

Fundamentos de Cosmologia

Roberto D.D. Costa
IAG-USP



O início:

O que é ?

O estudo da estrutura em larga escala e da evolução do Universo como um todo

A evolução do Conceito de Universo:

No início:

Superstições
Mitos
Religiões



O nascimento da cosmologia científica

A cosmologia na Grécia

Platão: as duas esferas

Eudoxo: as esferas concêntricas

Aristóteles: a consolidação do **modelo geocêntrico**

Cláudio Ptolomeu : **O Almagesto**

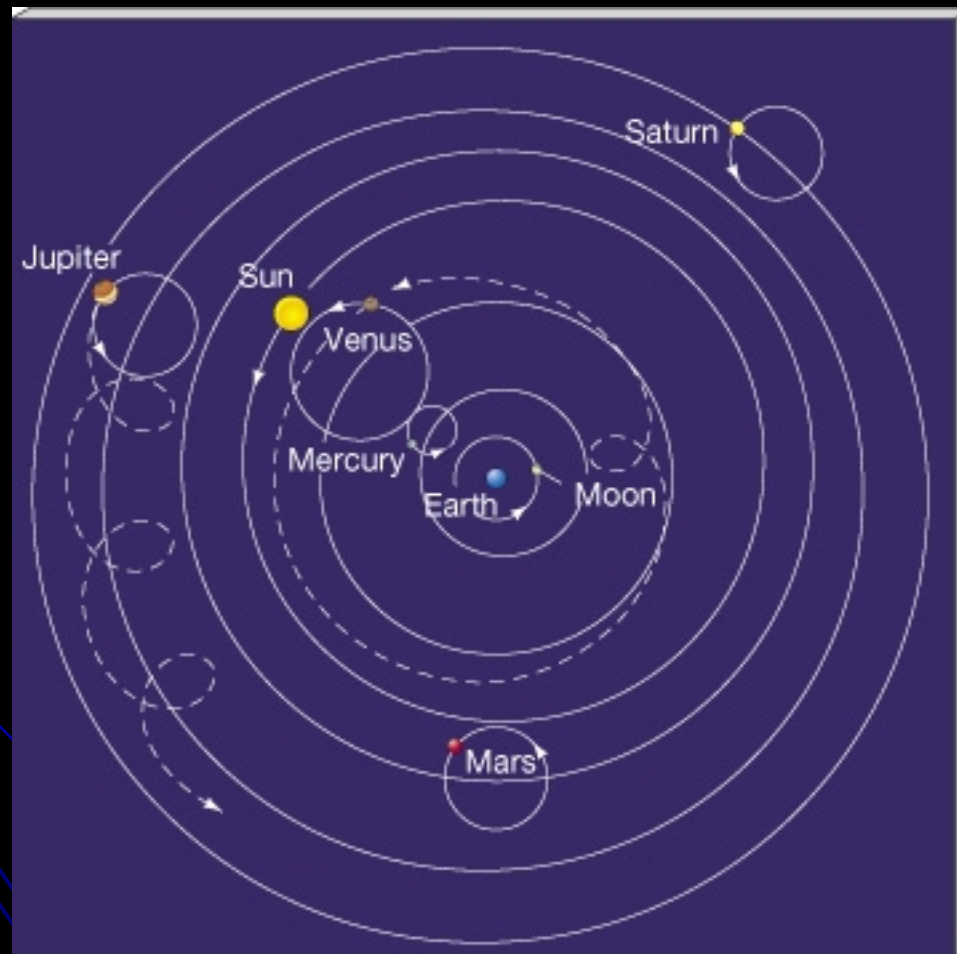
Outros filósofos gregos:

Demócrito : será que o Universo não é infinito ?

Aristarco : a Terra gira em torno do Sol !

Eratóstenes: a medida do diâmetro da Terra

O modelo de Ptolomeu



A renascença científica no ocidente

A Revolução de Copérnico: **O modelo heliocêntrico**

Tycho Brahe: A primeira base de dados moderna

Galileo Galilei: Os fundamentos da física moderna

Johann Kepler: As leis empíricas

Isaac Newton: A grande síntese

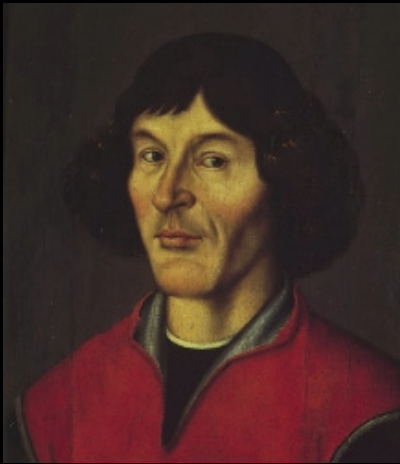
A expansão além das fronteiras do Sistema Solar:

Kant e Laplace: os primeiros modelos para a formação do Universo

William Herschell: a forma da galáxia: um **modelo galactocêntrico**



Os “4 Grandes”



Copérnico



Galileo



Kepler



Newton

O início do século XX

- As Cefeidas: descobre-se uma “régua” para medir-se o Universo
- A relatividade geral: afinal, uma ferramenta para a Cosmologia Física
- Edwin Hubble e a distância de Andrômeda

A Expansão do Universo

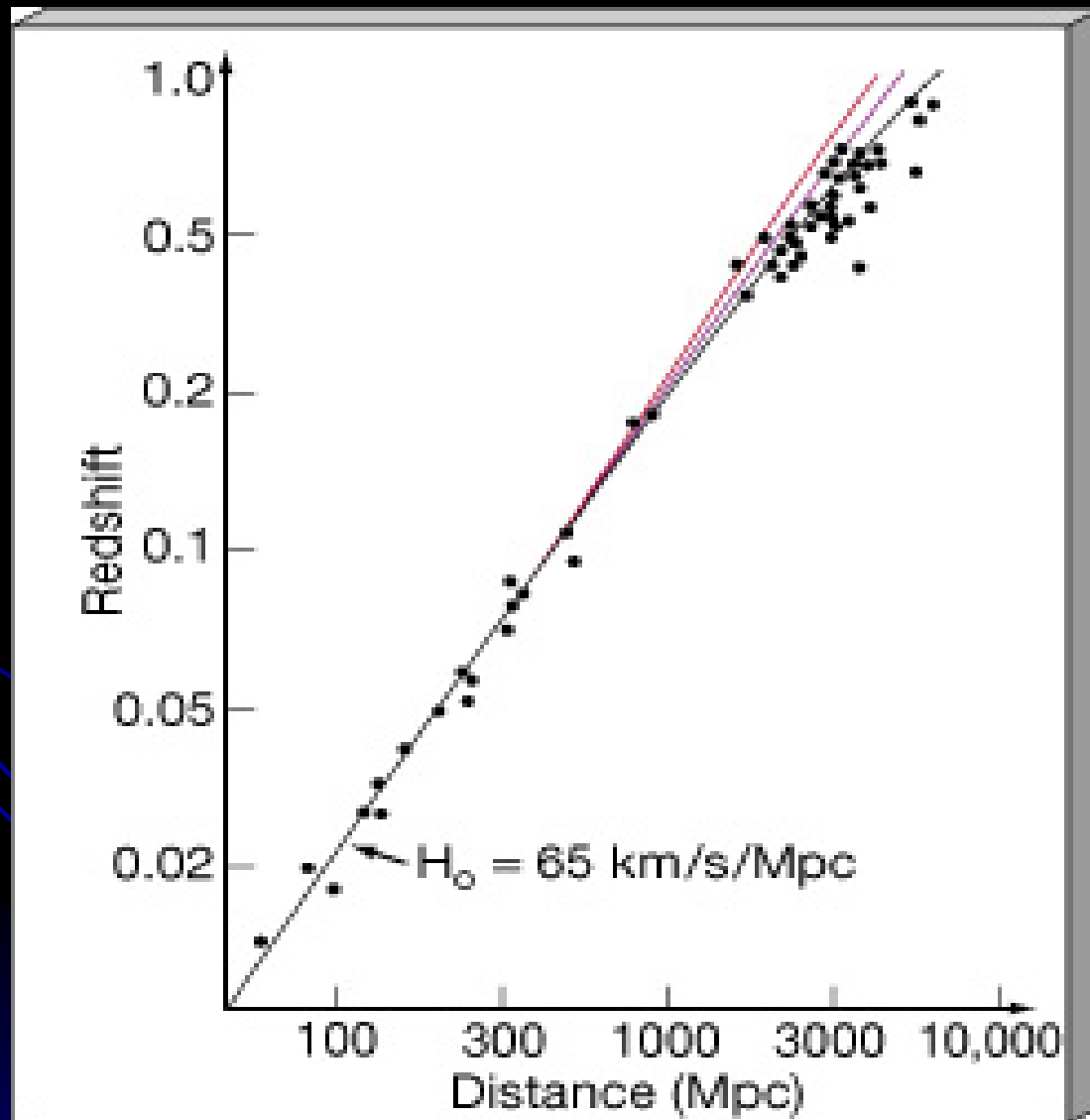
A Lei de Hubble:

Em escalas cosmológicas, uma relação entre a velocidade de expansão e a distância:

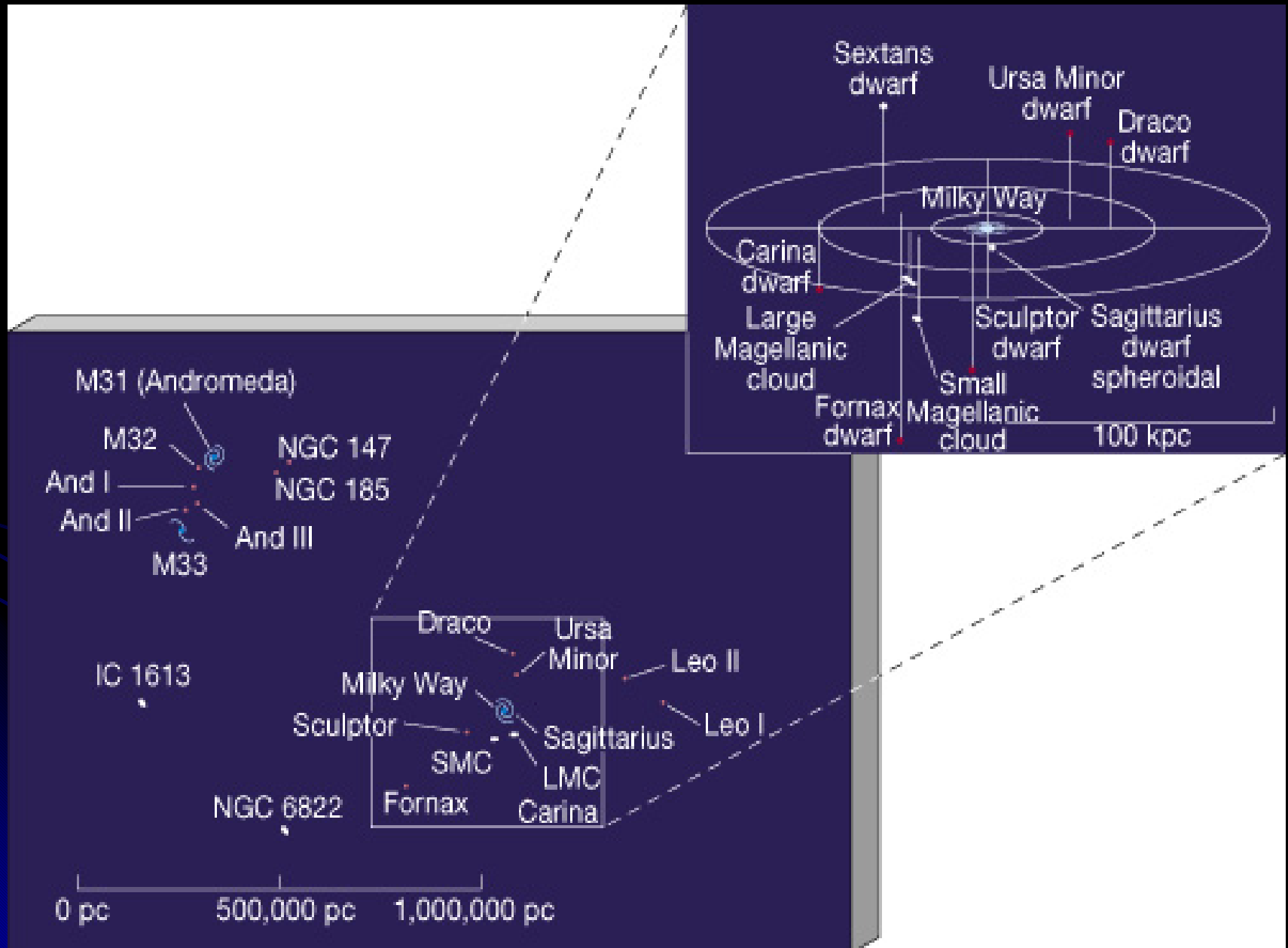
$$z = v/c$$

