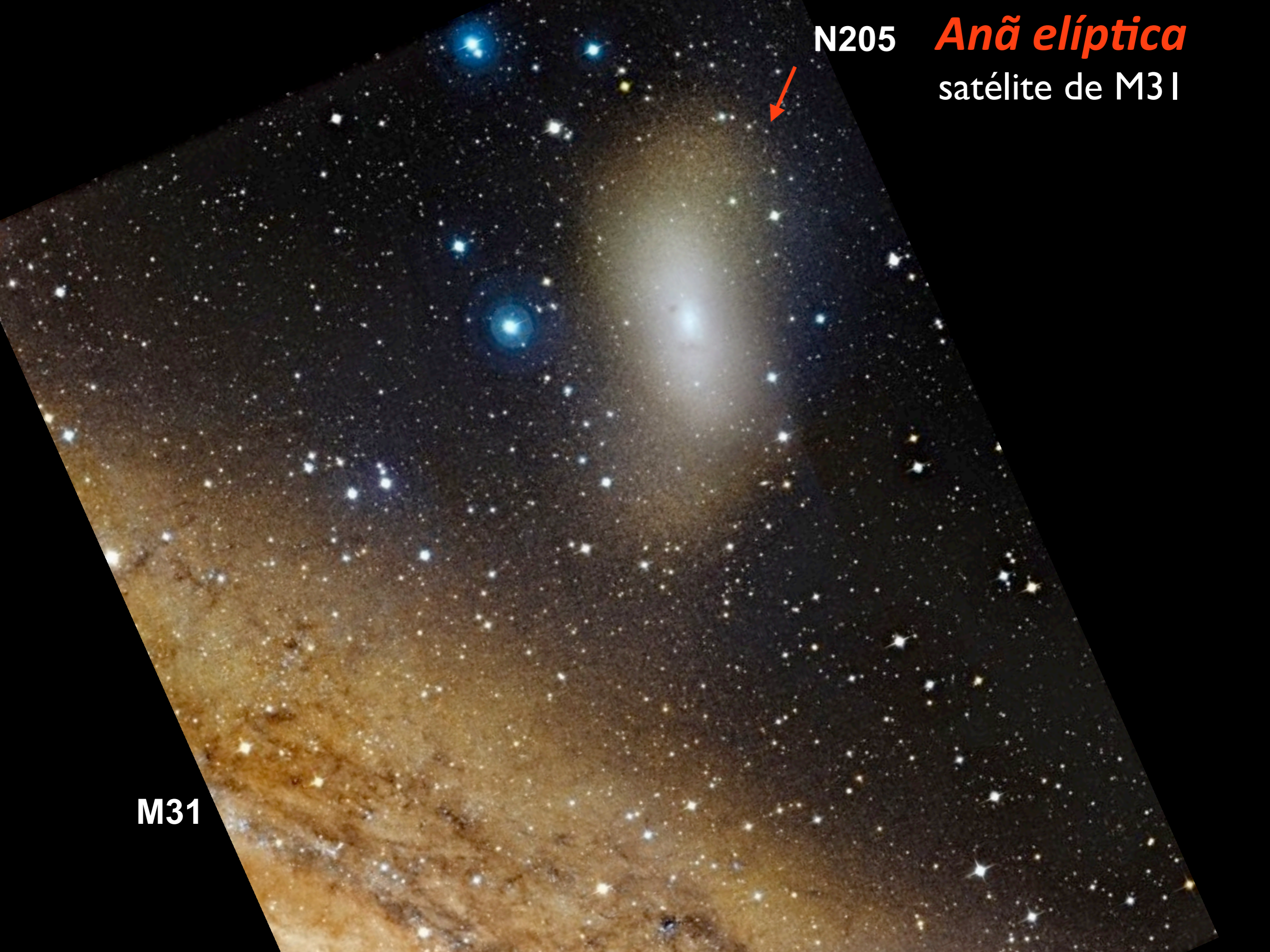
Galáxias Anãs:
satélites

N205

M32

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

A grande galáxia de Andrômeda, M31. É uma galáxia espiral gigante, que mantém um grande cortejo de galáxias anãs satélites. As mais proeminentes são as duas anotadas na imagem: M32 e NGC 205. Notar também o cortejo de aglomerados globulares, os pequenos pontos amarelados visíveis por toda a imagem.



M31

N205

Anã elíptica
satélite de M31

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Close-up da galáxia anã NGC205, satélite da galáxia espiral gigante M31 exibida no slide anterior.

NGC205 pode ser classificada morfologicamente como uma galáxia elíptica anã.

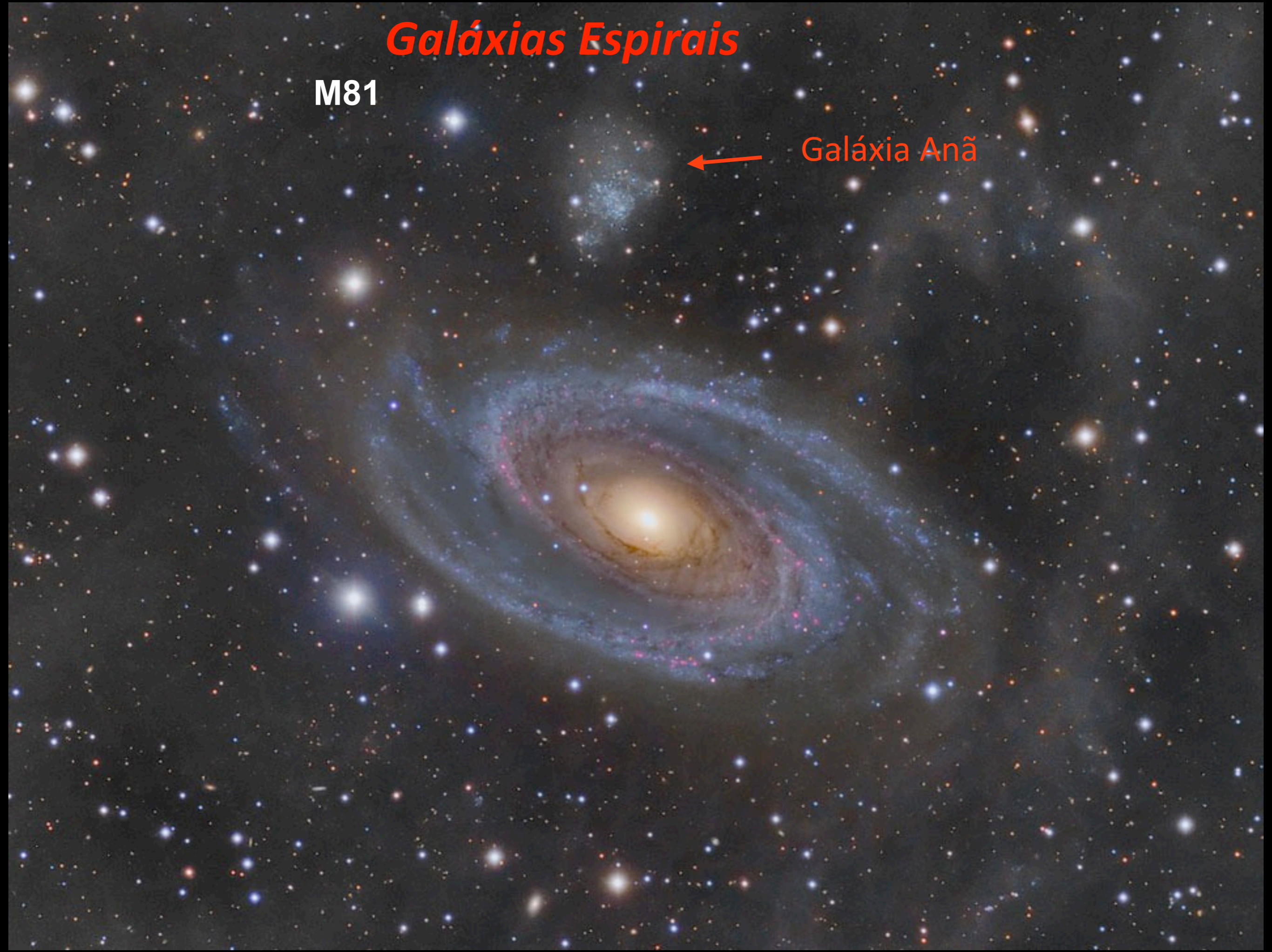
Esta imagem mostra que as partes externas da galáxias encontram-se ligeiramente deformadas relativamente às partes mais internas. Esta deformação é causada pelo efeito das forças de maré produzidas pela força gravidade de M31.

Notar também, na região bem central da galáxia, algumas manchas mais escuras. São nuvens de gás e poeira aonde deve ter ocorrido formação estelar recente. Isto é pouco usual em galáxias elípticas, que são tidas como totalmente estéreis em termos estelares.

Galáxias Espirais

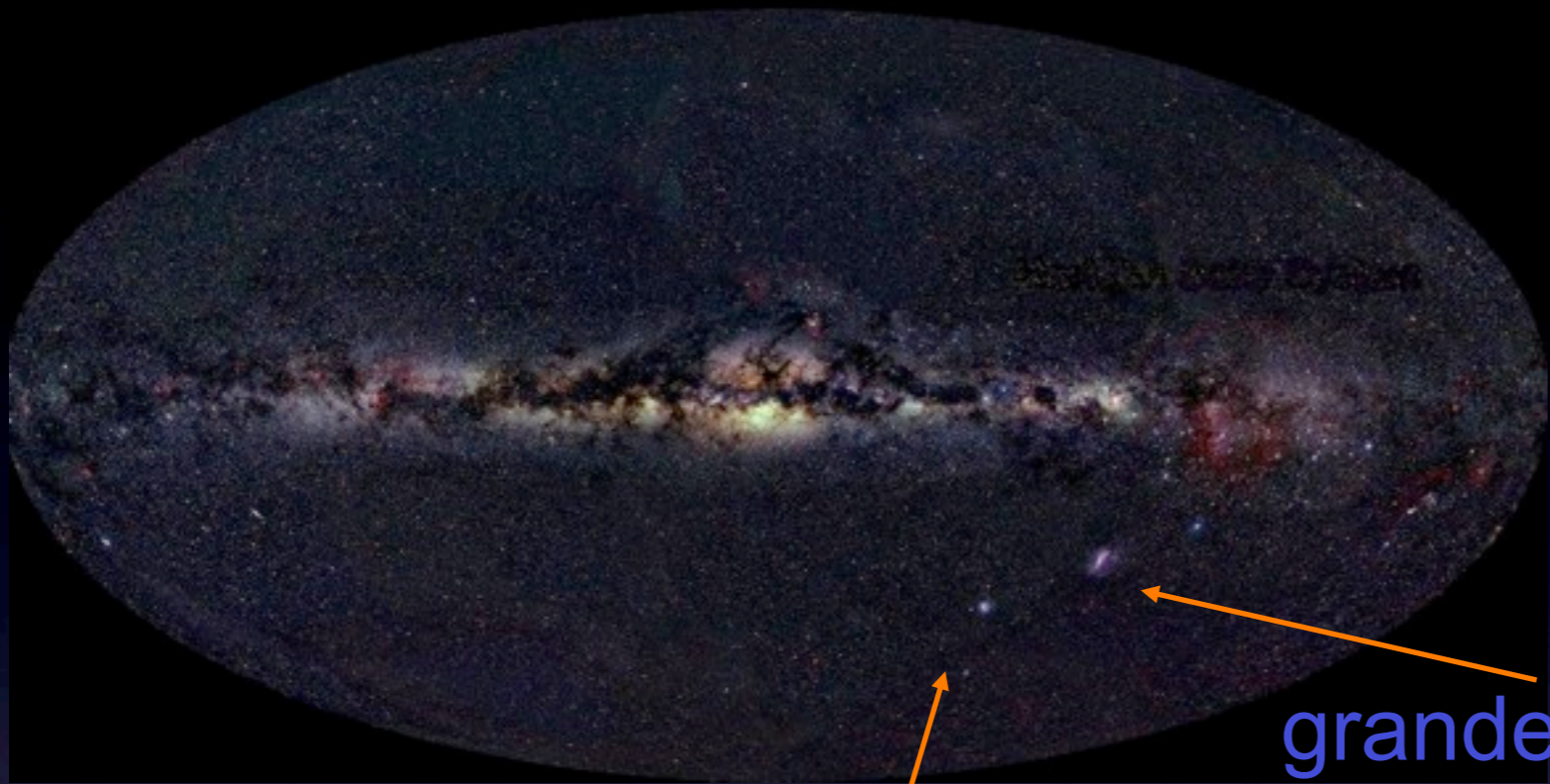
M81

Galáxia Anã



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Galáxias "Anãs" (são a maioria !)



grande



pequena

aglomerados globulares
da Via Láctea



Nuvens de Magalhães

(anãs irregulares)

A regra:

Toda galáxia "normal" tem
uma corte de galáxias anãs

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

A corte de objetos não estelares que vivem em torno de uma galáxia gigante como a Via Láctea.

As galáxias satélites da Via Láctea

PARSEC

$1pc = 3,09 \times 10^{13} \text{ km}$
 $= 3,26 \text{ anos-luz}$



N4647
espiral

N4649 (M60)
elíptica

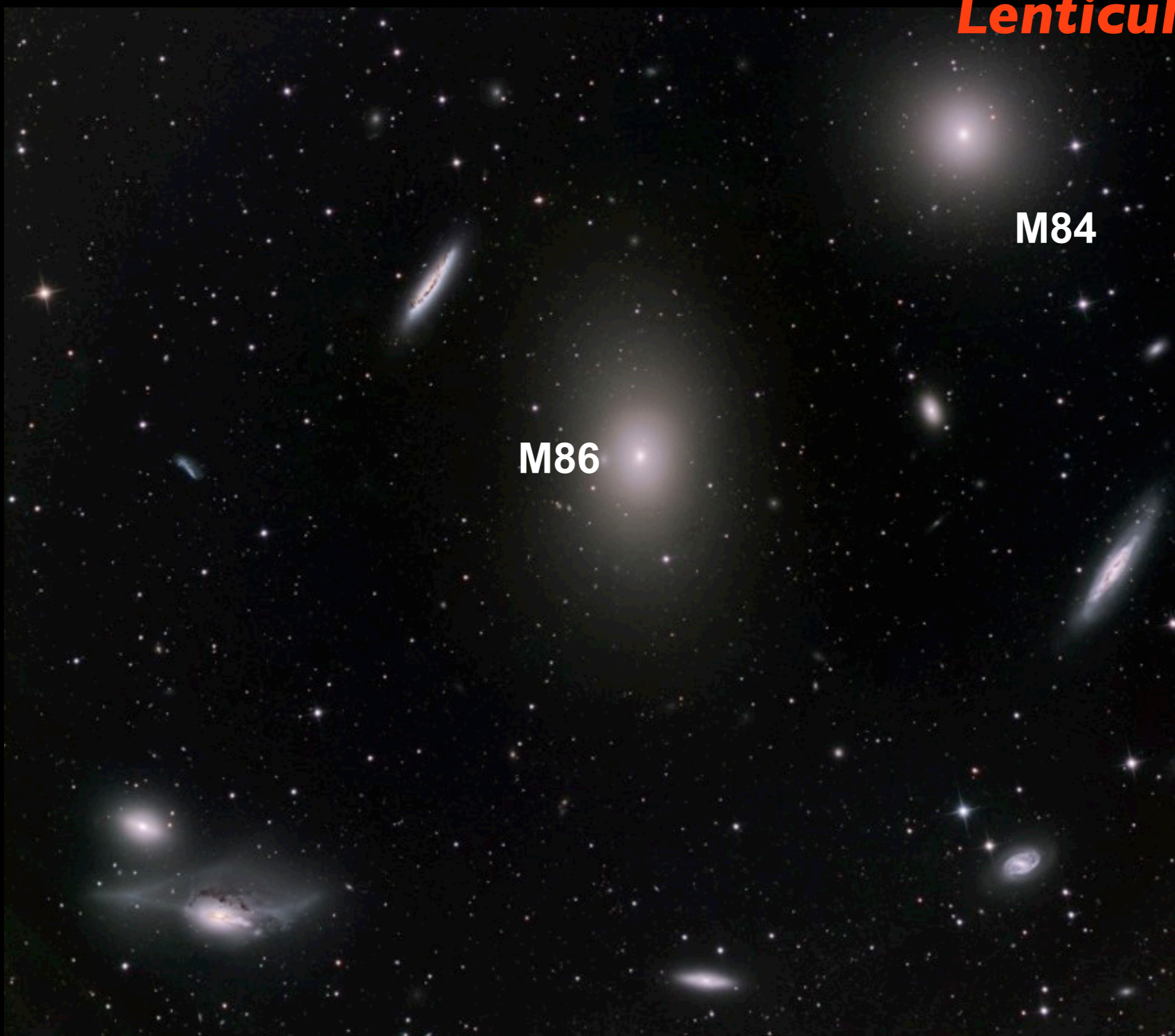
aglomerado de Virgo

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

M60 is ~ 54 million light-years (16 megaparsecs) distant and ~ 40kpc across
NGC 4647 is ~ 63 million light-years (19 megaparsecs) distant and ~ 30kpc across (~ Milky Way) [1pc ~ 3,3ly]

Both belong to the Virgo Cluster

Lenticulares



aglomerado de Virgo

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Explanation: Bright [lenticular galaxy M86](#) is near center of this cosmic view, at the heart of the [Virgo Galaxy Cluster](#). Other bright galaxies in the neighborhood [include M84](#) (lenticular) at the upper right, [edge-on spiral](#) NGC4388 near the right edge, a striking pair of interacting galaxies, [Markarian's Eyes](#), in the lower left corner, and edge-on spiral NGC 4402 at about 11 o'clock.

