



Fé Cristã e Ciência Contemporânea

# AULA 7: ORIGEM DO UNIVERSO - PARTE II -

Roberto Covolan





## ► Cosmologia e Doutrina da Criação

---

- ***Criação a partir do nada (creatio ex-nihilo)***

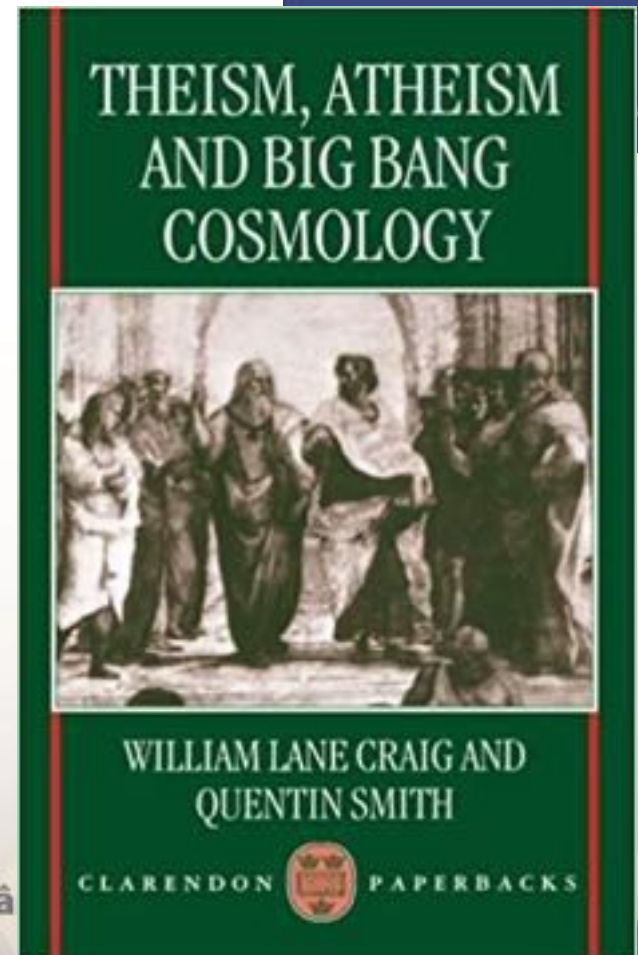
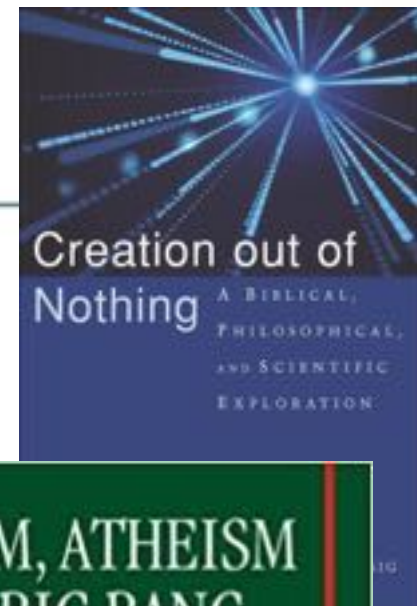
### ***Hebreus 11:3***

***Pela fé, entendemos que o universo foi formado pela palavra de Deus, de maneira que o visível veio a existir das coisas que não são visíveis.***

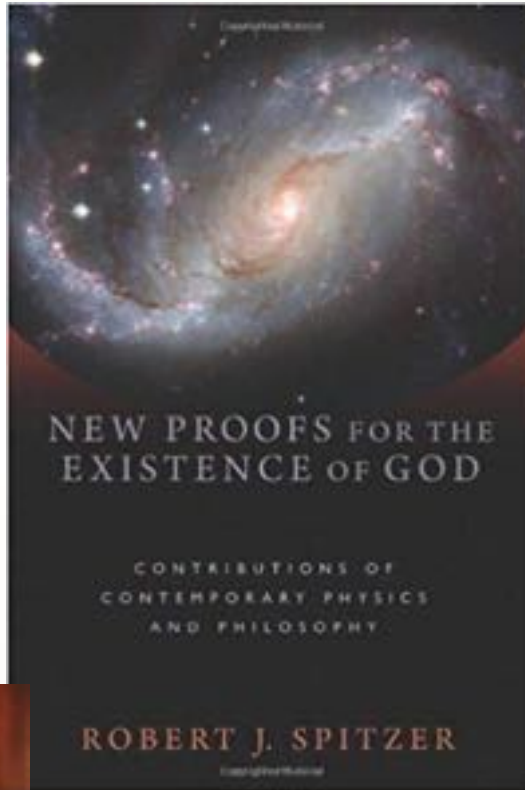
## ► Teologia Natural e Cosmologia

### *Teologia Natural Clássica*

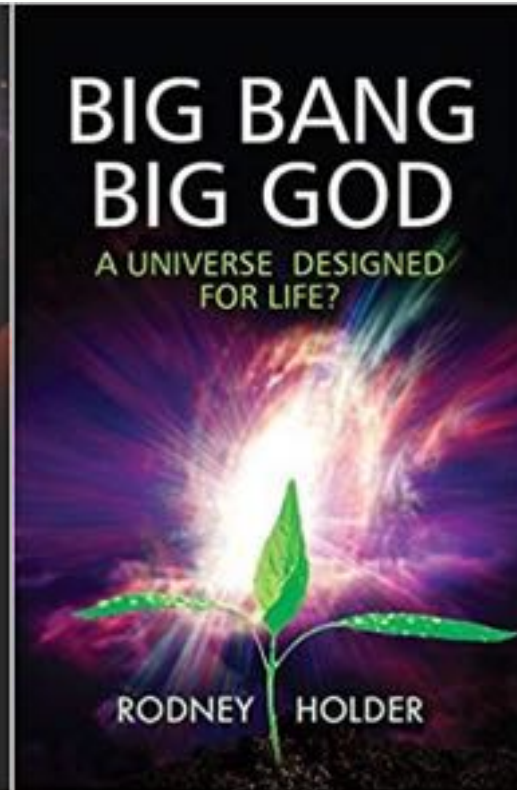
- Busca demonstrar a existência de Deus, ou mesmo tratá-la em termos de probabilidade, a partir de argumentos científicos e filosóficos
  - William Lane Craig



# ► Teologia Natural e Cosmologia



**Robert Spitzer**  
SJ, PhD



**Rev. Rodney Holder**  
Astrofísico



## ► Sugestão de Leitura



**Fred Heeren**  
jornalista científico



# ▶ Personagens Importantes



**George Lemaître e Albert Einstein**

**Edwin Hubble**



**George Gamow**



**Fred Hoyle**

# ► Teoria da Relatividade Geral (1916)



## Os Fundamentos da Teoria da Relatividade Geral

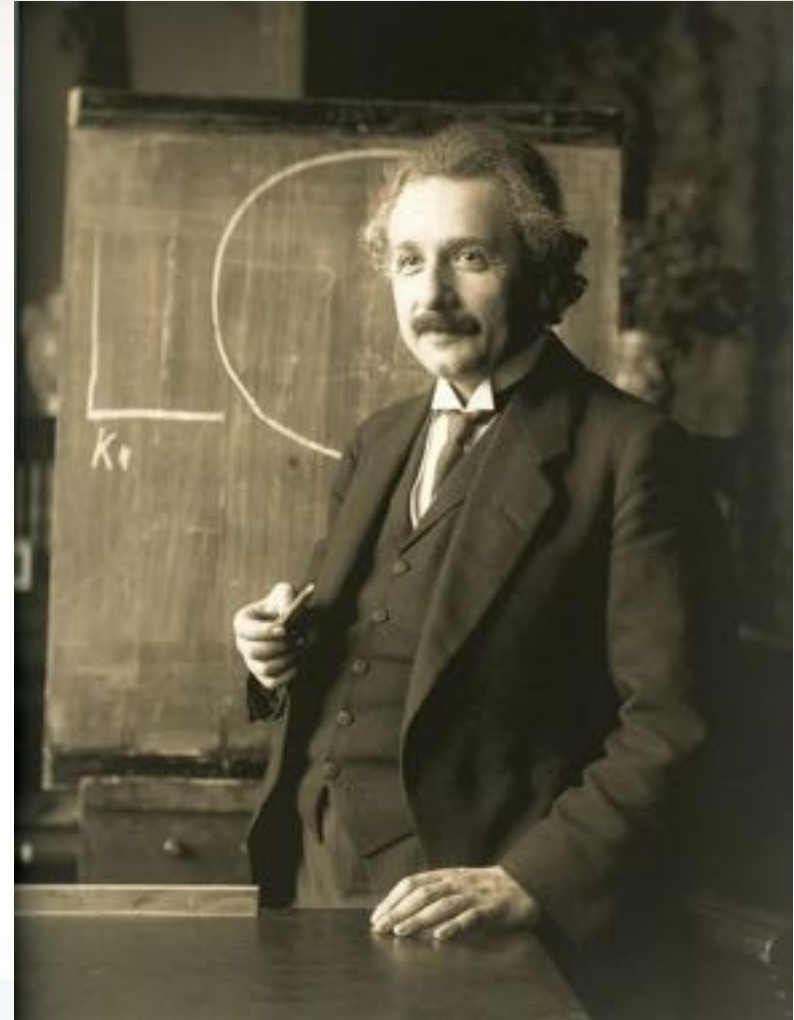
1916.

№ 7.

### ANNALEN DER PHYSIK. VIERTE FOLGE. BAND 49.

#### 1. *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie;* von *A. Einstein.*

Die im nachfolgenden dargelegte Theorie bildet die denkbar weitgehendste Verallgemeinerung der heute allgemein als „Relativitätstheorie“ bezeichneten Theorie; die letztere nenne ich im folgenden zur Unterscheidung von der ersteren „spezielle Relativitätstheorie“ und setze sie als bekannt voraus. Die Verallgemeinerung der Relativitätstheorie wurde sehr erleichtert durch die Gestalt, welche der speziellen Relativitätstheorie durch Minkowski gegeben wurde, welcher Mathematiker zuerst die formale Gleichwertigkeit der räumlichen Koordinaten und der Zeitkoordinate klar erkannte und für den Aufbau der Theorie nutzbar machte. Die für die allgemeine Relativitätstheorie nötigen mathematischen Hilfsmittel lagen fertig bereit in dem „absoluten Differentialkalkül“, welcher auf den Forschungen von Gauss, Riemann und Christoffel über nichteuklidische Mannigfaltigkeiten ruht und





# ▶ Curvatura da trajetória da luz

O desvio foi observado durante um eclipse solar, ocorrido em 1919 e observado na cidade cearense de Sobral.





# ► Georges Lemaître

## 1927: Teoria da Expansão do Universo

- Em outra ocasião, quando Lemaître falou a Einstein sobre a ideia do “Átomo Primordial”, este cortou o assunto rapidamente: **“Não, não, isso não! Isso sugere muito a Criação!”**

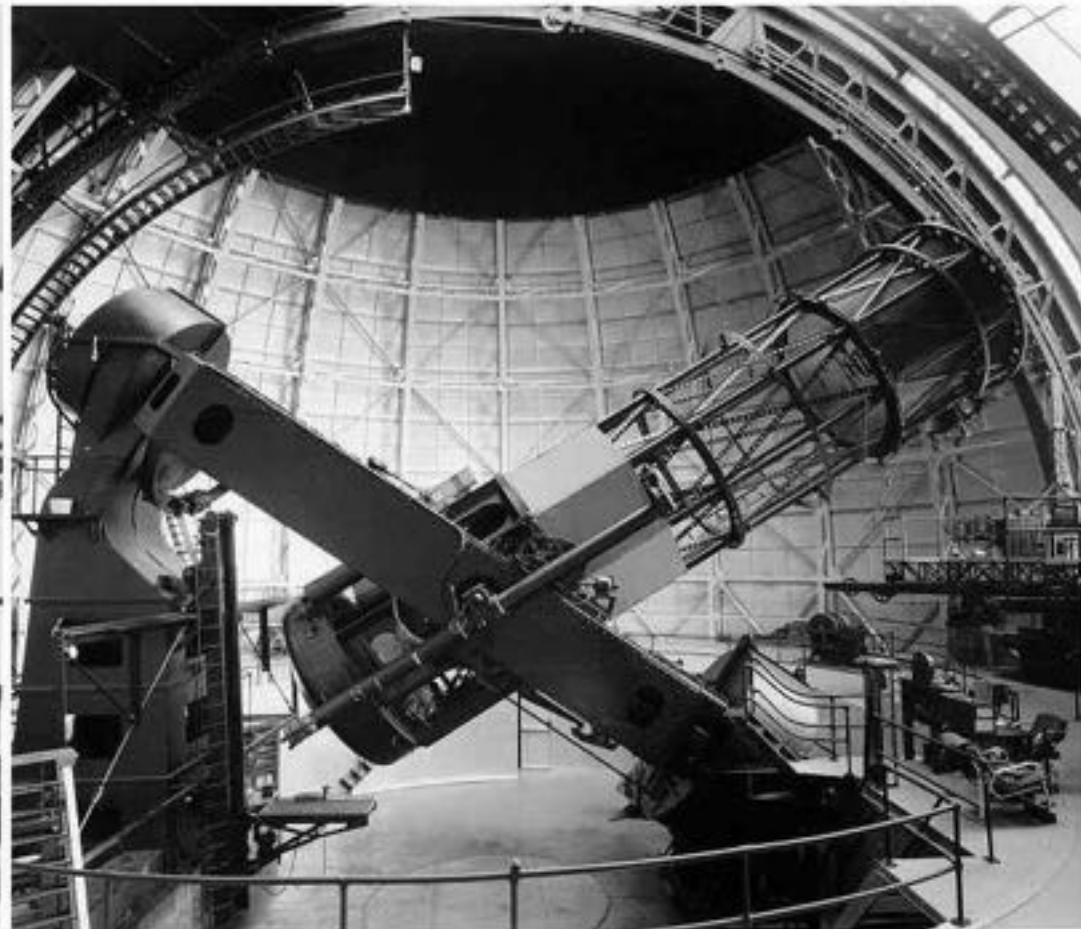




# Edwin Hubble

## 1929: Descoberta da Expansão do Universo

Observações realizadas por Edwin Hubble indicaram um universo em expansão



Edwin Hubble (1889-1953) and Hooker Telescope (2,5m), Mt. Wilson Observatory  
Sources: Wikipedia, <http://www.astro.caltech.edu/>

