

# Fundamentos de Geologia

Antonio Liccardo

# Bibliografia fundamental

- PRESS, F., SIEVER R., GROTZINGER J., JORDAN T.H. 2006. **Para entender a Terra**. Porto Alegre: Bookman. 656p.
- TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T., TAIOLI, F (Orgs.) 2000. **Decifrando a Terra**. São Paulo, Oficina de Textos. 568p.
- POPP, J.H. 2010. **Geologia Geral**. Rio de Janeiro: Editora LTC. 6ª Ed. 309p.
- WICANDER R. & MONROE, J.S.2009. **Fundamentos de Geologia**. São Paulo, Cengage Learning, 508p.
- SILVA, C.R.2008. **Geodiversidade do Brasil. Conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro, CPRM. 264p.
- OLIVEIRA, A.M.S & BRITO, S.N.A (Eds) 1998. **Geologia de Engenharia**. São Paulo, ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia).
- PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. 1983. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**. São Paulo, T.A. Queiroz, 631 p.
- LEINZ, V. & AMARAL, S.E. 1987. **Geologia Geral**. São Paulo. Ed. Nacional
- KLEIN, C. HURLBUT JR. C.S. 1999. **Manual of mineralogy** (after J.D. Dana). New York, John Wiley & Sons, 681p. (Revised 21<sup>th</sup> Ed.)
- BROWN, G. *et al.* 1994. **Os recursos físicos da Terra**. Campinas. Ed da UNICAMP, 5vols.
- **Internet** – websites de universidades e instituições de pesquisa

# Avaliação

- Teórica – duas provas
- Prática - duas provas
- Campo – presença e relatório\*

\*eventualmente seminários ou atividade semelhante

# Programação do curso

- Introdução à geologia
- Minerais e rochas
- Dinâmica interna e externa
- Processos e produtos geológicos
- Recursos hídricos
- Recursos minerais e meio ambiente
- Geologia do Brasil e do mundo





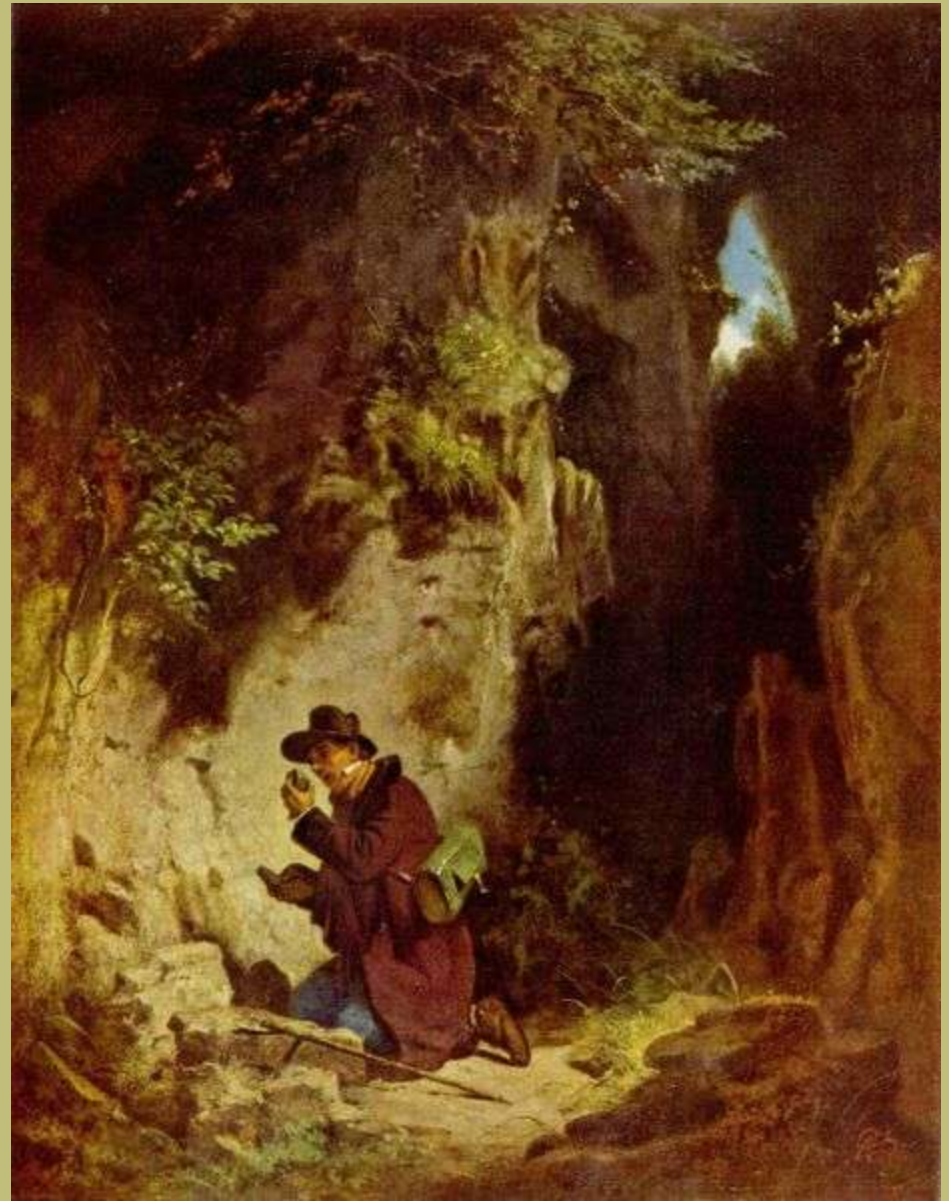
Artefatos arqueológicos - Machado em basalto – Ivaí - PR

## Geologia

é a ciência que estuda a Terra, sua composição, estrutura, propriedades físicas, história e os processos que lhe dão forma.

Relações do homem com este arcabouço

**Geologia é ciência que estuda os processos da dinâmica da terra e os produtos gerados por estes processos.**



O geólogo – pintura de Carl Spitzweg - séc. XIX

## O homem e os processos geológicos



Cinza vulcânica deve provocar cancelamento de mil vôos na Europa – 17/05/2010

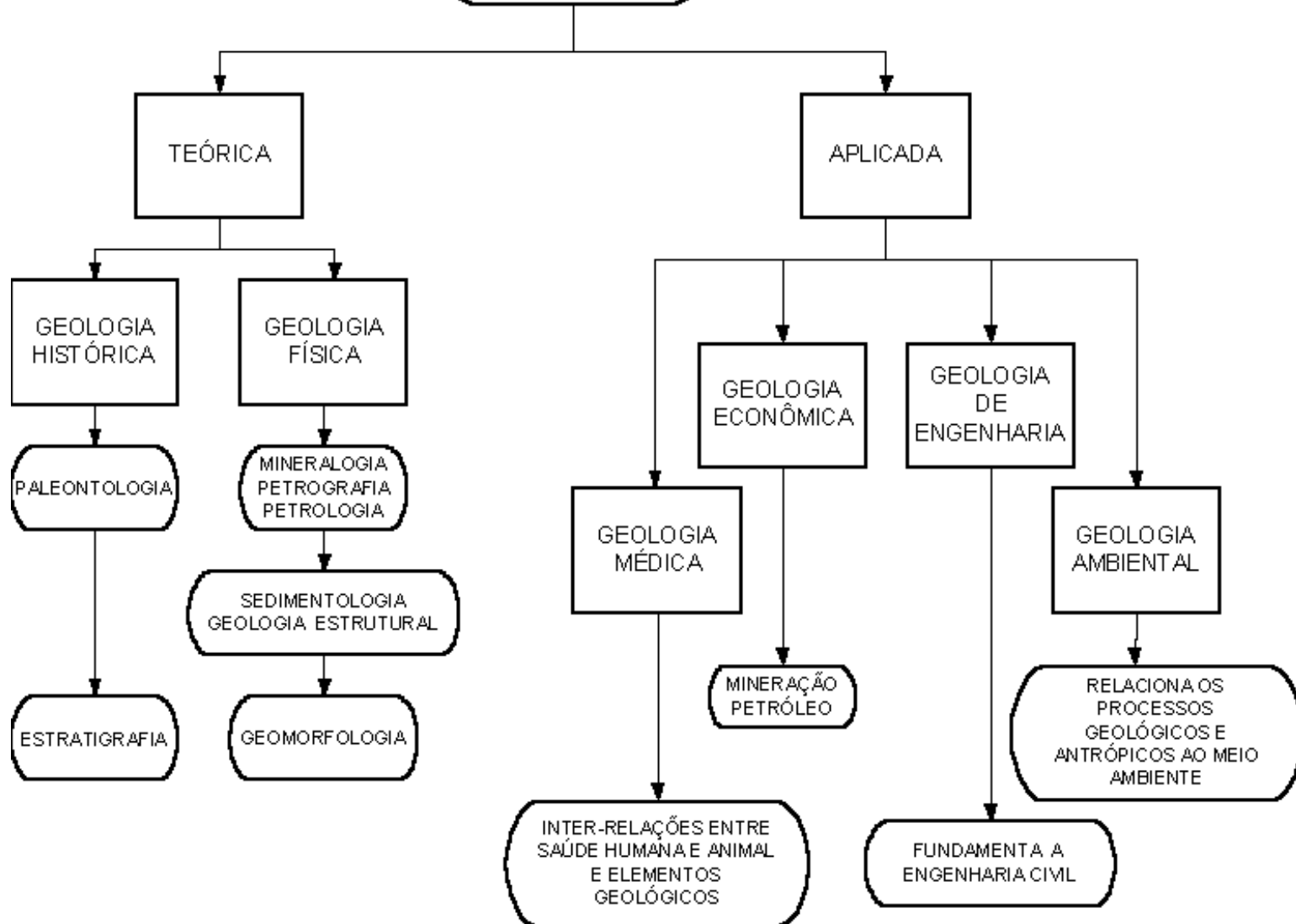




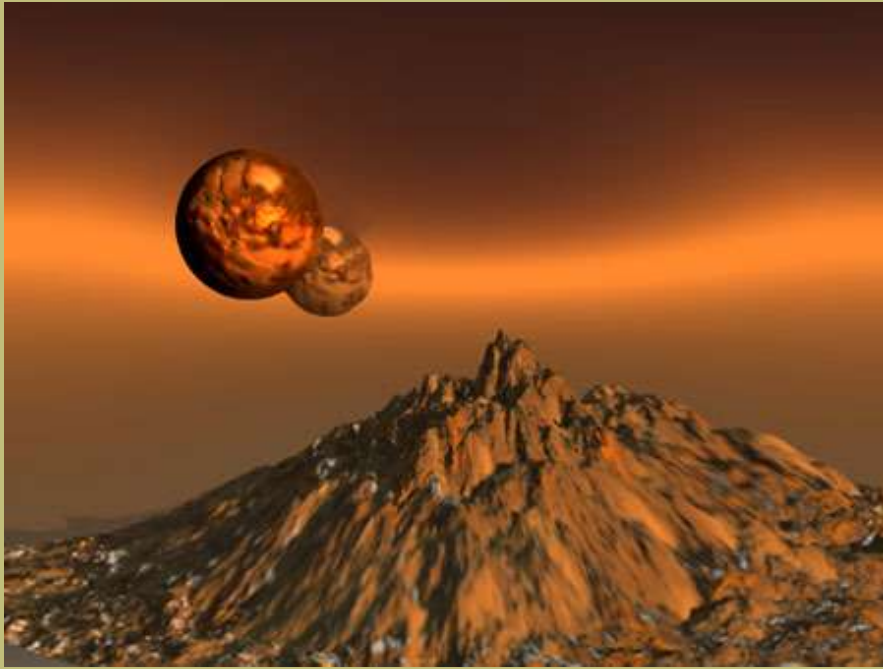


# GEOLOGIA

**AGRONOMIA???**

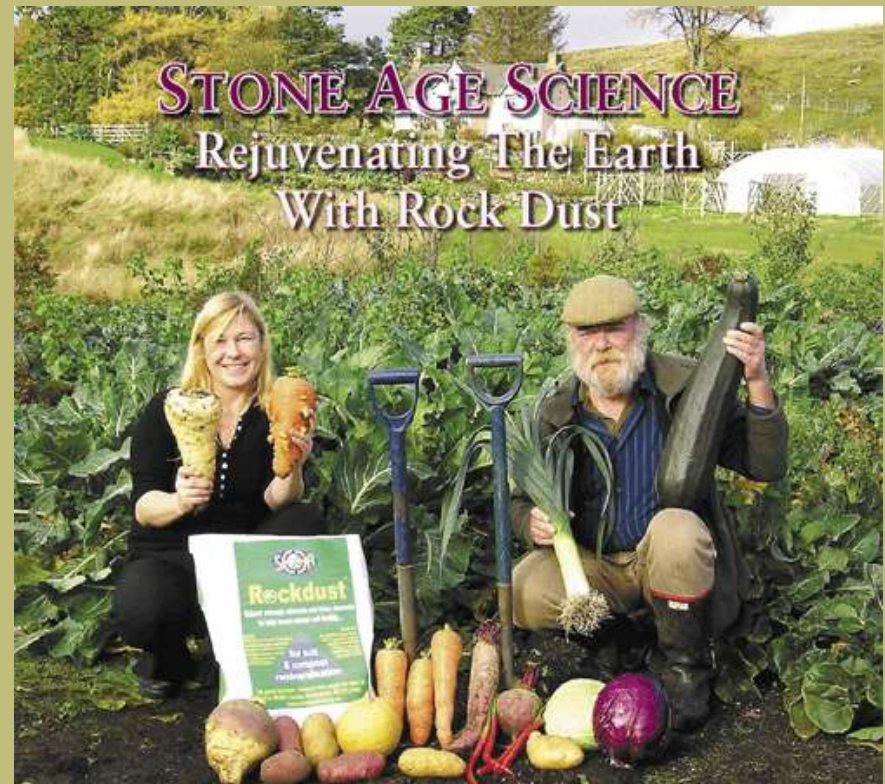


# Geologia planetária ou planetologia comparada



# Alguns conceitos da geologia moderna

- **Agrogeologia**
- Geologia médica
- Geodiversidade
- Patrimônio geológico
- Geoturismo
- Geologia planetária
- ...



