

À Descoberta do Universo

António Rocha
Bruno Madureira
Guilherme Machado
Inês Oliveira
Mariana Matias



Monitor: Alexandre Barreira

VII Edição da Escola de Verão de Física da Universidade do Júnior Porto 2011

Sumário

- O que é a Cosmologia?;
- A descoberta da expansão do Universo;
- As equações da Cosmologia;
- O destino final do Universo;
- Idade do Universo: uma pista para a energia escura;
- Constante cosmológica como energia escura.

O que é a Cosmologia?

A **Cosmologia** é o ramo da Física que estuda o Universo em **larga escala**, isto é, como um todo.

Baseia-se no **princípio cosmológico** que dita que o Universo é **homogéneo e isotrópico**.

$$\frac{F_e}{F_g} \sim 10^{39}$$



Razão entre a força eléctrica e gravítica entre um protão e um electrão.

Como o Universo é neutro em larga escala, a força gravítica é que é a força relevante para a cosmologia.

A descoberta da expansão

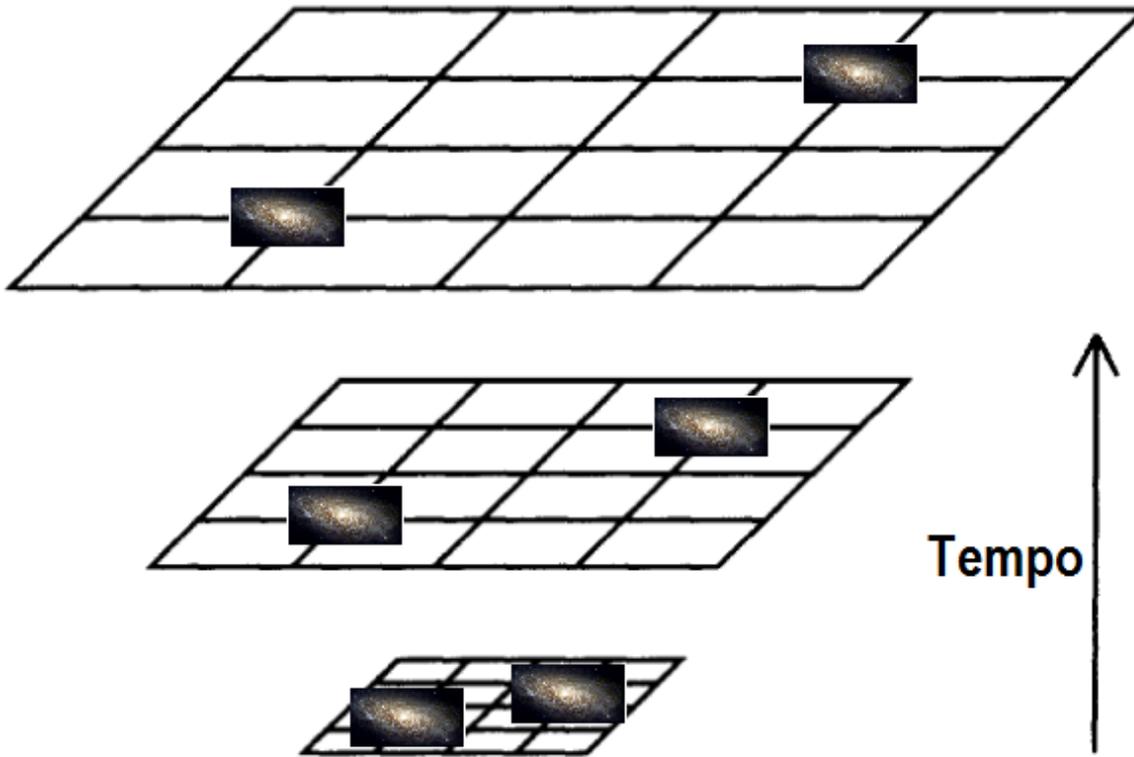
Nos anos 20, Edwin Hubble descobriu que o Universo estava em expansão ao medir um desvio para o vermelho da radiação emitida pelas galáxias.

$$v = Hr$$

- Lei de Hubble

Esta lei levou ao desenvolvimento da teoria do Big Bang: no início tudo estava junto no mesmo ponto.