Galáxias não tão normais...

Starburst galáxias em surtos de formação estelar

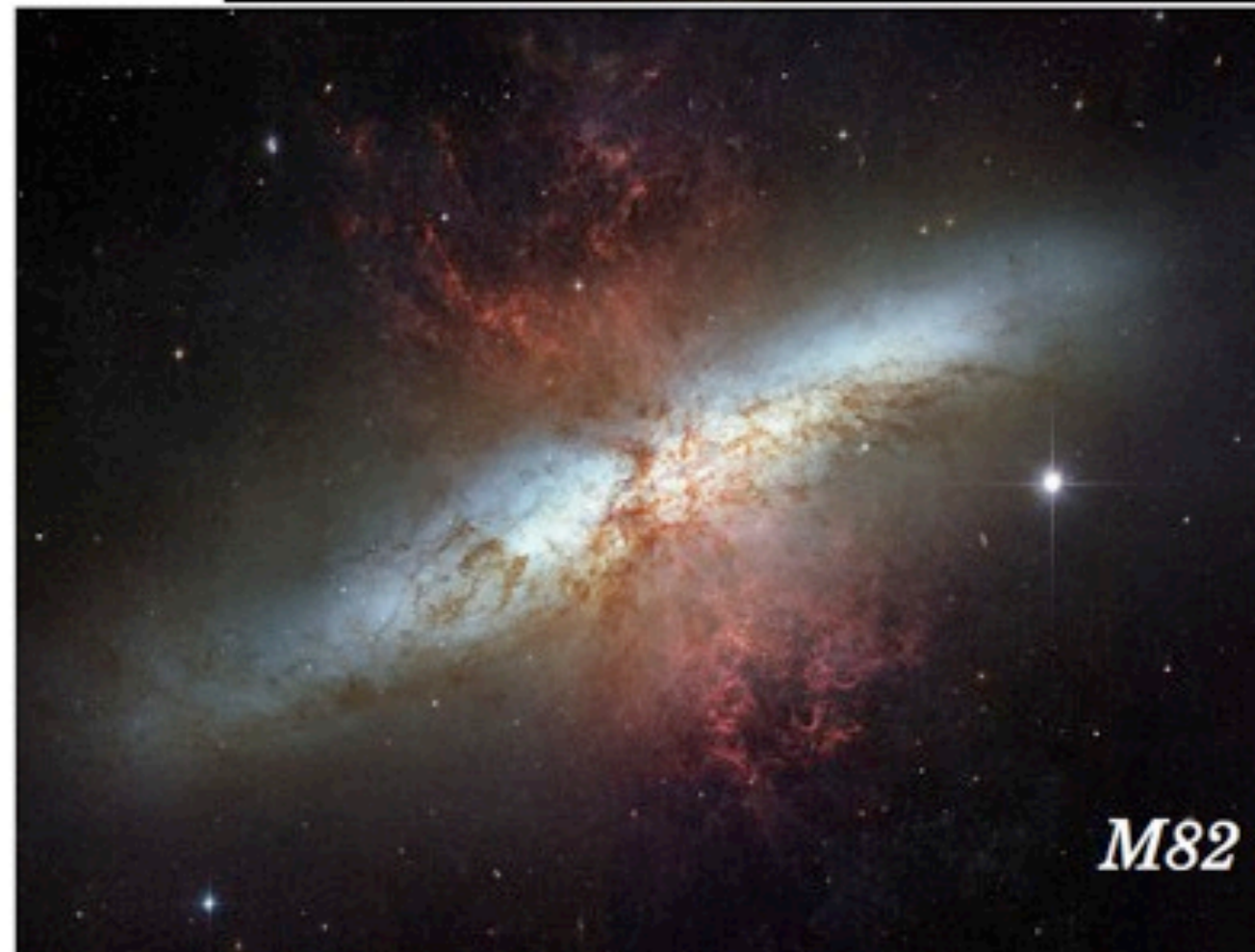
AGN galáxias com núcleo ativo

Galáxias Starburst

- Via Láctea $\sim 3 \text{ Msol/ano}$
→ Starburst até 300 Msol/ano!
- No Universo presente são produzidas durante interações inter-galácticas
- Muito mais frequentes no Universo há ~ 10 - 12 Ganos ($z \sim 2$ - 3)
- Ricas em poeira, emitem fortemente no Infravermelho (LIRGS/ULIRGS) → visíveis no Universo distante

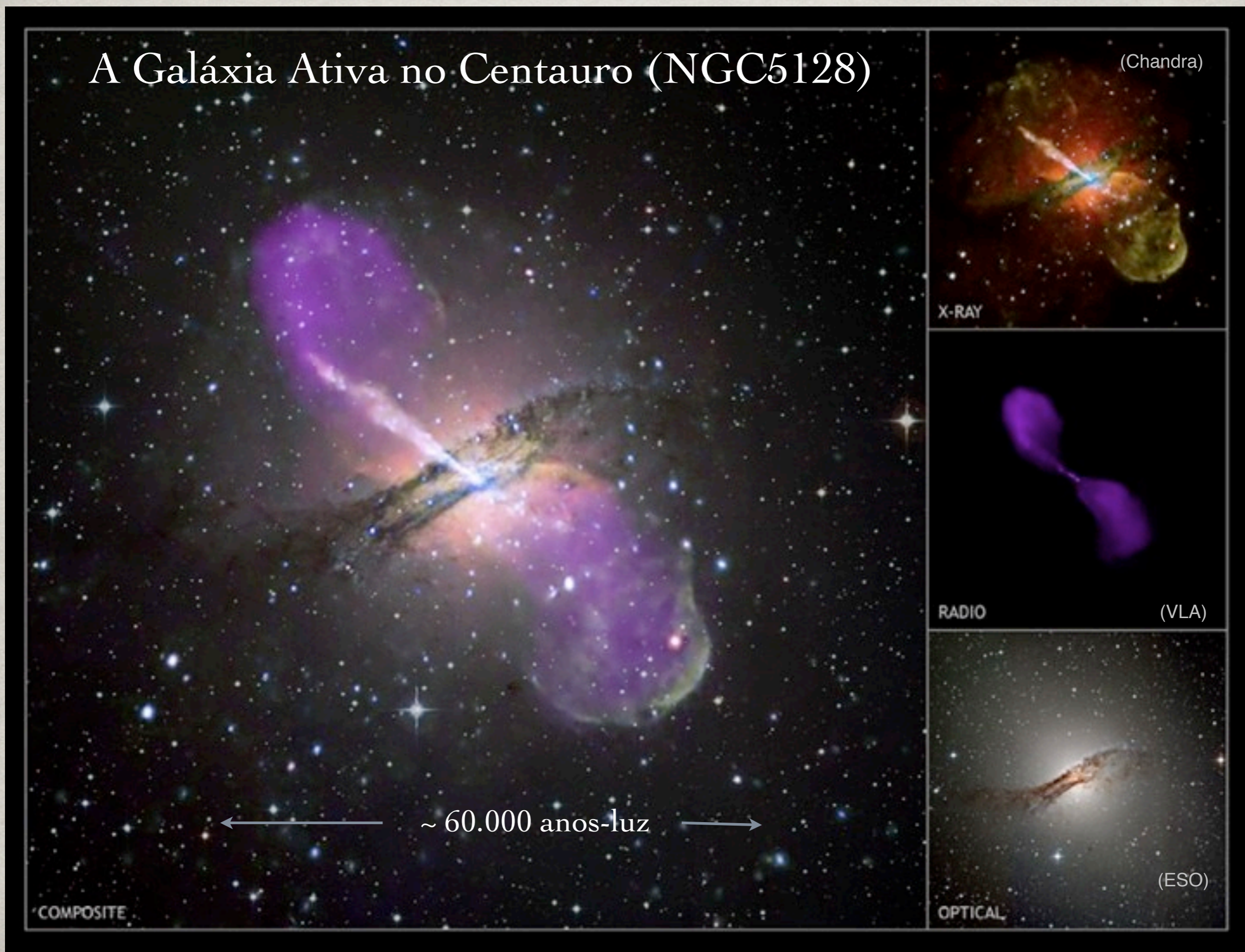


Antennae



M82

Galáxias com núcleo ativo



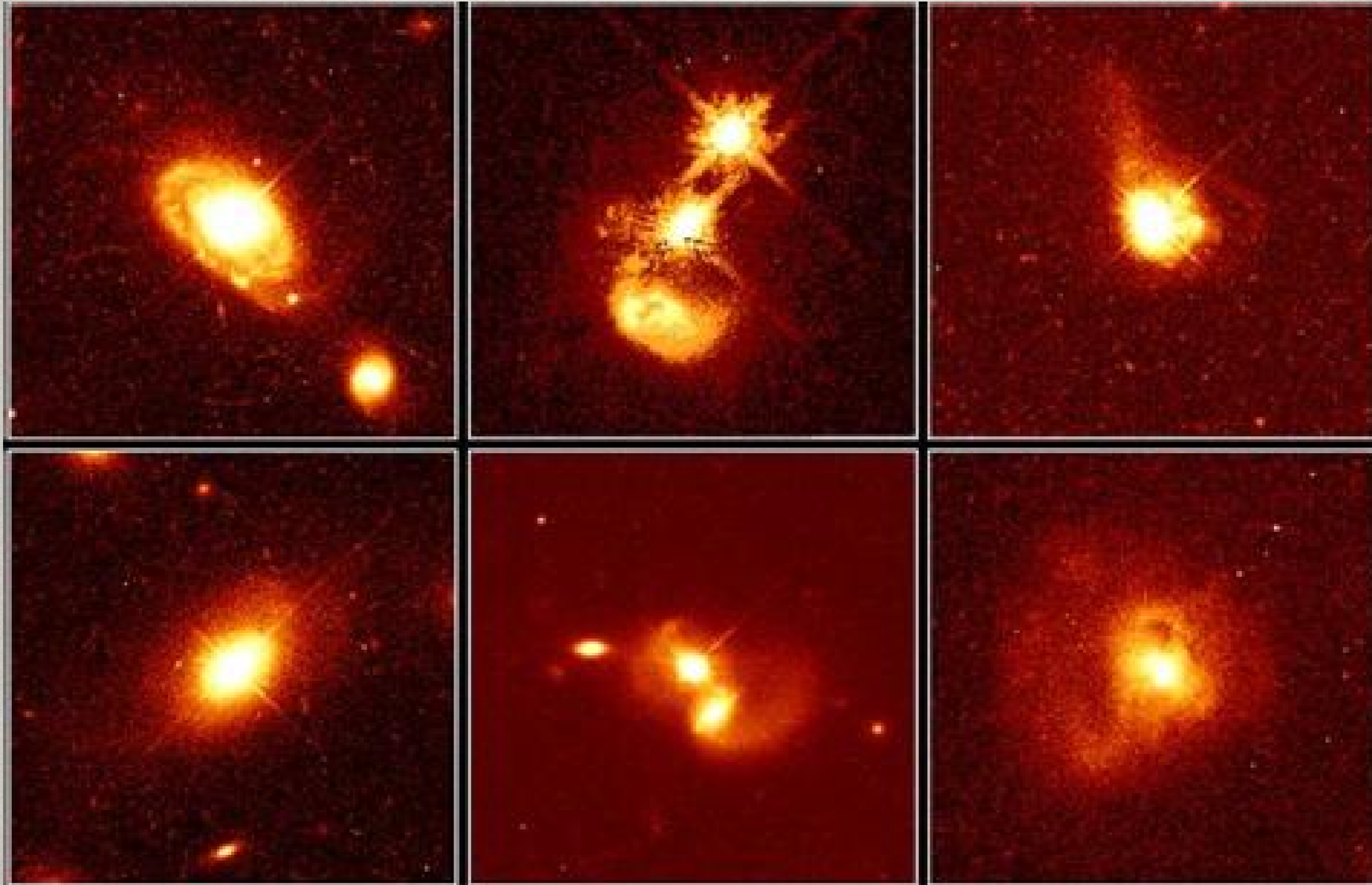
segunda-feira, 26 de agosto de 2013

- **Distancia:** 11 Milhões de Anos-Luz ly - é uma galáxia *elíptica* “gigante”. É a galáxia com núcleo ativo (“AGN”) mais próxima de nós. É uma elíptica gigante.
- Centaurus A's central region is a jumble of gas, dust, and stars in optical light, but both radio and x-ray telescopes trace a remarkable jet of high-energy particles streaming from the galaxy's core. The cosmic particle accelerator's power source is a black hole with about $10^6 M_{\text{sun}}$, coincident with the x-ray bright spot at the galaxy's center. Blasting out from the active galactic nucleus toward the upper left, the energetic extends about 13,000 ly. A shorter jet extends from the nucleus in the opposite direction. Other x-ray bright spots in the field are binary star systems with neutron stars or stellar mass black holes. Active galaxy Centaurus A is likely the result of a merger with a spiral galaxy some 100 million years ago.

Galáxias com núcleo ativo

no Universo distante (10 - 12 Ganos)

Quasares

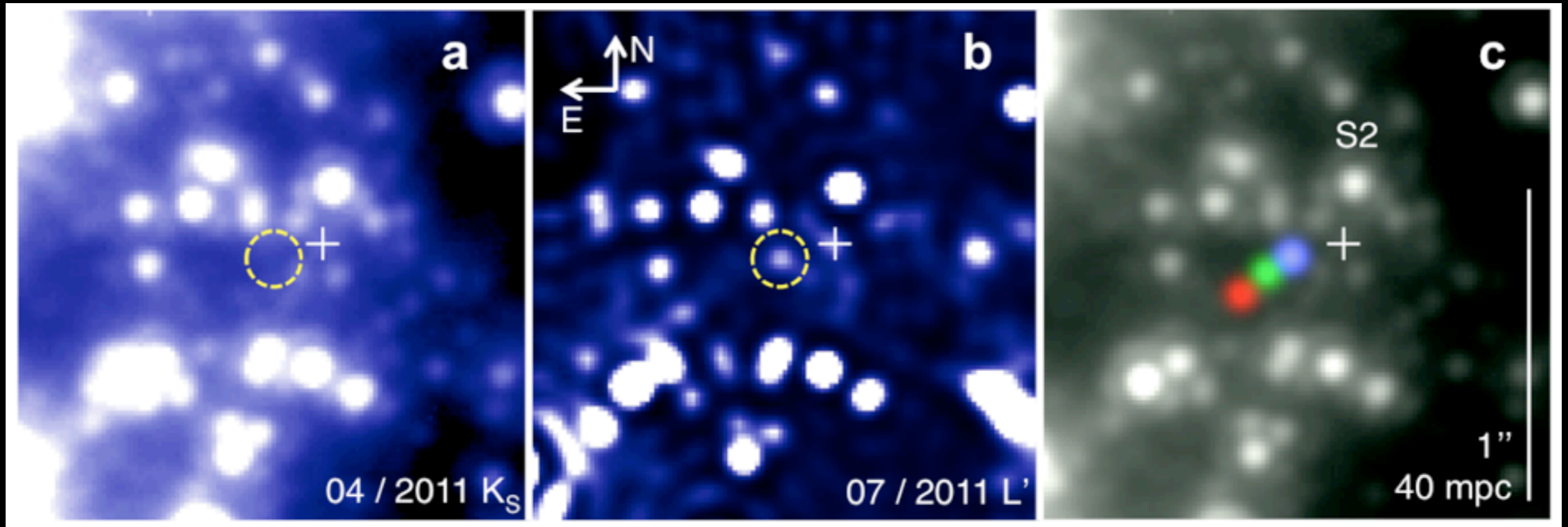


segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Bem, aqui temos um tipo de galáxia que só vemos no Universo muito distante, quando o Universo ainda era relativamente jovem – os quasares (figura superior). No universo de hoje em dia ainda vemos reproduções muito menos espetaculares deste quasares: são os AGN's.