# Origem do Universo e da Terra

- Imaginário e alegorias
- Culturas
- Religiões
- Renascimento
- Ciência

• **CONCEPÇÃO DE TEMPO E ESPAÇO - ESCALA**

# Origem do Universo

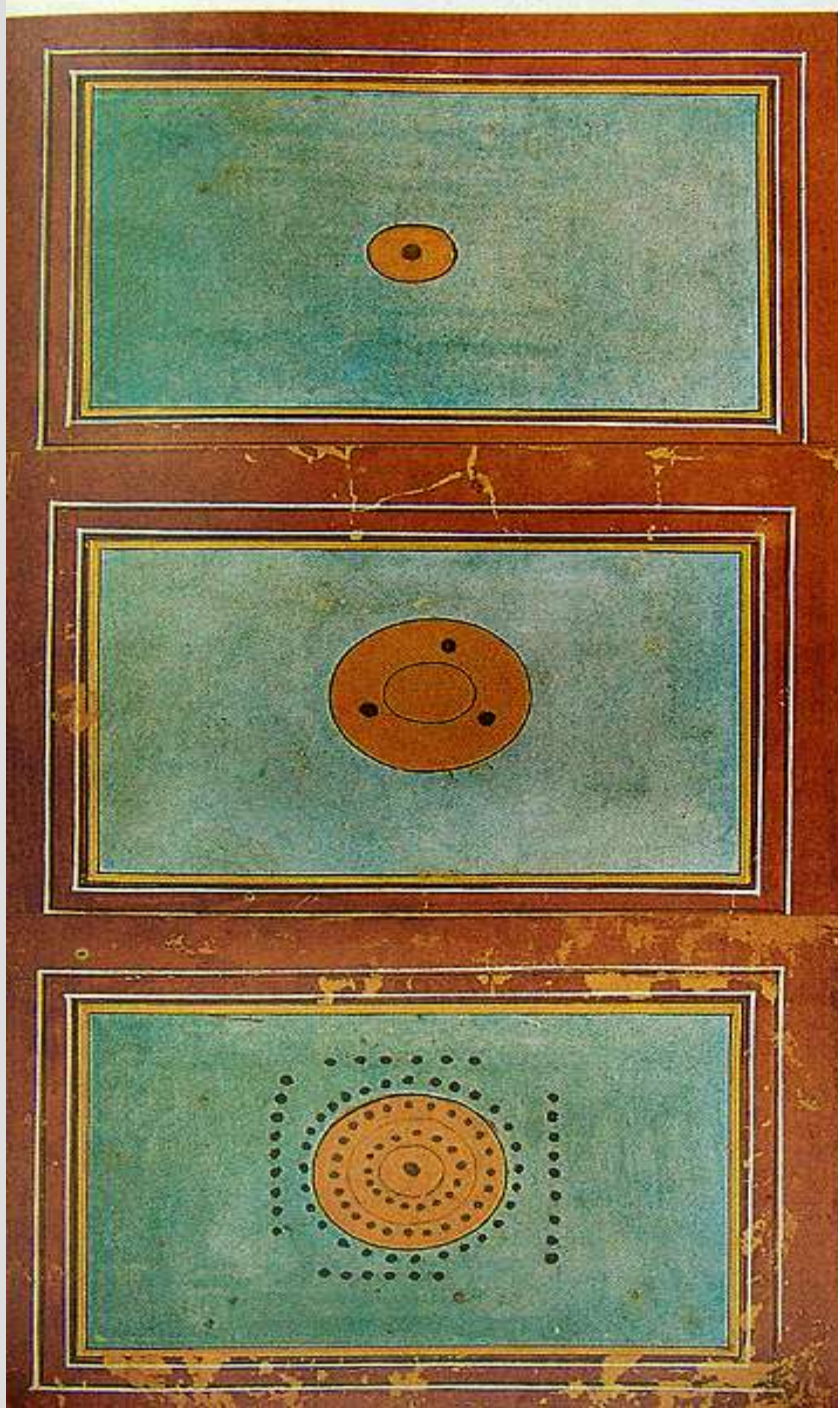
## O Génesis

Segundo a concepção tântrica, um ponto de energia invisível (*bindu*) gera a matéria primordial (*prakriti*), constituída por três qualidades (*gunas*): *sattva* (essência, silêncio), *rajas* (energia, paixão) e *tamas* (substância, inércia)

No início da criação, as três encontravam-se em equilíbrio; foi a sua desarmonia que deu origem à diversidade do universo.

Joyce, em *Finnegans Wake*, estabelece um paralelismo entre as *gunas* e as quatro essências de Blake (*Zoas*, cf. pp. 652-653).

Pintura, Rajasthan, c. século XVIII



# Mitologia grega

No princípio havia o **Caos**, e em algum momento surgiu Erebus, o lugar desconhecido onde a morte mora. Havia apenas silêncio e vazio. Então, o Amor nasce produzindo um início de ordem, e se faz **Luz** e Dia, e a **Terra (Gaia)** aparece.



Figura de Tritão simbolizando a Criação do Mundo



Brahma, o Criador - É a pura expressão da existência, beatitude e sabedoria. É a causa primeira da origem do Universo. As quatro cabeças de Brahma, o criador, simbolizam os **quatro pontos cardeais**





Oxalá - orixá  
associado à criação  
do mundo e da  
espécie humana.

# Bíblia

- Gênesis
- Criacionismo
- Dilúvio
- Chuvas de fogo e cinzas
- Terremotos

# Genesis

CAPO I.

Creazione del mondo e dell'uomo.

- N**el principio creò Dio il cielo e la terra.<sup>1</sup>  
2. E la terra era informe e vèta, e le tenebre erano sopra la faccia dell'abissi: e lo spirito di Dio si movea sopra le acque.  
3. E Dio disse: Sia fatta la luce. E la luce fu fatta.  
4. E Dio vide che la luce era buona. E divise la luce dalle tenebre.<sup>5</sup>  
5. E la luce nominò giorno, e le tenebre notte. E della sera e della mattina si compì il primo giorno.  
6. Disse ancora Dio: Sia fatto il firmamento nel mezzo alle acque, e separi acque da acque.  
7. E fece Dio il firmamento, e separò le acque che erano sotto il firmamento da quelle che erano sopra il firmamento. E fu fatto così.  
8. E al firmamento diede Dio il nome di cielo. E della sera e della mattina si compì il secondo giorno.  
9. Disse ancora Dio: Si radunino le acque che sono sotto il cielo in un sol luogo, e l'arida apparisca. E così fu fatto.  
10. E all'arida diede Dio il nome di terra, e le rimate delle acque le chiamò mari. E Dio vide che ciò bene stava.  
11. E disse: La terra germini erba verdeggianta e che faccia il seme, e piante fruttifere che diano il frutto secondo la specie loro, che in se stesse contengano la lor semenza sopra la terra. E così fu fatto.  
12. E la terra produsse l'erba verdeggiante e che fa il seme secondo la sua specie; e piante che danno frutto, e delle quali ognuna ha la propria semenza secondo la sua specie. E vide Dio che ciò bene stava.  
13. E della sera e della mattina si compì il terzo giorno.  
14. E disse Dio: Sieno fatti i luminari nel firmamento del cielo, e distinguano il dì e la notte, e segnino le stagioni, i giorni e gli anni.  
15. E risplendano nel firmamento del cielo, e illuminino la terra. E così fu fatto.

Nel principio Dio creò...

Abbas - BM. Trinitaria -  
ms. 2119 - fol. 4 R.

Note Capo I.

<sup>1</sup> Dunque il mondo non è sempre stato, e non è da sé, ma nel tempo da Dio creato. Create è fatto che, senza alcun preesistente, sia ciò che prima non era. E' questa l'azione propria di Dio solo, trarre gli enti dal nulla.  
<sup>2</sup> La luce, di cui parla la Genesi, non è che un'immensa massa luminosa, da cui appresso il Creatore tira il sole e tutti i corpi celesti che hanno la proprietà di risplendere.

## Criação do universo e do mundo – Gênesis

### Esferas celestes

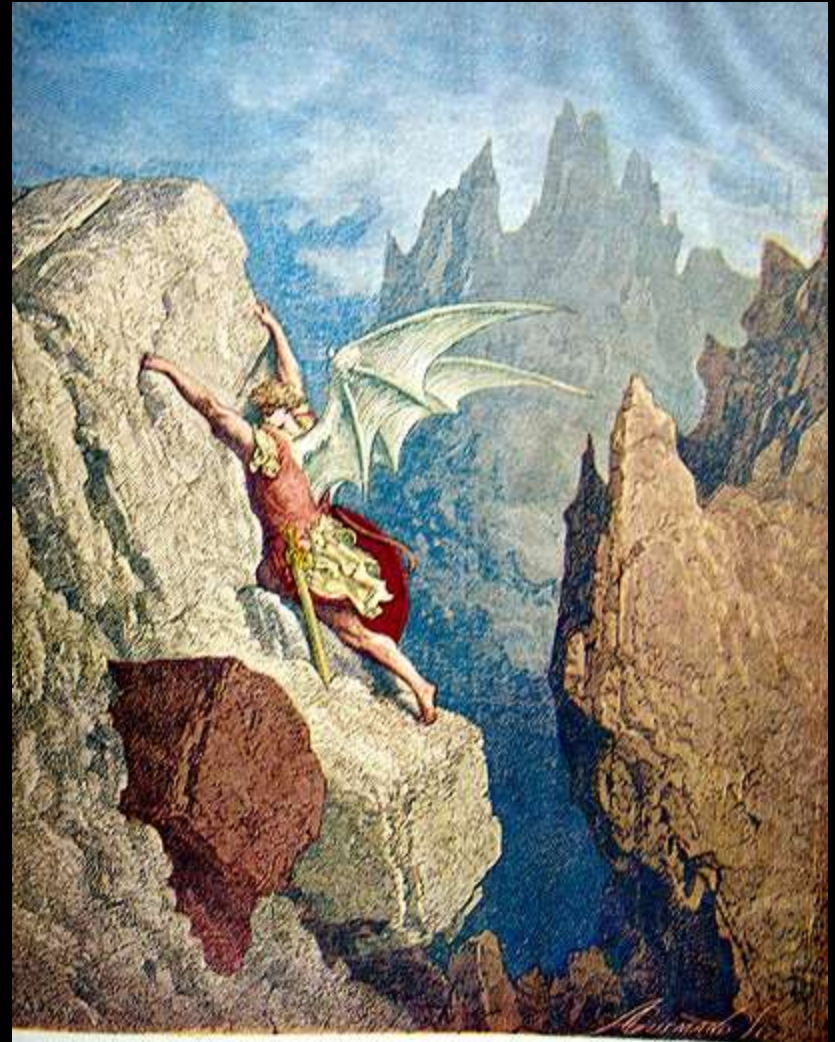


# Dante Alighieri e John Milton



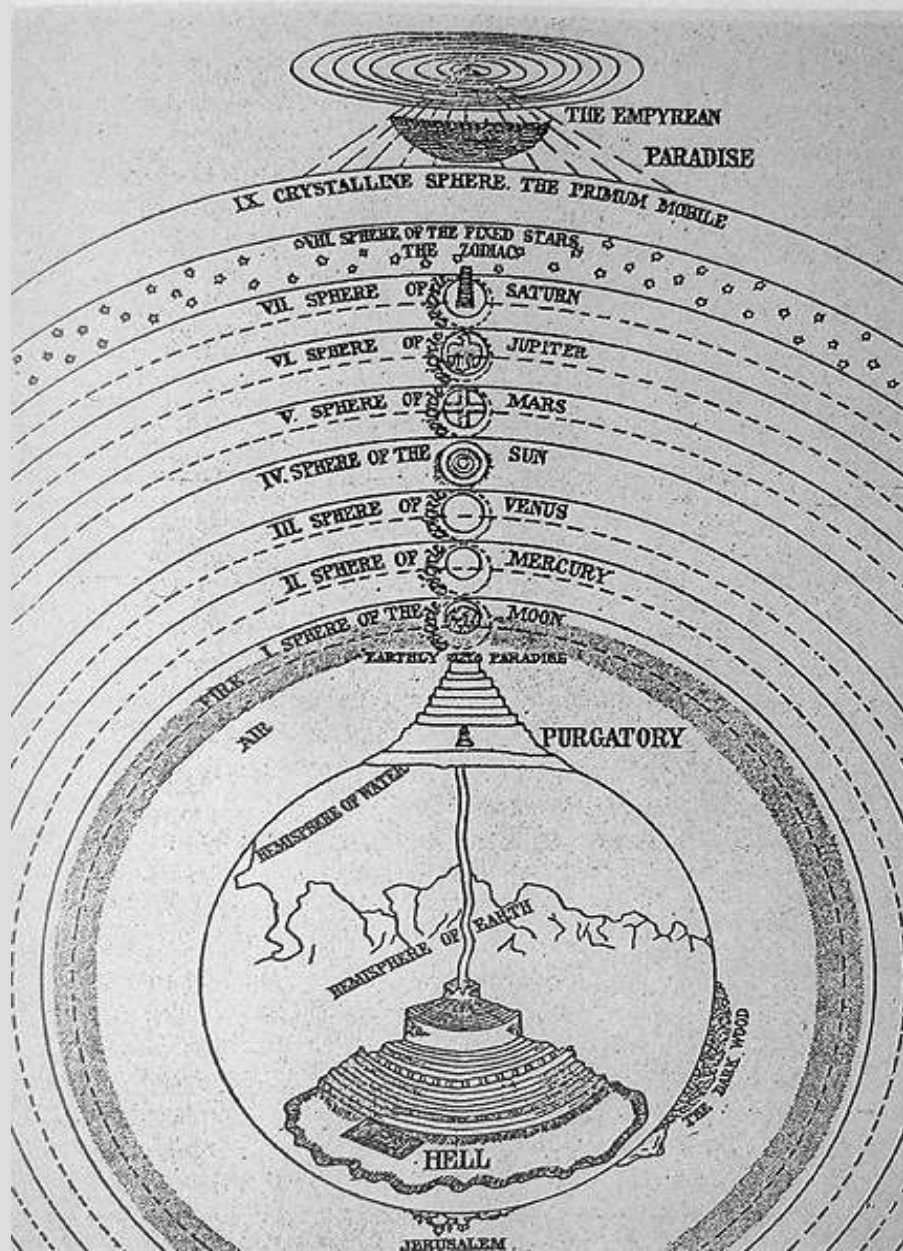
LOS PRECIPITÓ A TODOS ABRASADOS EN VIVAS LLAMAS.

*(Libro I).*



LOGRA TAMBIÉN VENCER LOS HONDOS VALLES, LOS ERGIDOS MONTES,

*(Libro II).*



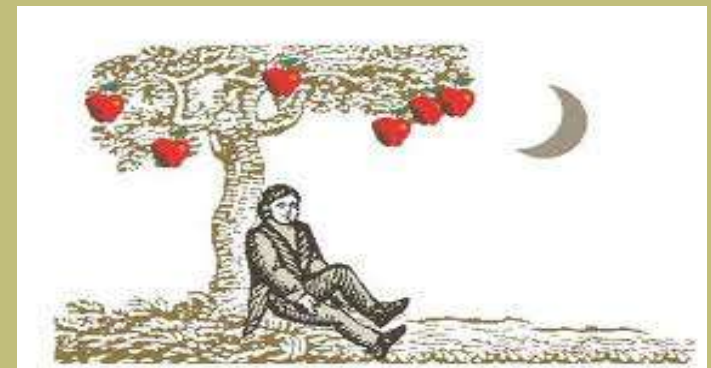
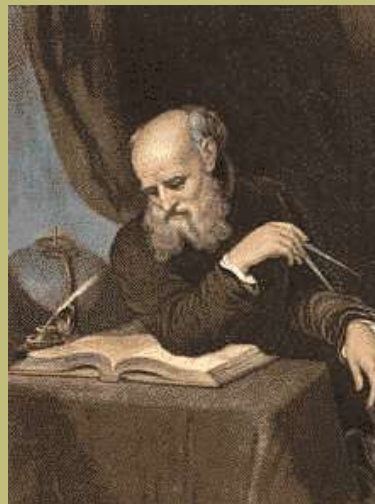
## O Locus Terrenus

Na *Divina Comédia* de Dante (1307-1321), a alma, na sua peregrinação, ascende do reino dos Infernos, cuja forma cônica se projecta no interior da terra, através da Montanha da Purificação e das nove esferas dos planetas, das estrelas e da esfera de cristal, todos eles mantidos em movimento pelos anjos, até chegar ao Paraíso, onde encontra o seu refúgio na rosa branca celeste, iluminada pela luz divina.