O significado da expansão



- O espaço expande e arrasta consigo os objectos.

- O factor de escala $a(t)$ mede o quanto o espaço expande com o tempo.

A Dinâmica do Universo

- Equação de Friedmann

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = H^2 = H_0^2 \left[\Omega_{r_0} a^{-4} + \Omega_{m_0} a^{-3} + (1 - \Omega_{r_0} - \Omega_{m_0}) a^{-2} \right]$$

- ↓ ↓ ↓
- radiação
 - matéria
 - geometria

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_c} \longrightarrow \text{Densidade fracional de energia.}$$

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G} \longrightarrow \text{Densidade de energia crítica.}$$

Geometria do Universo

- A densidade de energia do Universo define a sua geometria:

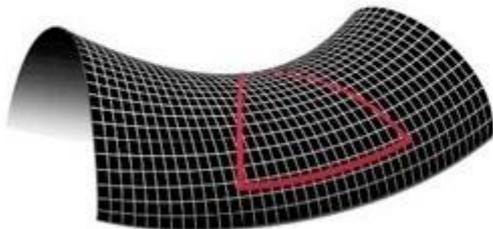
$\Omega > 1$ → O Universo é esférico (fechado);

$\Omega < 1$ → O Universo é hiperboloide (aberto);

$\Omega = 1$ → O Universo é plano.