Estes slides são bem falhos: precisamos falar disto também !!! (2011)

Atividade Nuclear na Via Láctea ?



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

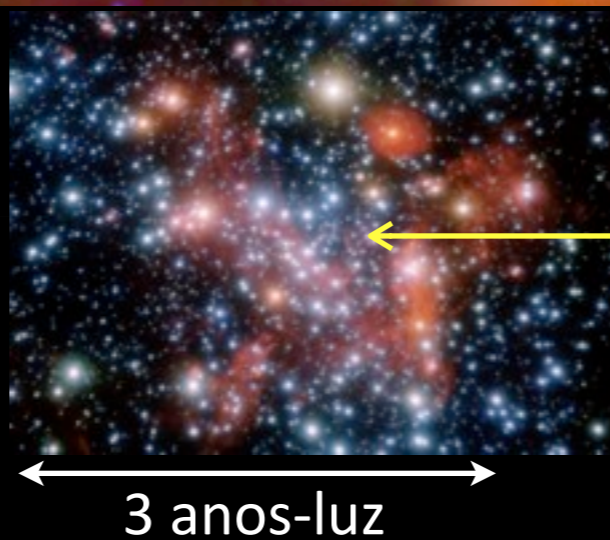
SMBH@MW/eso1151e.mov ver tb. <http://www.eso.org/public/news/eso1151/>

No centro do disco da Via Láctea...

imagem em raios X



imagem na luz
infravermelha



• **Tem um Buraco Negro
escondido aqui !!!**

Massa \approx $4 \times 10^6 M_{\text{sol}}$

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

O núcleo da Via Láctea

Raios-X: SMBH@MW/gcenter_xray_rgb.jpg

Release Date: January 09, 2002

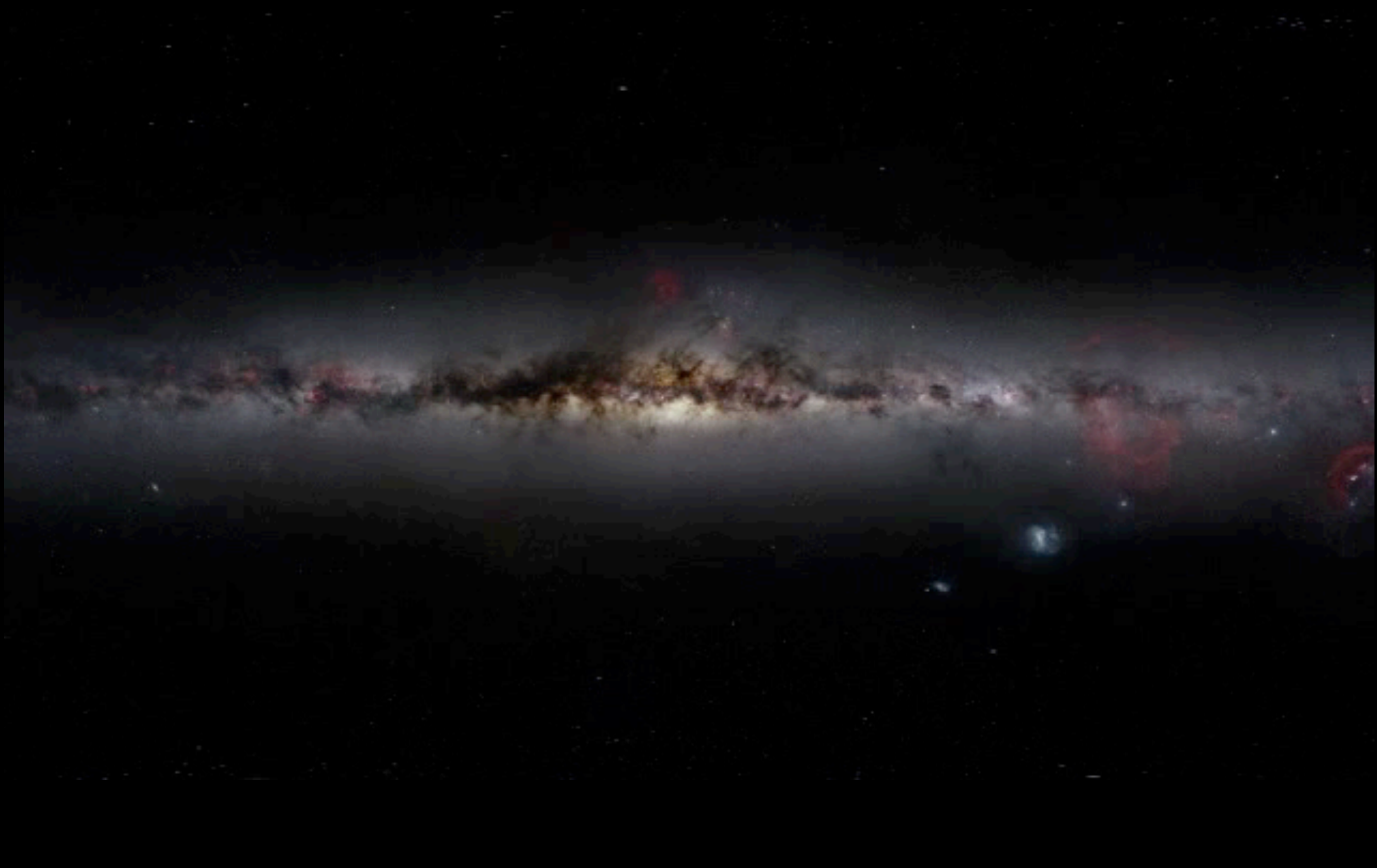
400 by 900 light-year mosaic of several Chandra images

The colors indicate X-ray energy bands: red (low), green (medium), and blue (high)

NIR: SMBH@MW/mwcenter_eso_c800.jpg

shows the crowded inner 3 light-years (~ 1 pc) of the central Milky Way.

No centro do disco da Via Láctea...



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

<http://www.eso.org/public/videos/eso1151d/>

Video Credit: [ESO](#)/MPE/Nick Risinger (skysurvey.org)/[VISTA](#)/J. Emerson/[Digitized Sky Survey 2](#)

Atividade Nuclear na Via Láctea ?



www.eso.org

Talvez... mas somente para 2020...

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

<http://www.eso.org/public/videos/eso1151e/>

Esta animação mostra o movimento real das estrelas que orbitam próxima ao buraco negro central da galáxia.

Também mostra o movimento (do CM) da nuvem de gás detectada (slide anterior), combinado com os resultados de uma simulação hidrodinâmica dos efeitos das forças de maré produzidas pelo campo gravitacional intenso do buraco negro durante a passagem da nuvem. A nuvem é despedaçada.

Últimas notícias (17/07/2013).

As previsões desta simulação numérica parecem estar se comprovando! Veja em

<http://www.eso.org/public/brazil/news/eso1332/>

Galáxias Espirais:

Halo Externo ~ 13,5 bilhões de anos

Halo Interno ~ 11,5 bilhões de anos

Disco

An illustration of a spiral galaxy, likely the Milky Way, shown from an edge-on perspective. The galaxy has a central yellowish-white core, surrounded by a blueish-white inner halo, and a blueish-white outer halo. A white arrow points from the label 'Disco' to the central region of the galaxy.

A estrutura da Galáxia

Kalirai et al, 2012, Nature, 486,90

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

This illustration shows the Milky Way galaxy's inner and outer halos. A halo is a spherical cloud of stars surrounding a galaxy. Astronomers have proposed that the Milky Way's halo is composed of two populations of stars. The age of the stars in the inner halo, according to measurements by the Paranal Observatory, is 11.5 billion years old. The measurements suggest the inner-halo stars are younger than the outer-halo population, some of which could be 13.5 billion years old.

Kalirai, 2012

[2012Nature,486,90K](#)

The Milky Way galaxy has several components, such as the bulge, disk and halo. Unravelling the assembly history of these stellar populations is often restricted because of difficulties in measuring accurate ages for low-mass, hydrogen-burning stars. Unlike these progenitors, white dwarf stars, the 'cinders' of stellar evolution, are remarkably simple objects and their fundamental properties can be measured with little ambiguity.

Here I report observations of newly formed white dwarf stars in the halo of the Milky Way, and a separate analysis of archival data in the well studied 12.5-billion-year-old globular cluster Messier 4.

I measure the mass distribution of the remnant stars and invert the stellar evolution process to develop a mathematical relation that links this final stellar mass to the mass of their immediate progenitors, and therefore to the age of the parent population.

By applying this technique to a small sample of four nearby and kinematically confirmed halo white dwarf stars, I calculate the age of local field halo stars to be 11.4+/-0.7 billion years. The oldest globular clusters formed 13.5 billion years ago.

Future observations of newly formed white dwarf stars in the halo could be used to reduce the uncertainty, and to probe relative differences between the formation times of the youngest globular clusters and the inner halo.

O universo das galáxias ...

resumindo...

Uma galáxia é... uma aglomeração **autônoma**
e **autogravitante** de:

- * gás
- * poeira
- * estrelas

% da massa

≈ 10 a 30%

+ **Matéria escura**

≈ 70 a 90%

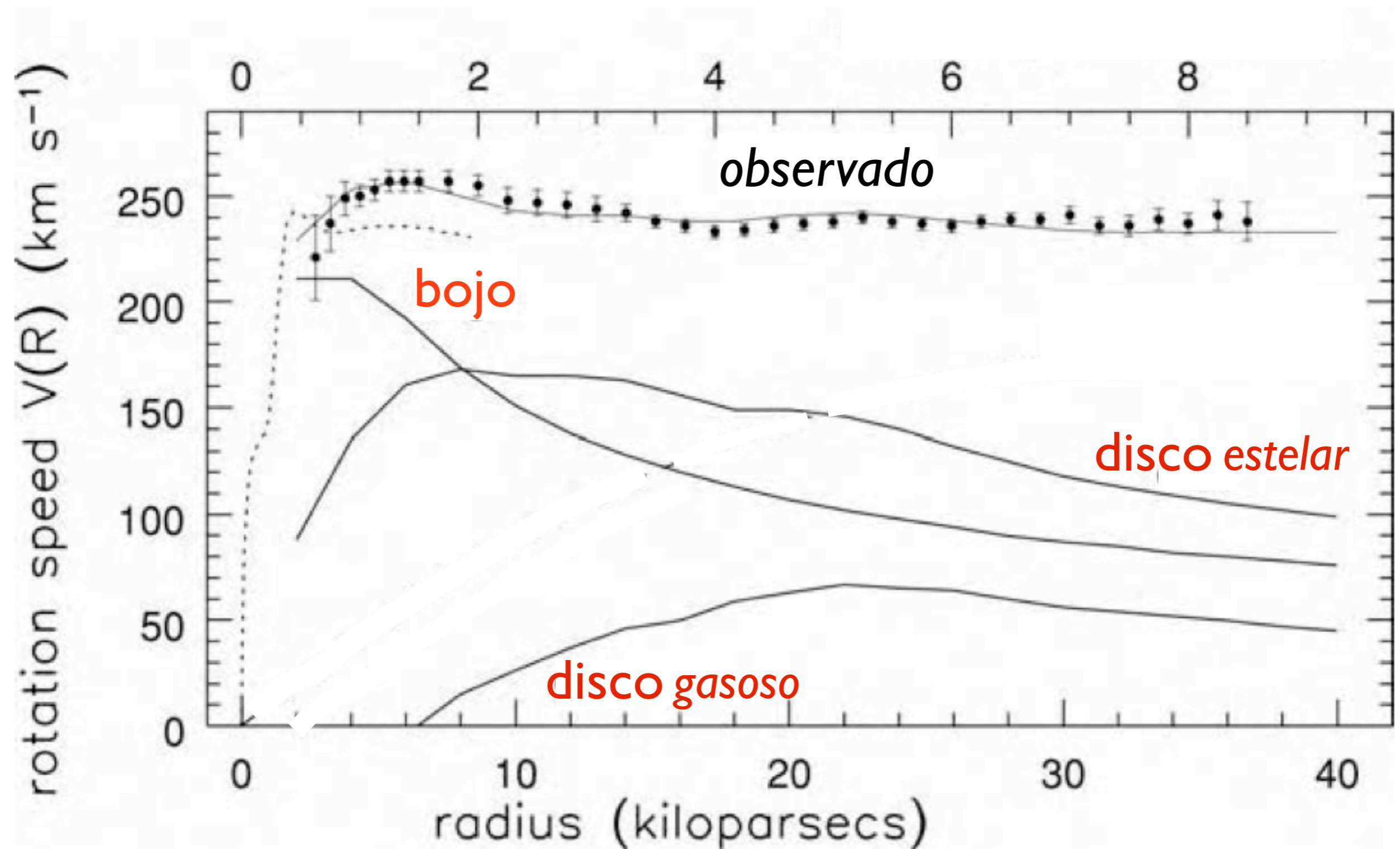
matéria não bariônica! ↙

- + campos magnéticos
- + partículas relativísticas

≈ 0,1 a 0,5%

O que mantém estas estruturas autogravitantes ?

Gravitação X Inércia



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

A gravitação – sempre atrativa – busca ao colapso, à fusão de todas as partes numa única
A inércia busca a difusão, à rarefação, cada parte seguindo o seu caminho retilíneo ad infinitum

Nesta figura está a curva de rotação observada do disco de uma galáxia espiral. Na região central (até $R \sim 1\text{kpc}$) o disco parece um disco rígido: $V(R) = \Omega \cdot R$, com Ω (velocidade angular) constante. A partir daí a velocidade angular começa a cair lentamente ($\Omega \sim 1/R$) de modo que a velocidade de rotação $V(R)$ se mantém mais ou menos constante. A força centrípeta capaz de manter um corpo de massa M (uma estrela, uma nuvem de gás ...) neste movimento de rotação, deve ser igual a $M \cdot \Omega^2 \cdot R$ ou $M \cdot V^2(R)/R$.