*Michelangelo Cacciani, La Materia della Divina Commedia di Dante Alighieri, 1855*

## Renascimento e ciência

- Iluminismo
- Alquimia
- Galileu
- Newton...
- Fundamentos da ciência



# Geologia moderna – pensamento científico

- **James Hutton** (1726 - 1797) - Pai da Geologia

“Theory of the Earth - 1785

*“...sem vestígio de um começo, sem perspectiva de um fim...”*

*Cronologia longa e renovação da Terra*

- **Abraham Werner** (1750 - 1817)

Netunismo - todas as rochas seriam de origem sedimentar

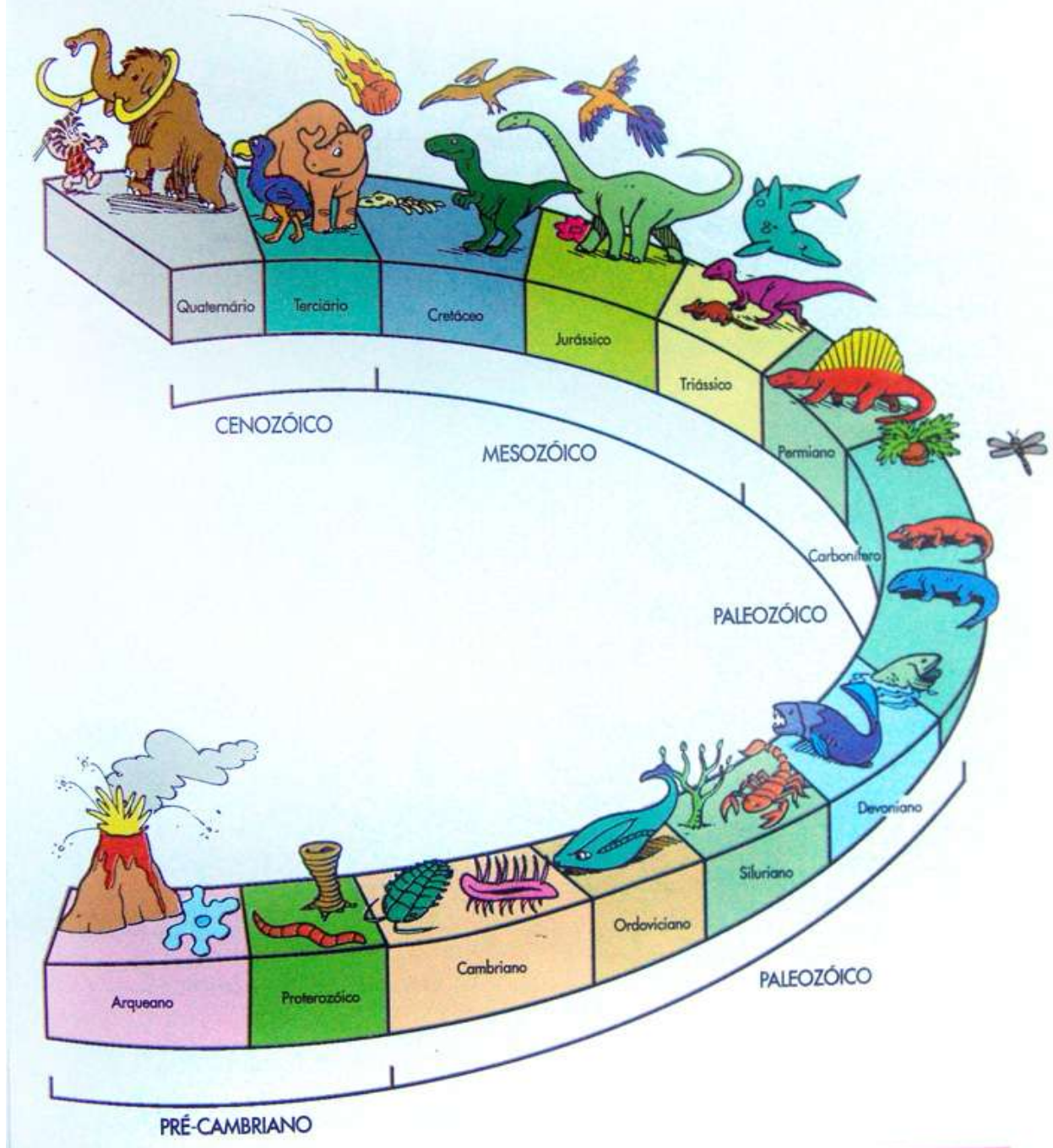
Vulcões seriam produtos da queima de carvão

- **William Smith** (1769 - 1839) Primeiro mapa geológico, Grã Bretanha  
agrônomo      Fósseis - Sucessão de faunas – Correlações de estratos

- **Charles Lyell** (1797 - 1875) - “Principles of Geology”, 1830

“O presente é a chave para o passado”

# O Tempo Geológico





"Longe, ao norte, numa terra chamada Svythygh existe uma rocha com cem milhões de braças de altura e cem milhões de braças de largura.

**Uma vez a cada milênio, um passarinho vem afiar seu bico.**

Quando a rocha tiver sido assim totalmente desgastada, então **um único dia** da eternidade ter-se-á escoado".

Lenda escandinava

# O tempo – campo da filosofia

- Confissões de Santo Agostinho – ano 398
- Existe um presente?
- O presente para ser tempo tem necessariamente de passar para o pretérito.
- A causa de sua existência é a mesma pela qual deixará de existir?

Campo da geologia

## O tempo – quarta dimensão

Nada é estático!!



*O cômputo da Idade da Terra*

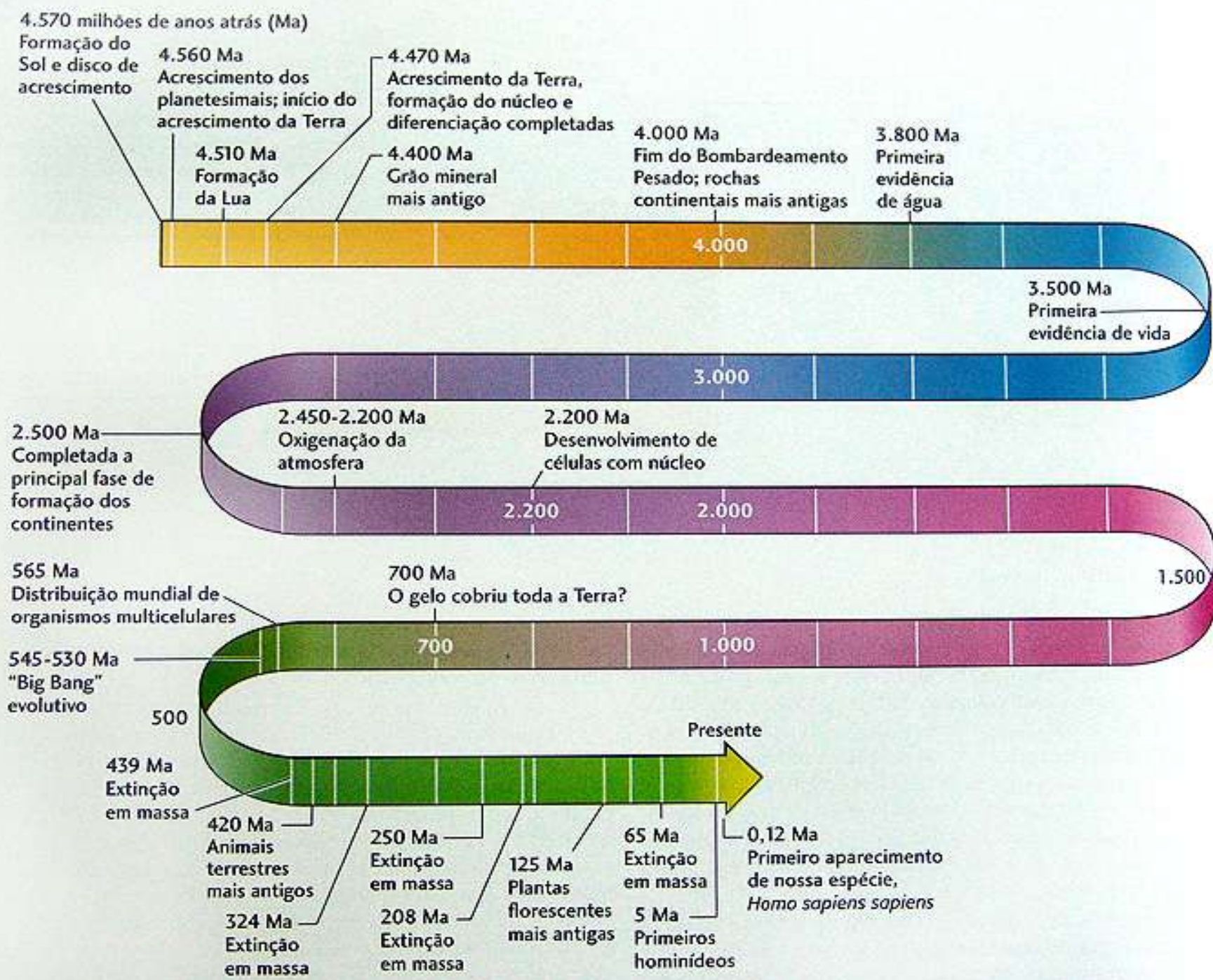
<i>Da Criação até o Dilúvio</i>	<i>1.656 anos</i>
<i>Do Dilúvio até Abraão</i>	<i>292</i>
<i>Do Nascimento de Abraão até Êxodo do Egito</i>	<i>503</i>
<i>Do Êxodo até a Construção do Templo</i>	<i>481</i>
<i>Do Templo até o Cativoiro</i>	<i>414</i>
<i>Do Cativoiro até o Nascimento de Jesus Cristo</i>	<i>614</i>
<i>Do Nascimento de Jesus Cristo até hoje</i>	<i>1.560</i>
<i>Idade da Terra</i>	<i>5.520 anos</i>

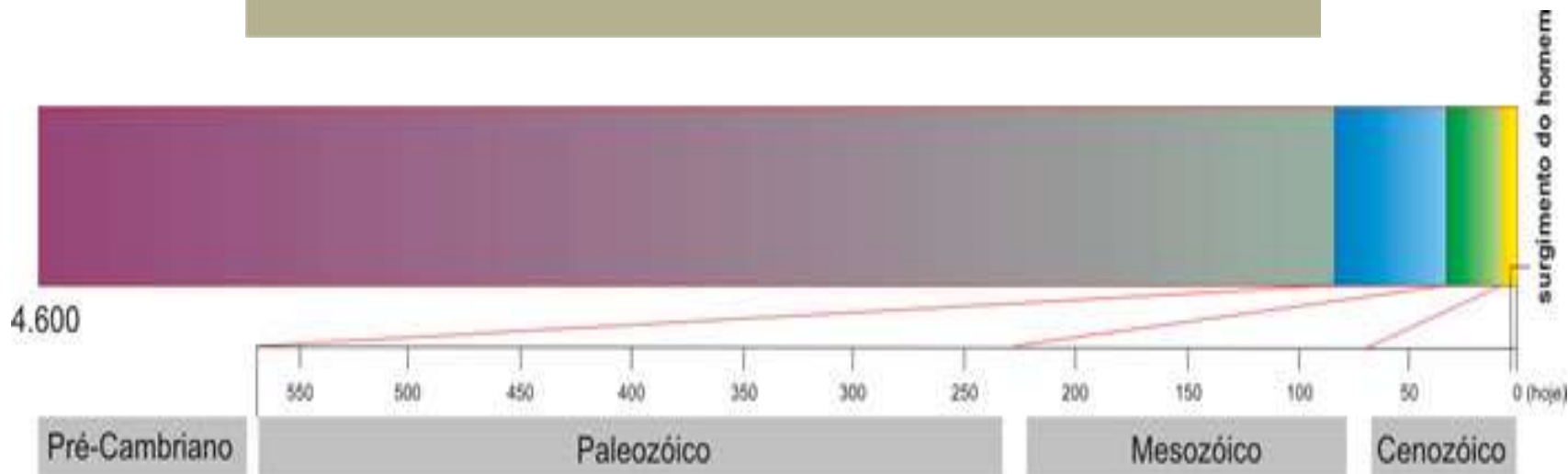
O conceito  
medieval da idade  
da Terra.

Publicado na  
Crônica de Cooper,  
Londres, 1560.

Cálculo detalhado  
do arcebispo  
John Usher

- Sabemos do tempo pelo que está registrado
- Livros, vestígios e... rochas
- Passado pode ser medido
- Presente é efêmero
- Futuro é conjecturado com base no passado





# Ciência moderna

## Astronomia e Geologia

### “Big Bang”

A teoria mais aceita para a origem do universo propõe que ele seja o resultado duma grande explosão, logo após a qual a **matéria estava extremamente densa**, comprimida e quente. Essa matéria primordial era composta, principalmente, de partículas elementares, como quarks e elétrons

