

GEOLOGIA E GEODIVERSIDADE

Antonio Liccardo

Universidade Estadual de Ponta Grossa - PR

Bibliografia fundamental

- **Decifrando a Terra**

Teixeira, Toledo, Fairchild & Taioli – Ed. Oficina de Textos

- **Para Entender a Terra**

Press, Siever, Grotzinger e Jordan – Ed. Bookman

- **Geologia Geral**

Leinz e Amaral – Ed. Nacional

- **Geologia Geral**

Popp – Ed. Livros Técnicos e Científicos

Vídeos disponíveis na biblioteca

Internet: sites de universidades e outros

GEODIVERSIDADE DO BRASIL – CPRM – DISPONÍVEL ON-LINE

Programação do módulo

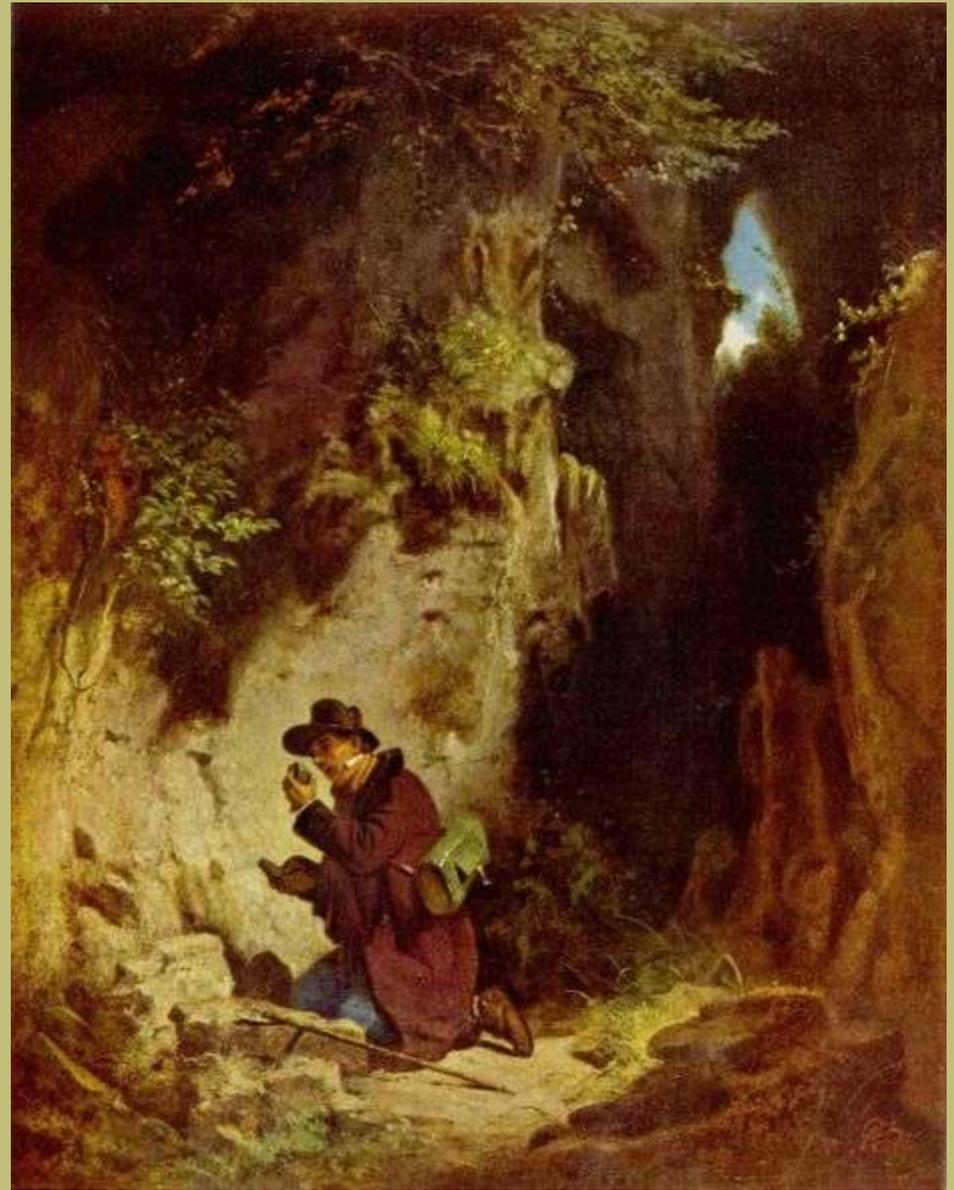
- Introdução à geologia
- Tempo e espaço na geologia
- Minerais e noções de mineralogia
- Recursos naturais e sociedade
- Prática de reconhecimento de minerais