## ► Implicações religiosas e críticas à Teoria do Big Bang



- Durante um **programa de rádio na BBC**, Fred Hoyle, **cunhou de forma sarcástica o termo *Big Bang***, em referência à hipótese de Lemaître
- **Teoria do Universo Estacionário:** o universo não teria tido um início, e a matéria está sendo constantemente formada



**Fred Hoyle**

astrônomo britânico  
(1915 - 2001)

# Fred Hoyle

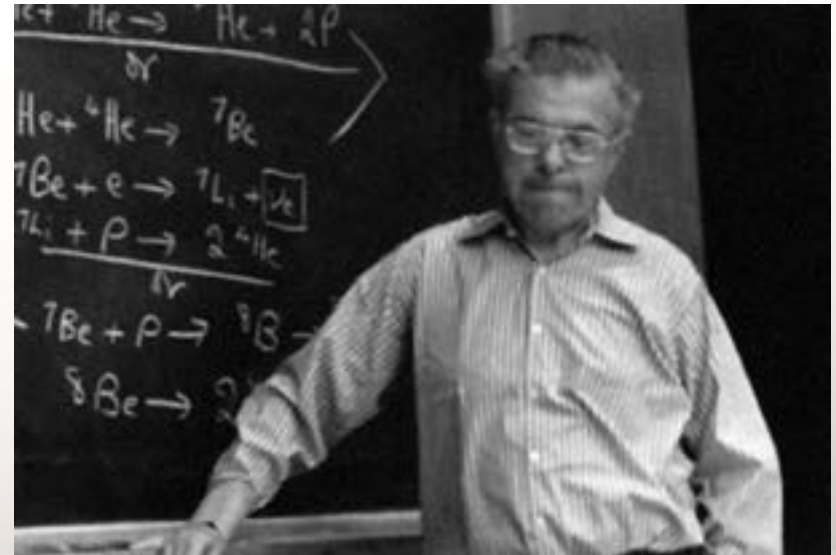
## Exemplo de extremismo anti-religioso



“Hoyle foi um exemplo perfeito da desconfiança quanto a questões metafísicas prevalente entre alguns cientistas da época. Seu anticlericalismo era tão veemente quanto sua hostilidade à religião organizada.” **John Farrell** (*The day without yesterday*)

“Fred Hoyle: o cientista cuja grosseria custou-lhe um prêmio Nobel.”

**Robin McKie**



# Arno Penzias e Robert Wilson

1965: Radiação cósmica de fundo



- **1965: Descoberta a radiação cósmica de fundo**
- **Arno Penzias e Robert Wilson** recebem o Prêmio Nobel de Física de 1978, pela descoberta da radiação cósmica de fundo
- Essa descoberta forneceu uma das principais evidências para o **Modelo Cosmológico Padrão** (o Modelo do *Big Bang*)





## ► Evidências favoráveis à Teoria do Big Bang

- **Recessão das galáxias**
  - Expansão acelerada do universo
- **Abundância relativa dos elementos químicos no universo**
  - Relação entre H(75-76%) e He (25-24%)
- **Robustez da Teoria da Relatividade Geral**
  - Descoberta das Ondas Gravitacionais
- **Radiação cósmica de fundo**
  - COBE // WMAP // Planck

MODELO  
COSMOLÓGICO  
PADRÃO



## ► Evidências favoráveis à Teoria do Big Bang

---

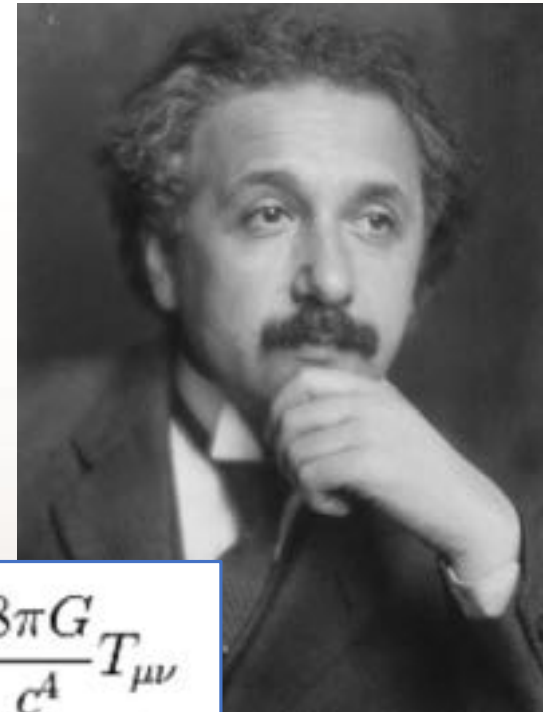
- **Recessão das galáxias**
  - **Expansão acelerada do universo**
- **Abundância relativa dos elementos químicos no universo**
  - **Relação entre H(75-76%) e He (25-24%)**
- **Robustez da Teoria da Relatividade Geral**
  - **Descoberta das Ondas Gravitacionais**
- **Radiação cósmica de fundo**
  - **COBE // WMAP // Planck**



## ► O Universo de Einstein

Einstein acreditava em um universo estático, isotrópico, homogêneo e eterno

- As suas equações descreviam um universo instável, que se expandia ou entrava em colapso
- O “erro” de Einstein: ele introduziu a constante cosmológica  $\Lambda$  para que as suas equações descrevessem um universo estático



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu} R + g_{\mu\nu} \Lambda = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$



# ► Georges Lemaître

1927: Teoria da Expansão do Universo

- **Georges-Henri Édouard Lemaître (1894 - 1966):** padre católico, astrônomo e físico belga
- Lemaître mostrou que as soluções das equações de Einstein com a constante cosmológica eram instáveis e que o universo estático previsto por Einstein não poderia existir (**deveria expandir-se ou contrair-se**)
- Lemaître fez uma previsão explícita de que o universo deveria se expandir

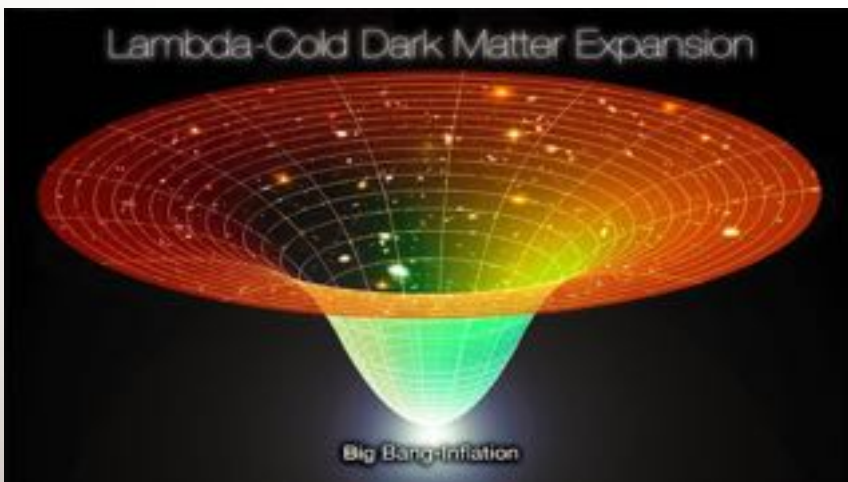


## ► Expansão do Universo: **modelo Lambda-CDM**



- O **modelo Lambda-CDM** previu com sucesso uma grande variedade de observações relacionadas com a **radiação cosmológica de fundo**, estrutura galáctica em grande escala, lentes gravitacionais e outras

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu} R + g_{\mu\nu}\Lambda = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$



- O **modelo Lambda-CDM** atingiu o status de **paradigma**, e tem sido considerado o **modelo padrão da cosmologia**

# ► Expansão Acelerada do Universo



O Prêmio Nobel de Física de 2011 foi concedido a Saul Perlmutter, Brian Schmidt e Adam Riess  
*"pela a descoberta da **expansão acelerada do Universo** por meio de observações de supernovas distantes".*



Photo: Roy Kallachmidt. Courtesy: Lawrence Berkeley National Laboratory

Saul Perlmutter



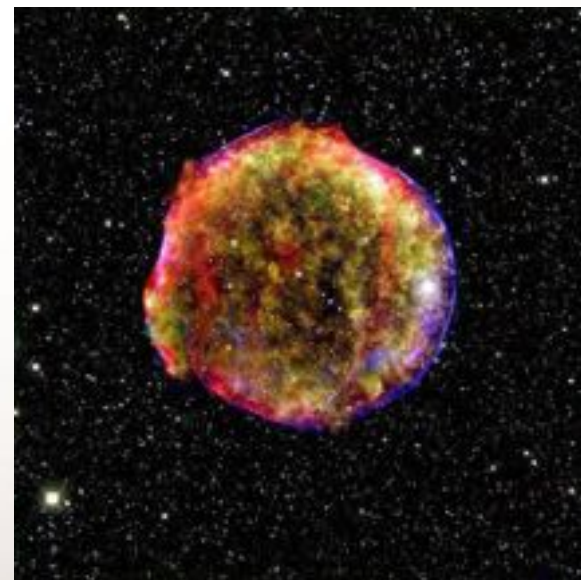
Photo: Belinda Fratten, Australian National University

Brian P. Schmidt



Photo: Homewood Photography

Adam G. Riess





## ► Evidências favoráveis à Teoria do Big Bang

---

- **Recessão das galáxias**
  - Expansão acelerada do universo
- **Abundância relativa dos elementos químicos no universo**
  - **Relação entre H(75-76%) e He (25-24%)**
- **Robustez da Teoria da Relatividade Geral**
  - Descoberta das Ondas Gravitacionais
- **Radiação cósmica de fundo**
  - COBE // WMAP // Planck



## ► Abundância de elementos químicos no universo

---

- A **abundância de elementos leves** do Universo é outro **critério importante** pelo qual a hipótese do Big Bang é verificada
- Sabe-se agora que os **elementos observados** no Universo **foram criados de duas maneiras**
  - **Elementos leves** (como Deutério, Hélio e Lítio) foram **produzidos nos primeiros minutos do Big Bang**
  - Os **elementos mais pesados** do que o Hélio têm suas **origens no interior das estrelas** que se formaram muito mais tarde na história do Universo

# Abundância de elementos químicos no universo



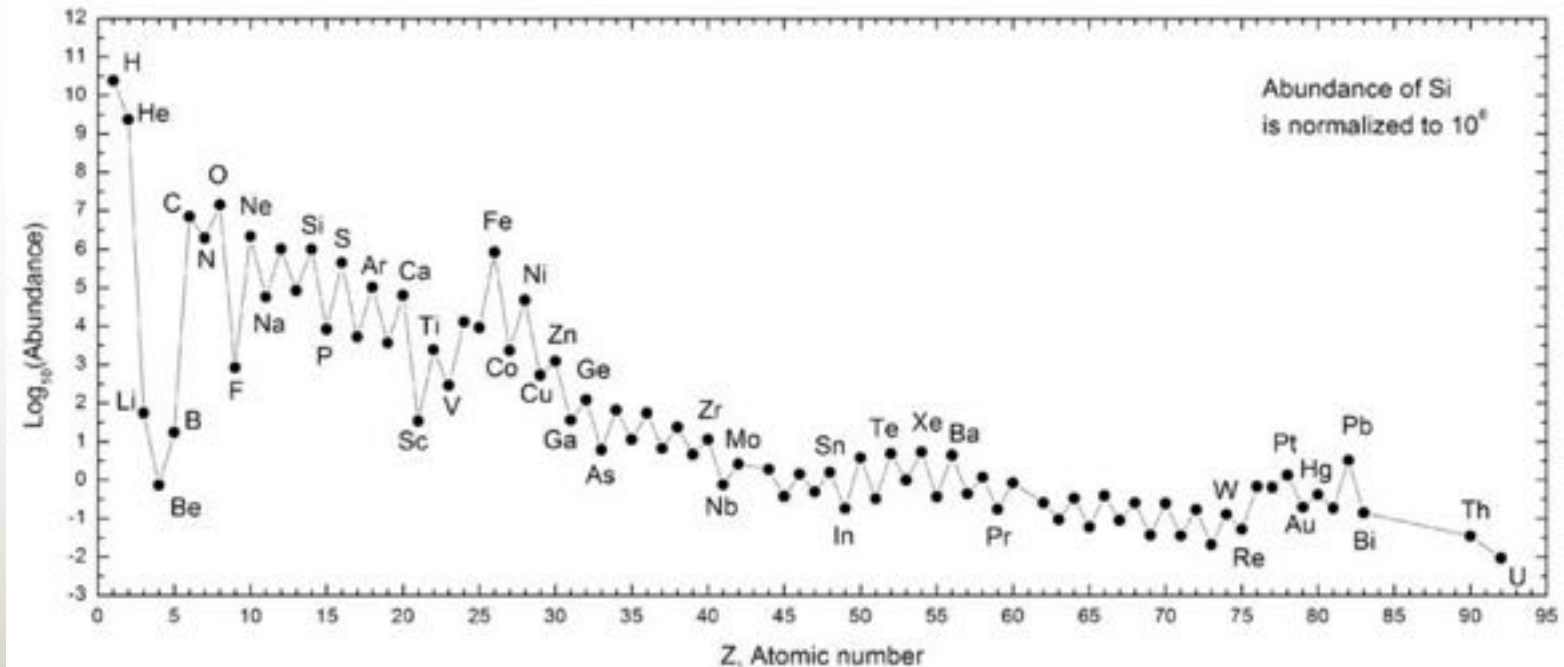
Elemento Químico	Abundância medida relativa ao silício	Abundância percentual em número de átomos
Hidrogênio	40.000	92,72
Hélio	3.100	7,19
Oxigênio	22	0,05
Neônio	8,6	0,02
Nitrogênio	6,0	0,014
Carbono	3,5	0,008
Silício	1	0,002
Magnésio	0,91	0,002
Ferro	0,6	0,001
Enxofre	0,38	-