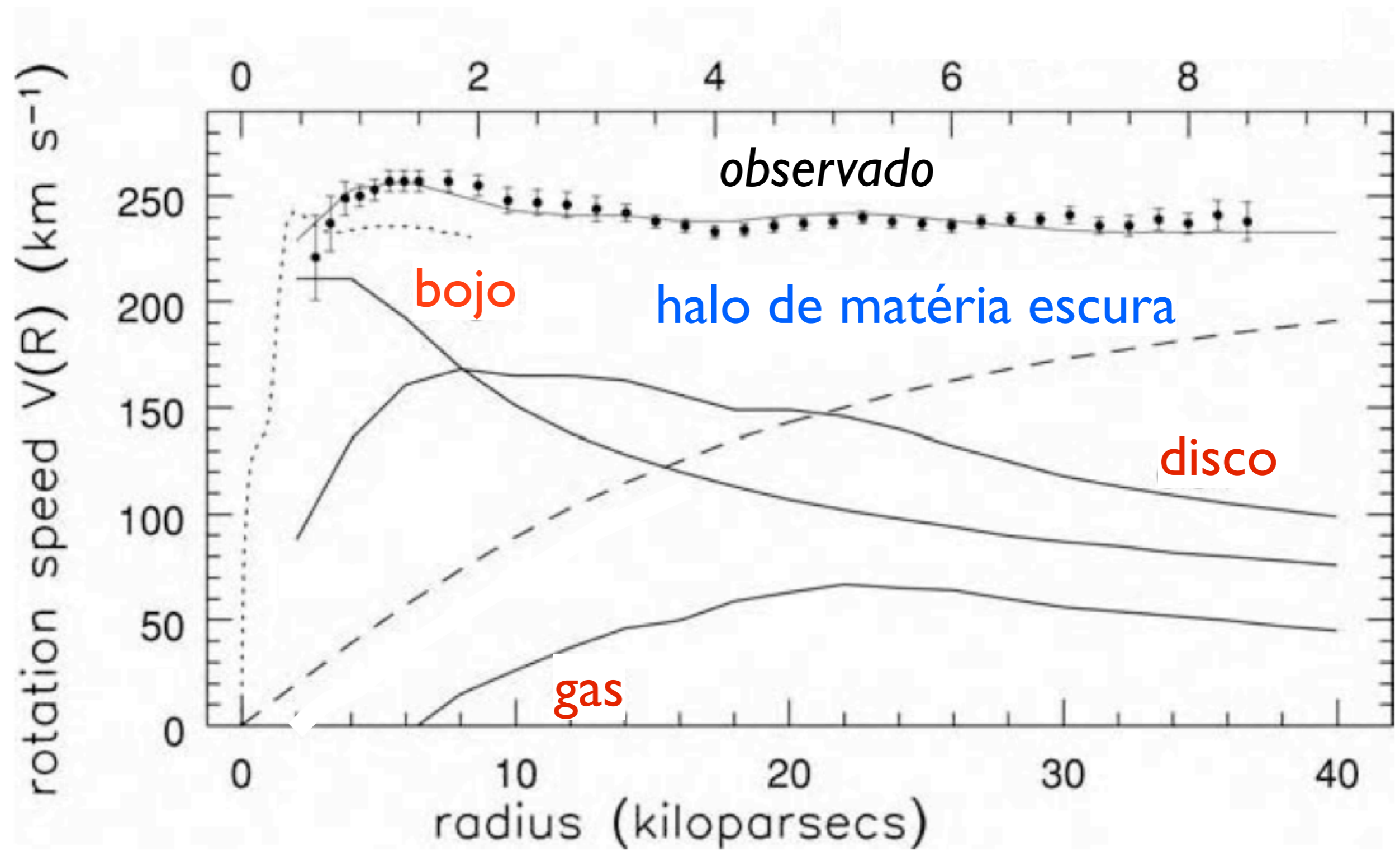
Qual a natureza da força centrípeta capaz de fazer isso? É a força de gravitação devido às massas concentradas no bojo (a região central da galáxia), e no disco (de estrelas e de gás). Estas massas nos conhecemos, são visíveis.

No entanto, como vemos na figura, elas não são suficientes para reproduzir a curva de rotação da galáxia. Cada uma das componentes (bojo, disco estelar e disco gasoso) produzem curvas que decaem com a distância radial.

Precisamos de uma outra componente, que não vemos. Invisível. É a chamada matéria escura.

○ que mantém estas estruturas autogravitantes ?

Gravitação X Inércia



O que mantém estas estruturas autogravitantes ?

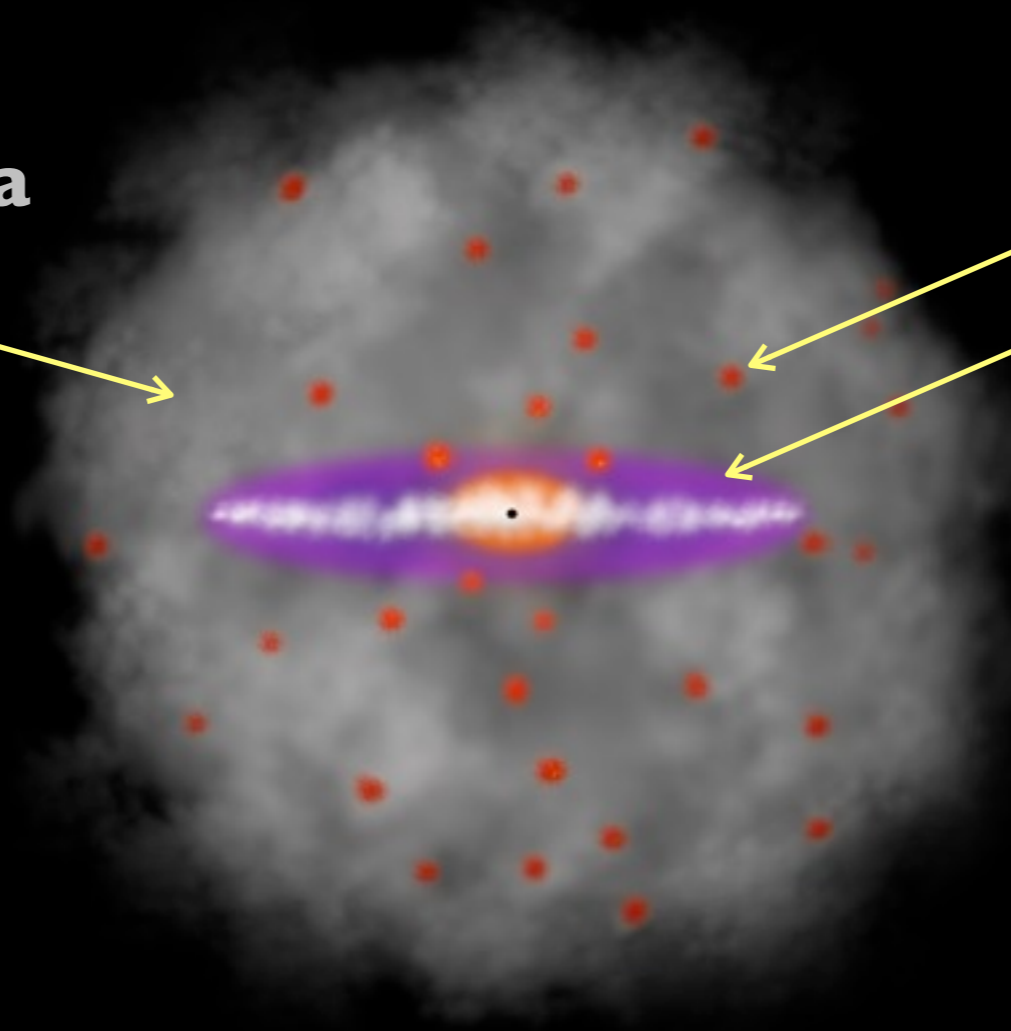
Gravitação X Inércia

Halo de matéria escura

Matéria bariônica:

* estrelas

* gás



Bárions =

prótons, neutrons, elétrons, núcleos atômicos, os elementos químicos, as substâncias, as pessoas, etc

Bárions: * interagem através de todas as 4 forças da natureza:

- eletromagnética
- gravitação
- força forte (intra-nuclear)
- força fraca (decaimento beta)

Matéria escura **SÓ** interage através da gravitação

As galáxias tendem a se associar ...

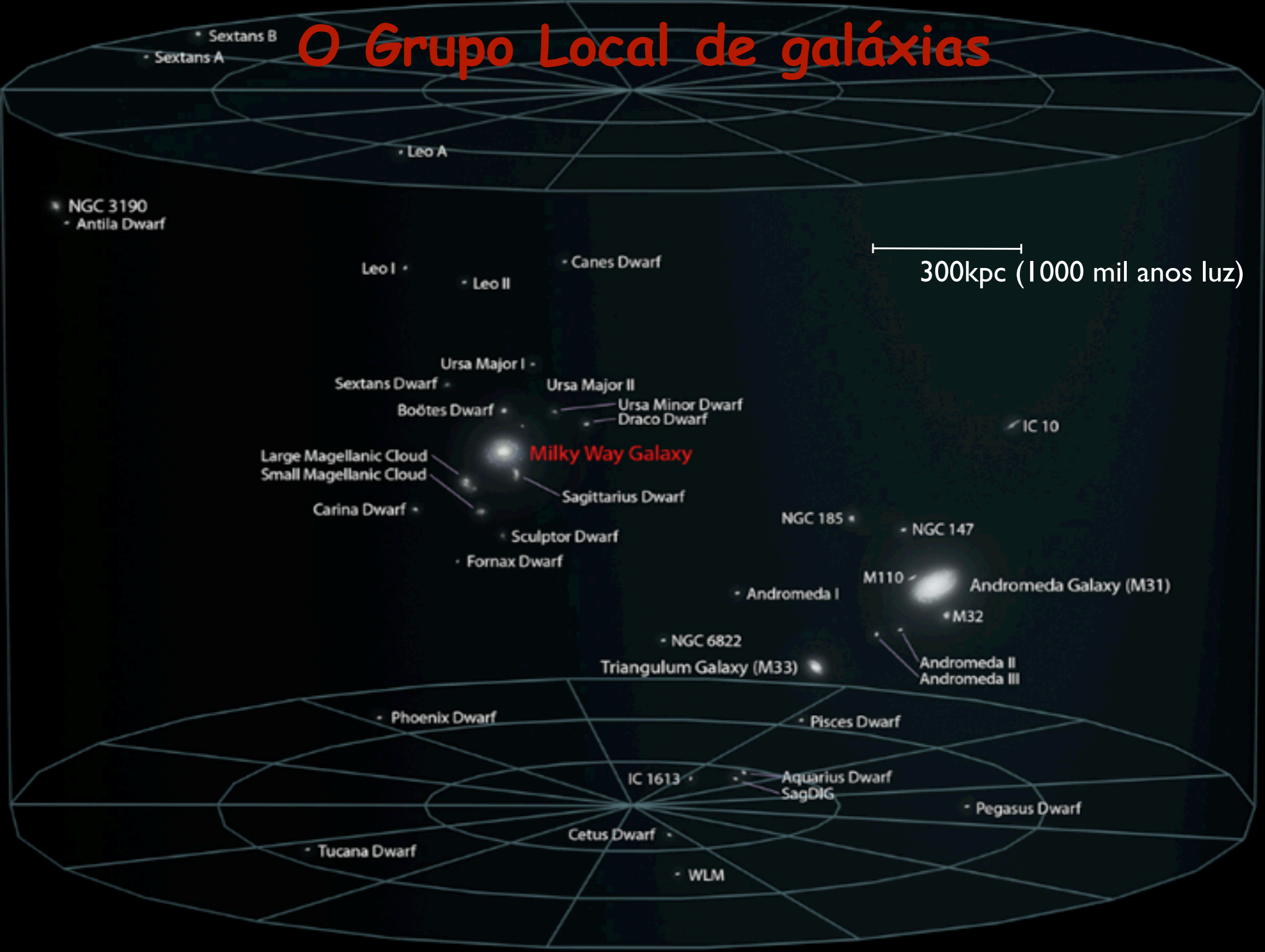
- **Sistemas binários e tripletos**
 $N_{gal} \sim 2,3$
- **Grupos e Aglomerados “Pobres”**
 $N_{gal} > 3 - 100$
- **Aglomerados “Ricos”**
 $N_{gal} > 100 - 1000$

Estruturas
relaxadas em
Equilíbrio
(ou quase...)

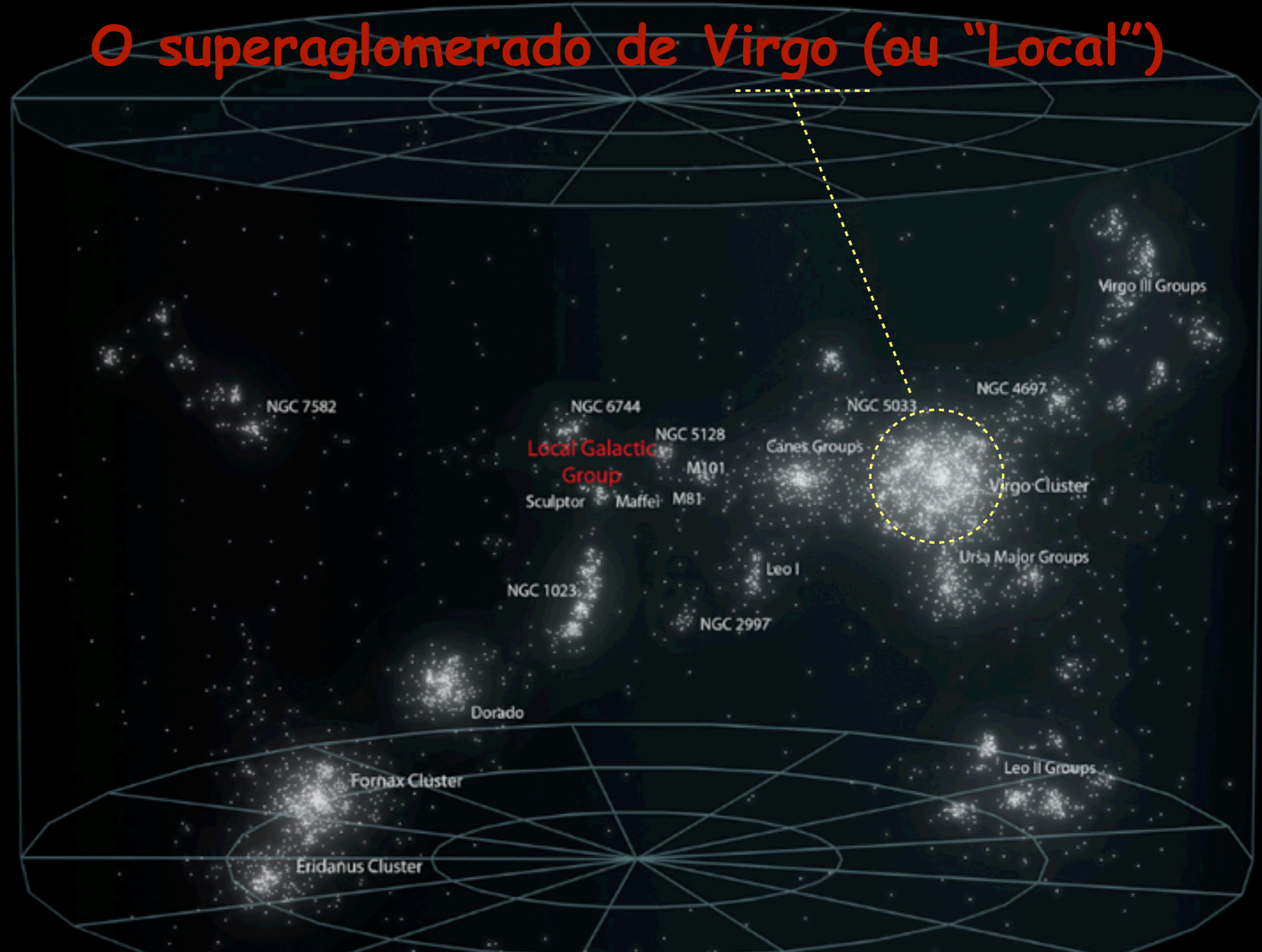
Grupos e Aglomerados também !

- * **superaglomerados**
- * **filamentos**

O Grupo Local de galáxias



O superaglomerado de Virgo (ou "Local")



O **aglomerado de Virgo** é o aglomerado **rico** de galáxias mais próximo.