## ESCALA DE GRANDEZA DIFERENTE DA ESCALA HUMANA

### Tempo de viagem a partir da Terra

Lua – 2 dias

Marte – 18 meses

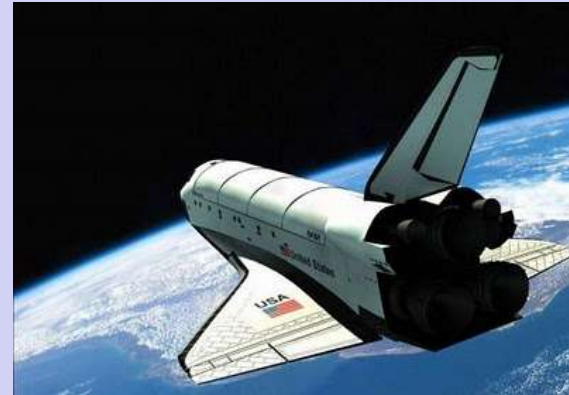
Júpiter – 2 anos

Saturno – 4 anos

Plutão – 20 anos

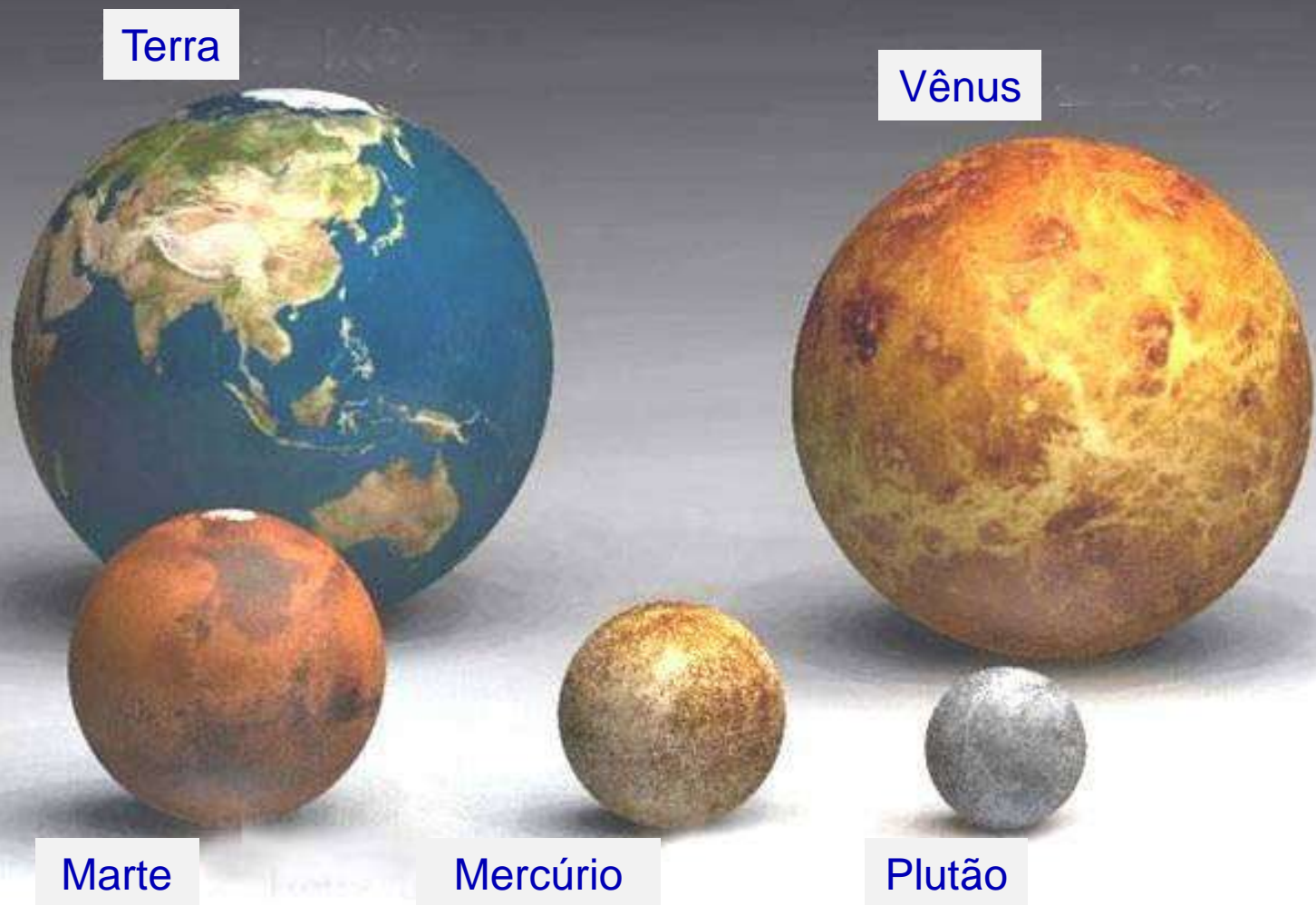
Estrela mais próxima – 100 mil anos

Galáxia mais próxima – 50 bilhões de anos





## ESCALA DE GRANDEZA DIFERENTE DA ESCALA HUMANA



# ESCALA DE GRANDEZA DIFERENTE DA ESCALA HUMANA

Júpiter

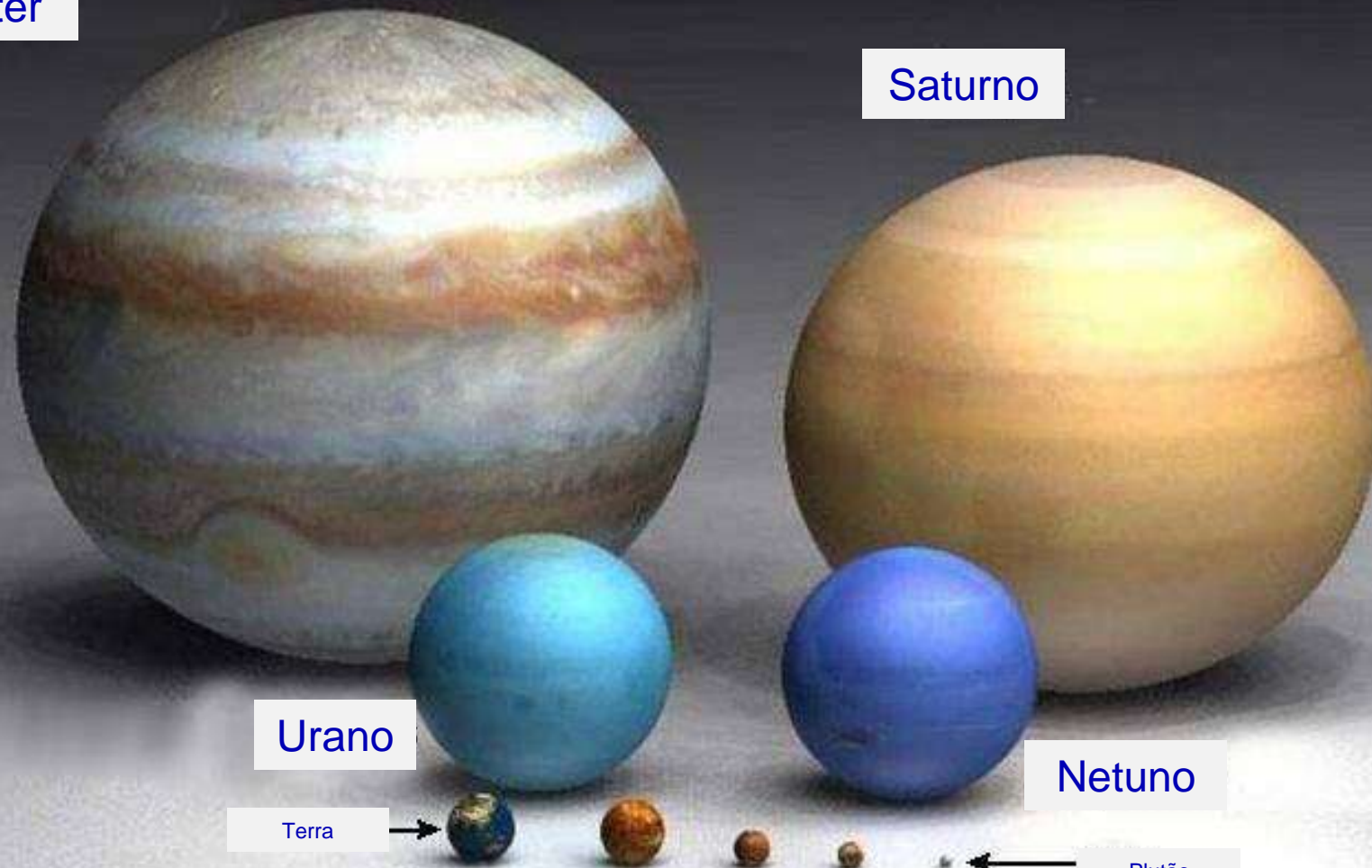
Saturno

Urano

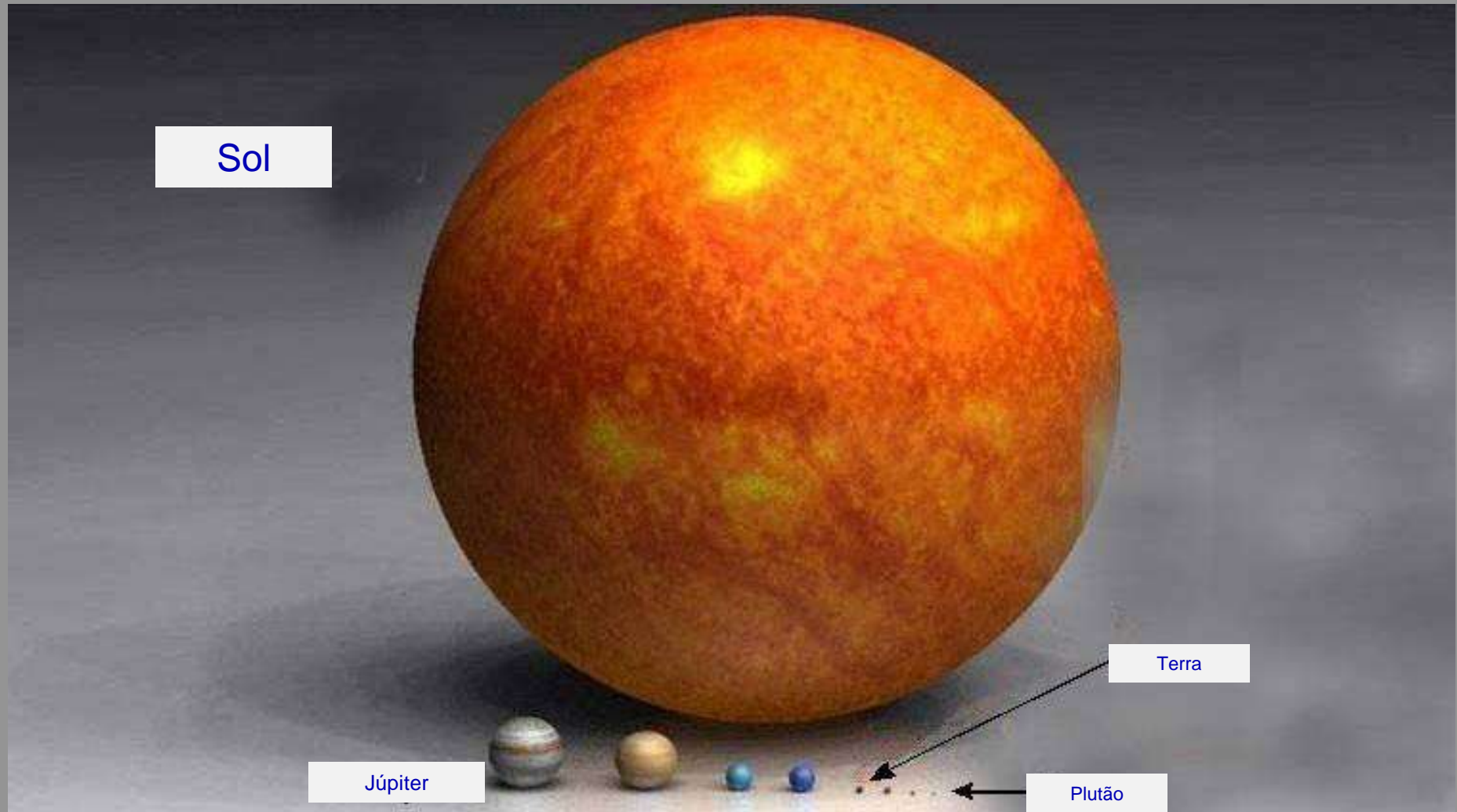
Netuno

Terra

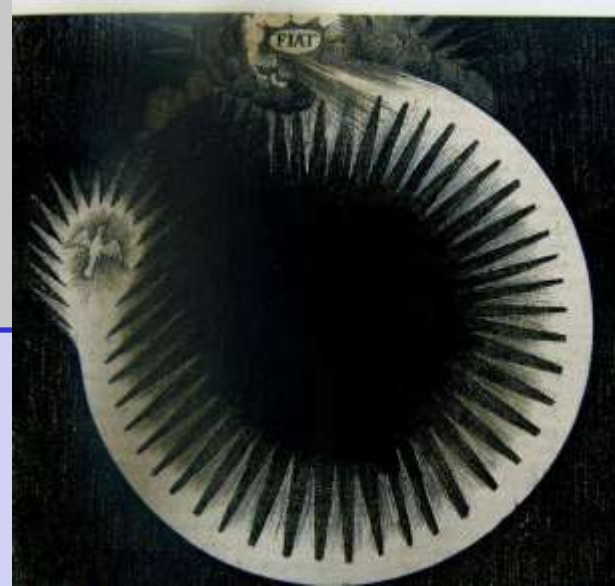
Plutão



# ESCALA DE GRANDEZA DIFERENTE DA ESCALA HUMANA



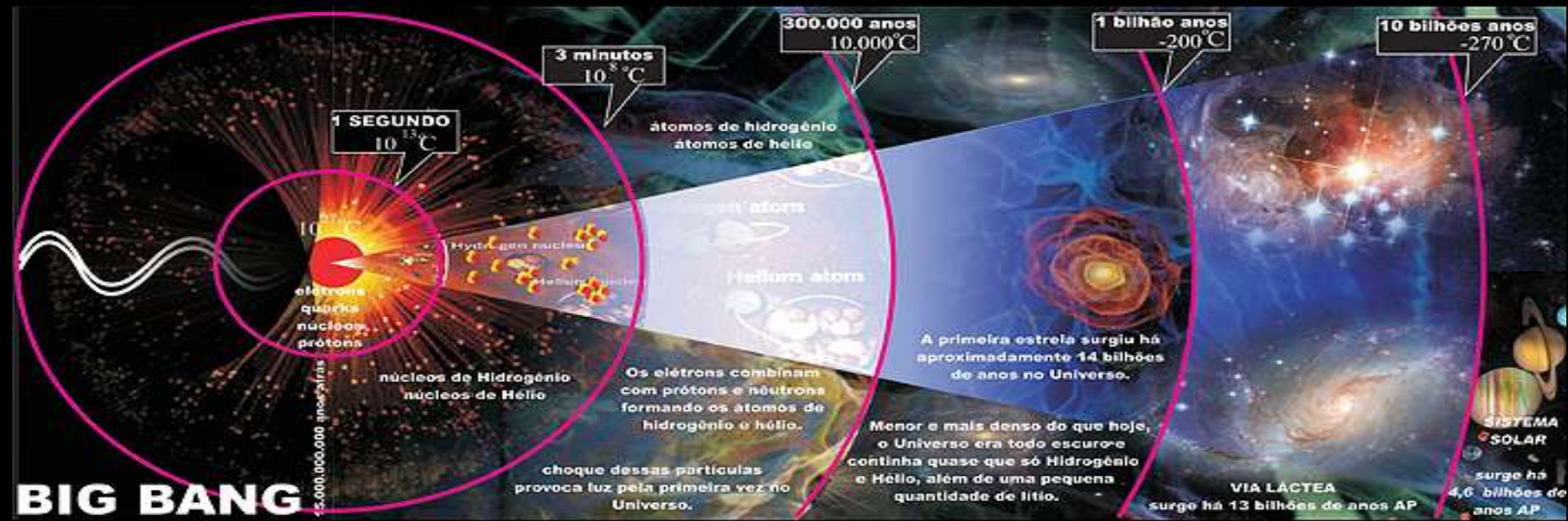
- Tempo-espaço de Einstein
- Supõe um início = tempo 0
- A existência de luz no tempo?
- O que havia antes do tempo 0?
- Base do raciocínio religioso
- Universo com 13,7 bilhões de anos



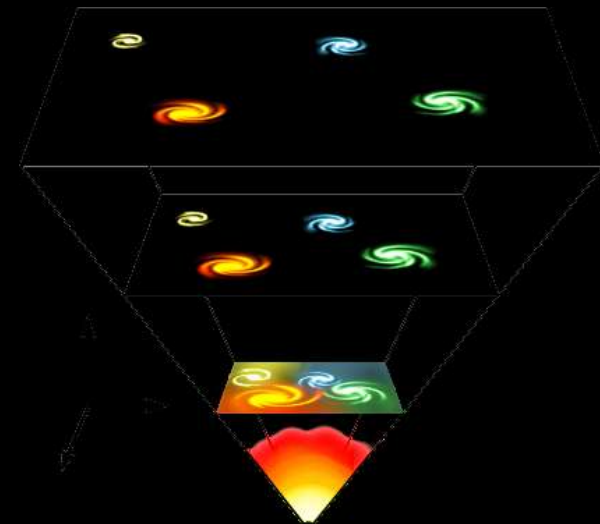
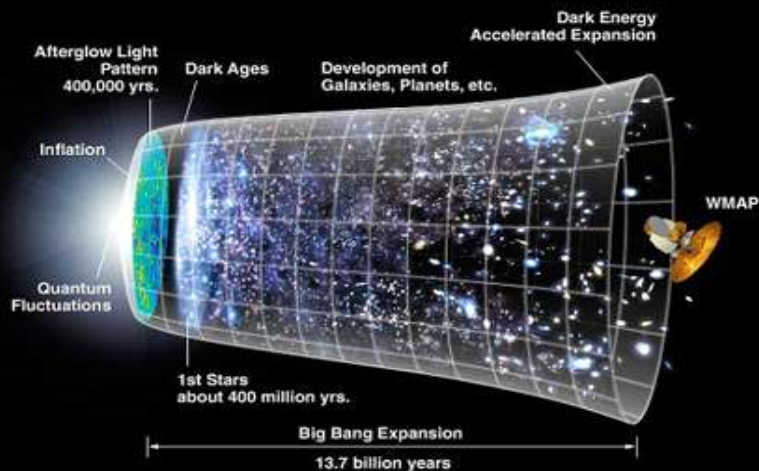
O primeiro dia da criação:

«Faça-se Luz!», disse Deus e de imediato a luz (...) jorrou das profundezas e, vinda do seu assento no Oriente, iniciou a viagem através do ar escuro, envolvida numa nuvem clara, porque ainda não existia um Sol (...).» (John Milton, *Paradise Lost*, 1667)

A pomba é o espírito de Deus.



De acordo com o modelo do Big Bang, o Universo se expandiu a partir de um estado extremamente denso e quente e continua a se expandir atualmente.