O “desvio espectral”: $z = \Delta\lambda/\lambda = v/c$

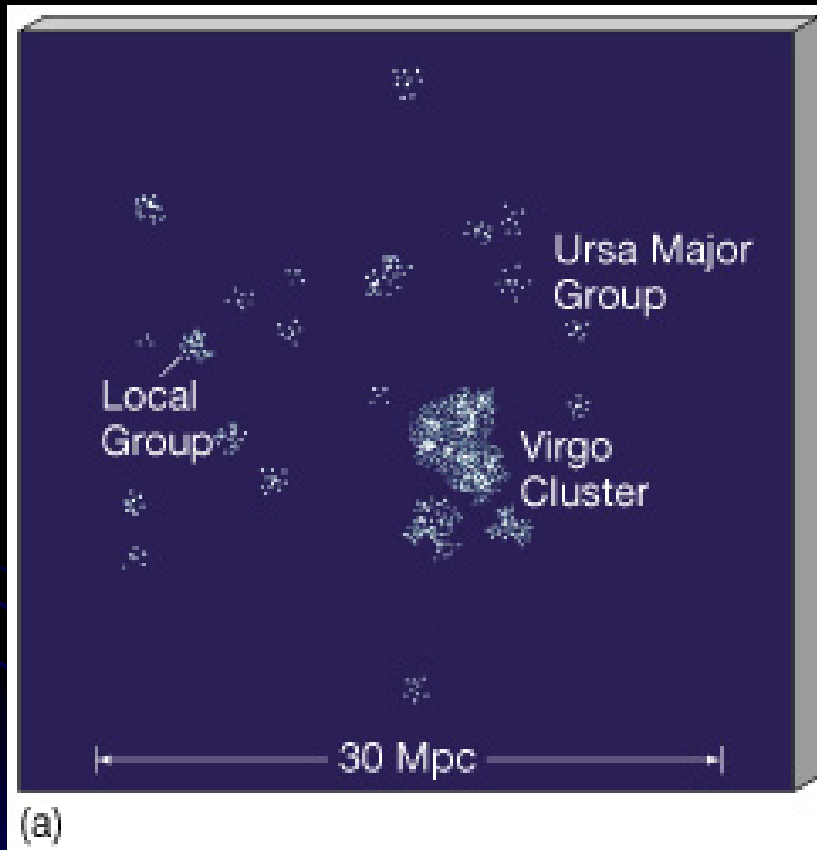
A lei de Hubble e a expansão do Universo