Está centrado numa galáxia elíptica gigante: M87

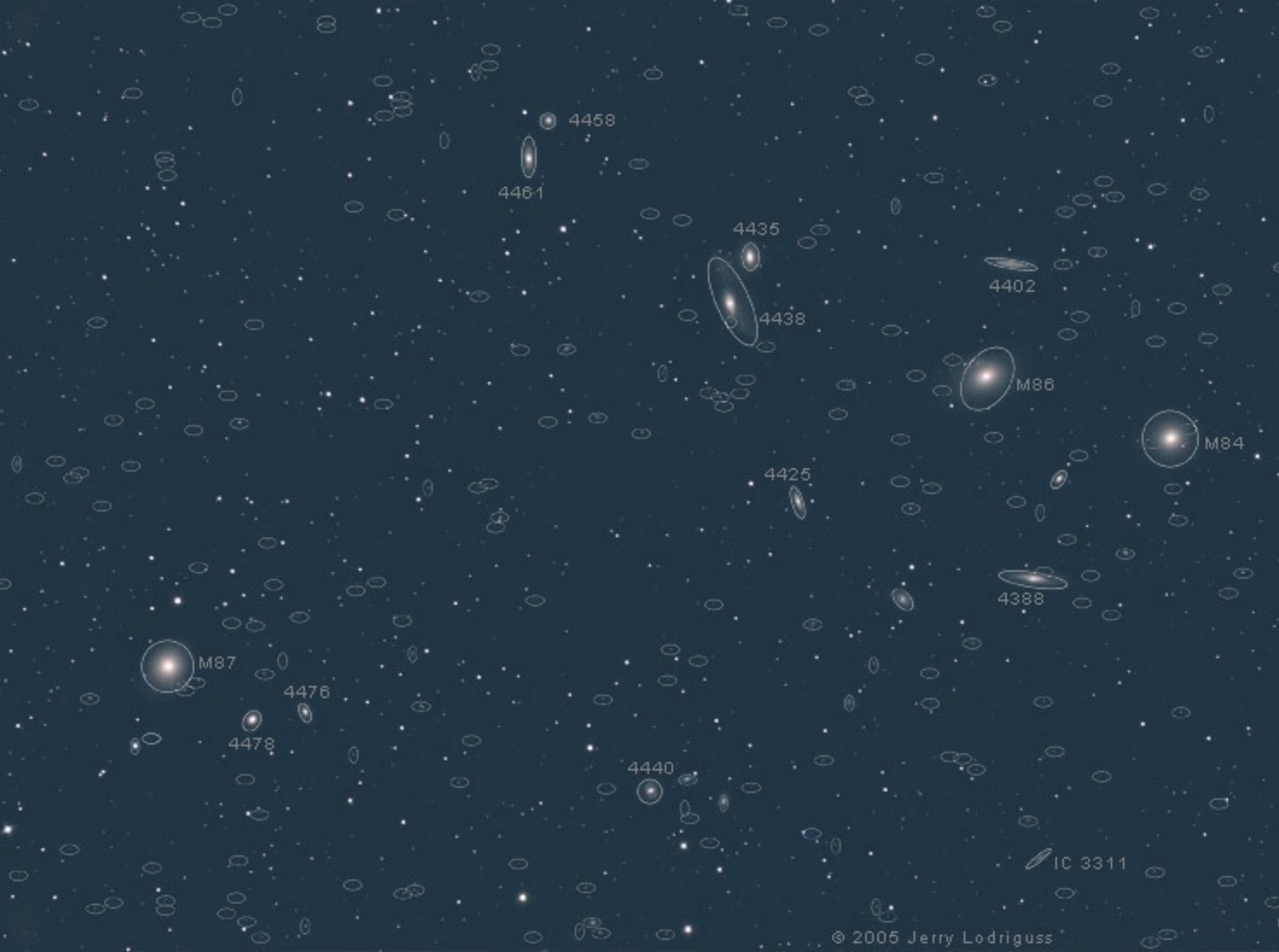
É a região **mais densa** do **superaglomerado Local**



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Este é o aglomerado Virgo que aparece nos mapas esquemáticos anteriores, tal como visto cá da nossa Terra. Cada círculo nesta figura indica a presença de uma galáxia. A grande maioria são galáxias anãs e não pertencem a corte de nenhuma galáxia “gigante” como no caso do “grupo local” (a corte da Via Láctea).

Nos aglomerados de galáxias reina uma galáxia brilhante central (no caso deste M87, no parte inferior esquerda), e para o resto é a democracia ... A galáxia central, no entanto, é voraz e “canibaliza” qualquer uma que chegar muito perto ...



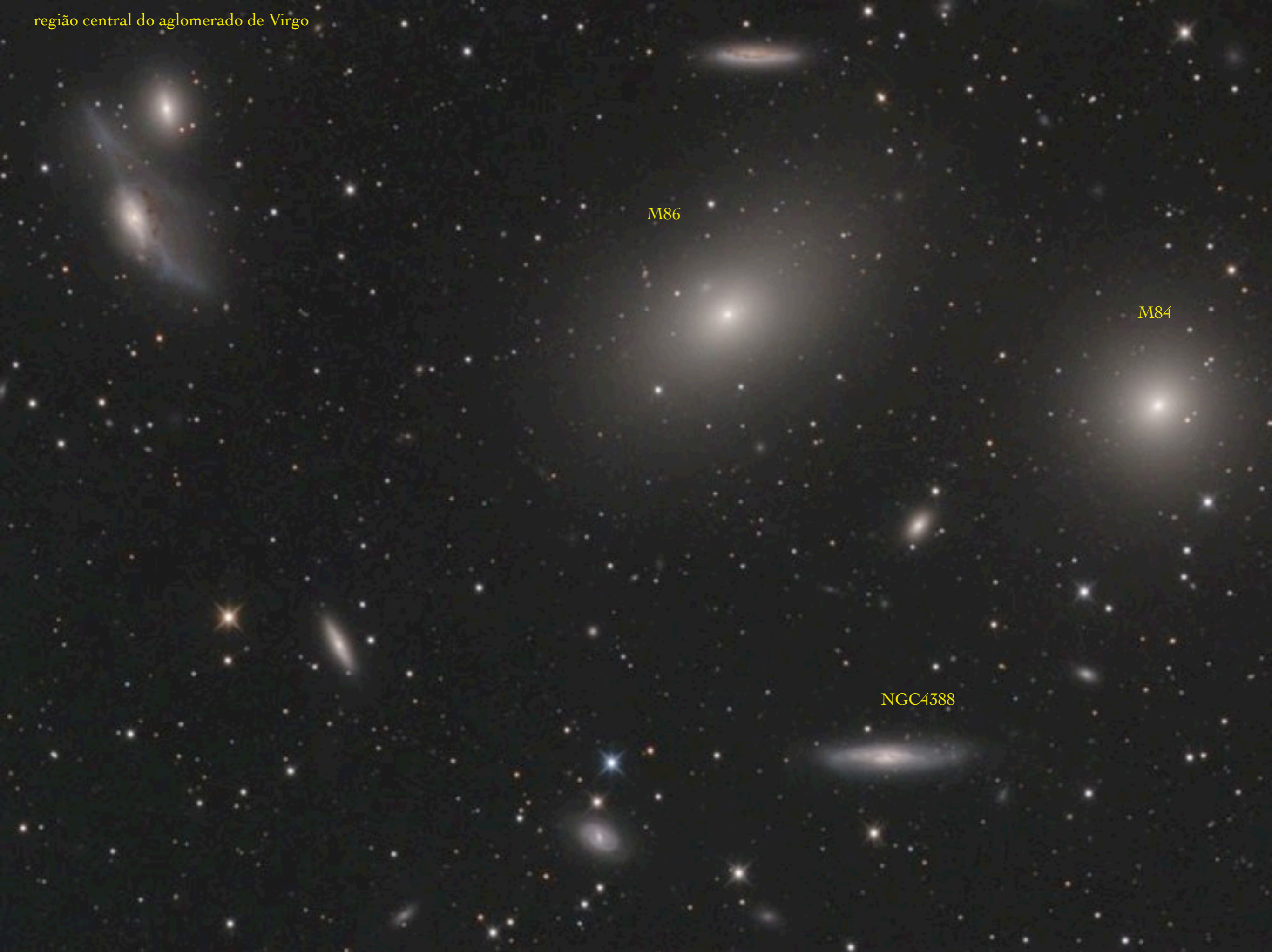
© 2005 Jerry Lodriguss

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Este é o aglomerado Virgo que aparece nos mapas esquemáticos anteriores, tal como visto cá da nossa Terra. Cada círculo nesta figura indica a presença de uma galáxia. A grande maioria são galáxias anãs e não pertencem a corte de nenhuma galáxia “gigante” como no caso do “grupo local” (a corte da Via Láctea).

Nos aglomerados de galáxias reina uma galáxia brilhante central (no caso deste M87, no parte inferior esquerda), e para o resto é a democracia ... A galáxia central, no entanto, é voraz e “canibaliza” qualquer uma que chegar muito perto ...