# THE BIG BANG THEORY

TIME BEGINS

ONE SECOND

PRESENT DAY

Time  $10^{-43}$  sec.  
Temperature

$10^{-32}$  sec.  
 $10^{27}$ °C

$10^{-6}$  sec.  
 $10^{13}$ °C

3 min.  
 $10^8$ °C

300,000 yrs.  
 $10,000$ °C

1 billion yrs.  
-200° C

15 billion yrs.  
-270° C

**1** The cosmos goes through a superfast "inflation," expanding from the size of an atom to that of a grapefruit in a tiny fraction of a second

**2** Post-inflation, the universe is a seething, hot soup of electrons, quarks and other particles

**3** A rapidly cooling cosmos permits quarks to clump into protons and neutrons

**4** Still too hot to form into atoms, charged electrons and protons prevent light from shining; the universe is a superhot fog

**5** Electrons combine with protons and neutrons to form atoms, mostly hydrogen and helium. Light can finally shine

**6** Gravity makes hydrogen and helium gas coalesce to form the giant clouds that will become galaxies; smaller clumps of gas collapse to form the first stars

**7** As galaxies cluster together under gravity, the first stars die and spew heavy elements into space; these will eventually form into new stars and planets

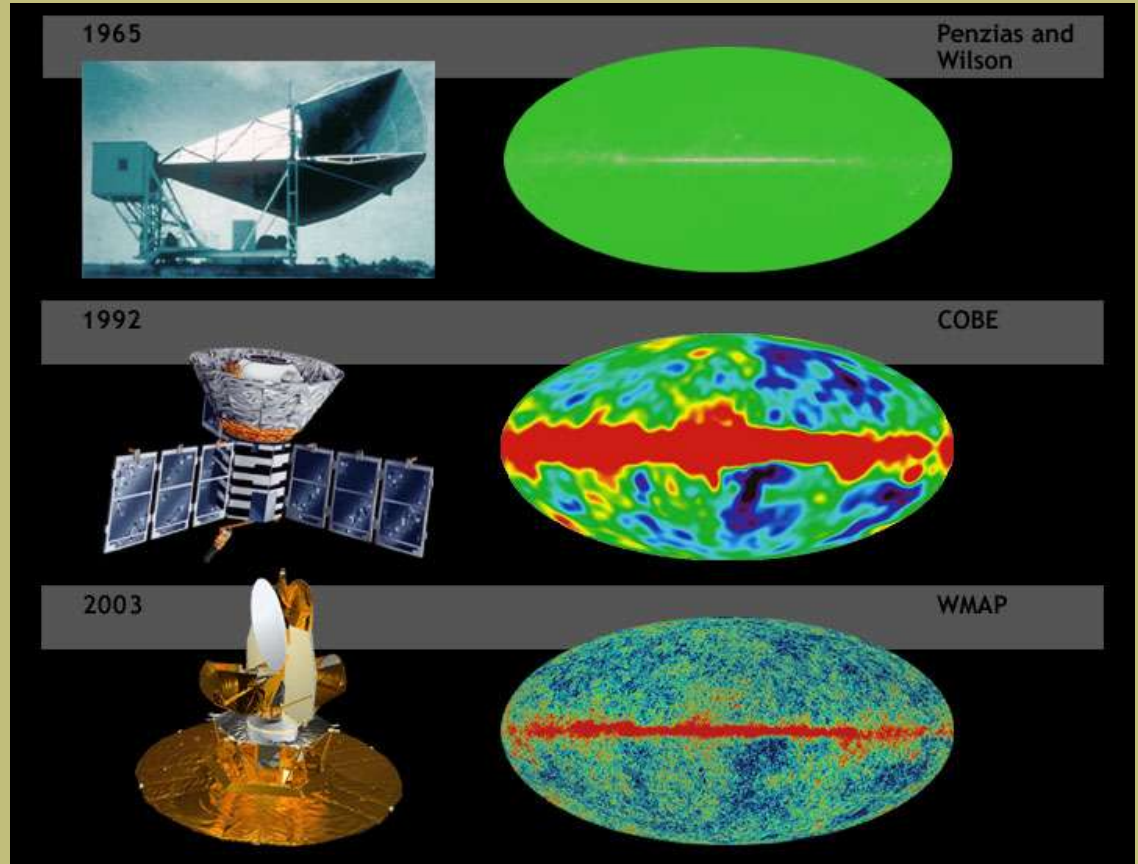
NOTE: The numbers in cosmology are so great and the numbers in subatomic physics are so small that it is often necessary to express them in exponential form. Ten multiplied by itself, or 100, is written as  $10^2$ . One thousand is written as  $10^3$ . Similarly, one-tenth is  $10^{-1}$ , and one-hundredth is  $10^{-2}$ .

Source: *The Birth of the Universe*; *The Kingfisher Young People's Book of Space*

TIME Graphic by Ed Gabel

A **nucleossíntese** foi a formação inicial dos primeiros núcleos atômicos elementares (**hidrogênio e hélio**). Ela ocorreu porque a atuação da Força Nuclear Forte acabou atraindo prótons e nêutrons que se comprimiram em núcleos primitivos

Isso se deu em torno de 10 mil anos após o impulso inicial. Com a queda da temperatura universal, os núcleos atômicos recém-formados se ligaram aos elétrons, formando assim **átomos completos de hidrogênio, hélio e lítio**



Radiação de Fundo resultante do Big Bang – sinais do início do universo!

Informações trazidas  
por meteoritos

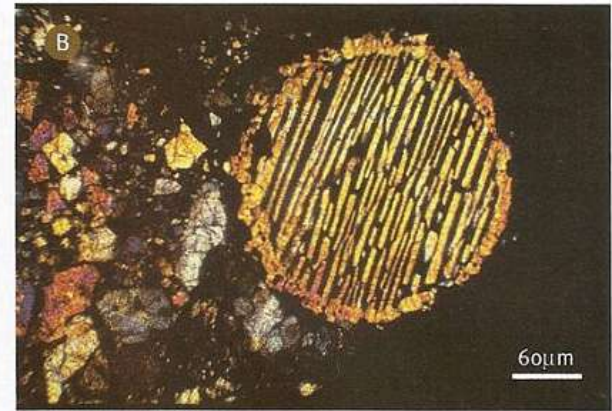
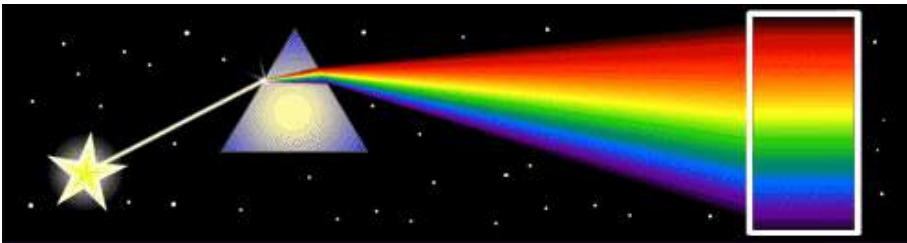


Figura 4. Os diferentes tipos de meteoritos, bem como os objetos incrustados neles, nos dão informação sobre a formação e a evolução da nebulosa solar. Em A, imagem feita por microscópio óptico de duas inclusões ricas em cálcio (Ca) e alumínio (Al) do meteorito Allende. As inclusões representam um dos primeiros objetos a se formar nessa nebulosa. Em B, imagem obtida por microscópio óptico de uma côndrula, em forma de barra, do condrito Mezó-Madaras (L3.7). Sua presença levanta a questão sobre a presença de líquidos nos instantes iniciais da formação do sistema solar. Em C, o meteorito Eagle Station, do tipo palasito, pertencente à coleção do Museu de História Natural, em Viena, consiste em cristais de olivina incrustados em metal, o que levanta a questão sobre como permaneceriam juntos materiais de densidade tão diferentes. Em D, microfotografia do meteorito de ferro Udeï Station (IAB), encontrado em 1927, no rio Benue (Nigéria). Na imagem, observam-se cristais perfeitos de silicatos (no caso, objetos coloridos brilhantes) incrustados no metal

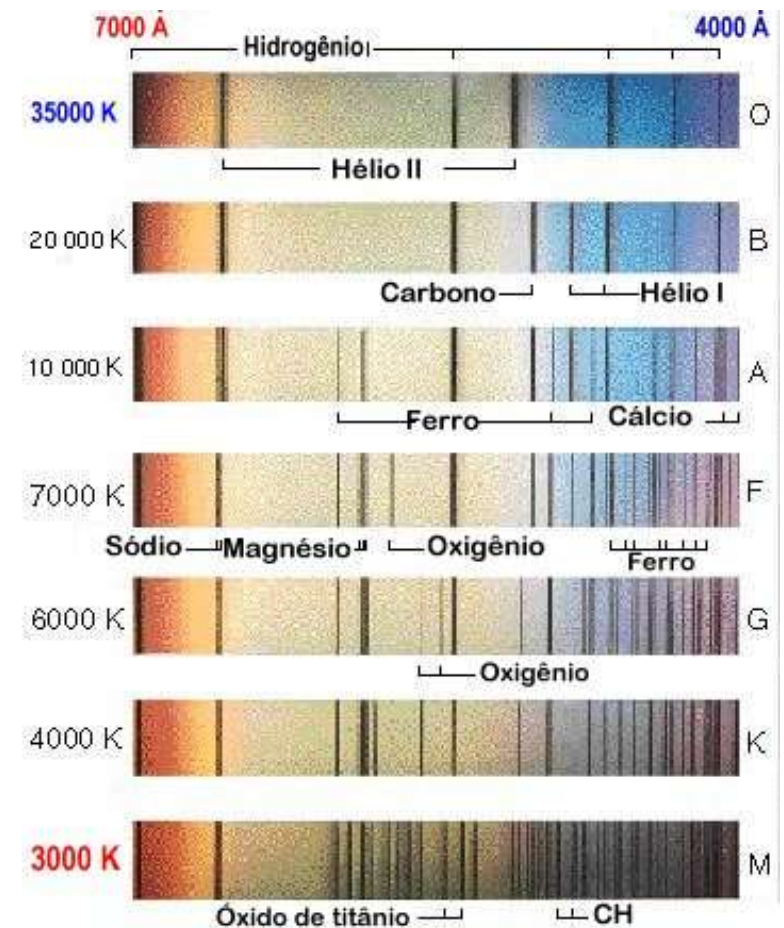
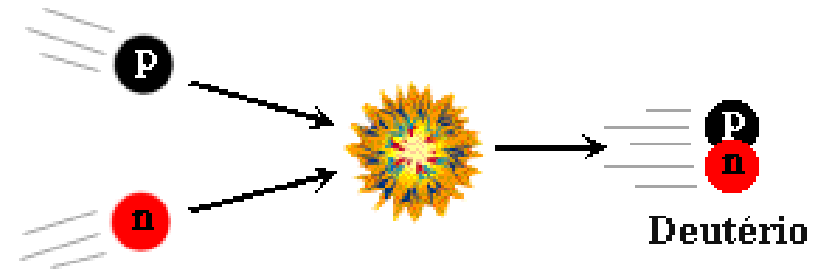


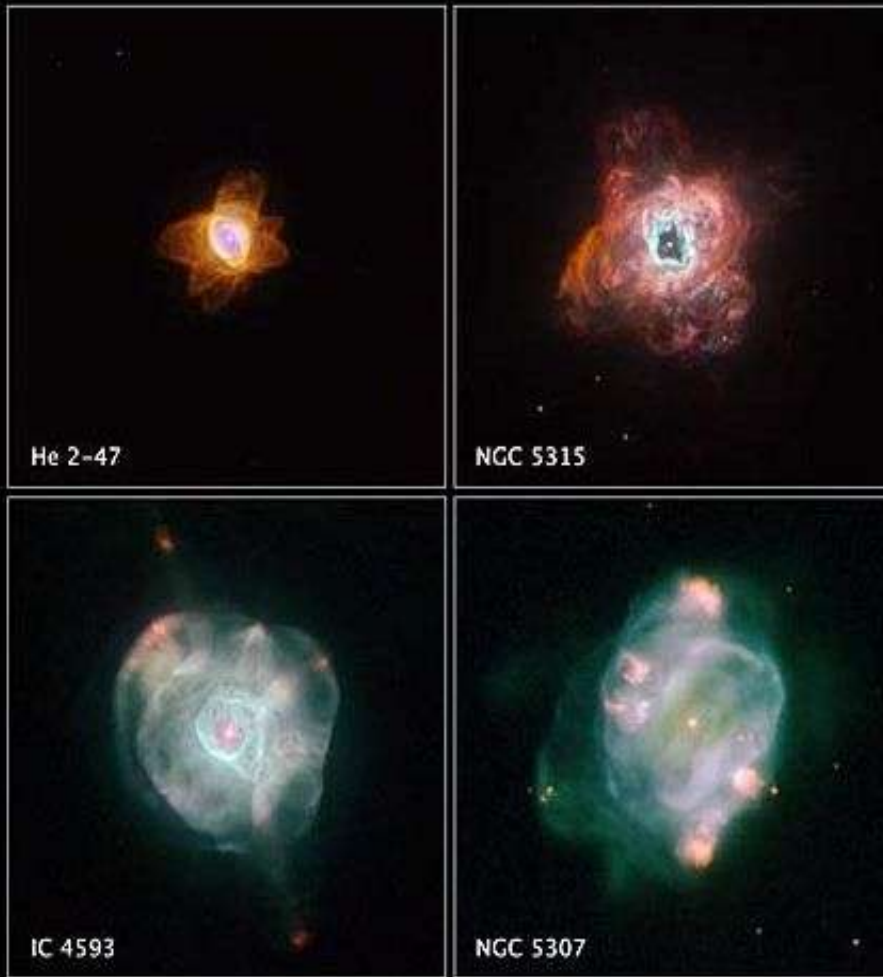
Pesquisas realizadas nos últimos trinta anos, consideram duas principais fontes responsáveis pela síntese dos elementos químicos:

1. Nucleosíntese durante o Big Bang;
2. Nucleosíntese durante a evolução estelar.



Os elementos mais pesados do que o lítio foram **sintetizados nas estrelas**. Durante os últimos estágios da evolução estelar, muitas das estrelas compactas queimaram e formaram o **carbono (C)**, o **oxigênio (O)**, o **silício (Si)**, o **enxofre (S)** e o **ferro (Fe)**.





Os destroços de explosões de supernovas sofreram influência de forças gravitacionais e produziram uma nova geração de estrelas.

Alguns desses destroços são coletados por pequenos corpos que entram em órbita em torno de uma estrela. Estes corpos são os planetas, e um deles é a terra.