} 99,9 %

# Abundância de elementos químicos no universo

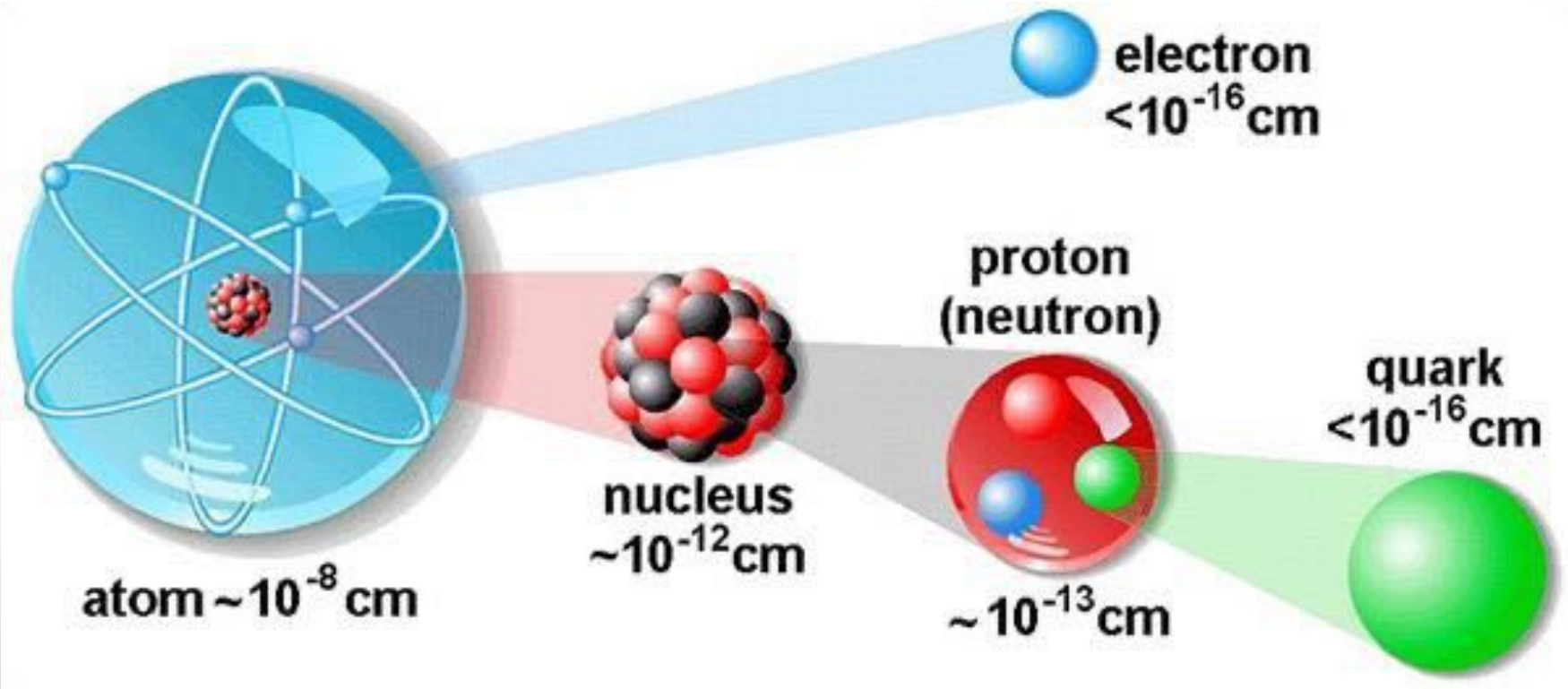


Elemento Químico	Abundância percentual em massa
Hidrogênio	75 – 76 %
Hélio	24 – 25 %

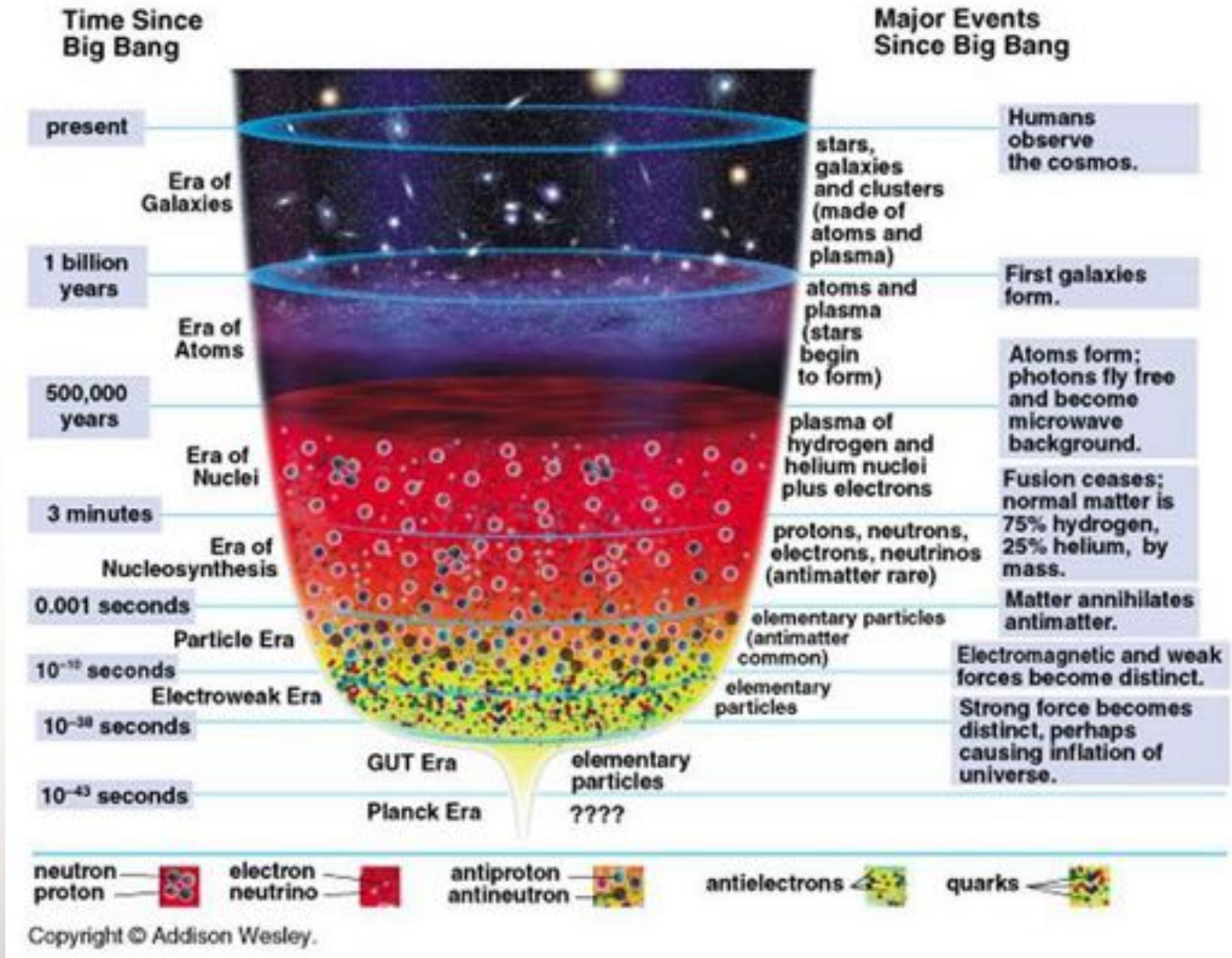




# ► Constituintes da matéria



# As diferentes Eras do Big Bang



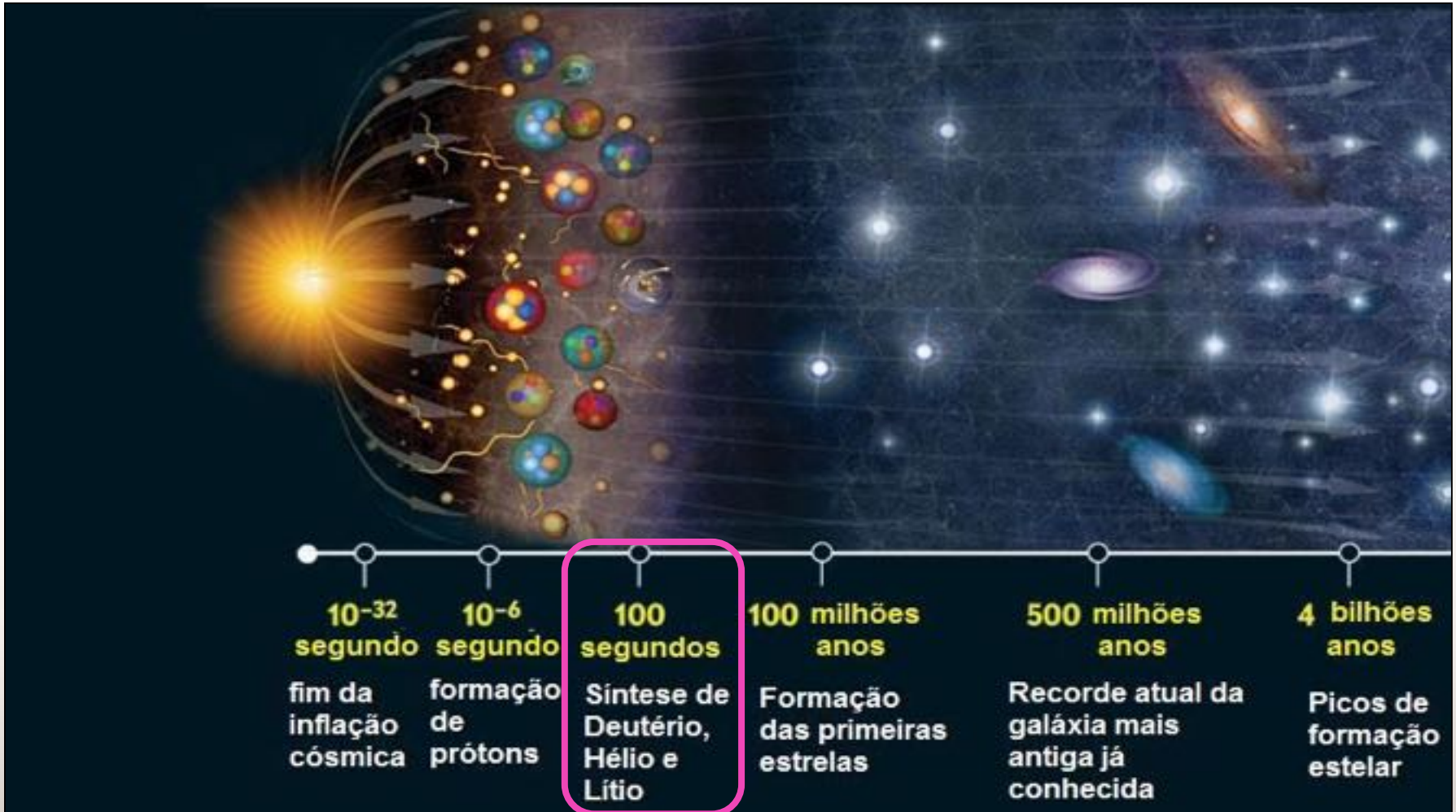


# As diferentes Eras do Big Bang



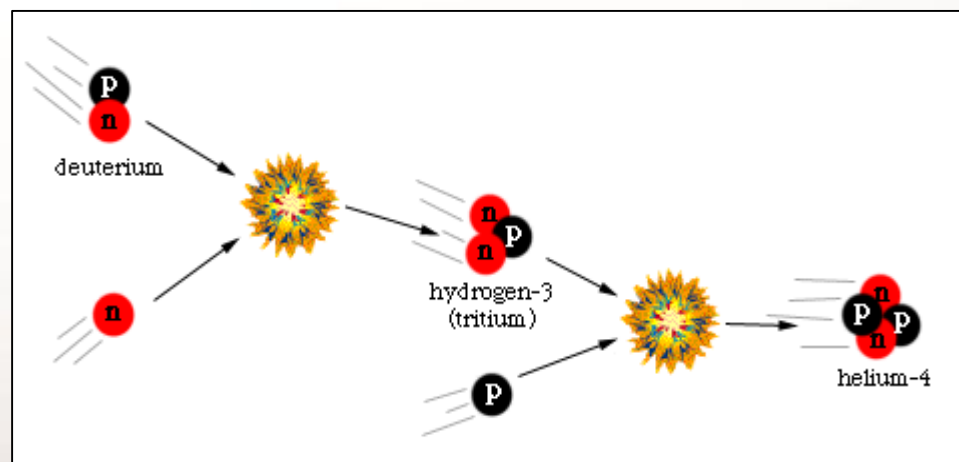
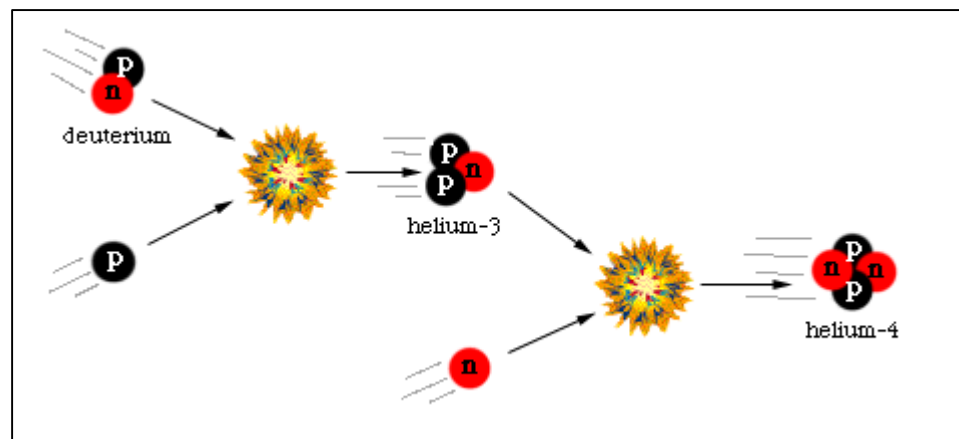
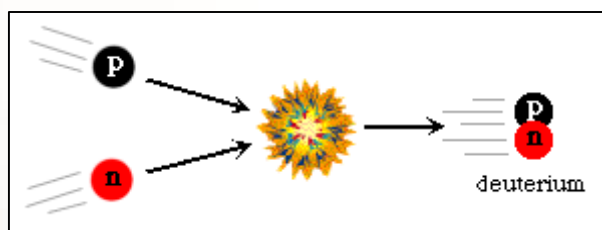