região central do aglomerado de Virgo



M86

M84

NGC4388

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

região central do aglomerado de Virgo

M84 e M86 são classificadas como galáxias lenticulares

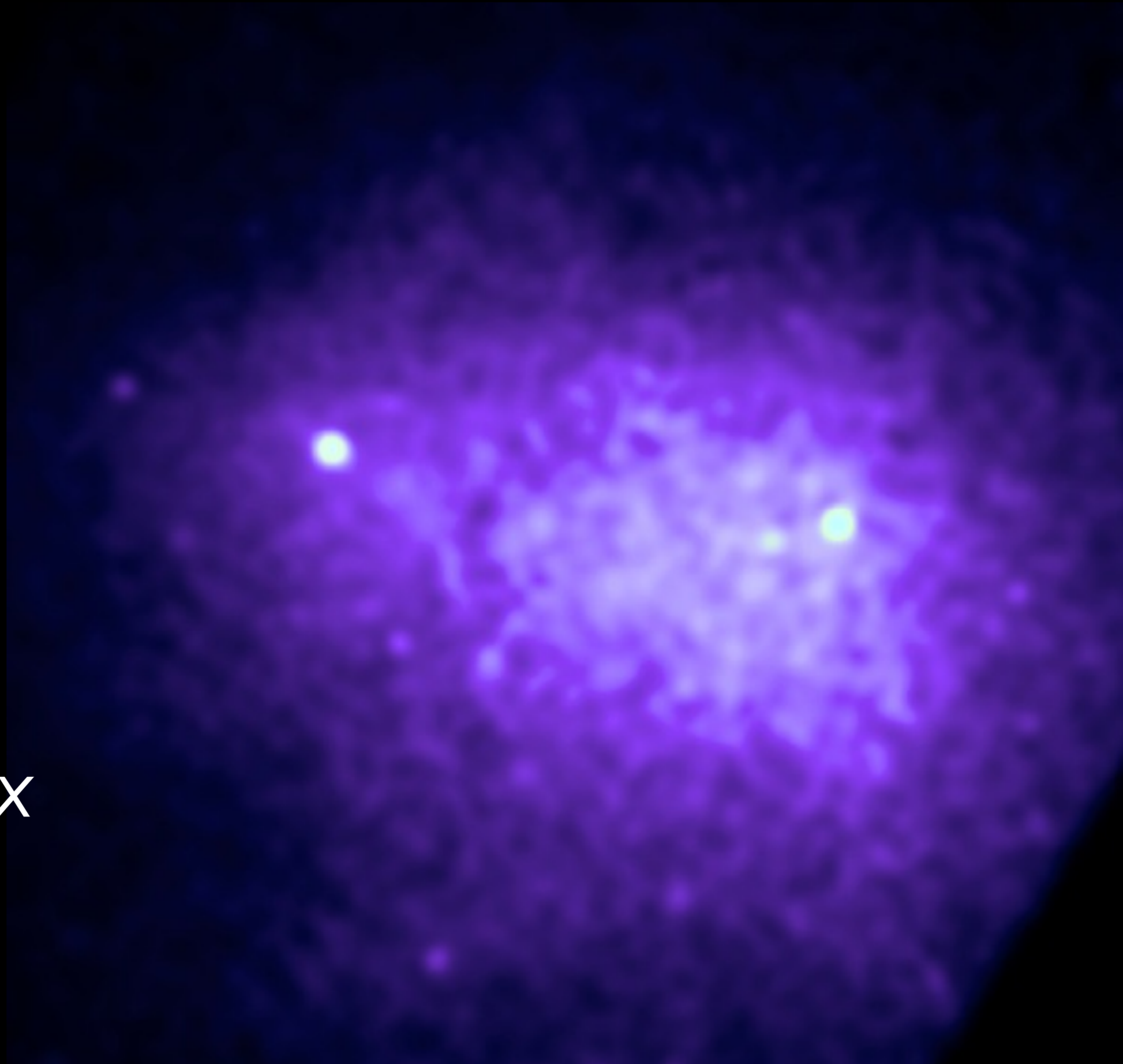
○ aglomerado de Coma



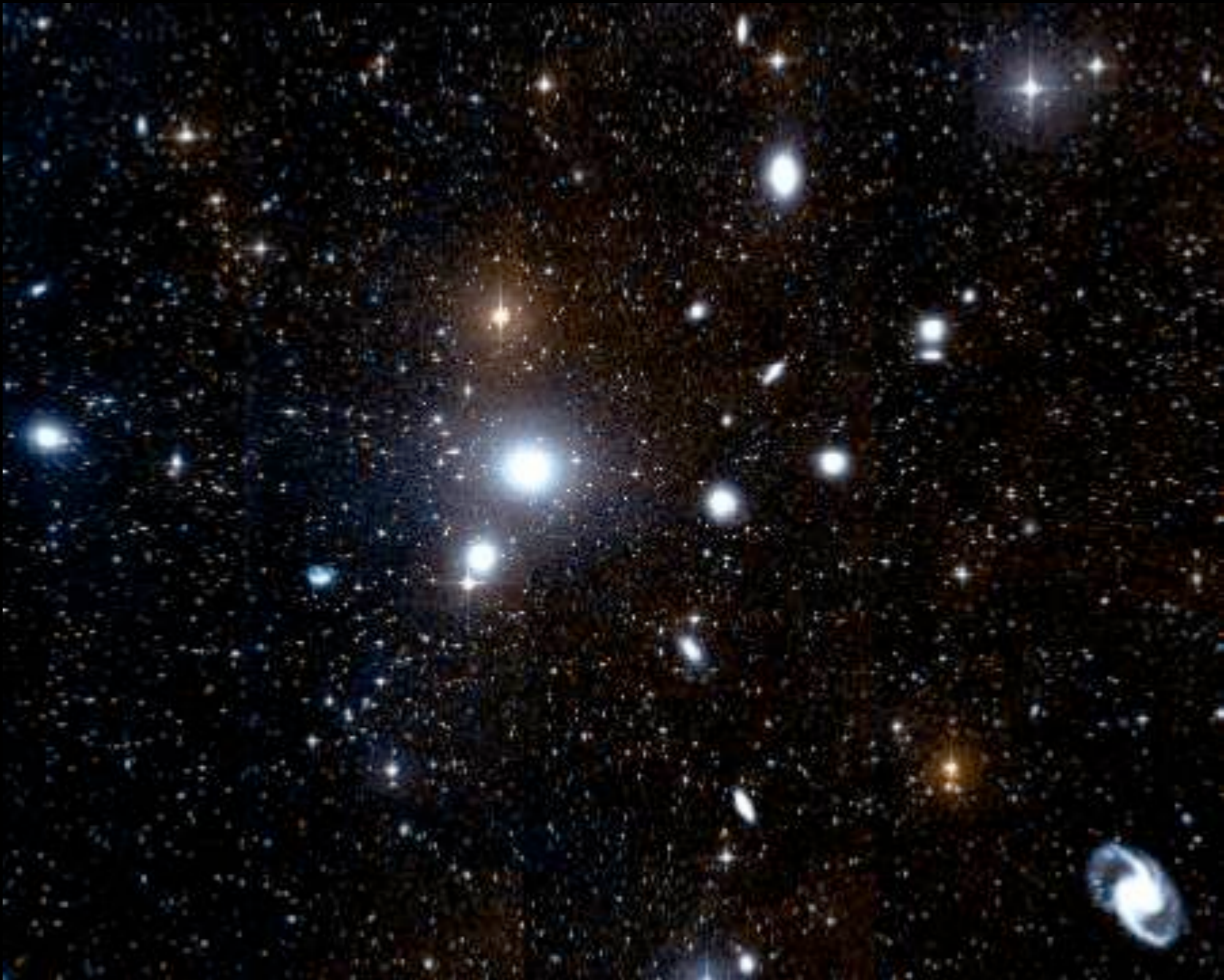
segunda-feira, 26 de agosto de 2013

O aglomerado de Coma ... em raios-X

*gás a
temperaturas
de $10^6 - 7$ K
emitindo em raios-X*



O aglomerado de Fornax

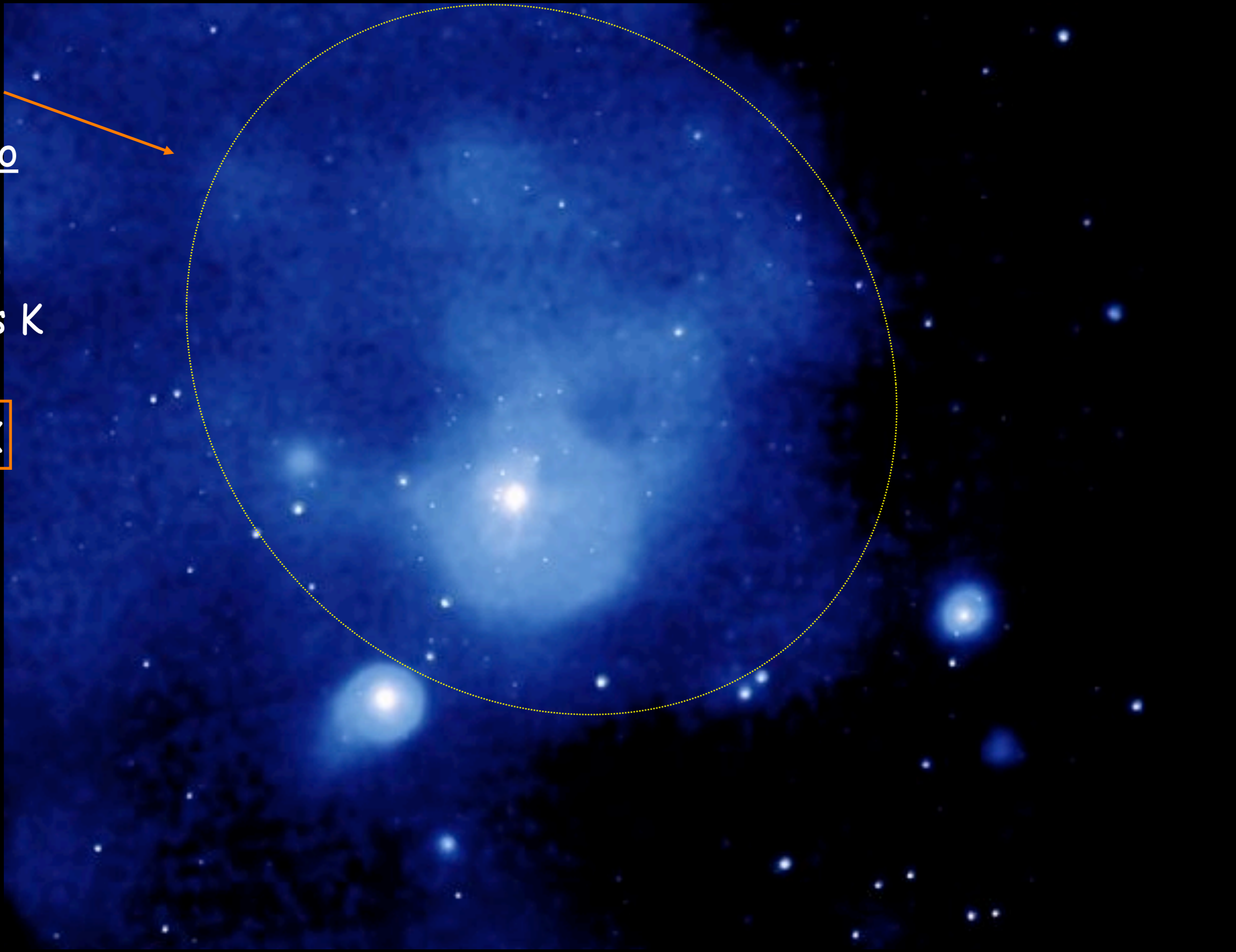


segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Outro aglomerado de galáxias: a galáxia brilhante da figura é a dominante deste aglomerado

O aglomerado de Fornax ... em raios-X

Gas
Rarefeito
(1/cm³)
Quente:
10 milhões K
↓
Raios-X

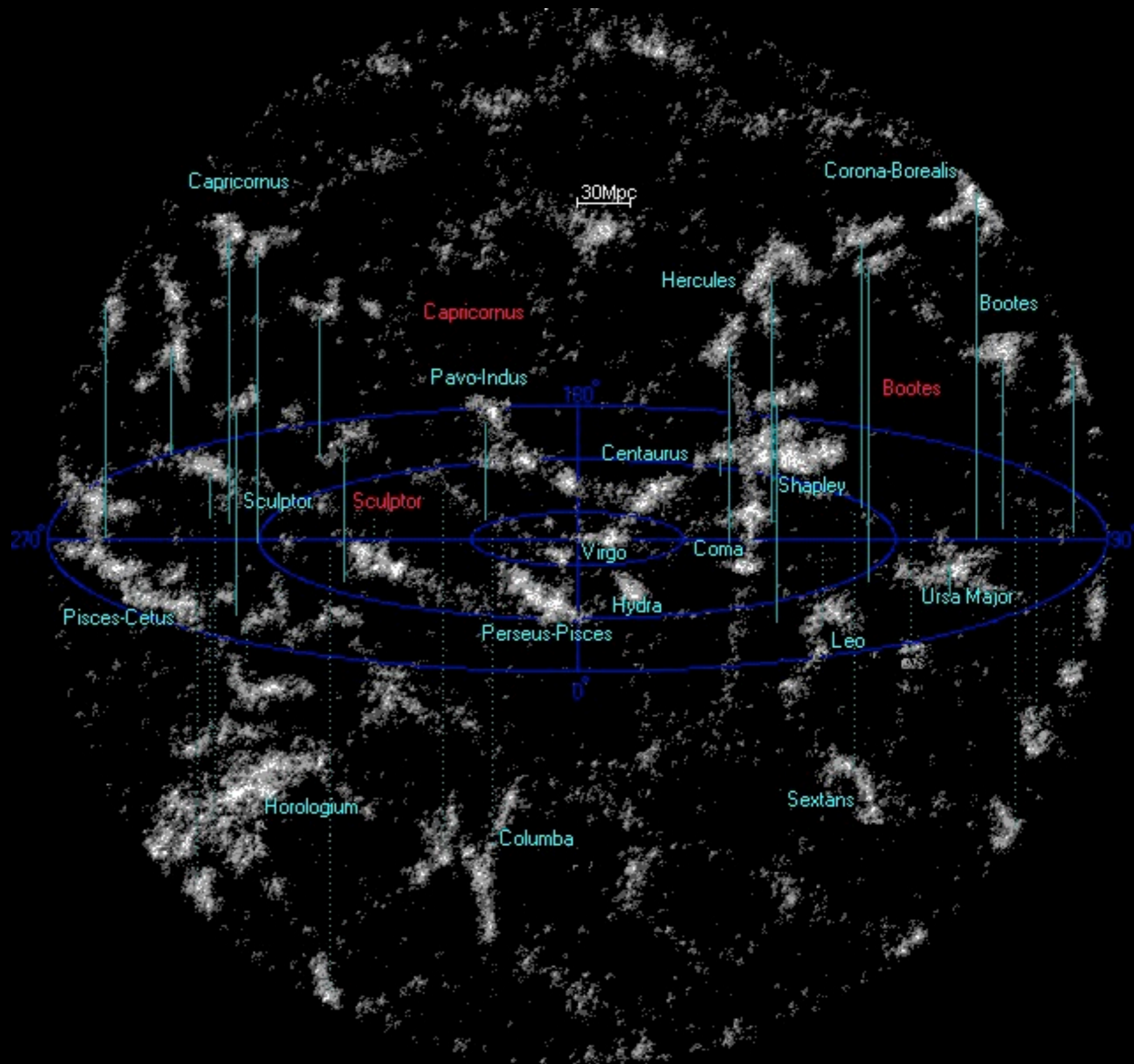


segunda-feira, 26 de agosto de 2013

O mesmo aglomerado da figura anterior, mas visto em raios-X

Grandes estruturas no Universo "próximo"

superaglomerados
e
filamentos



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

E é assim que os astrônomos acham que as galáxias se organizam no Universo

A massa dos aglomerados de galáxias...

1% na forma de estrelas (presas às galáxias)

10% na forma de gás quente (emissor em raios-X)

90% matéria "escura" (não emite radiação)

} "bárions"

O mesmo que acontece com as galáxias!

Detectada pelos seus efeitos dinâmicos

p. ex:

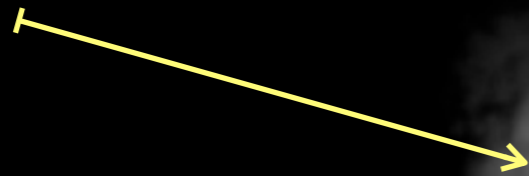
a massa necessária para aprisionar o gás quente dos aglomerados de galáxias

a massa necessária para manter o discos das galáxias espirais em rotação

O Conteúdo de Matéria do Universo é dominado pela **MATERIA ESCURA**

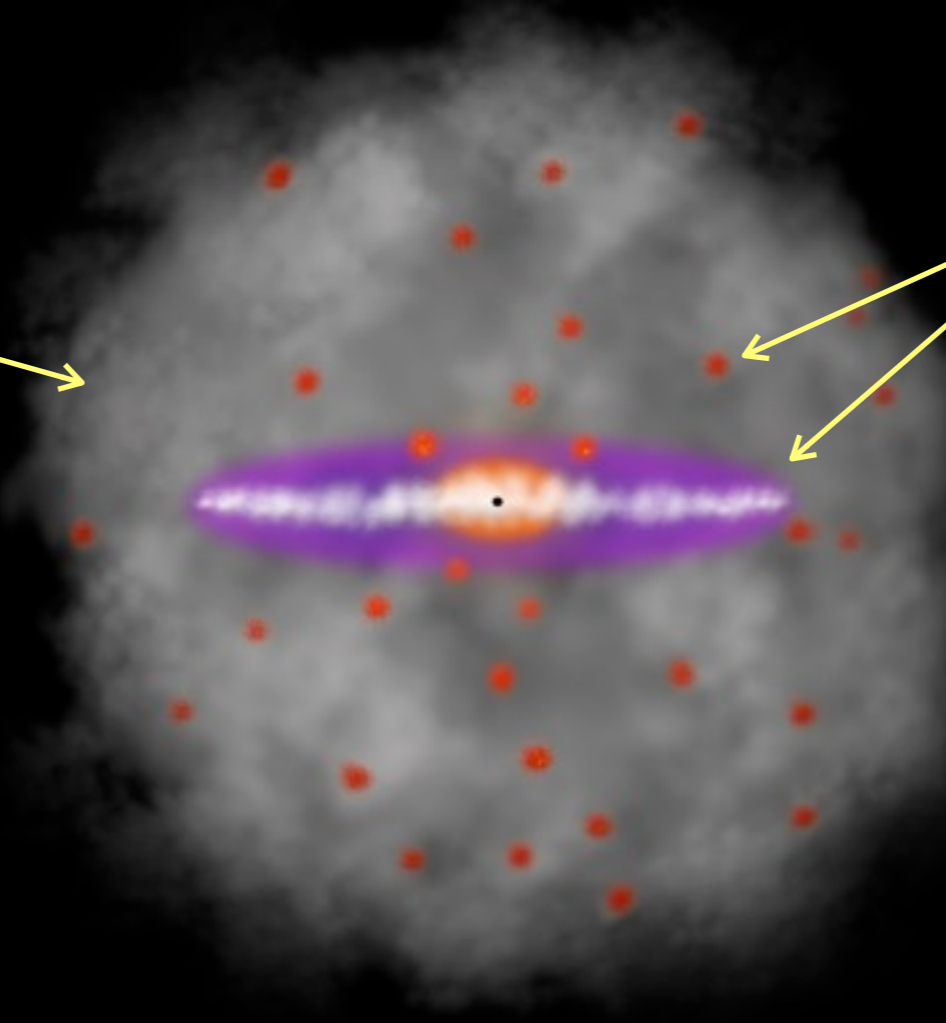
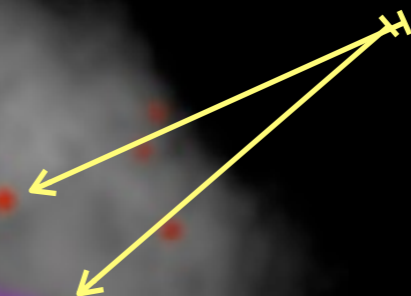
90% !!!!

Halo de matéria escura



Matéria bariônica:

- * estrelas
- * gás



Mas como tudo isto se formou ???

- Ação das **forças de gravitação** sobre...

mínusculas flutuações da densidade da **matéria escura**

(1 : 100 milhões)

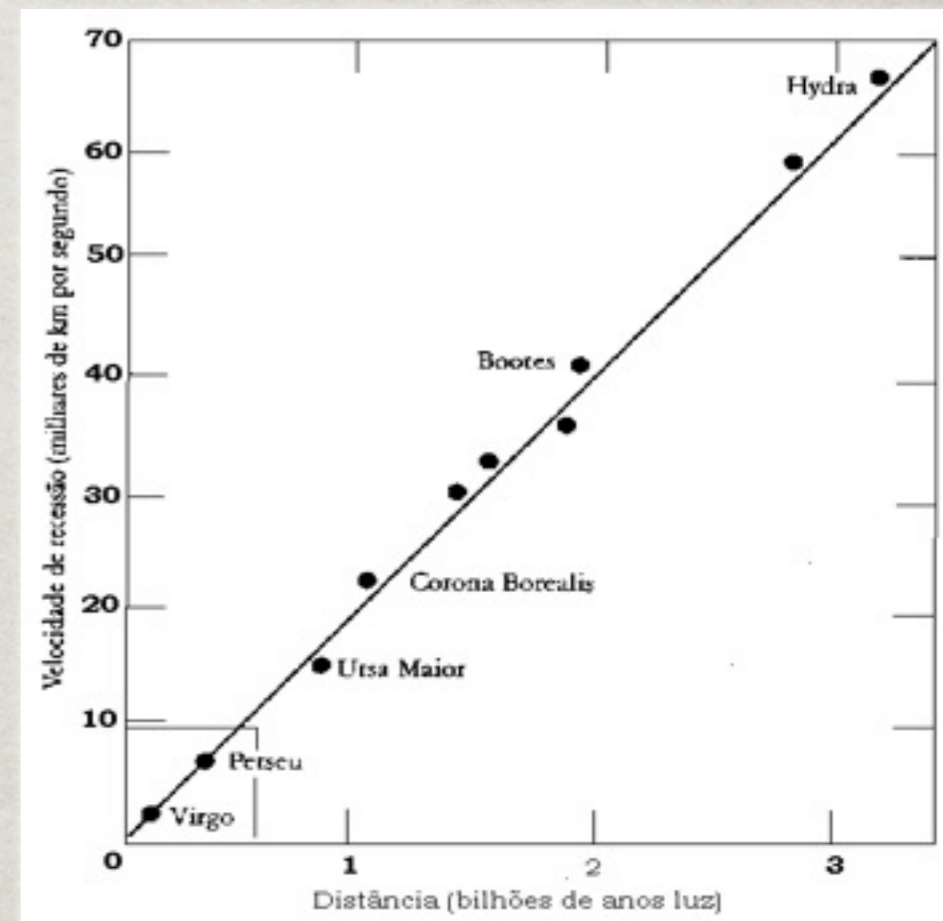
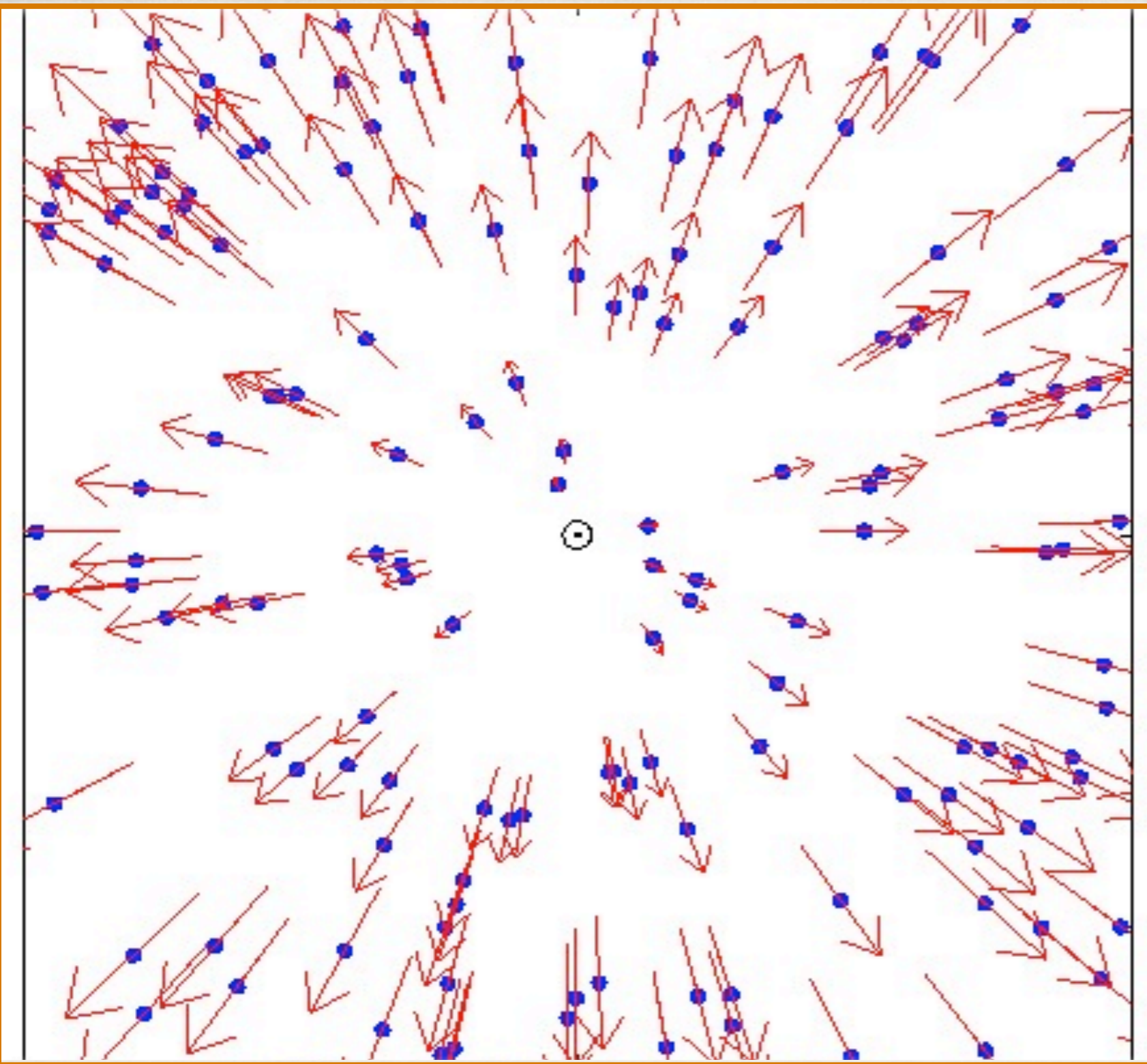
produzidas no início da formação do Universo