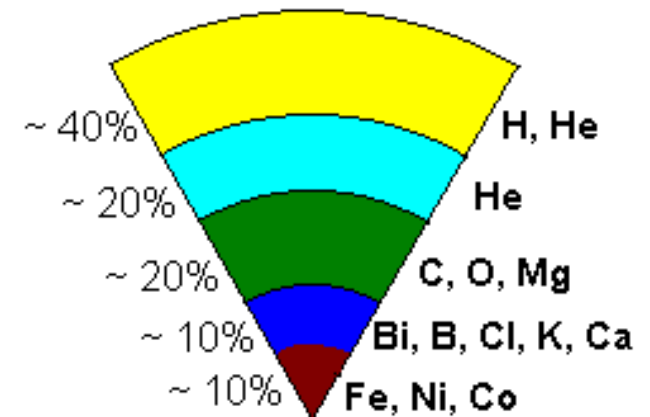
**Toda a matéria na terra, foi formada pelo mecanismo da morte de uma estrela.**

## Abundância de elementos no universo

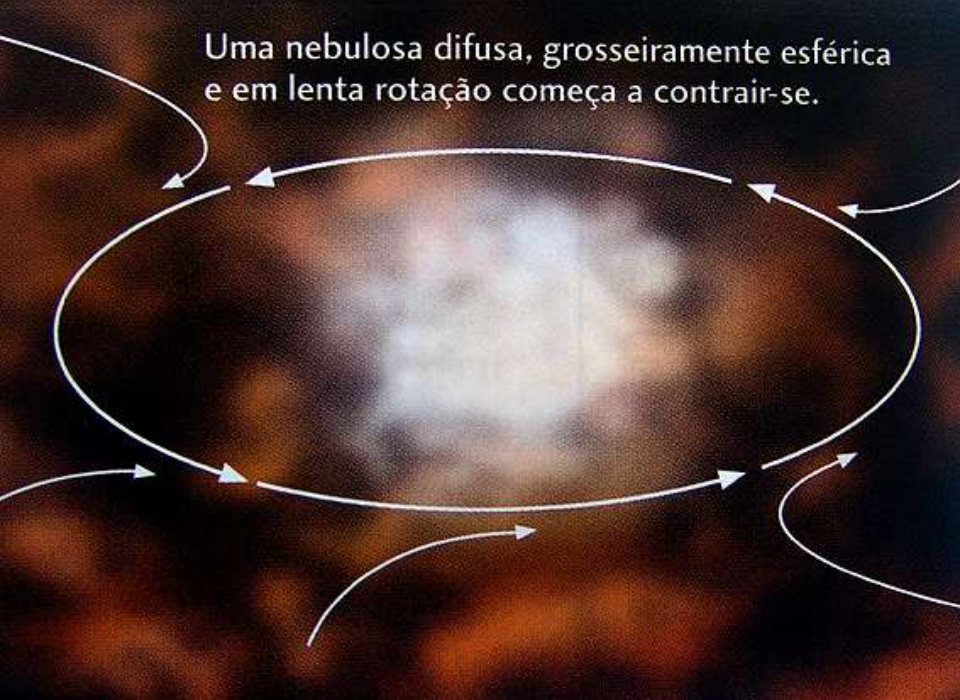
Z	Elemento	Abundância	Z	Elemento	Abundância	Z	Elemento	Abundância
1	H	2,72x10 <sup>9</sup>	29	Cu	514	58	Ce	1,16
2	He	2,18x10 <sup>9</sup>	30	Zn	1260	59	Pr	0,174
3	Li	59,7	31	Ga	37,8	60	Nd	0,836
4	Be	0,78	32	Ge	118	62	Sm	0,261
5	B	24	33	As	6,79	63	Eu	0,0972
6	C	1,21x10 <sup>7</sup>	34	Se	62,1	64	Gd	0,331
7	N	2,48x10 <sup>6</sup>	35	Br	11,8	65	Tb	0,0589
8	O	2,01x10 <sup>7</sup>	36	Kr	45,3	66	Dy	0,398
9	F	843	37	Rb	7,09	67	Ho	0,0875
10	Ne	3,76x10 <sup>6</sup>	38	Sr	23,8	68	Er	0,253
11	Na	5,70x10 <sup>6</sup>	39	Y	4,64	69	Tm	0,0386
12	Mg	1,075x10 <sup>6</sup>	40	Zr	10,7	70	Yb	0,243
13	Al	8,49x10 <sup>6</sup>	41	Nb	0,71	71	Lu	0,0369
14	Si	1,00x10 <sup>6</sup>	42	Mo	2,52	72	Hf	0,176
15	P	1,04x10 <sup>6</sup>	44	Ru	1,86	73	Ta	0,0226
16	S	5,15x10 <sup>7</sup>	45	Rh	0,344	74	W	0,137
17	Cl	5240	46	Pd	1,39	75	Re	0,0507
18	Ar	1,04x10 <sup>8</sup>	47	Ag	0,529	76	Os	0,717
19	K	3770	48	Cd	1,69	77	Ir	0,660
20	Ca	6,11x10 <sup>7</sup>	49	In	0,184	78	Pt	1,37
21	Sc	33,8	50	Sn	3,82	79	Au	0,186
22	Ti	2400 <sup>-1</sup>	51	Sb	0,352	80	Hg	0,52
23	V	295	52	Te	4,91	81	Tl	0,184
24	Cr	1,34x10 <sup>6</sup>	53	I	0,90	82	Pb	3,15
25	Mn	9510	54	Xe	4,35	83	Bi	0,144
26	Fe	9,00x10 <sup>8</sup>	55	Cs	0,372	90	Th	0,0335
27	Co	2250	56	Ba	4,36	92	U	0,0090
28	Ni	4,93x10 <sup>6</sup>	57	La	0,448			

Tabela Periódica dos Elementos

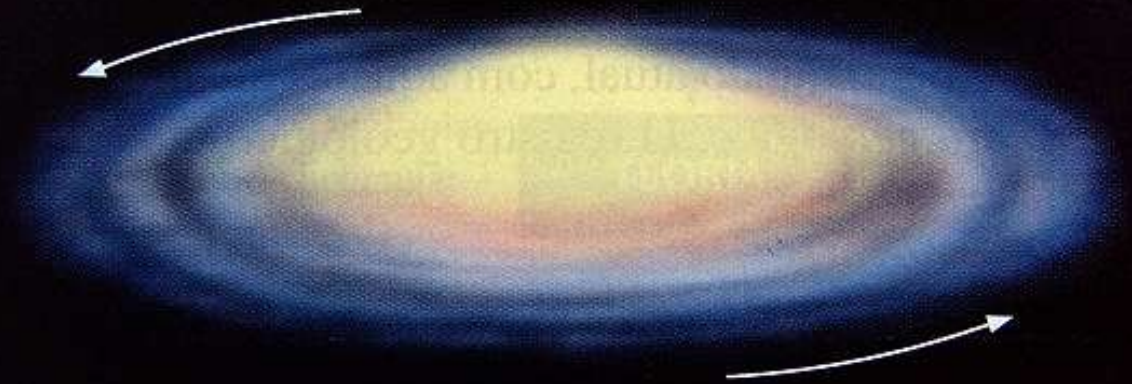
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	Li	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	Na	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	K	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
5	Rb	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6	Cs	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7	Fr	IA	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18



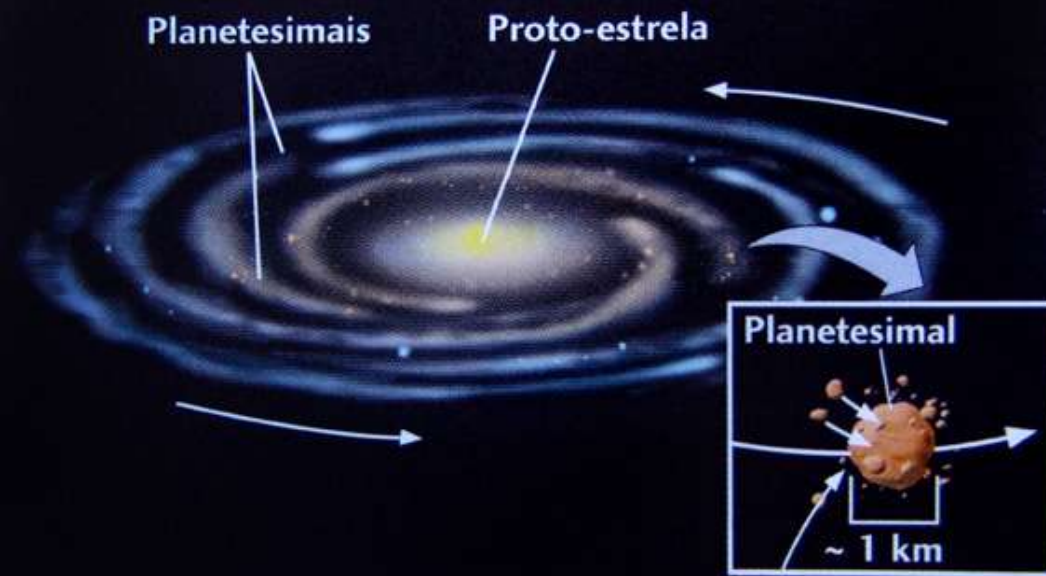
Uma nebulosa difusa, grosseiramente esférica e em lenta rotação começa a contrair-se.



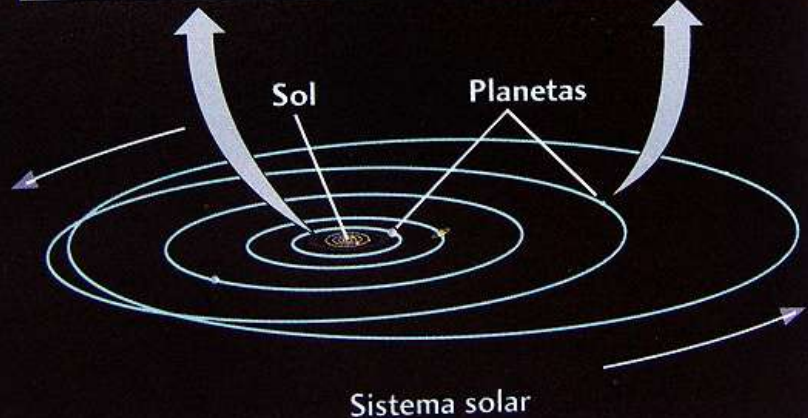
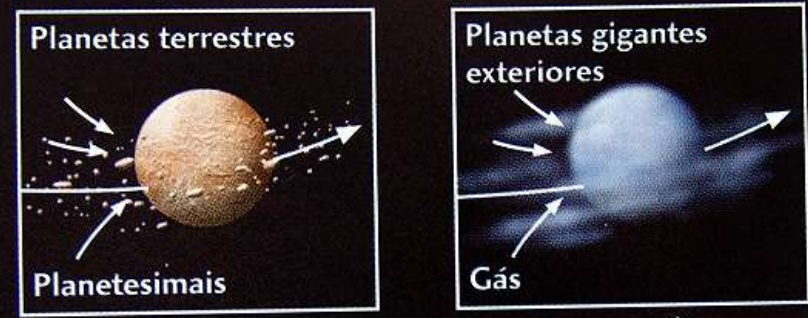
Como resultado da contração e rotação, um disco achatado, girando rapidamente, forma-se com matéria concentrada em seu centro, que se transformará no proto-Sol.



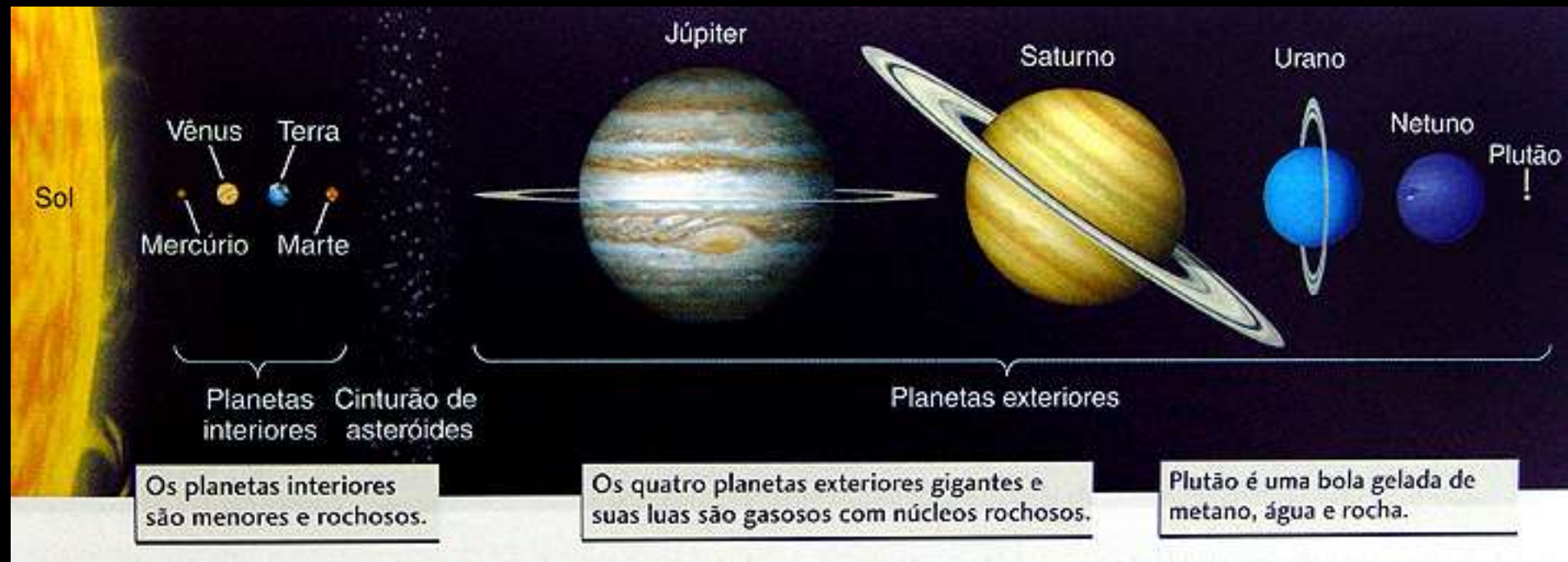
O disco envolvido por gás e poeira forma grãos que colidem e se agregam em pequenos blocos ou planetesimais.



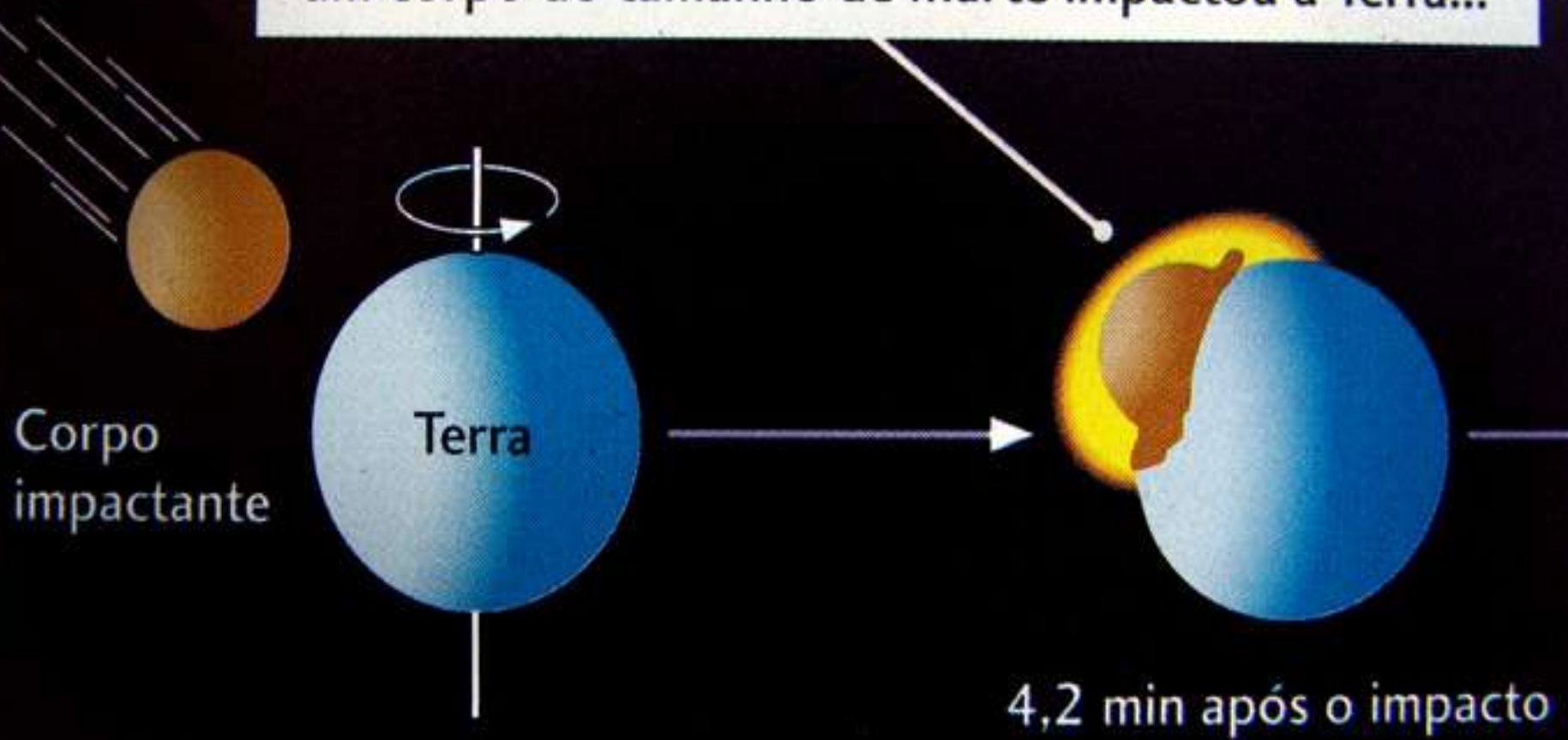
Os planetas terrestres estruturaram-se a partir de múltiplas colisões e crescimento de planetesimais ocasionados pela atração gravitacional. Os planetas gigantes exteriores aumentaram por crescimento de gás.