# As diferentes Eras do Big Bang



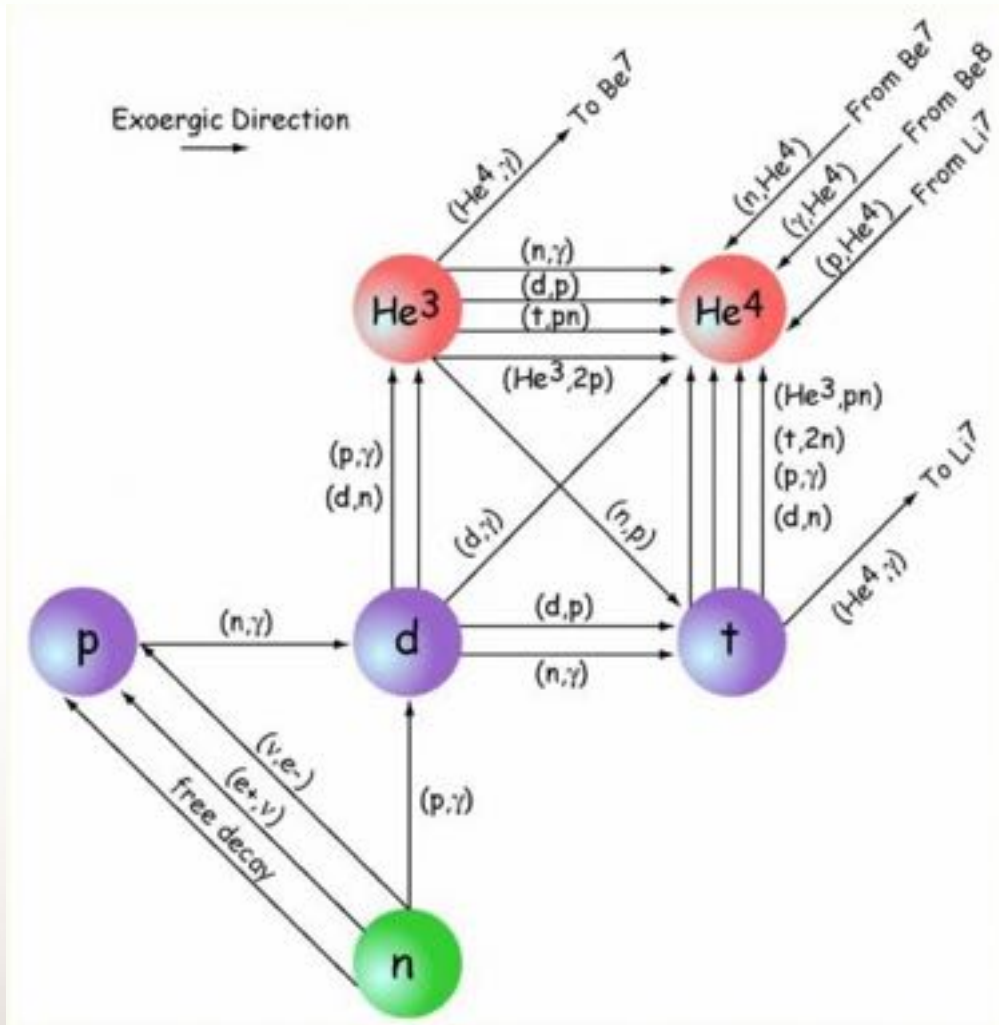


# Síntese de Deutério, Hélio e Lítio





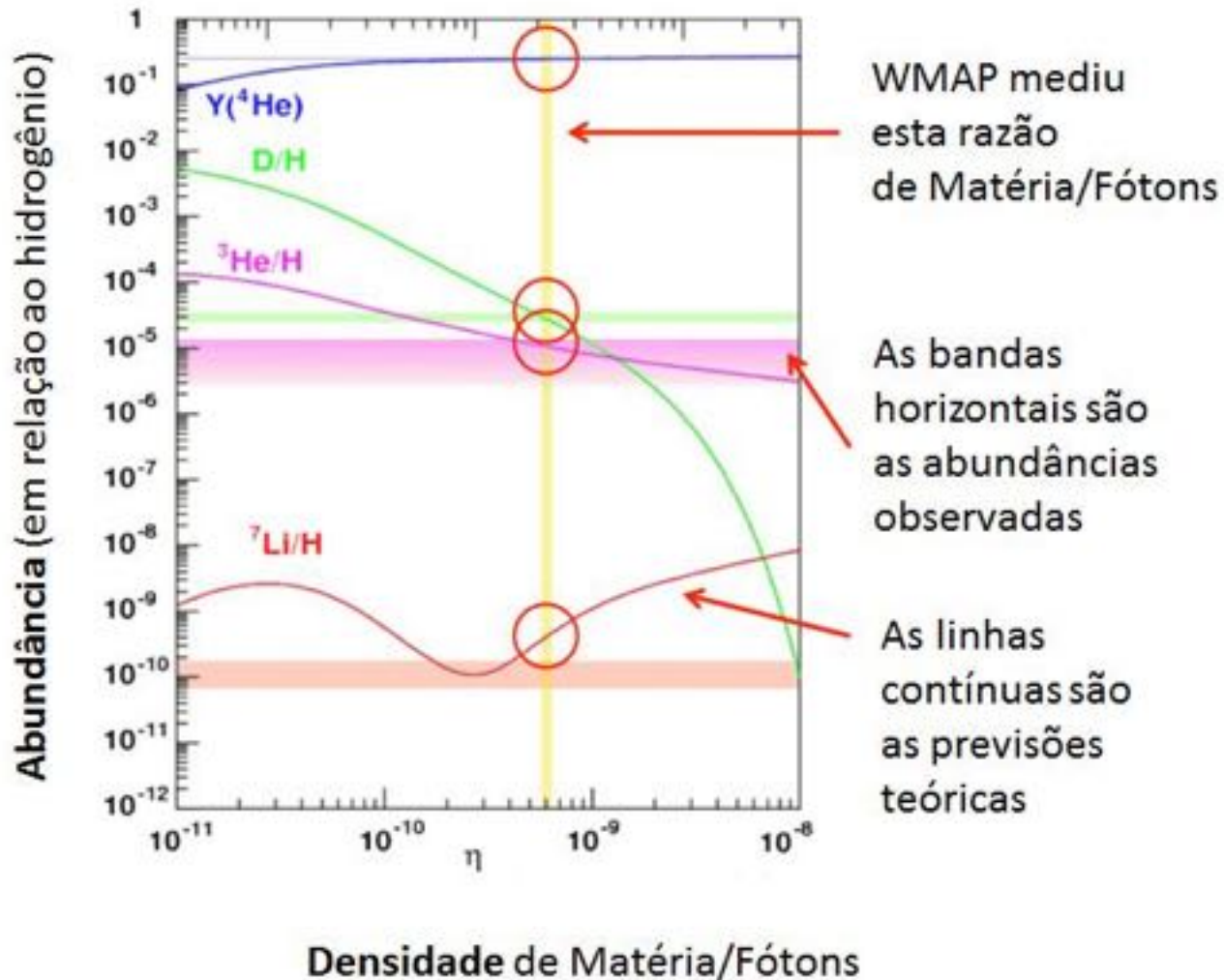
# ► Síntese de Deutério, Hélio e Lítio





# Síntese de Deutério, Hélio e Lítio

As previsões batem com as observações!





## ► Evidências favoráveis à Teoria do Big Bang

---

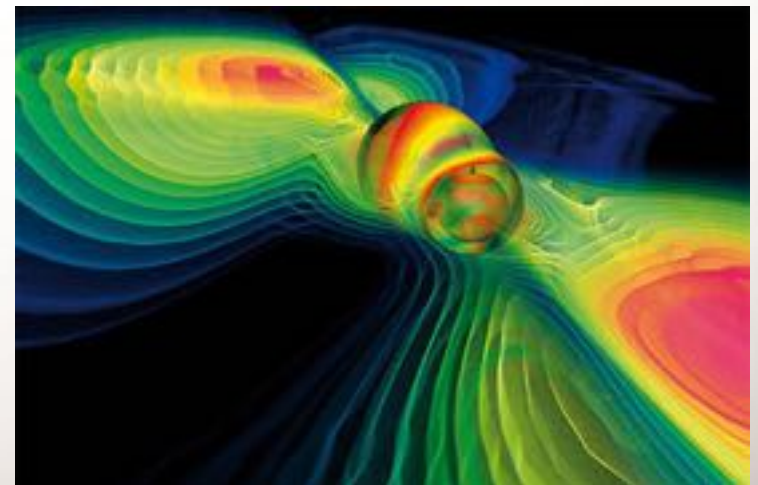
- **Recessão das galáxias**
  - Expansão acelerada do universo
- **Abundância relativa dos elementos químicos no universo**
  - Relação entre H(75-76%) e He (25-24%)
- **Robustez da Teoria da Relatividade Geral**
  - **Descoberta das Ondas Gravitacionais**
- **Radiação cósmica de fundo**
  - COBE // WMAP // Planck



## ► Ondas Gravitacionais (2016)

**Ondas gravitacionais** são ondulações na curvatura do espaço-tempo que se propagam a partir de certas interações gravitacionais

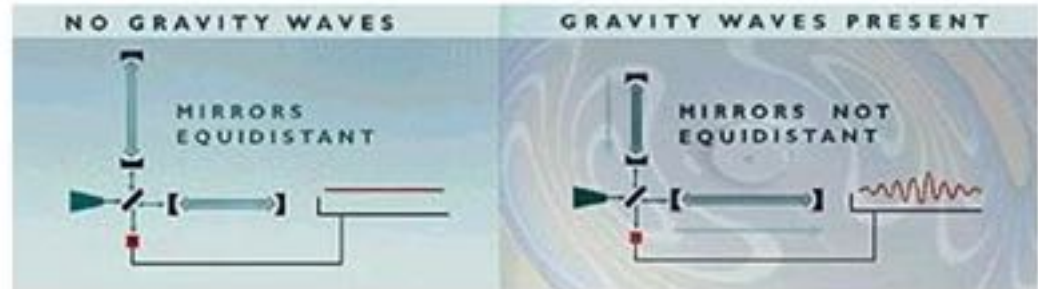
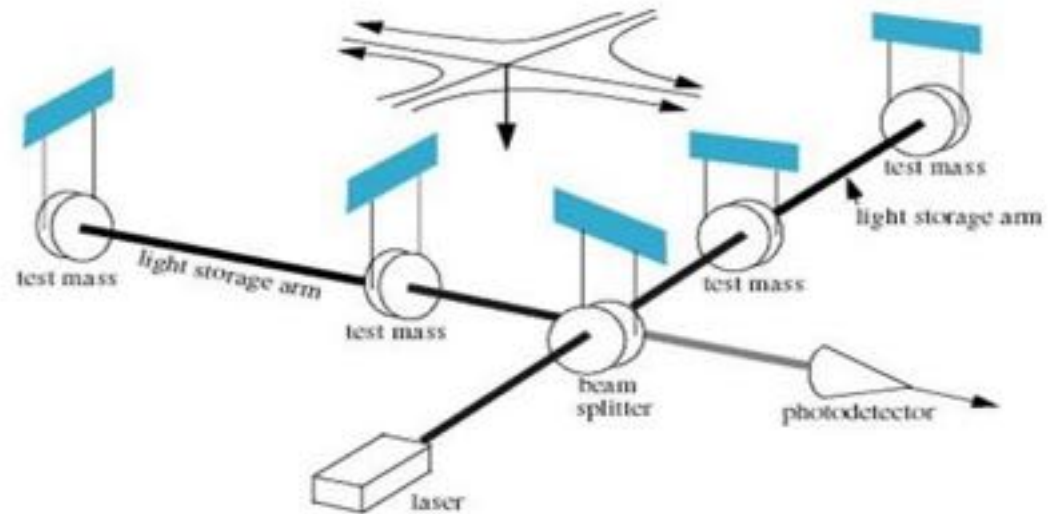
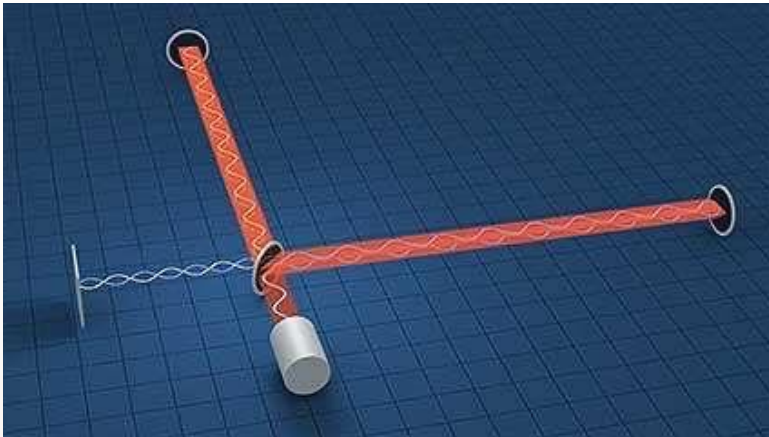
Foram previstas em **1916** por **Albert Einstein** com base em sua **Teoria da Relatividade Geral**