×

- **Expansão do espaço isotrópica**

Expansão do espaço (lei de Hubble)

isotrópica



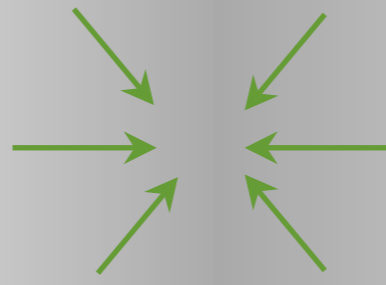
segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Como os movimentos no Universo são percebidos a partir de um ponto qualquer do espaço? Nesta figura, o “ponto qualquer” é o bolinha central e, como se pode ver, todas a bolinhas (que podem representar galáxias ou qualquer outra coisa que esteja “em repouso” –**) se afastam com velocidades crescentes! No gráfico ao lado mostra os resultados de medidas da velocidade de afastamento de grupos de galáxias em relação a nós.

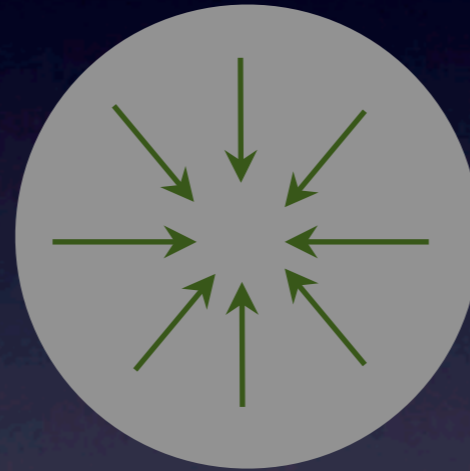
** é preciso explicar isto com carinho!

Como funciona ?

Uma flutuação de densidade no substrato de matéria escura COLAPSA!



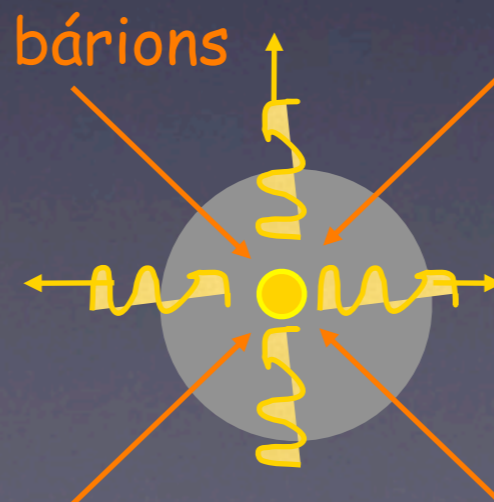
produz um halo de matéria escura



Halo de Matéria escura

que vence a pressão da matéria bariônica, puxando os **bárions** para dentro.

O **bárions** colapsam no interior do halo de material dissipando energia e formando estrelas!



Radiação
(carrega energia para fora)



Formação de estruturas (de matéria escura)

simulação numérica

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

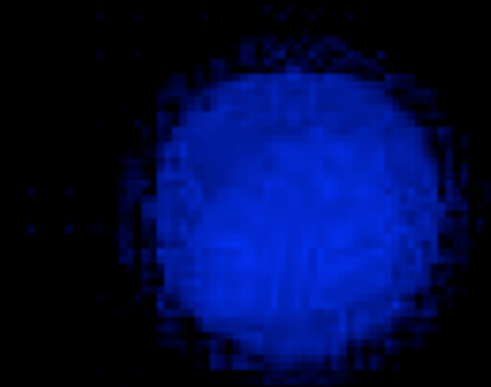
Este filme resulta de uma simulação numérica feita num super computador (Ben Moore, 2000).

Mostra como seria a evolução do Universo se pudéssemos vê-lo de fora. O número z que aparece no alto é o “*redshift*”: é uma medida do tempo que falta para o momento presente ($z = 49$ corresponde a 13,42 Bilhões de anos, quando o Universo deveria ter 46 Milhões de anos). A medida que evolue, z diminui até chegar ao presente, $t = 0$. Notar a formação gradual de um grupo de galáxias que poderia muito bem se assemelhar ao nosso grupo local.

[/Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/expand_wrbb.mpeg](#)

Formação de estruturas (de matéria escura)

$z=49.000$



simulação numérica

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

Este filme resulta de uma simulação numérica feita num super computador (Ben Moore, 2000).

Mostra como seria a evolução do Universo se pudéssemos vê-lo de fora. O número z que aparece no alto é o “*redshift*”: é uma medida do tempo que falta para o momento presente ($z = 49$ corresponde a 13,42 Bilhões de anos, quando o Universo deveria ter 46 Milhões de anos). A medida que evolue, z diminui até chegar ao presente, $t = 0$. Notar a formação gradual de um grupo de galáxias que poderia muito bem se assemelhar ao nosso grupo local.

[/Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/expand_wrbb.mpeg](#)

Coordenadas absolutas

coordenadas cómoveis

(o quadrado expande-se
tal qual o Universo)

segunda-feira, 26 de agosto de 2013

O mesmo que anterior, mas agora em duas visões diferentes:

- visto de fora do Universo (acima) : </Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/absolute.mov>

- visto por um observador preso no Universo em expansão (abaixo) : </Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/comoving.mov>

Simulações numéricas por Ben Moore (2000).

Coordenadas absolutas

coordenadas cómoveis

(o quadrado expande-se
tal qual o Universo)



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

O mesmo que anterior, mas agora em duas visões diferentes:

- visto de fora do Universo (acima) : </Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/absolute.mov>

- visto por um observador preso no Universo em expansão (abaixo) : </Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/comoving.mov>

Simulações numéricas por Ben Moore (2000).

Coordenadas absolutas

coordenadas cómoveis

(o quadrado expande-se
tal qual o Universo)



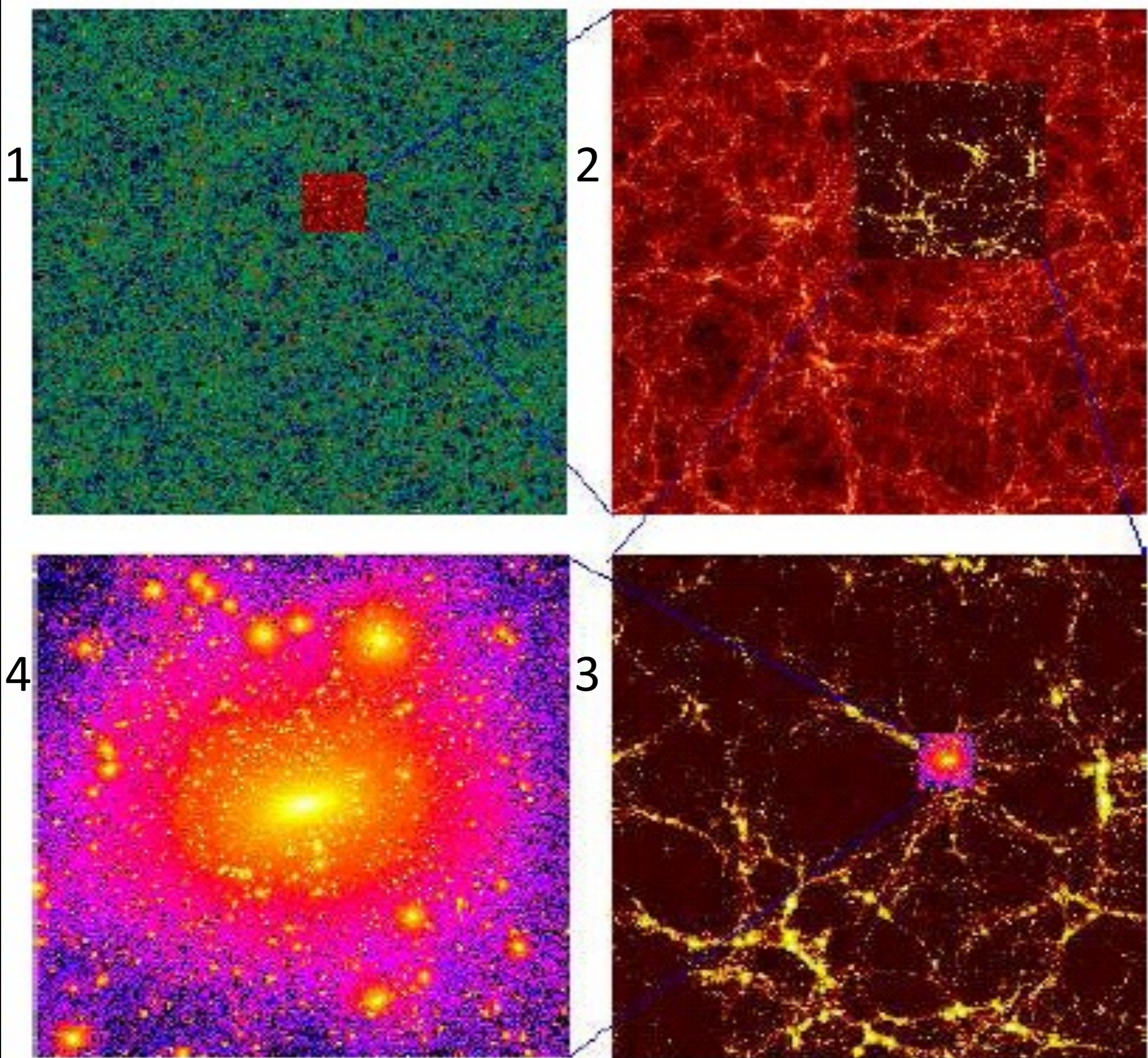
segunda-feira, 26 de agosto de 2013

O mesmo que anterior, mas agora em duas visões diferentes:

- visto de fora do Universo (acima) : </Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/absolute.mov>

- visto por um observador preso no Universo em expansão (abaixo) : </Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Moore/comoving.mov>

Simulações numéricas por Ben Moore (2000).



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

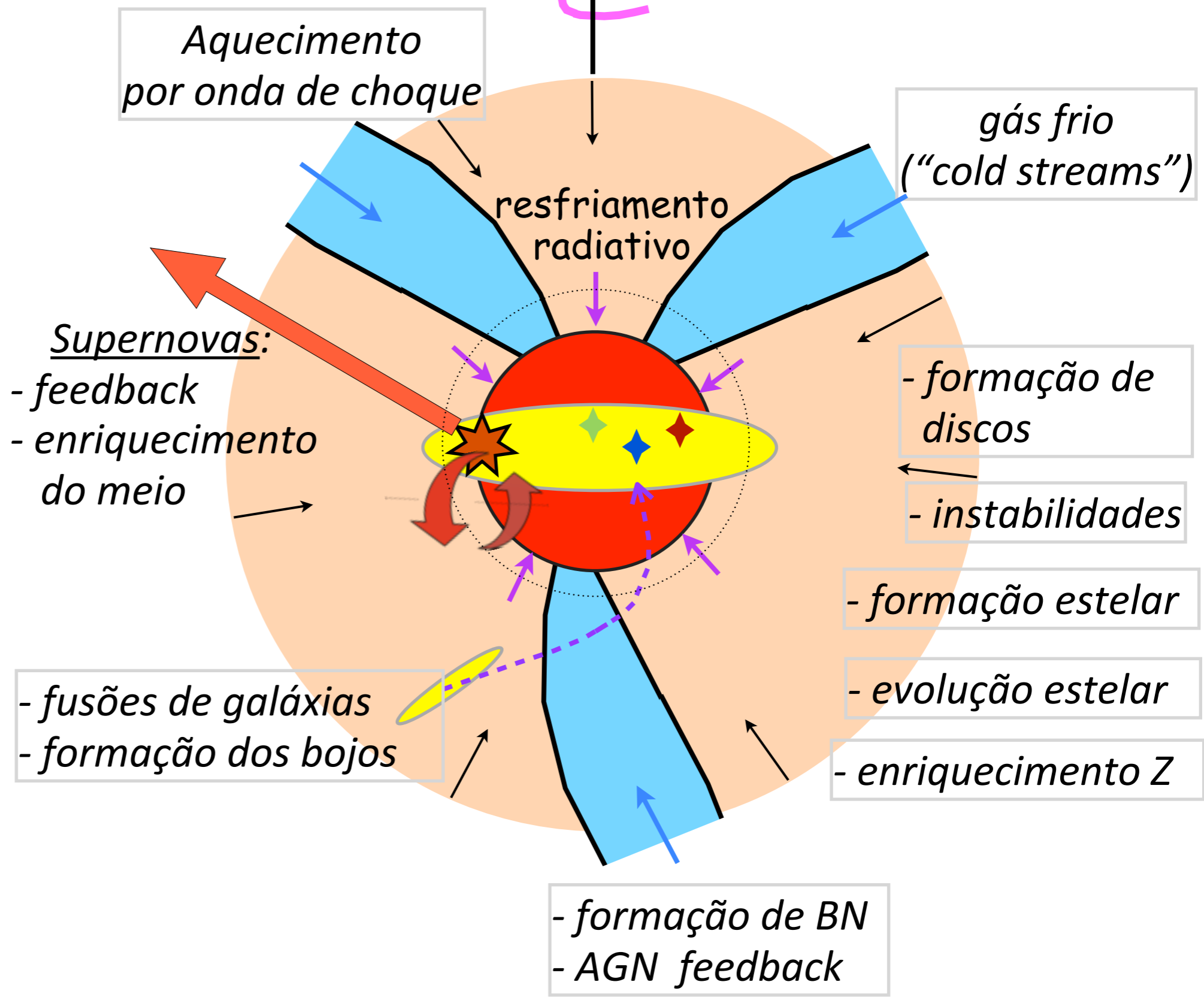
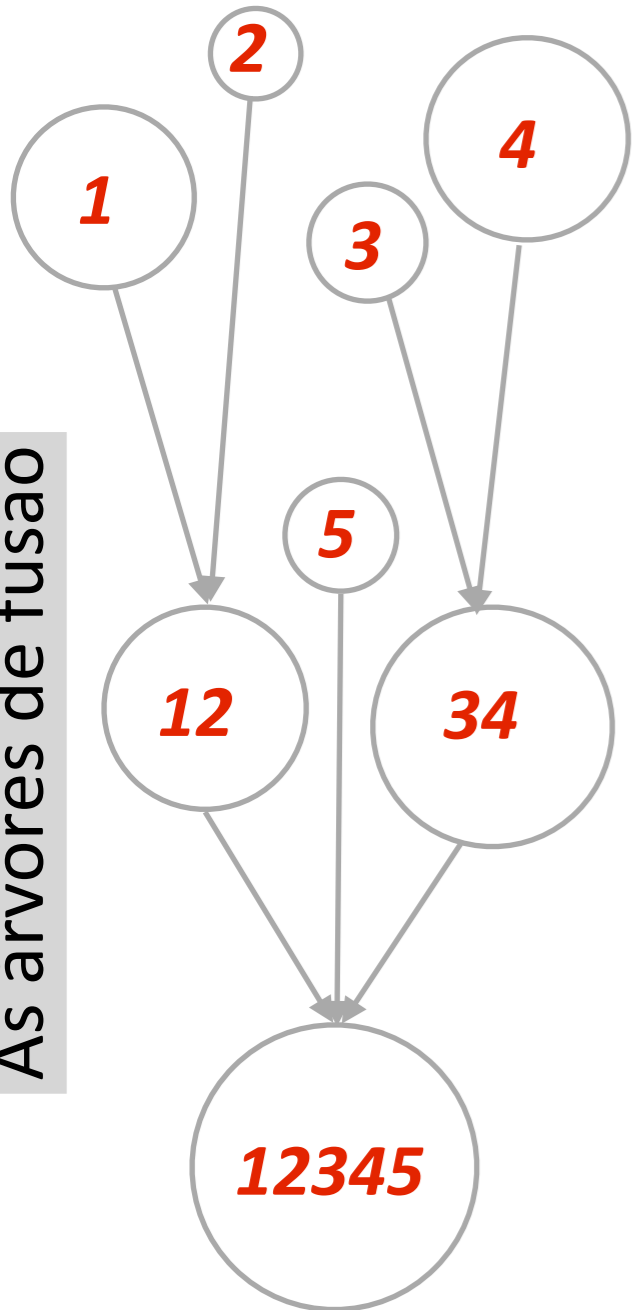
Formação de uma estrutura em 4 quadros (instantâneos de uma simulação numérica realizada por Ben Moore (2000))