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_c}$$

$\Omega < 1$



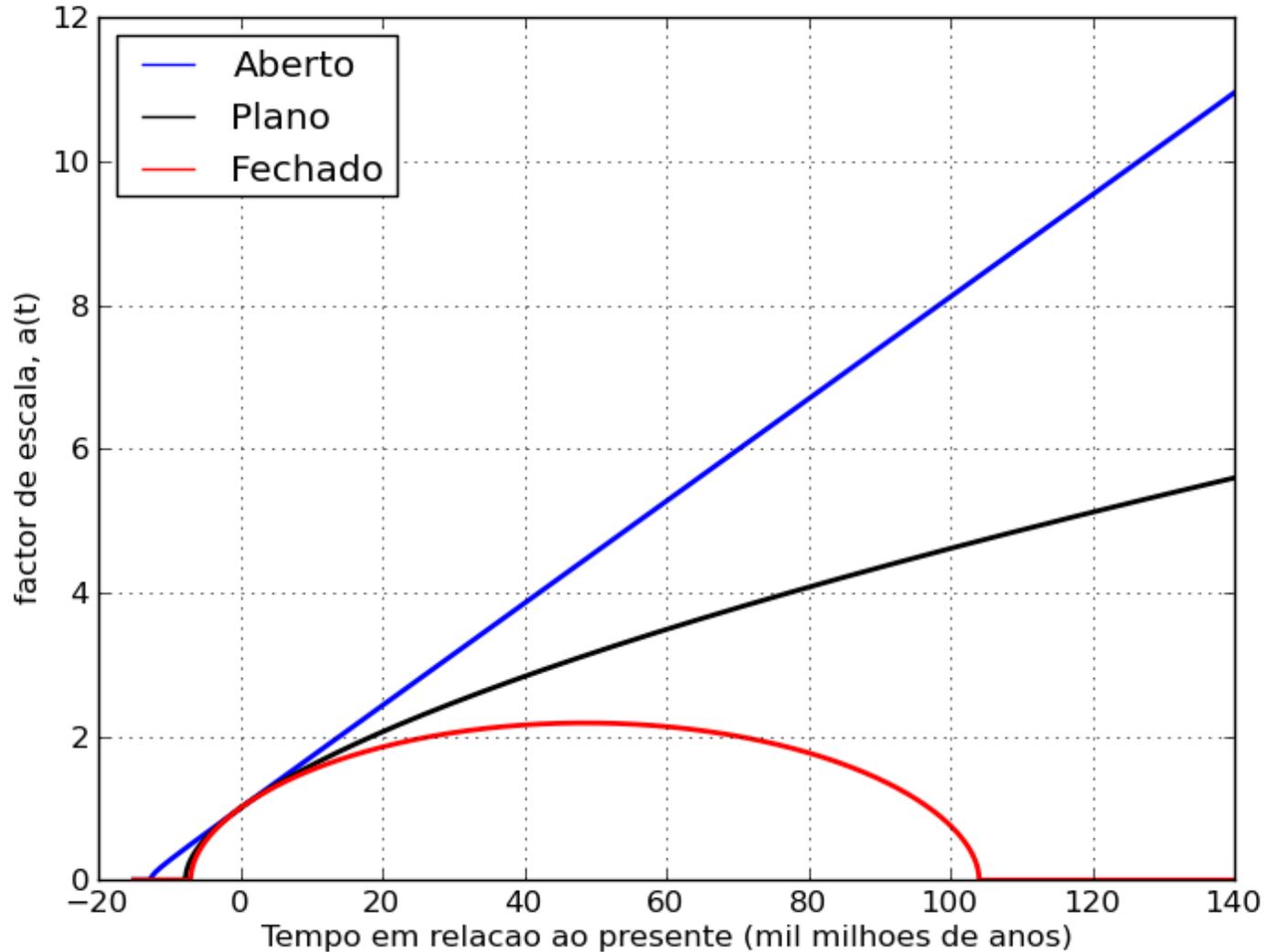
$\Omega = 1$



$\Omega > 1$



O destino final do Universo



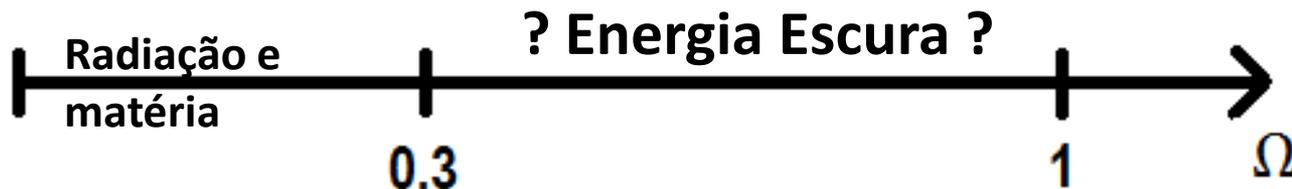
A idade do Universo: falta energia!

A idade das estrelas mais antigas que se conhecem no Universo é de 11 mil milhões de anos.

Um Universo com radiação e com matéria só tem uma idade superior a 11 mil milhões de anos se:

$$\Omega \lesssim 0.3$$

Como as observações do Universo nos dizem que o universo é plano: há energia em falta!



Constante Cosmológica

- A constante cosmológica de Einstein é o candidato mais famoso à energia escura.

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = H^2 = H_0^2 \left[\Omega_{r_0} a^{-4} + \Omega_{m_0} a^{-3} + \Omega_{\Lambda_0} + (1 - \Omega_{r_0} - \Omega_{m_0} - \Omega_{\Lambda_0}) a^{-2} \right]$$

- Ao contrário dos termos de radiação, matéria e geometria o termo da constante cosmológica não varia com a expansão.