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



O geólogo – pintura de Carl Spitzweg - séc. XIX

Origem da Terra

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

Mitologia grega

No princípio havia o Caos, e em algum momento surgiu Erebus, o lugar desconhecido onde a morte mora, e Nix. 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 – mitologia grega



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

Origem do Universo



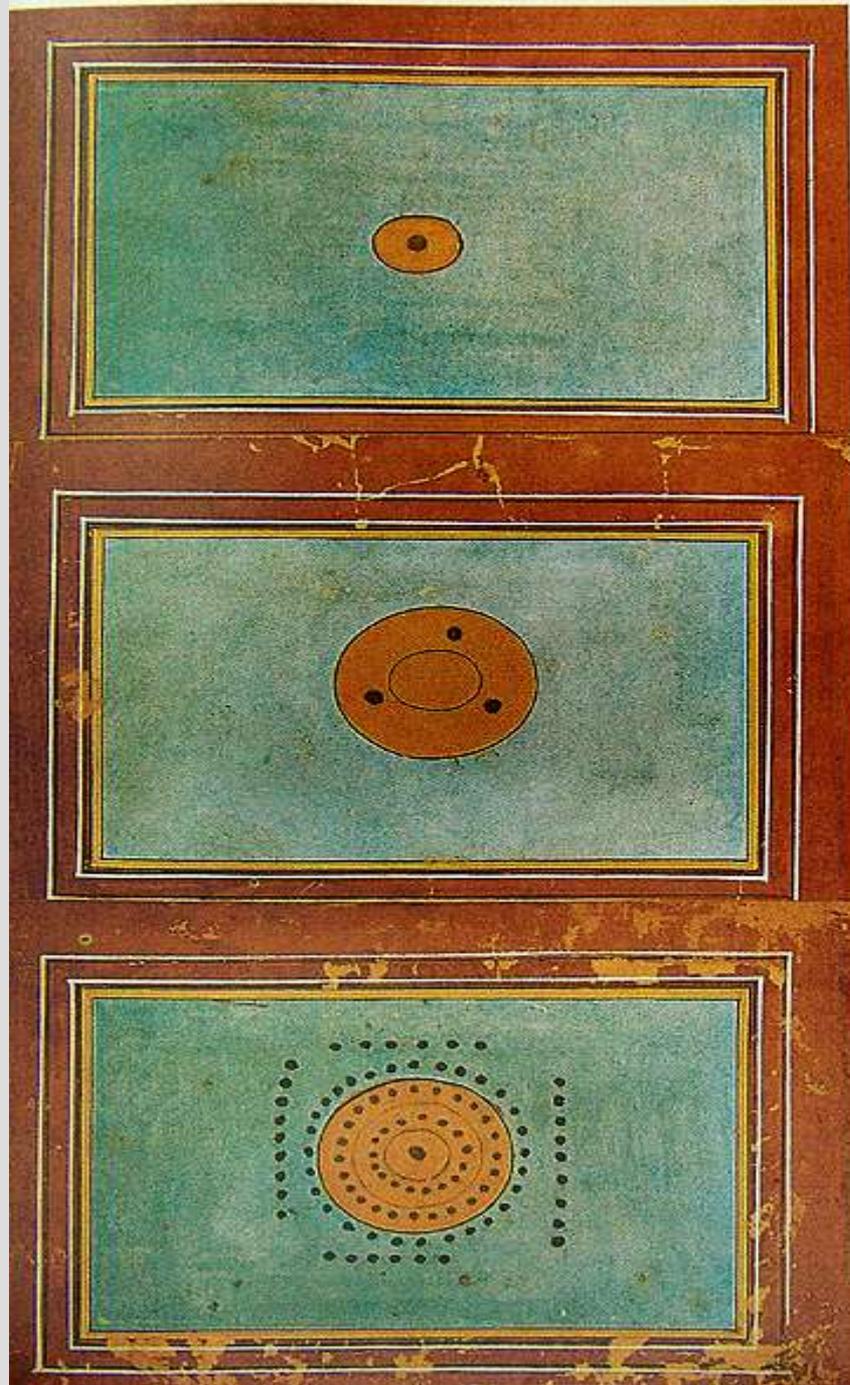
O Gênesis

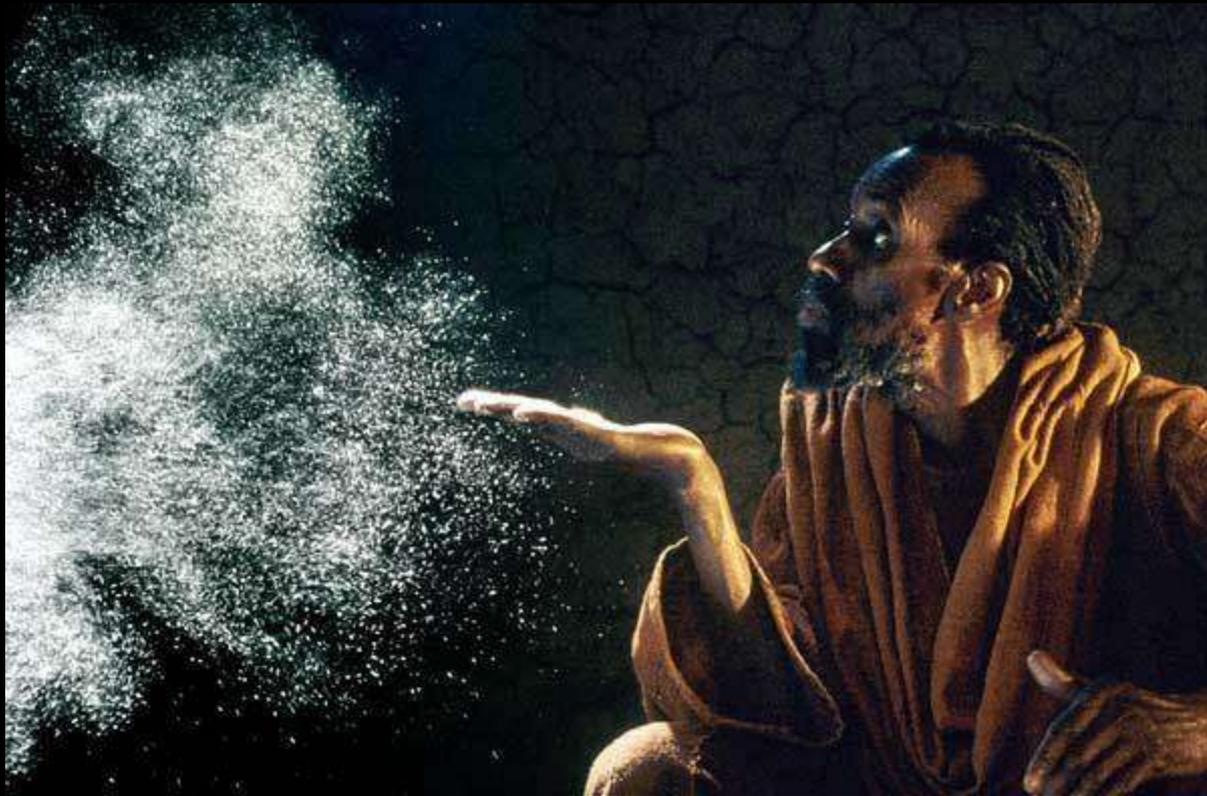
Segundo a concepção tântrica, um ponto de energia invisível (*bindu*) gera a matéria primordial (*prakriti*), constituída por três qualidades (*gunas*): *sattva* (essência, silêncio), *rajas* (energia, paixão) e *tamas* (substância, inércia)