# Sistema solar



**1** Durante os estágios intermediários e finais do crescimento da Terra, há cerca de 4,5 bilhões de anos, um corpo do tamanho de Marte impactou a Terra...

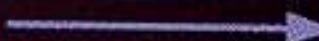


A Lua

**2** ... e o impacto gigante rapidamente ejetou para o espaço uma chuva de detritos tanto do corpo impactante como da Terra.



8,4 min



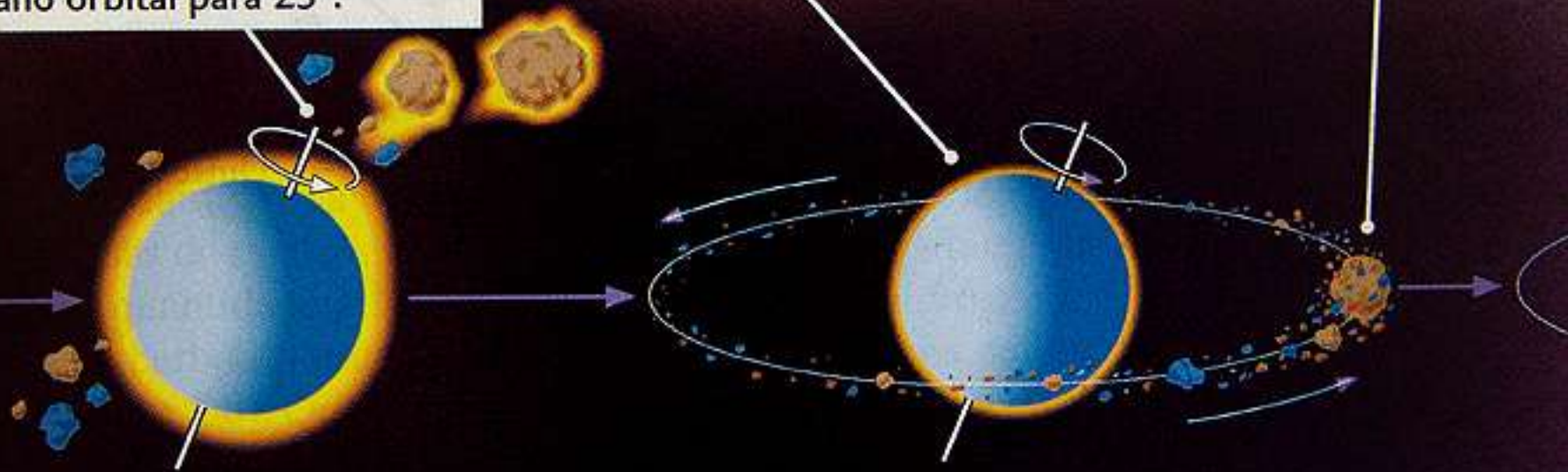
125 min



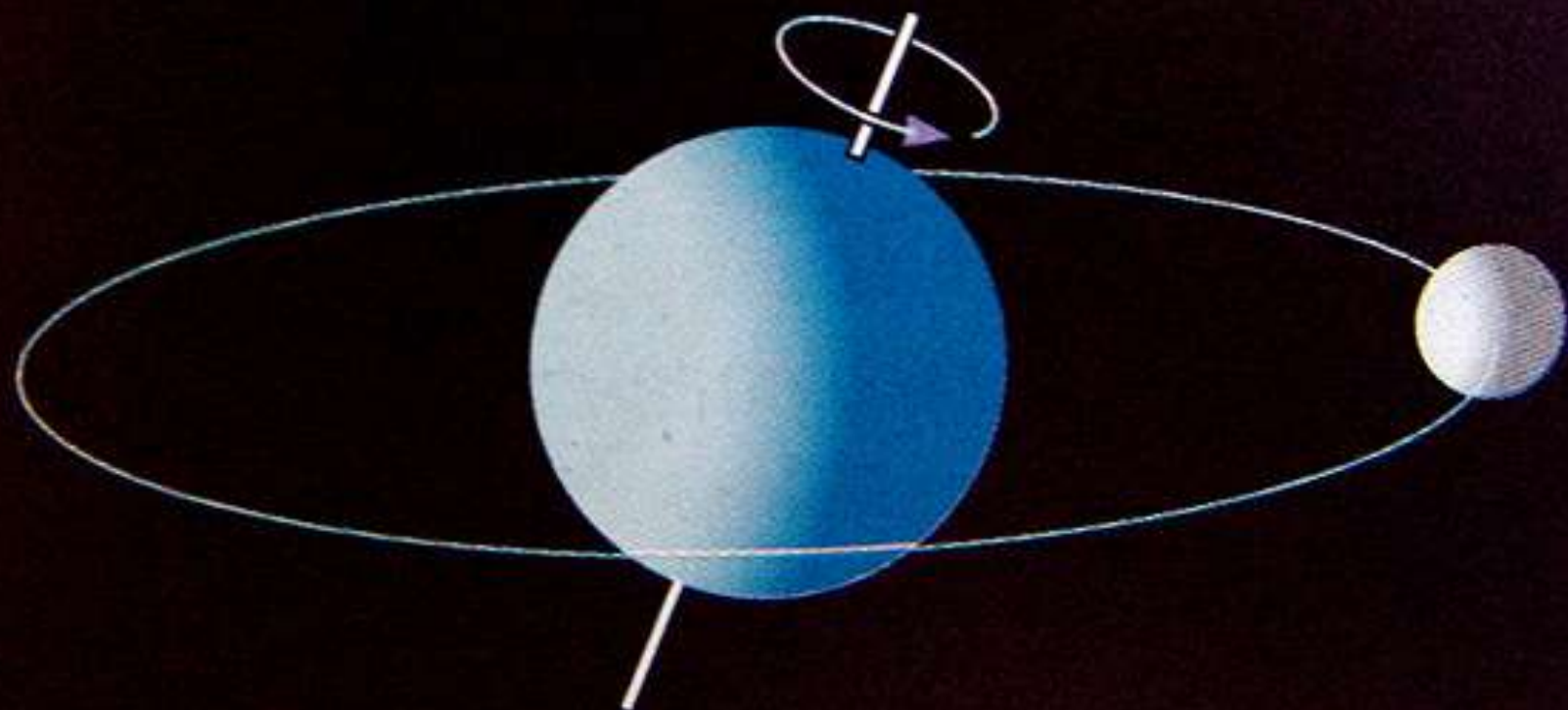
**3** O impacto acelerou a rotação da Terra e inclinou o seu plano orbital para 23°.

**4** A Terra reconstituiu-se como um grande corpo fundido...

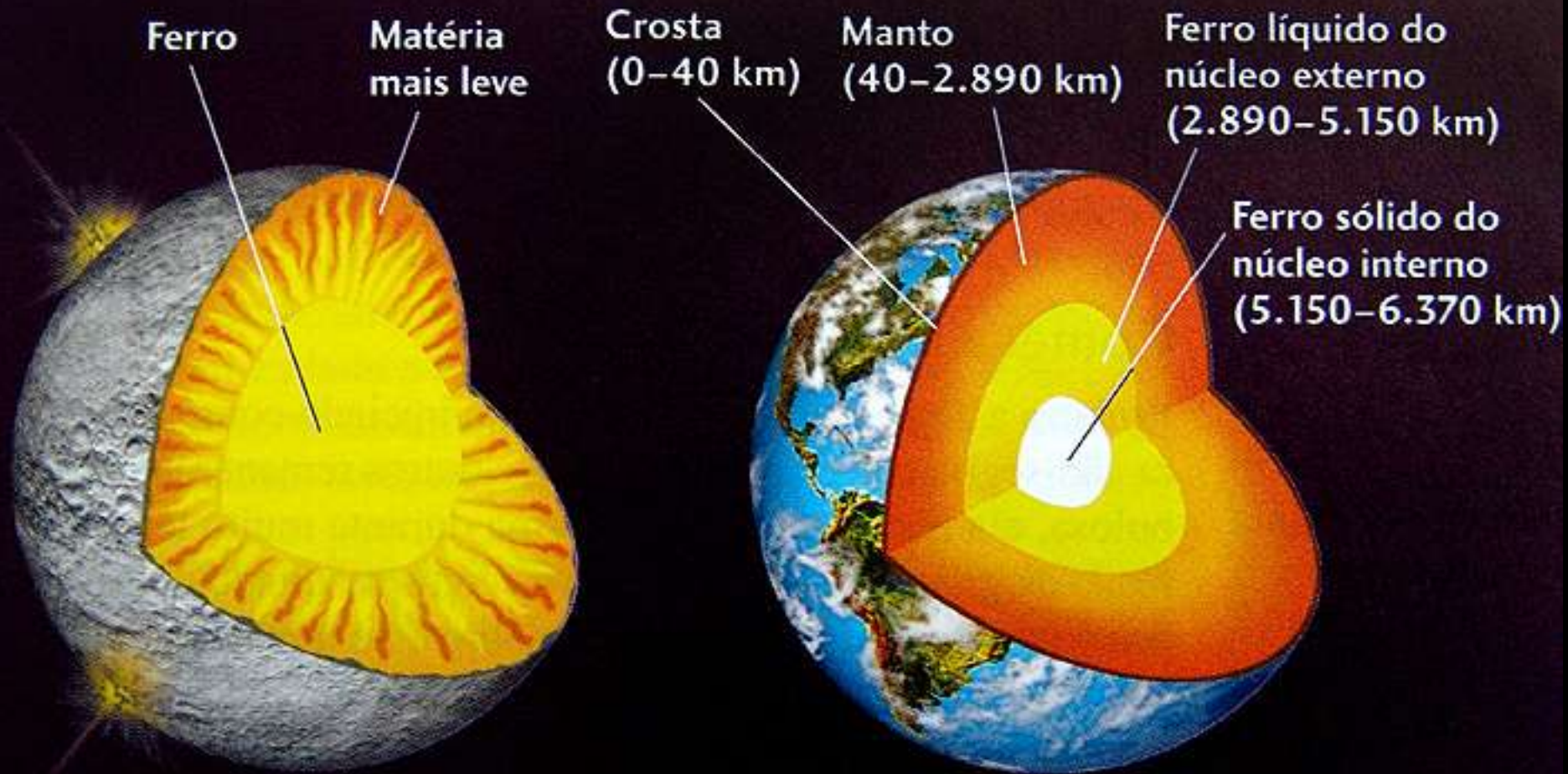
**5** ... e a Lua agregou-se a partir dos detritos.



**6** Rochas da Lua com 4,47 bilhões de anos, trazidas pelos astronautas da *Apollo*, confirmaram essa hipótese do impacto.



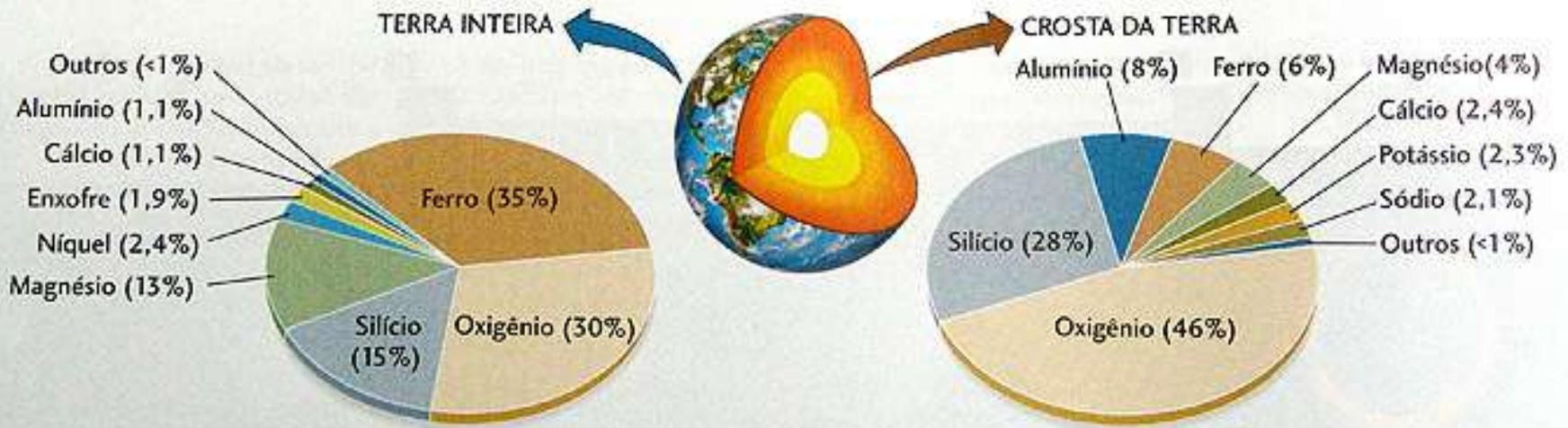
# Diferenciação



Durante a diferenciação, o ferro afundou em direção ao centro e o material mais leve flutuou para cima...

... de modo que a Terra se apresenta como um planeta zoneado.

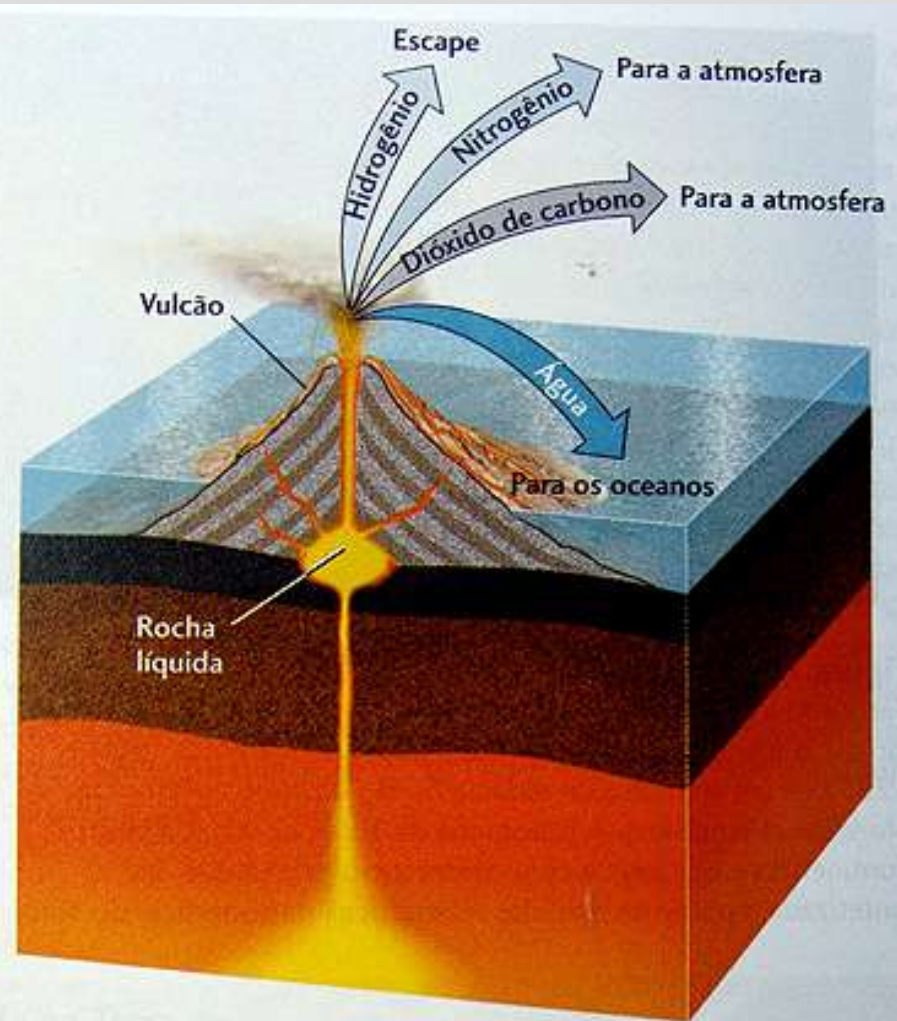
# Abundância dos elementos na Terra



**Figura 1.7** A abundância relativa dos elementos da Terra inteira comparada com a dos elementos da crosta é dada em percentuais de peso. A diferenciação criou uma crosta leve, empobrecida de ferro e rica em oxigênio, silício, alumínio, cálcio, potássio e sódio.