O Grupo local



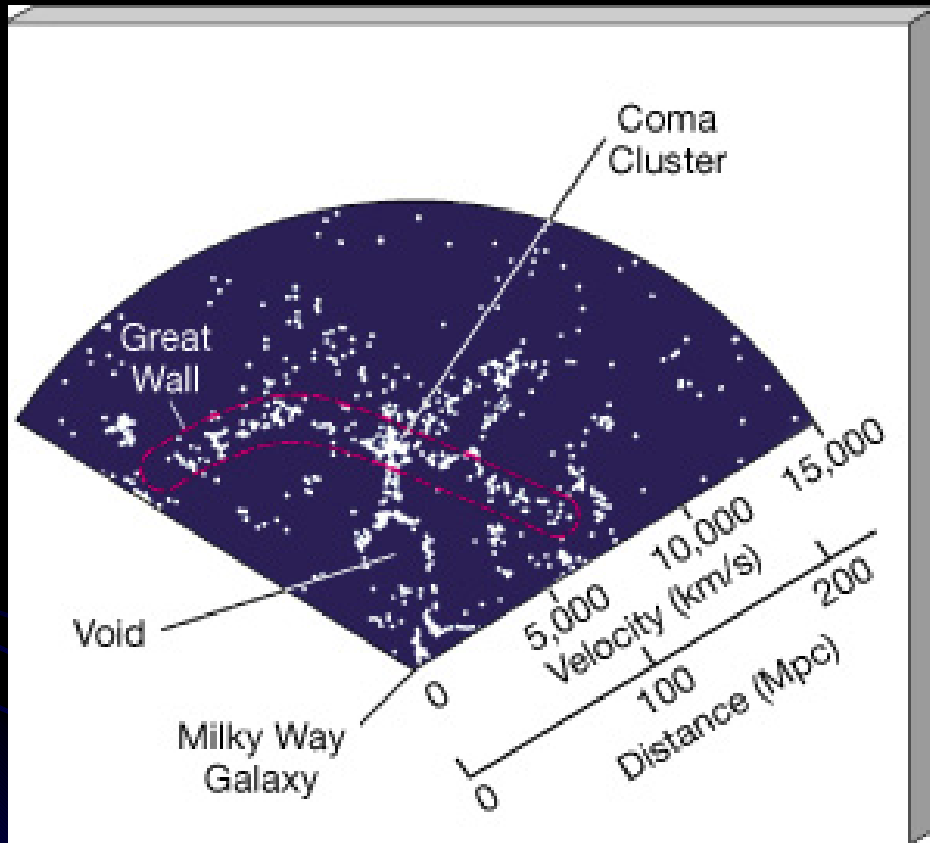
IV. O SUPERAGLOMERADO LOCAL



- tamanho total ~ 40-50 Mpc (junto com Centaurus e Hydra)

Grupo local situa-se a 18 Mpc do centro (centro ~ aglomerado de Virgo)

A estrutura em larga escala



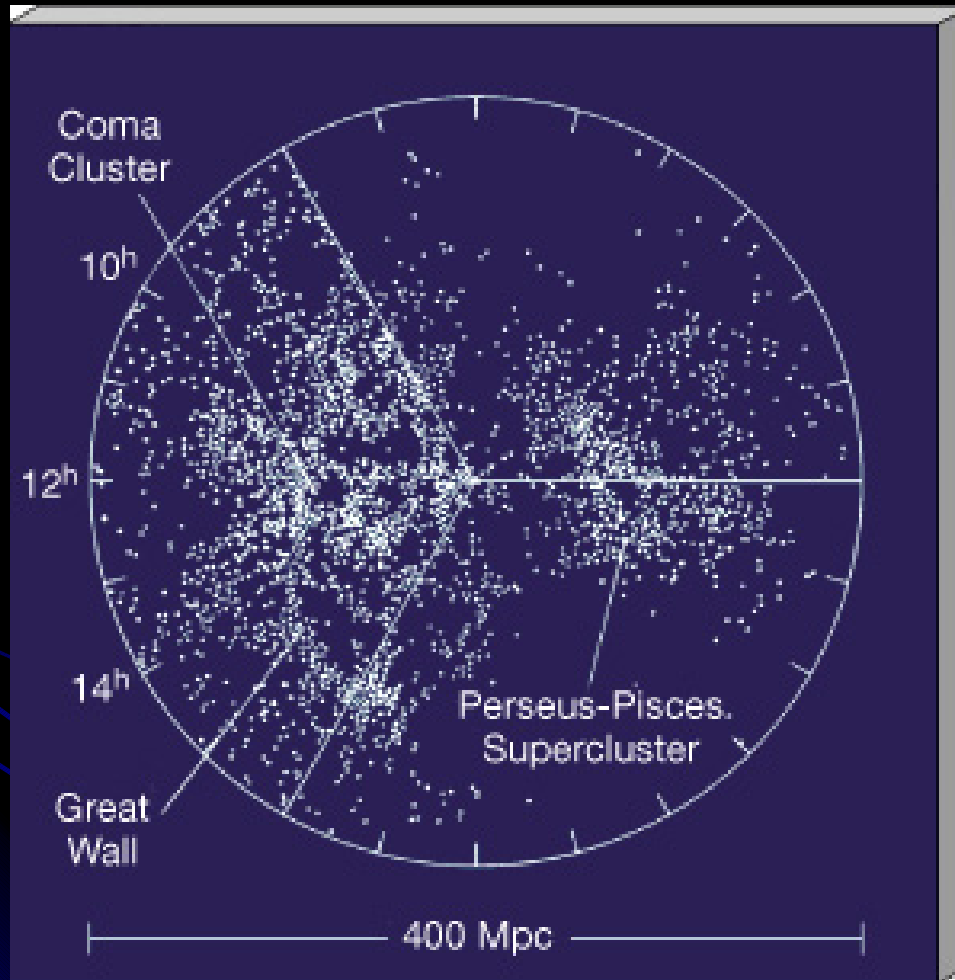
vazios ~ 50 Mpc



similar ao tamanho dos aglomerados...