**Modelo Standard
da Cosmologia**



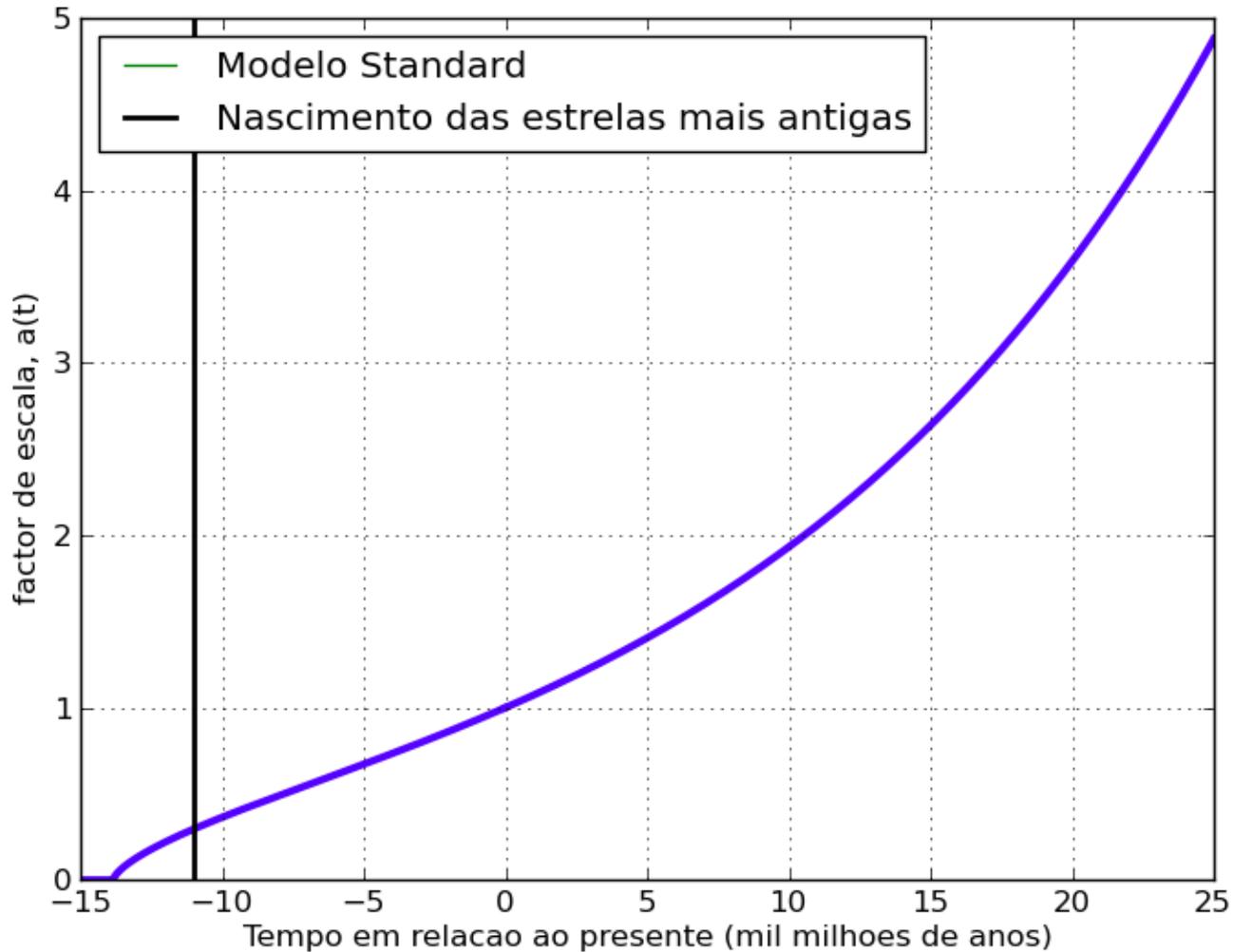
$$\Omega_{r_0} \approx 0.00008$$

$$\Omega_{m_0} \approx 0.27$$

$$\Omega_{\Lambda_0} \approx 0.73$$

$$H_0 \approx 70,4 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

Modelo Standard



Agradecimentos

Ao nosso monitor Alexandre Barreira

e a toda a organização da Escola de Verão de Física

O nosso muito Obrigado!