Apenas quatro elementos constituem cerca de 90% da Terra: ferro, oxigênio, silício e magnésio. Observe que o oxigênio, o silício e o alumínio, sozinhos, formam mais de 80% da crosta.

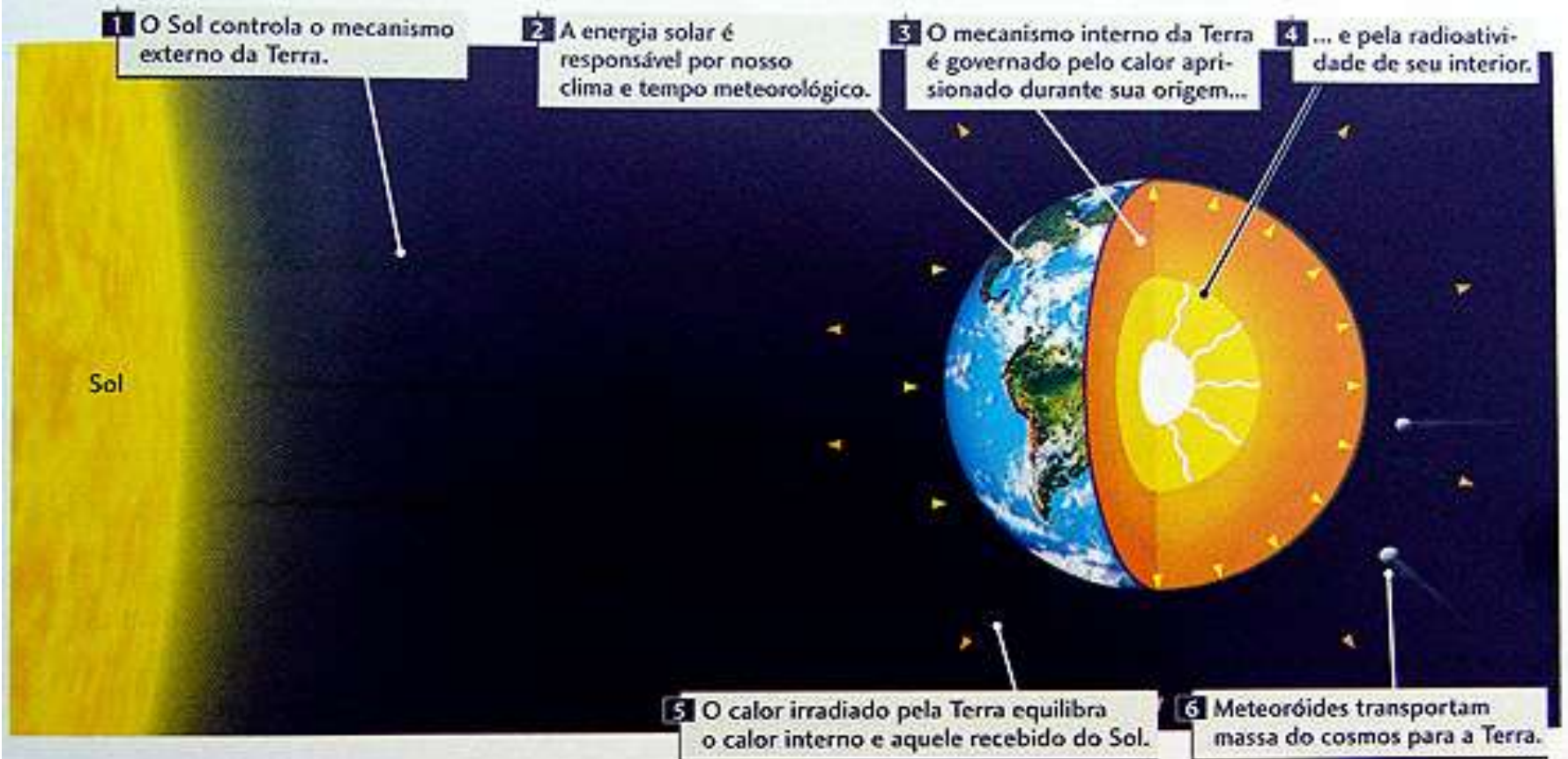
# Continentes, Oceanos e Atmosfera



**Figura 1.8** A atividade vulcânica primitiva contribuiu com o lançamento, para a atmosfera e os oceanos, de grandes quantidades de vapor d'água, dióxido de carbono e outros gases e, para os continentes, de materiais sólidos. A fotossíntese dos microrganismos removeu o dióxido de carbono e adicionou oxigênio à atmosfera primordial. O hidrogênio, devido à sua leveza, escapou para o espaço exterior.

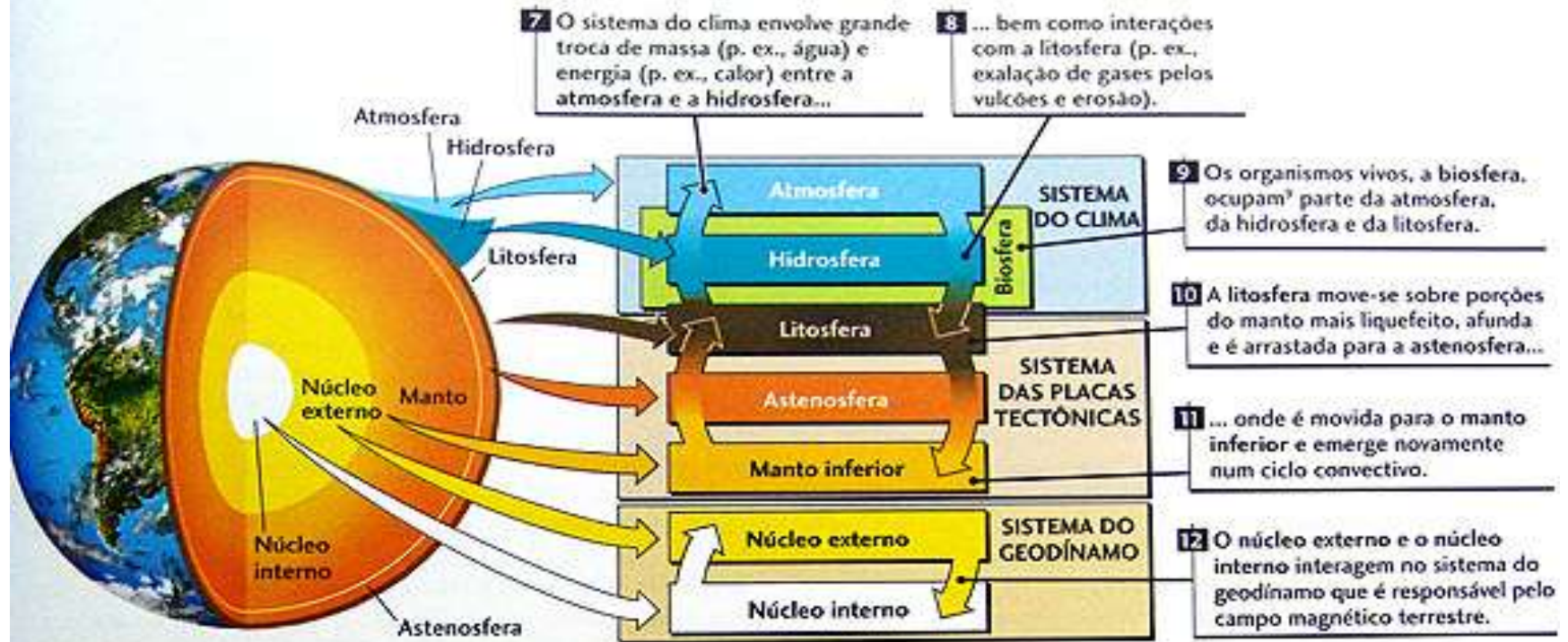
# Terra – um sistema aberto

A TERRA É UM SISTEMA ABERTO QUE TROCA ENERGIA E MASSA COM SEU ENTORNO



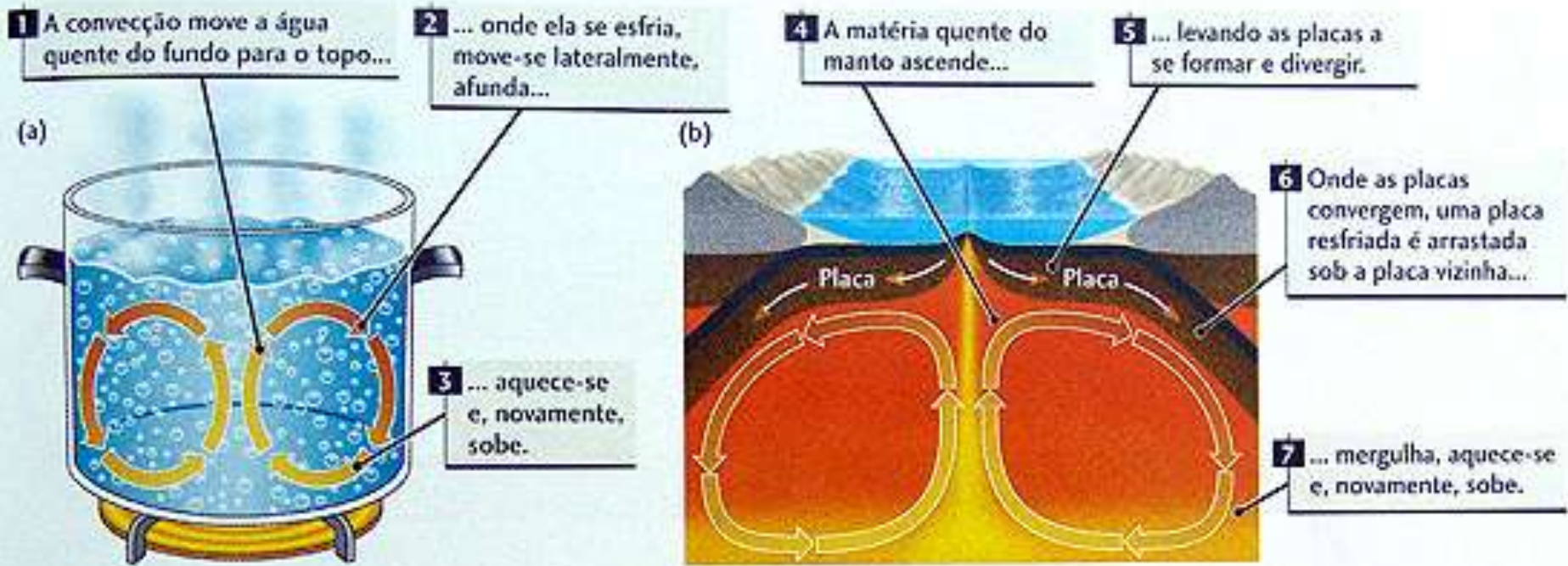
# Sistema Terra e interações

O SISTEMA TERRA É CONSTITUÍDO POR TODAS AS PARTES DE NOSSO PLANETA E SUAS INTERAÇÕES



**Figura panorâmica 1.10** Principais componentes e subsistemas do sistema Terra (ver Quadro 1.2). As interações entre os componentes são governadas pela energia do Sol e do interior do planeta e organizadas em três geossistemas globais: o sistema do clima, o sistema das placas tectônicas e o sistema do geodínamo.

# Um planeta dinâmico



**Figura 1.11** (a) A água fervendo é um exemplo familiar da convecção. (b) Uma visão simplificada das correntes de convecção no interior da Terra.





Interação do núcleo com atmosfera!!

# Principais abordagens

- Geodiversidade
- Processos naturais e meio ambiente
- Tectônica de placas
- Geologia e a sociedade moderna

# GEODIVERSIDADE

Resultado dos vários processos geológicos atuantes no planeta:  
**minerais**





**GEODIVERSIDADE**

Processos magmáticos – Irlanda



**GEODIVERSIDADE**

Lavas pahoehoe- Havaí

# GEO DIVERSIDADE



Grand Canyon – EUA – processo sedimentar

# GEODIVERSIDADE



Mármore de Carrara - Itália

Processo metamórfico



**Água – agente geológico**



## Água – agente geológico





**Água – agente geológico**



**GEO DIVERSIDADE**

Derrames de  
basalto nas  
cataratas do  
Iguaçu

**GEODIVERSIDADE**



**Buraco do Padre – Ponta Grossa – furna cilíndrica em arenito**



**GEODIVERSIDADE**

**Panelões - Guartelá**



**GEODIVERSIDADE**

Ação do vento – transporte e deposição

# Ação do gelo





**GEODIVERSIDADE**

Transporte de sedimentos



# GEODIVERSIDADE



Painel de informação geoturística em Witmarsun – Palmeira – Estrias glaciais



**GEODIVERSIDADE**

**Calcário na Turquia**



**GEO DIVERSIDADE**

Photo © Ladislav Kamarád

**Salar na Bolívia**

**GEO DIVERSIDADE**



Arenitos de Vila Velha – Ponta Grossa

**GEODIVERSIDADE**



**Solfatara - Islândia**

# RISCOS AMBIENTAIS

## Tsunamis





Erdbeben von Lissabon, 1. Novbr. 1755.

# RISCOS AMBIENTAIS



## Terremotos





## RISCOS AMBIENTAIS

### Erupções



Villa Regina-Cast of a dog left to guard the villa.



Arqueologia em Pompéia

## RISCOS AMBIENTAIS

### Paricutín - México



## RISCOS AMBIENTAIS



Chuva de cinzas - Pinatubo

**RISCOS AMBIENTAIS**



Corrida de lama - Pinatubo



## Enchentes e deslizamentos





Secas e desertificação



## Uso da água







# Mineração





## Extração bens minerais





Desenvolvimento  
sustentável



# Importância da Geologia

- **Para a comunidade**

- Substrato; material de construção; matéria prima para vidros, metais, cerâmicas, condutores, tintas, pigmentos, drogas, cosméticos, tecnologia, recursos energéticos; medicina; bioestética; decoração; joalheria; entendimento dos eventos naturais do planeta...

- **Para a Agronomia**

- Conhecimento da natureza do substrato e formação dos solos; fonte de nutrição; produção de fertilizantes; produção de insumos; armazenagem de água; poços; prevenção à contaminação do meio ambiente...