# ▶ Ondas Gravitacionais



## Observatório LIGO (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory)

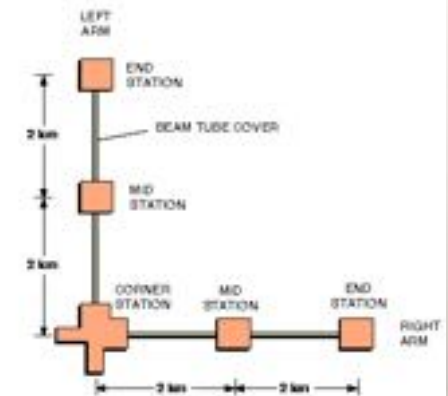


# ▶ Ondas Gravitacionais



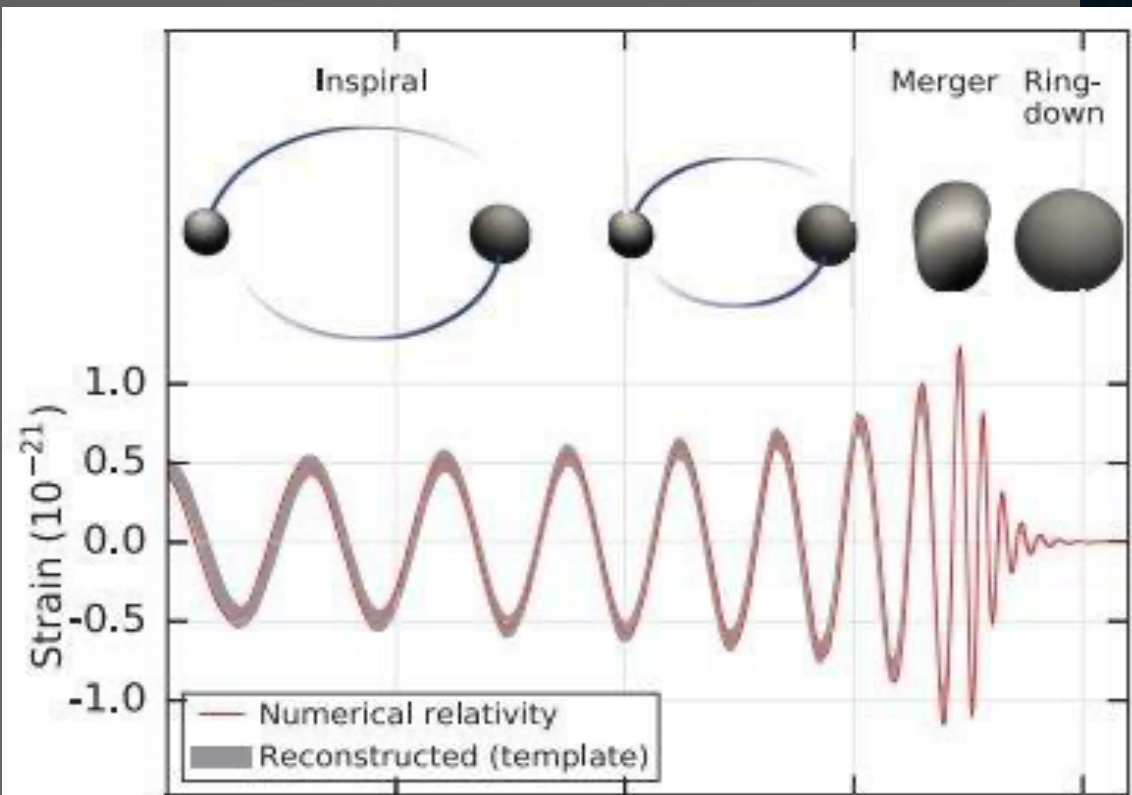
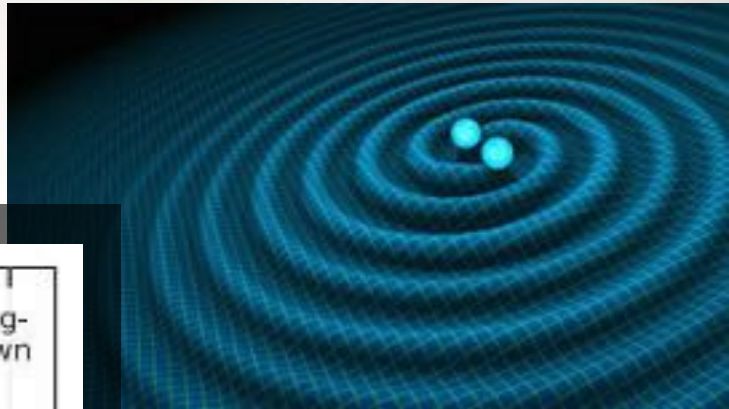
## Observatório LIGO

Laser Interferometer  
Gravitational-Wave  
Observatory





# ▶ Ondas Gravitacionais



Fonte: B. P. Abbott et. al., *Phys. Rev. Lett* (2016).

# ▶ Ondas Gravitacionais



PRL 116, 061102 (2016) Selected for a Viewpoint in *Physics* week ending  
 PHYSICAL REVIEW LETTERS 12 FEBRUARY 2016



## Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger

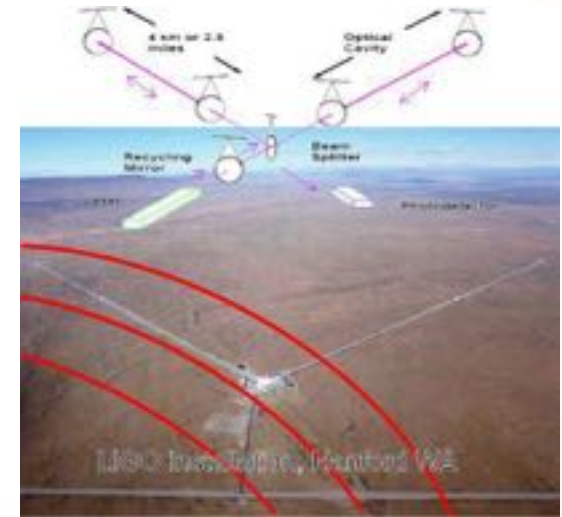
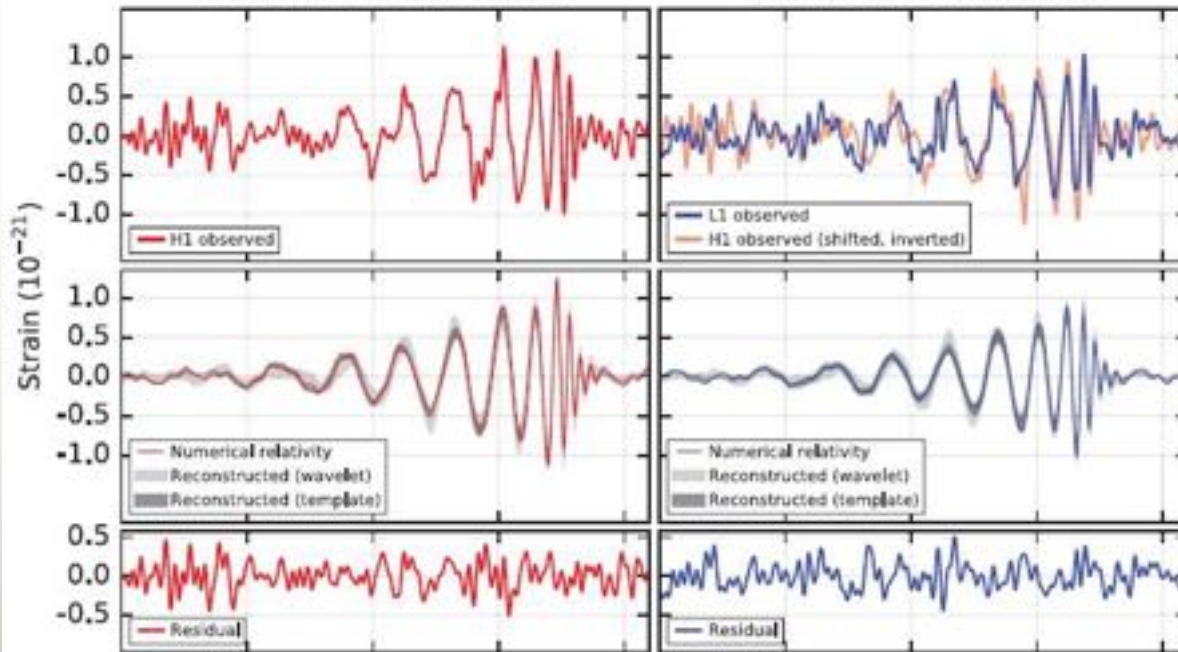
B. P. Abbott *et al.*<sup>\*</sup>

(LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)

(Received 21 January 2016; published 11 February 2016)

Hanford, Washington (H1)

Livingston, Louisiana (L1)



# ▶ Ondas Gravitacionais



PRL 116, 061102 (2016) Selected for a Viewpoint in *Physics*  
PHYSICAL REVIEW LETTERS week ending  
12 FEBRUARY 2016



## Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger

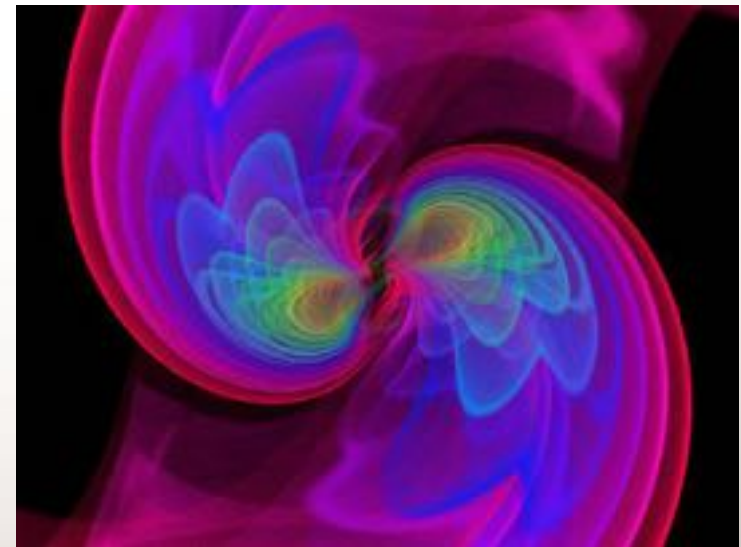
B. P. Abbott *et al.*\*

(LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration)

(Received 21 January 2016; published 11 February 2016)



**Detecção de 14 set 2015:**  
dois buracos negros de  $\sim 30$   
massas solares se fundem a  
cerca de 1,3 bilhão de anos-  
luz da Terra.





# ▶ Ondas Gravitacionais

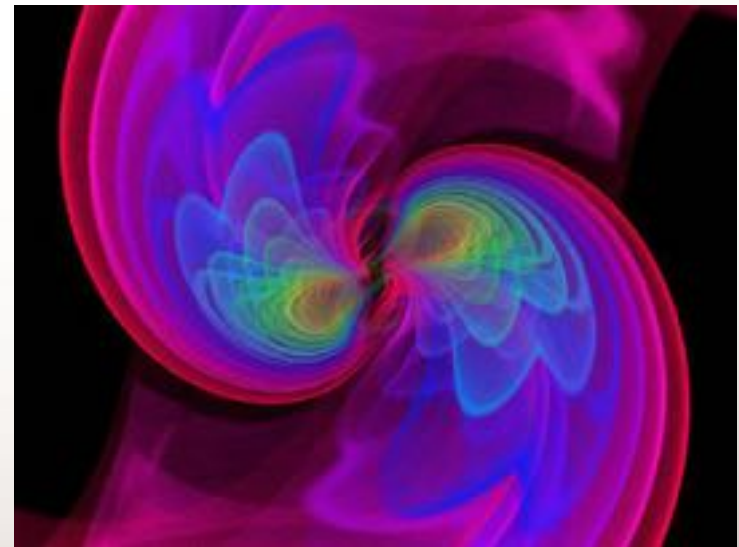
## **Detecção de 26 dez 2015:**

um segundo sinal foi detectado pela fusão de dois buracos negros com 14,2 e 7,5 vezes a massa do Sol



## **Detecção de 04 jan 2017:**

Detectada uma terceira fusão de buraco negro, entre objetos de 31,2 e 19,4 massas solares



## **Detecção de 14 ago 2017:**

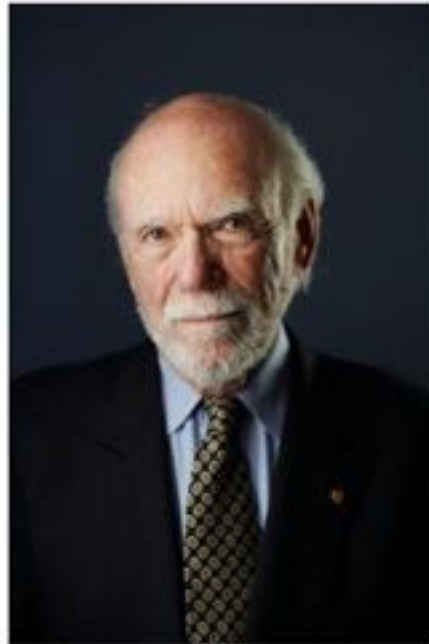
Uma quarta detecção de uma fusão de buraco negro, entre objetos de 30,5 e 25,3 massas solares

# ► Premio Nobel de Física (2017)



© Nobel Media AB. Photo: A.Mahmoud

Rainer Weiss



© Nobel Media AB. Photo: A.Mahmoud

Barry C. Barish



© Nobel Media AB. Photo: A.Mahmoud

Kip S. Thorne

O Prêmio Nobel de Física de 2017 foi concedido “**por contribuições decisivas para o detector LIGO e a observação de ondas gravitacionais**”.