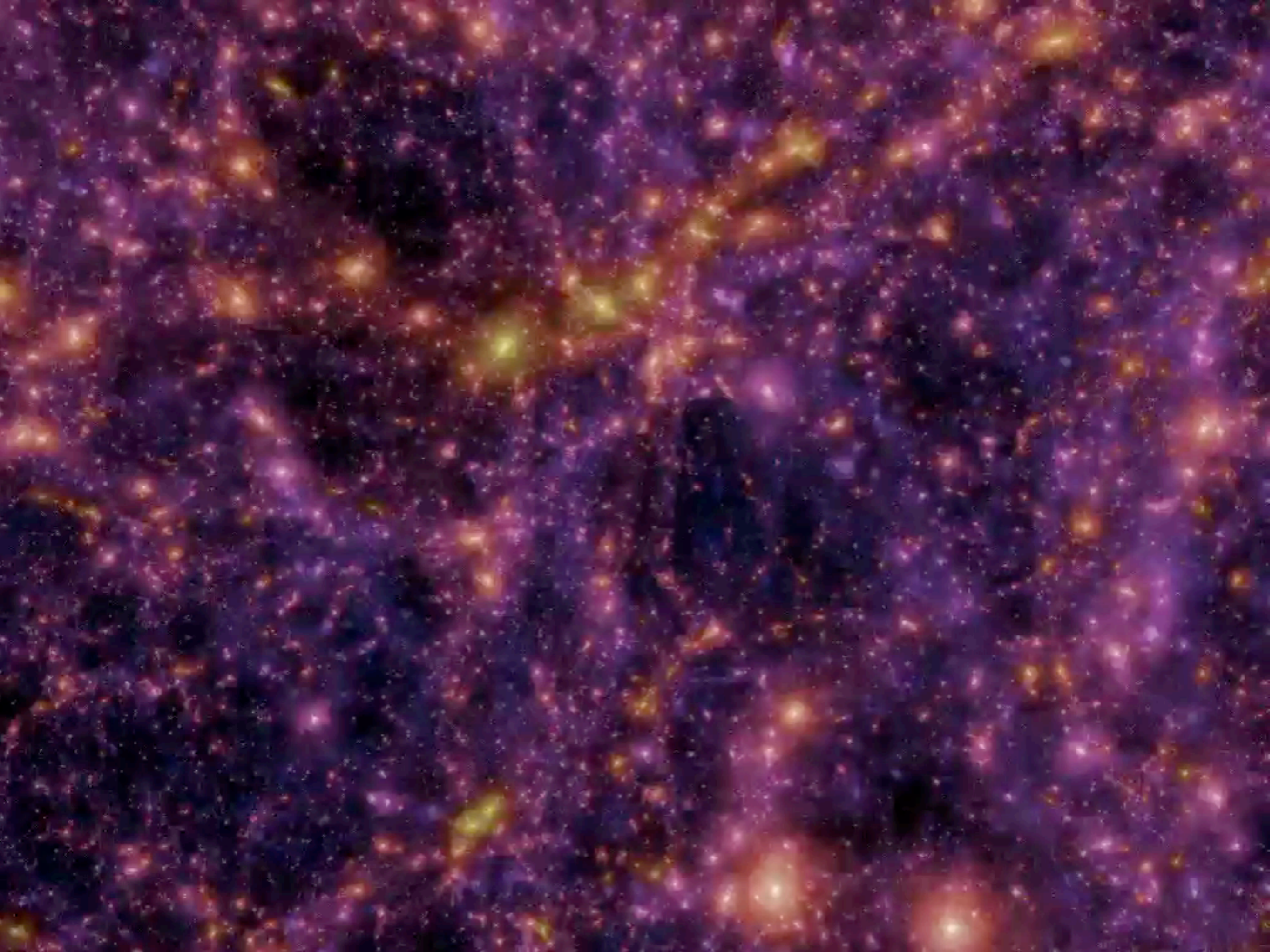
Simulações numéricas como estas sugerem que, no presente, que o Universo das galáxias e aglomerados de galáxias, se estruture de forma muito parecida com o que se observado. Esta é uma das razões que nos levam a crer que assim é que se passou no passado... Mas há muito o que fazer nesta arqueologia combinada com novas idéias...

Evolução dos halos de matéria escura

Processos bariônicos (dissipativos)

As árvores de fusão





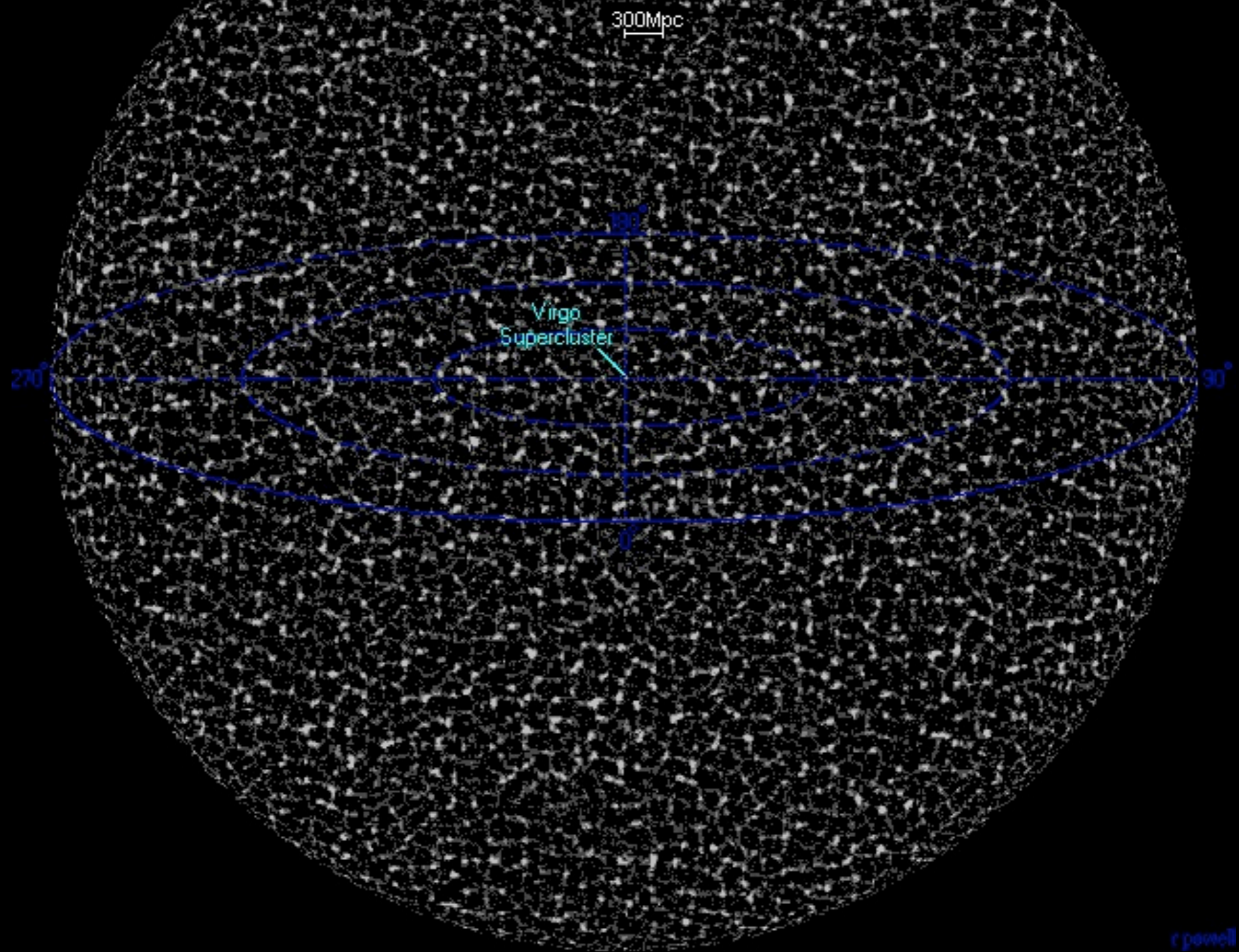
segunda-feira, 26 de agosto de 2013

http://icc.dur.ac.uk/~ams/galform_movie/#movie1 --> vrs_fade.mp4
(/Users/hugo/NUmericalSimulations/MOVIES/Durham_2013/vrs_fade.mp4)

A flythrough of the millenium simulation.
Starting with galaxies, the movie fades to show the dark matter and then
back to the galaxies while flying round a central cluster of galaxies.

The movie were generated from data output from the [millenium galaxy formation simulation](#). Galaxy images from the Sloan digital sky survey, stripe 82, ([SDSS](#)) were then matched to the simulated positions on the basis of colour, brightness and size. The Sloan images were limited to galaxies with a redshift of less than 0.03 to ensure a high enough resolution. This however biased the apparent colour of the movies, so 173 red galaxy images were matched to the most red galaxies, usually the top 2%.

O Universo "luminoso", portanto, deveria parecer assim:

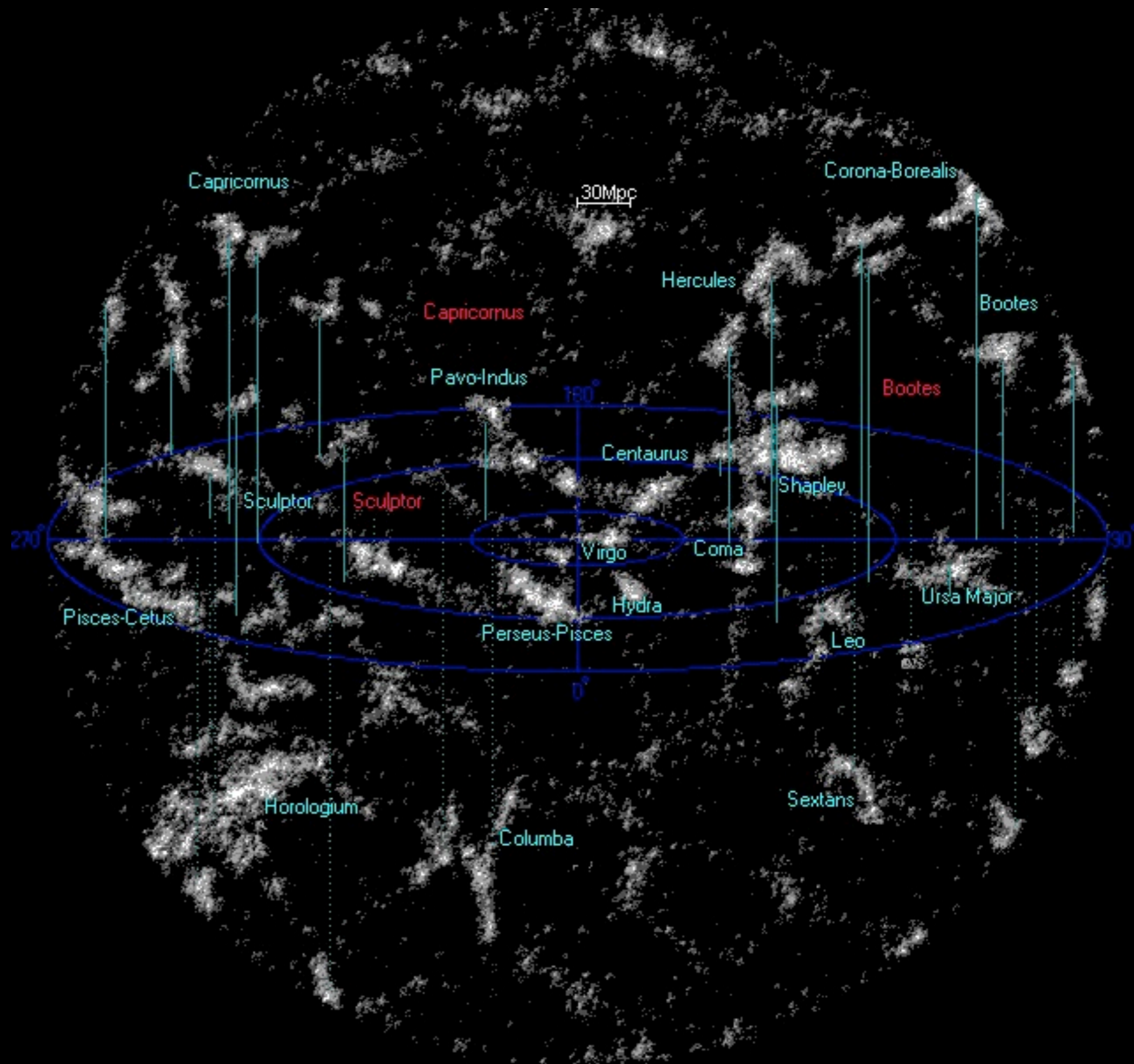


segunda-feira, 26 de agosto de 2013

O que as simulações numéricas
sugerem ...


O que sabemos sobre isso...

superaglomerados
e
filamentos



segunda-feira, 26 de agosto de 2013

e o que podemos de fato
observar

A night sky photograph showing the Milky Way galaxy arching across the upper portion of the frame. The foreground is dominated by the dark silhouettes of sugarcane stalks. The text is overlaid on the central part of the image.


Dúvidas?

5th Inpe Advanced Course

<http://www.das.inpe.br>

Babak Tafreshi

segunda-feira, 26 de agosto de 2013



Dúvidas?

5th Inpe Advanced Course

<http://www.das.inpe.br>

inscrições até 30 de Agosto!

Babak Tafreshi