- mapas construídos através da lei de Hubble ($v_{\text{rec}} \propto d$)
- amostra de 1057 galáxias

A estrutura em larga escala



A visão da estrutura em larga escala: as imagens do tel. Hubble



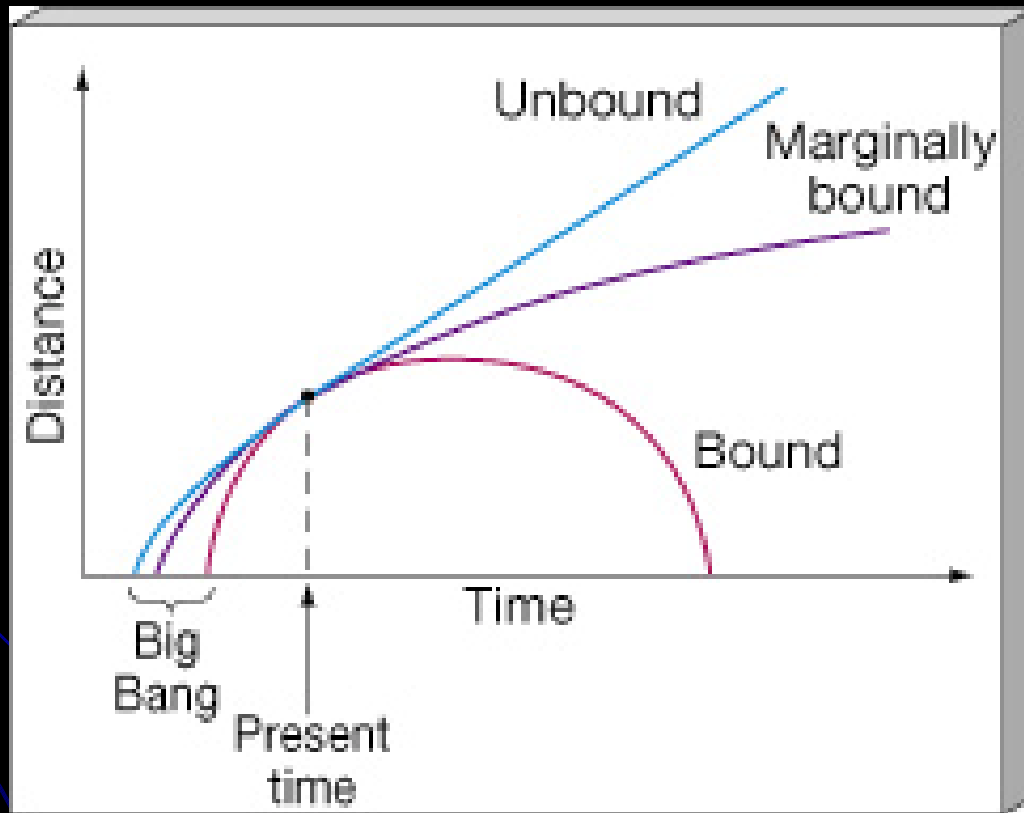
Apenas uma pequeníssima fração do céu! Cobrir o céu todo com o mesmo tipo de imagens levaria um milhão de anos com o telescópio Hubble

Os modelos de universo

Os principais modelos:

- Universo de Einstein: de 1917, o primeiro, descreve um universo estático
- Universo de De Sitter: primeiro com modelo com expansão
- Universos de Friedman: conhecidos hoje como “modelos-padrão”
- Universo de Friedman-Lemaître: os primeiros a anteverem um estado primordial de alta densidade (o Big-Bang)

O destino do Universo



A origem do universo

A origem do Universo:

O que não é: Uma explosão no sentido usual, num local e numa época determinada

O que é: O início da expansão de TODO o volume do Universo. Toda a massa sempre esteve contida neste volume

Houve mesmo um Big-Bang?

Provas irrefutáveis:

- a **radiação de fundo** de 4080 MHz (3 K)
- movimento de **recessão das galáxias**

As etapas iniciais do universo

Tempo

0

até 10^{-43} s

até 10^{-6} s

até 1 s

1 min.

10.000 anos

300.000 anos

1 bilhão de anos

3 bilhões

10 bilhões

15 bilhões

Era

Singularidade

Era de Planck

Era dos Hádrons

Era dos Léptons

Era da Radiação

Era da Matéria

Desacoplamento

Evento

Big-bang

???

Form de part. Pesadas

Form. de part. Leves

Form. de He e D

Matéria predomina

Universo Transparente

Primeiras Galáxias

Agloms. de Galáxias

Forma-se o Sol

Hoje