## ► Evidências favoráveis à Teoria do Big Bang

---

- **Recessão das galáxias**
  - Expansão acelerada do universo
- **Abundância relativa dos elementos químicos no universo**
  - Relação entre H(75-76%) e He (25-24%)
- **Robustez da Teoria da Relatividade Geral**
  - Descoberta das Ondas Gravitacionais
- **Radiação cósmica de fundo**
  - **COBE // WMAP // Planck**



- O *Cosmic Background Explorer* (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico) foi o primeiro satélite construído dedicado à cosmologia (lançado em 1989)
- **Objetivo:** investigar a radiação cósmica de fundo do universo e fornecer medidas que pudessem ajudar na compreensão do cosmos

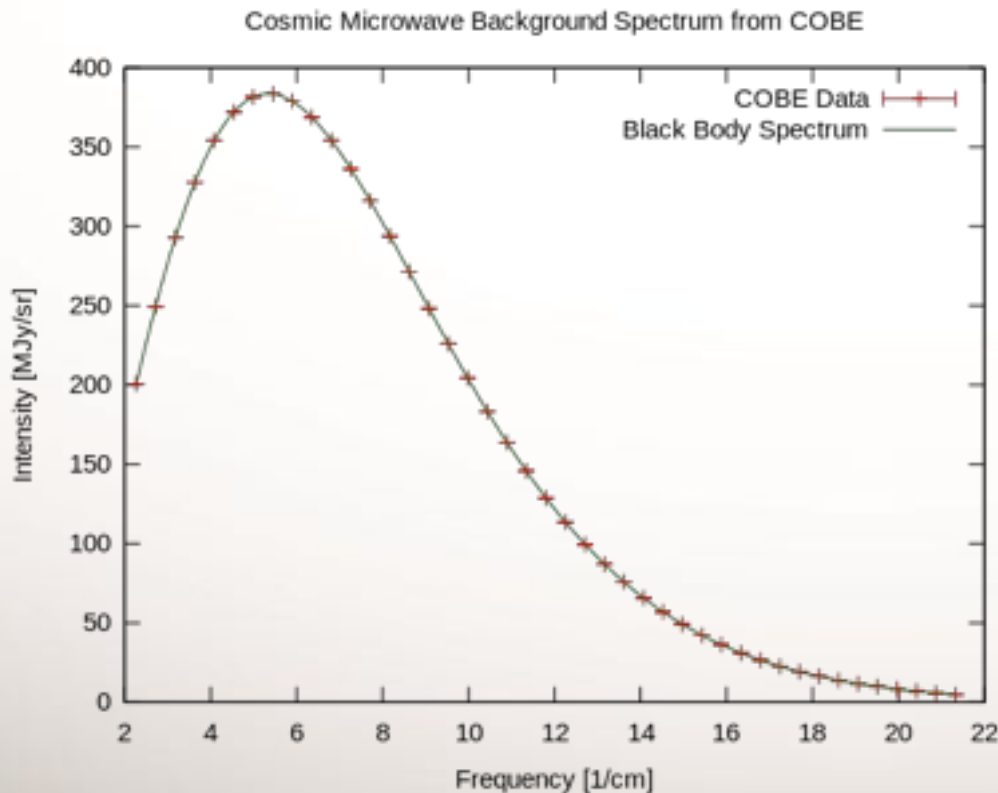


George Smoot e John Mather  
Nobel de Física de 2006



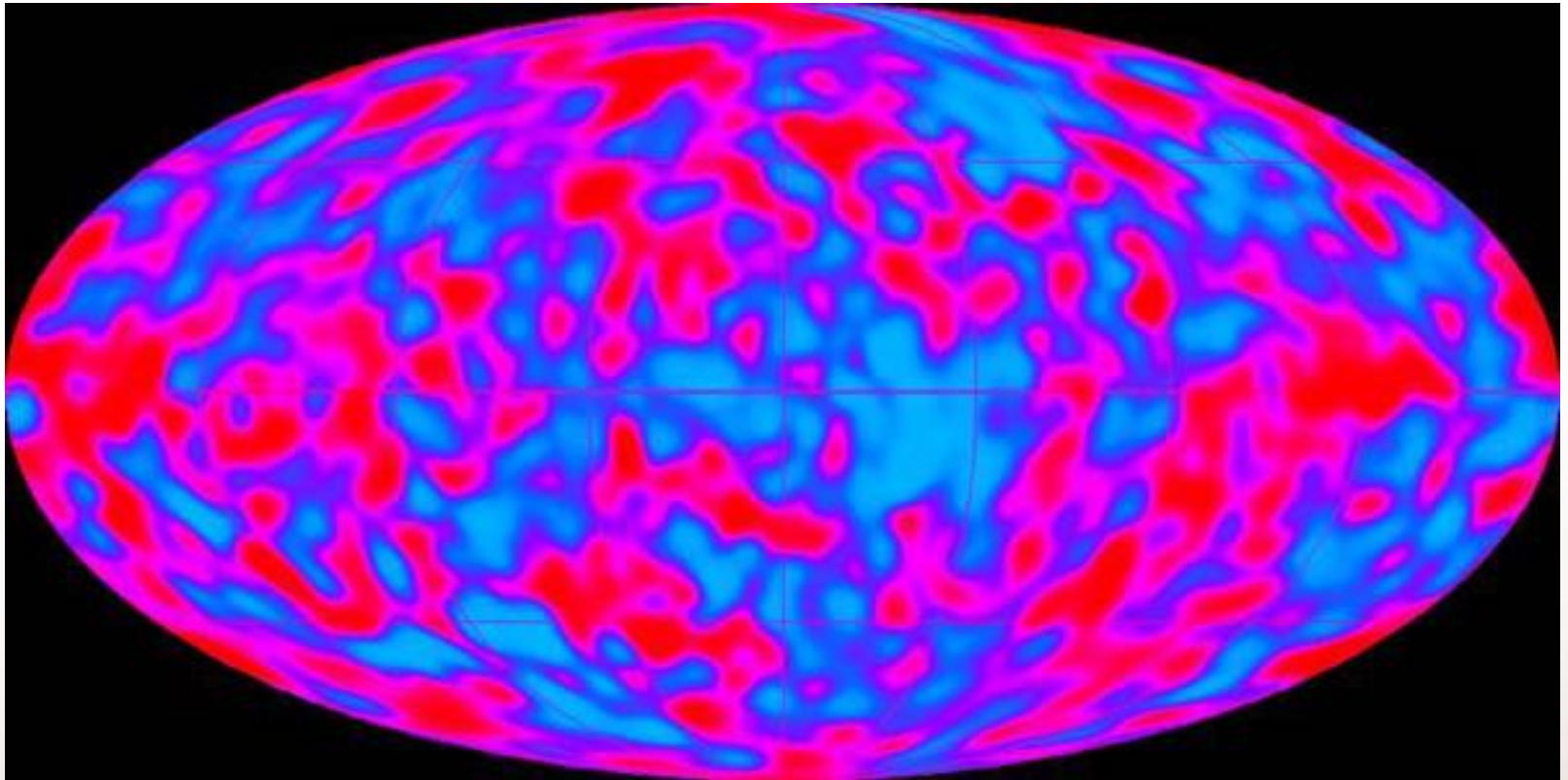
# ► A radiação cósmica de fundo

- Espectro da radiação cósmica de fundo medido pelo **COBE** (COsmic B Background Explorer) - 1992



- A temperatura medida foi de  **$2,72548 \pm 0,00057$  K**

# ► Descobertas do Satélite COBE



**O famoso mapa da anisotropia da Radiação Cósmica de Fundo estabelecido a partir de dados obtidos pela sonda COBE**

## ► Descobertas do Satélite COBE



- Entre as principais descobertas do Satélite COBE se destaca a descoberta de um universo bastante isotrópico e que a matéria teve um início, ou seja, ela não existia desde sempre.
- Comitê do Prêmio Nobel: “O projeto COBE pode ser considerado como o ponto de partida para a cosmologia como uma ciência precisa”.



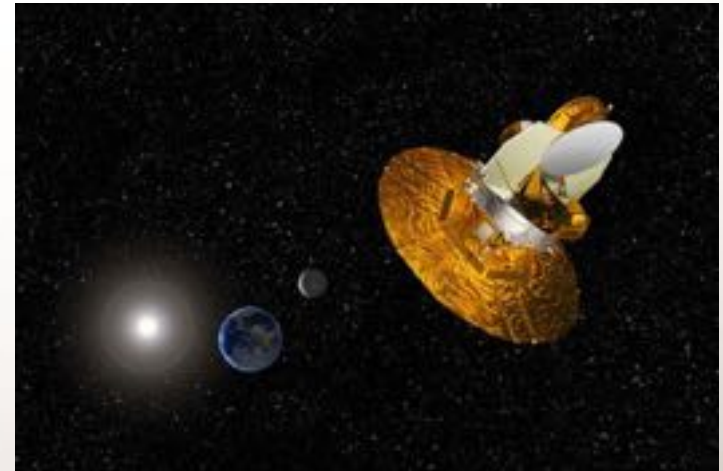
George Smoot e John Mather  
Nobel de Física de 2006



## ▶ WMAP (2001)

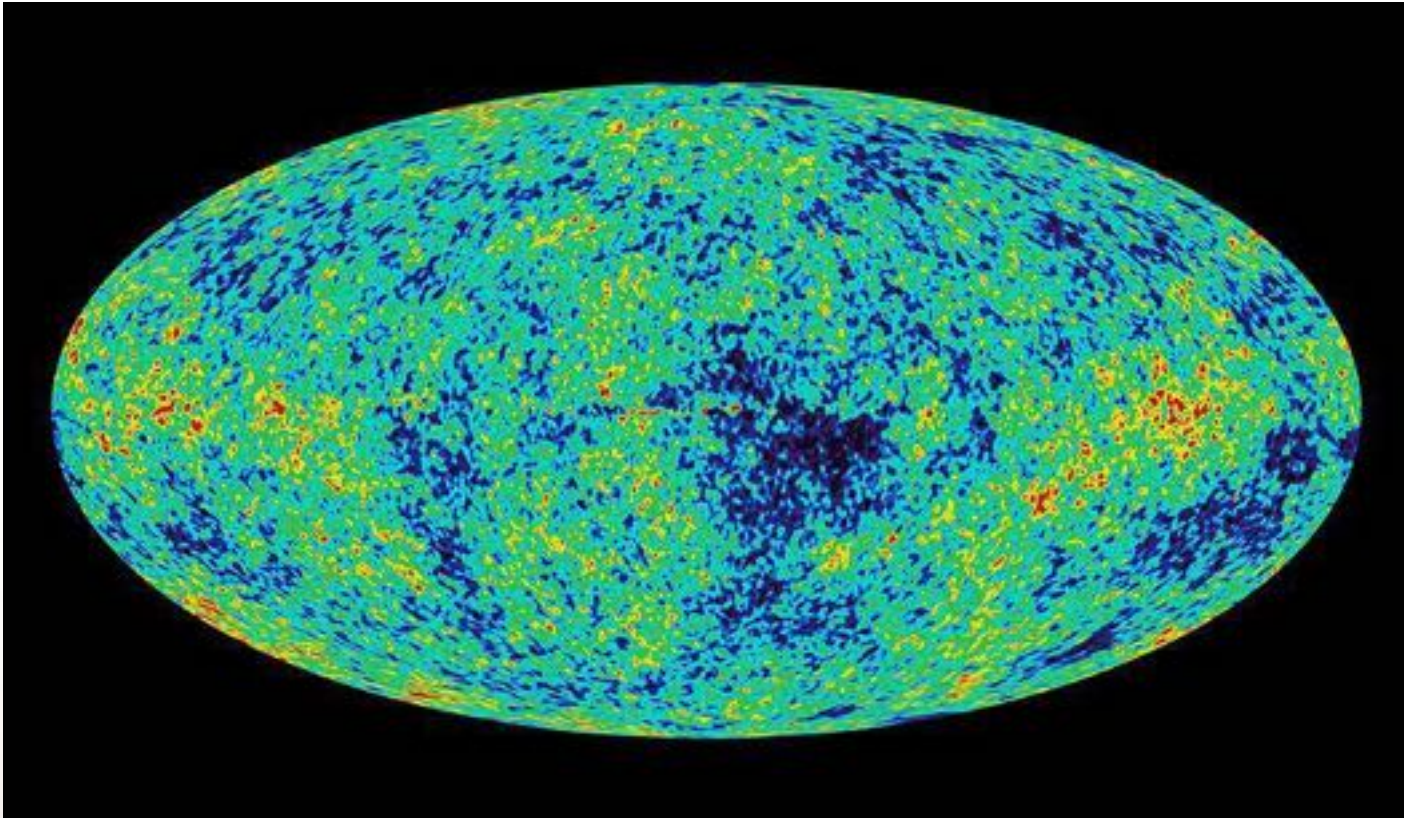
Detalhes sobre a radiação cósmica de fundo

- **Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP):** sonda da NASA que estuda o espaço profundo e mede as diferenças de temperatura da radiação cósmica de fundo, remanescente do Big Bang.
- O objetivo da missão WMAP é testar as teorias sobre a origem e evolução do universo
- É sucessora do COBE



# WMAP (2001)

## Detalhes sobre a radiação cósmica de fundo

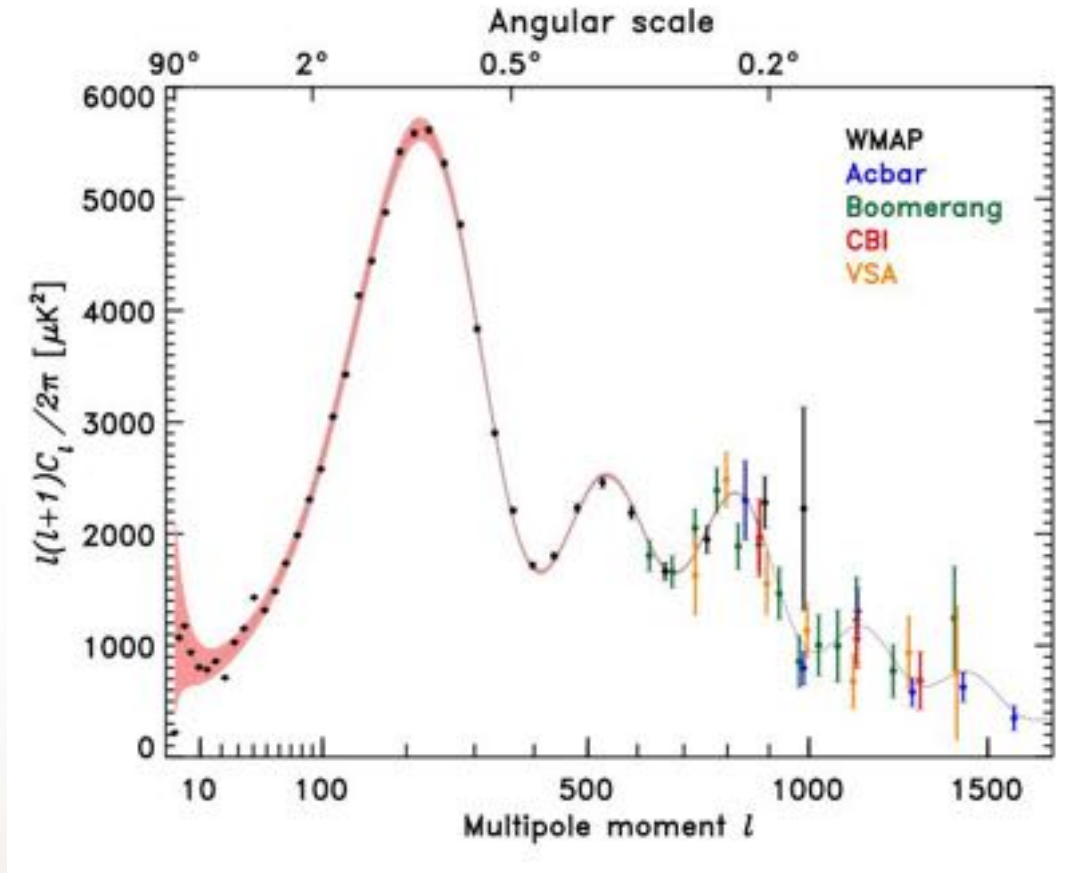


**Imagem do WMAP do fundo cósmico de microondas**



# WMAP (2001)

## Detalhes sobre a radiação cósmica de fundo

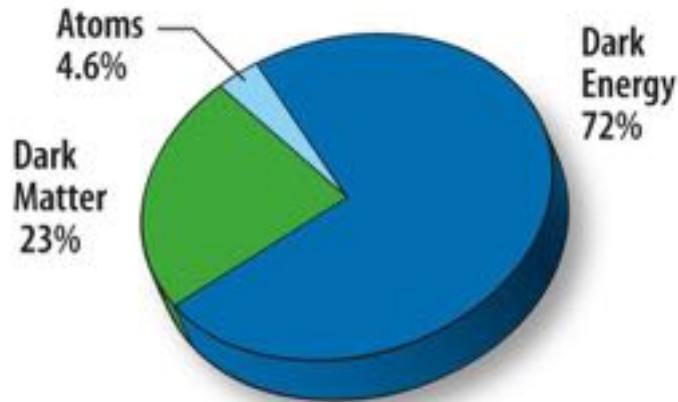


**Anisotropia das microondas cósmicas de fundo comparada com o modelo teórico inflacionário**



# WMAP (2001)

## Detalhes sobre a radiação cósmica de fundo



**72% - Energia Escura**  
**23% - Matéria Escura**  
**4,6% - Matéria Ordinária**

A **energia escura** é uma forma hipotética de energia que estaria distribuída por todo espaço e que tende a acelerar a expansão do Universo.

A **matéria escura** é uma forma postulada de matéria que só interage gravitacionalmente. Sua presença pode ser inferida a partir de efeitos gravitacionais sobre a matéria visível, como estrelas e galáxias.



# WMAP recebeu o Prêmio GRUBER de Cosmologia 2012



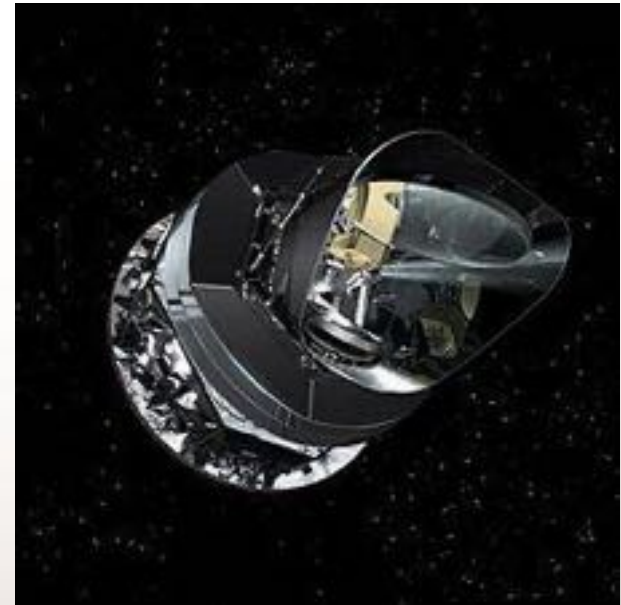
*“A Fundação Gruber orgulhosamente apresenta o Prêmio de Cosmologia 2012 a Charles Bennett e à equipe WMAP por suas medidas sofisticadas da anisotropia na radiação-relíquia do Big Bang – a radiação cósmica de fundo. Estas medidas ajudaram a garantir limites rigorosos sobre a origem, o conteúdo, a idade e a geometria do Universo, transformando nosso atual paradigma de formação de estruturas de cenário atraente em ciência precisa.”*



## ► Planck (2009 - 2013)

### Medidas ainda mais precisas

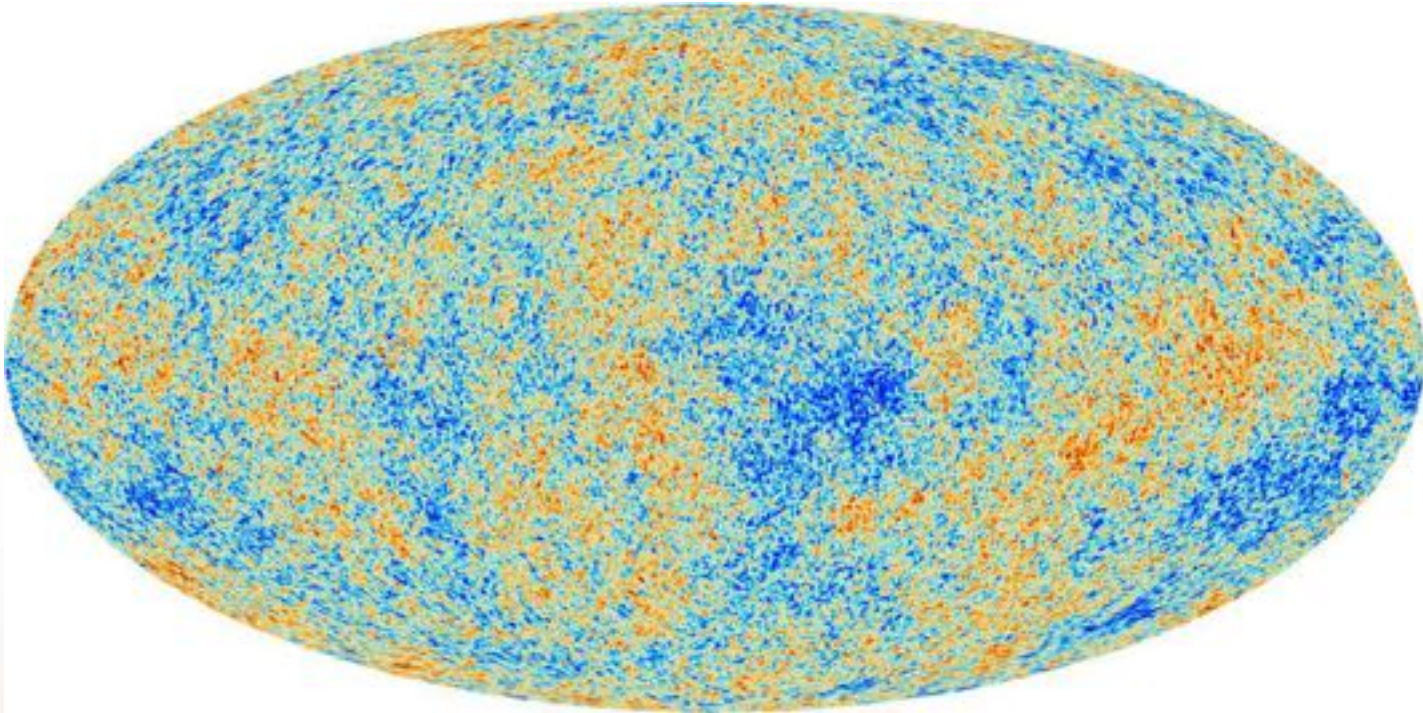
- **Planck – missão da ESA (Agência Espacial Europeia):** Esta missão aprimorou substancialmente as observações feitas pela sonda WMAP da NASA.
- **A sonda Planck: fonte nova de informação para importantes questões cosmológicas e astrofísicas**
- **P.ex.: Como testar as teorias do Universo primitivo e a origem da estrutura cósmica**





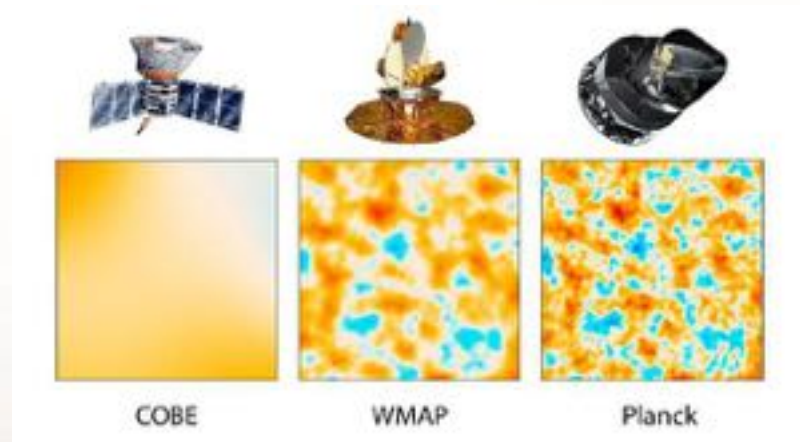
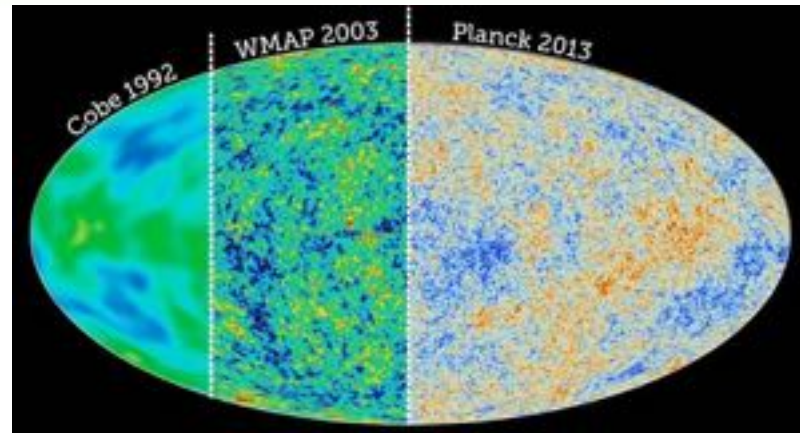
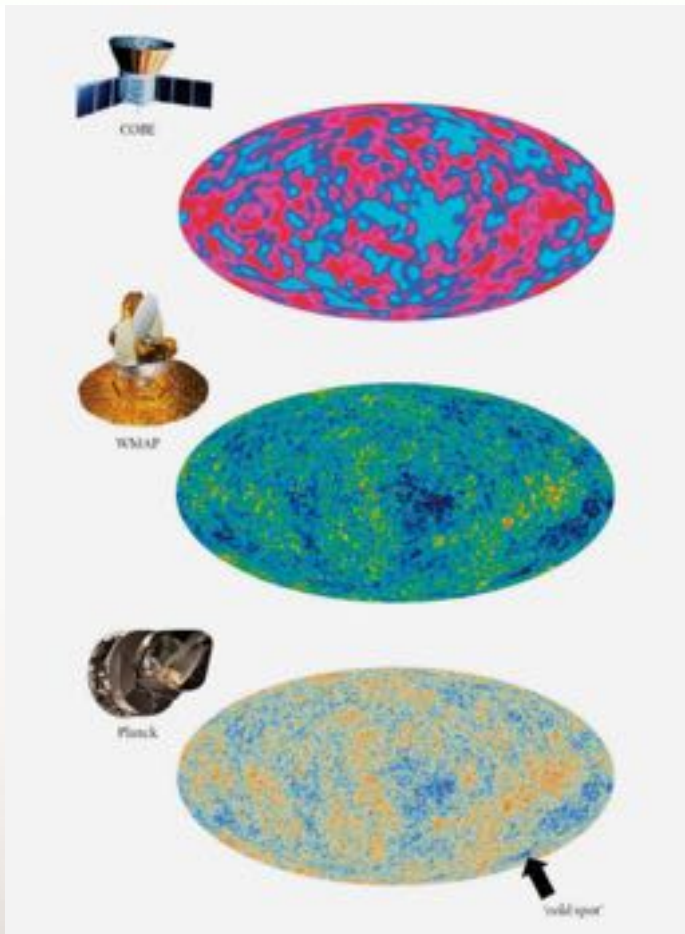
## Planck (2009 - 2013)

Medidas ainda mais precisas



**Imagem da sonda Planck do fundo cósmico de microondas**

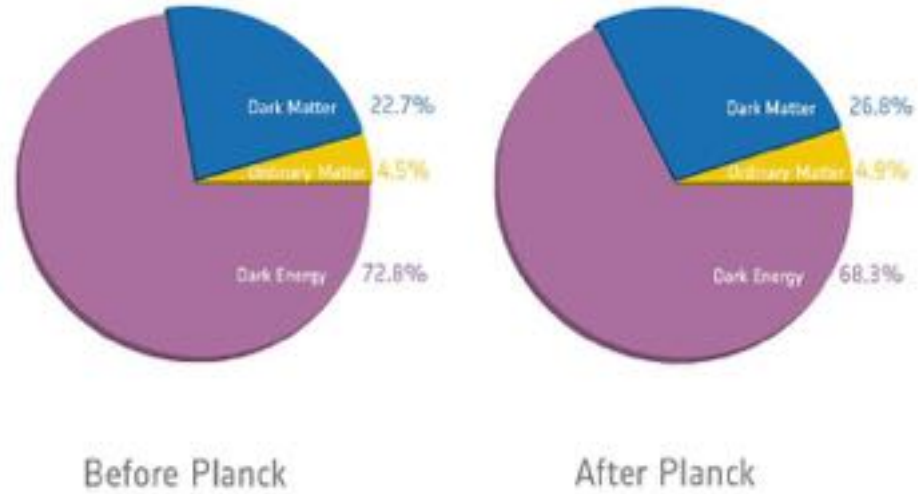
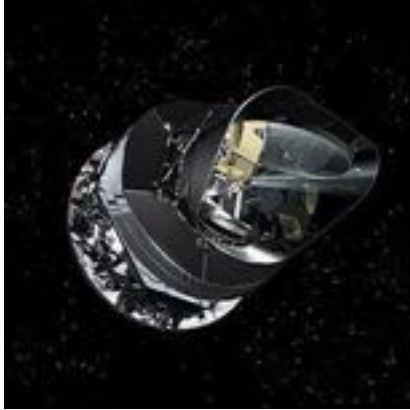
# ► COBE, WMAP, Planck



**Comparação de resultados das três missões**



# Resultados da missão Planck e das outras



## Planck

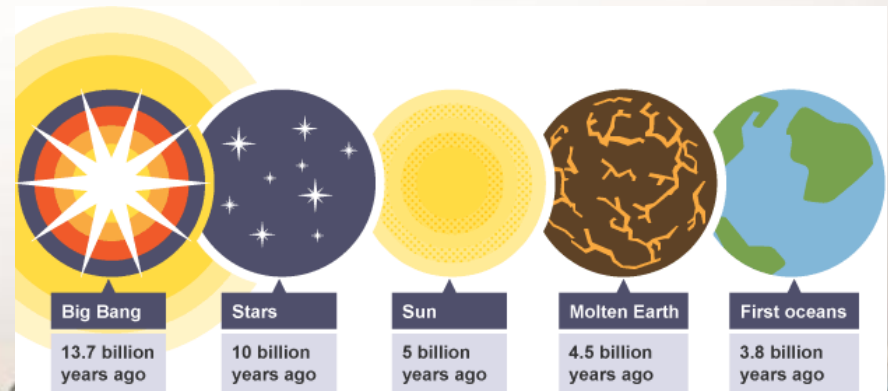
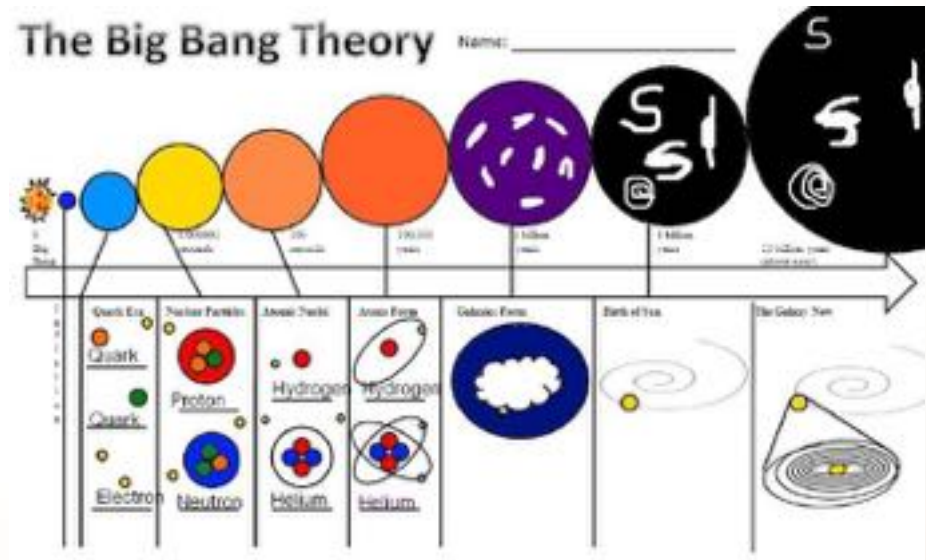
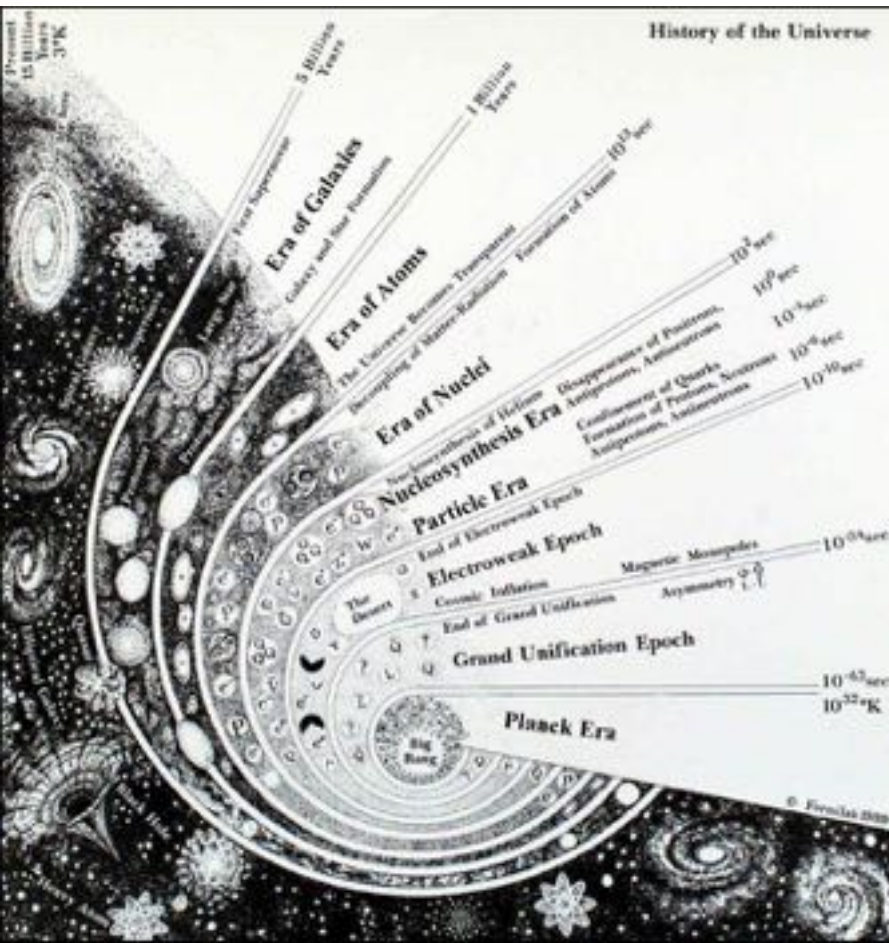
**Idade do Universe:  $13.798 \pm 0.037$  bilhões de anos**

**Matéria ordinária:  $4.82 \pm 0.05\%$**

**Matéria escura:  $25.8 \pm 0.4\%$**

**Energia escura:  $69 \pm 1\%$**

# A História do Universo





# ► Onde isso nos coloca hoje?



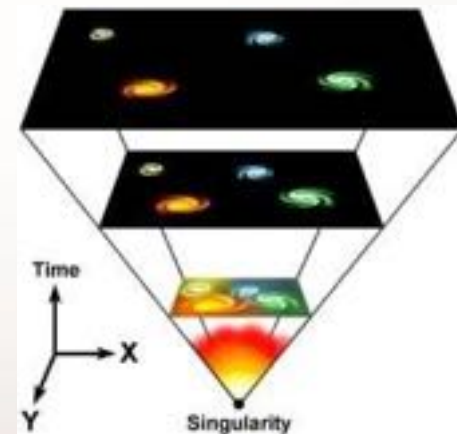
- **A TRG é extremamente robusta!**
- **O Universo teve um início!**
  - Isso levanta muitas questões
- **O Universo expandiu-se**
  - E continua em expansão acelerada (?!?!)
- Logo depois desse início (Big Bang), a **matéria** foi sendo organizada rapidamente de acordo com as **quatro forças fundamentais**

## ► Retornando ao ponto inicial...

*Se extrapolarmos esta previsão ao extremo, chegaremos a um ponto em que todas as distâncias no universo se reduzem a zero. Portanto, uma singularidade cosmológica inicial estabelece a extremidade temporal passada para o universo. Não podemos continuar esse raciocínio físico, ou mesmo o conceito de espaço-tempo, passando através dessa tal extremidade. Por esta razão, a maioria dos cosmólogos pensa na singularidade inicial como o começo do universo. Nesta visão, **o Big Bang representa o evento de criação**; a criação não só de toda a matéria e energia no universo, **mas também do próprio espaço-tempo**.*



**Paul Davies**  
físico teórico



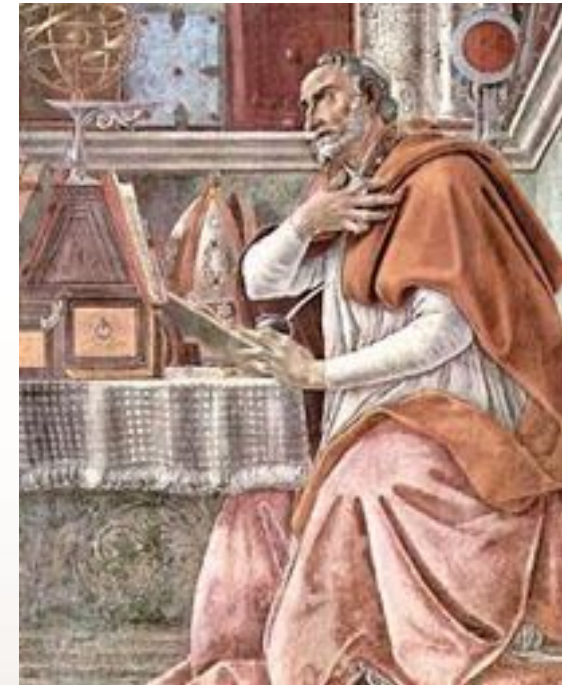
P. C. W. Davies, "Spacetime Singularities in Cosmology," in *The Study of Time III*, ed. J. T. Fraser (New York: Springer Verlag, 1978), 78-79.

# ► Cosmologia e Doutrina da Criação



## *Agostinho de Hipona (354 – 430)*

***... se as sagradas e infalíveis Escrituras dizem que no princípio Deus criou os céus e a terra, a fim de que se possa entender que Ele não havia feito nada anteriormente - pois se Ele tivesse feito qualquer coisa antes das demais, sobre essa coisa é que seria preferível ter sido dito como feito "no começo" -, então seguramente o mundo foi feito não no tempo, mas simultaneamente com o tempo.***



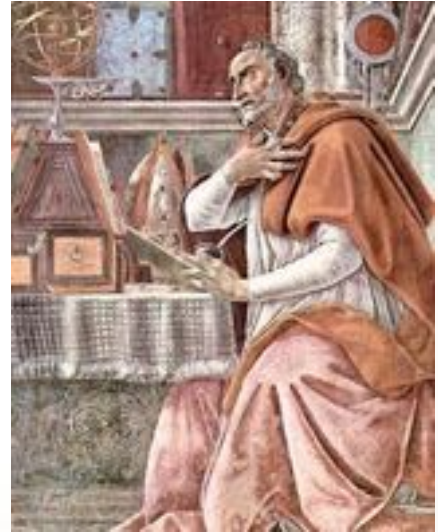
*City of God, Book 11, Chapter 6*



## ► Cosmologia e Doutrina da Criação

### *Agostinho de Hipona (354 – 430)*

***Com o movimento das criaturas, o tempo começou a seguir seu curso. É ocioso procurar tempo antes da criação, como se o tempo pudesse ser encontrado antes do tempo. (...)***



***Devemos, portanto, dizer que o tempo começou com a criação, em vez de a criação começar com o tempo. Mas ambos são de Deus. Pois Dele e através Dele e Nele estão todas as coisas.***

*O Significado Literal de Gênesis (De Genesi Ad Litteram)*



## Robert Jastrow:

físico, cosmólogo, cientista chefe da NASA e agnóstico



***“Os astrônomos agora entendem que se puseram numa sinuca porque provaram para si mesmos, por seus próprios métodos, que o mundo começou abruptamente em **um ato de criação** ao qual você pode conectar as sementes de todas as estrelas, todos os planetas, todos os seres vivos neste cosmos e na Terra. E eles descobriram que tudo isso aconteceu como produto de forças que eles não esperam descobrir. Que existe o que eu chamaria de **forças sobrenaturais** funcionando, eu acho, é agora um fato cientificamente comprovado.”***

*"A Scientist Caught Between Two Faiths: Interview With Robert Jastrow," Christianity Today, August 6, 1982*

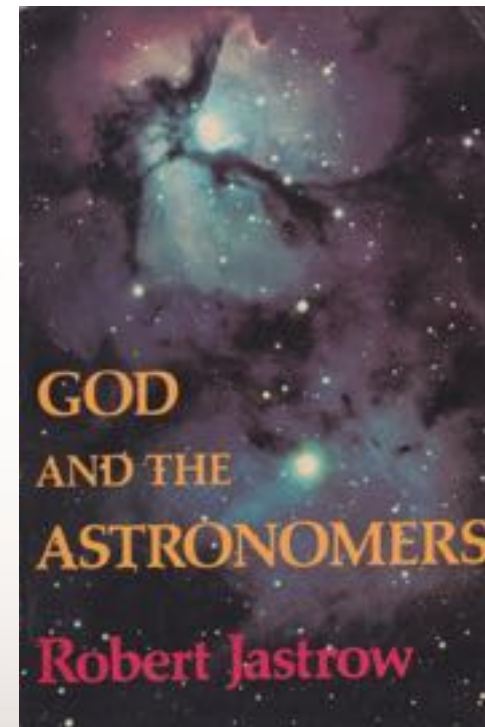


## Robert Jastrow:

físico, cosmólogo, cientista chefe da NASA e agnóstico



***“Agora vemos como a evidência astronômica apoia a **visão bíblica da origem do mundo**. Os pormenores diferem, mas os elementos essenciais no relato astronômico e nos relatos bíblicos de Gênesis são os mesmos. A cadeia de eventos que conduz ao homem começou súbita e distintamente em um momento definido no tempo, em um flash de luz e energia.”***



# ► Deus e a Criação



*Aleluia! Como é bom cantar louvores ao nosso Deus! Como é agradável e próprio louvá-lo!*

*Ele determina o número de estrelas e chama cada uma pelo nome.*

(Sl 147.1,4)



## ► Deus e a Criação



***“Grande é o nosso  
Soberano e tremendo  
é o seu poder; é  
impossível medir o  
seu entendimento.”***

**(Sl 147.5)**



# ► Deus e a Criação



***“Nosso Senhor é grande e onipotente e sua inteligência é incalculável.”***

**(SI 147.5)**



# ▶ Créditos



Autor:

- **Lucas Guimarães Barros**

Revisor:

- **Glênon Dutra**

Colaboradores:

- **Marcelo Cabral**
- **Guilherme de Carvalho**
- **Roberto Covolan**
- **Pedro Dulci**
- **Glênon Dutra**



Associação Brasileira  
**Cristãos**  
na **Ciência**



Associação Brasileira  
**Cristãos**  
na **Ciência**