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





À volta de um caldeirão, um ancião africano (Sotigui Kouyaté), símbolo da sabedoria ancestral faz um relato de um conto sobre a criação do mundo



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 terra¹.
2. E la terra era informe e vèta, e le tenebre erano sopra la faccia dell'abisso: 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 tenebre².
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 germi 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 verdeggianta 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.

Abilino - Bibl. Trivulziana -
ms. 2119 - fol. 4 R.

Note Capo I.

¹ Dunque il mondo non è sempre stato, e non è da sé, ma nel tempo da Dio creato. Creare è fare che, senza alcun preesistente, sia ciò che prima non era. E' questa l'azione propria di Dio solo, trarre gli enti dal nulla.
² 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



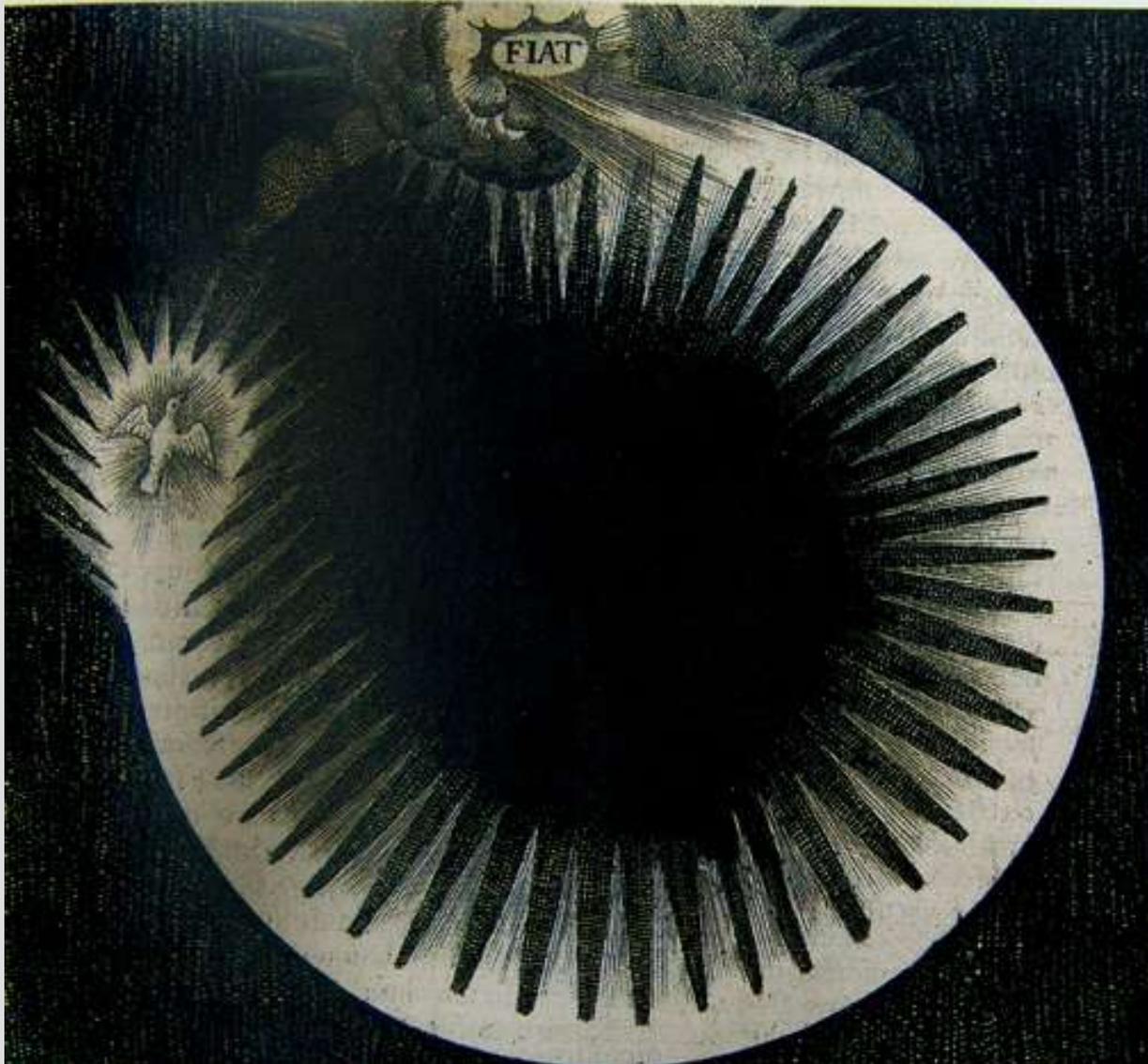
Esferas
celestes

O Génesis

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.

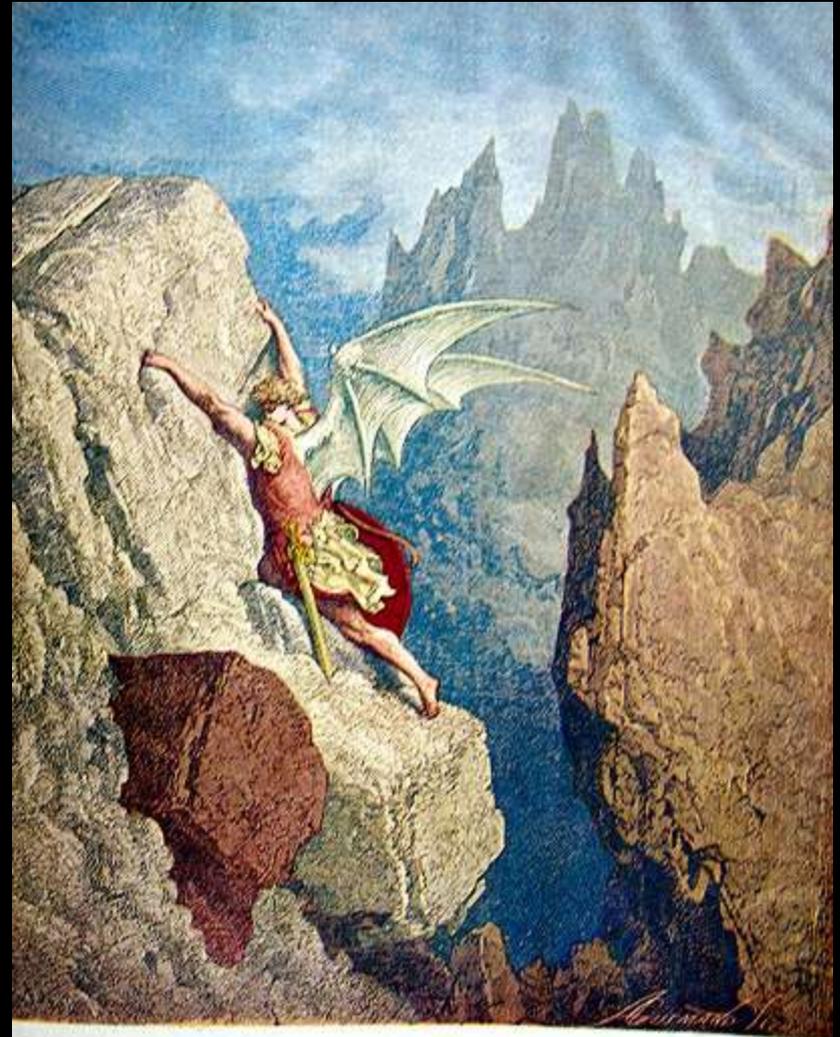


Dante Alighieri e John Milton



LOS PRECIPITÓ A TODOS ABRASADOS EN VIVAS LLAMAS.

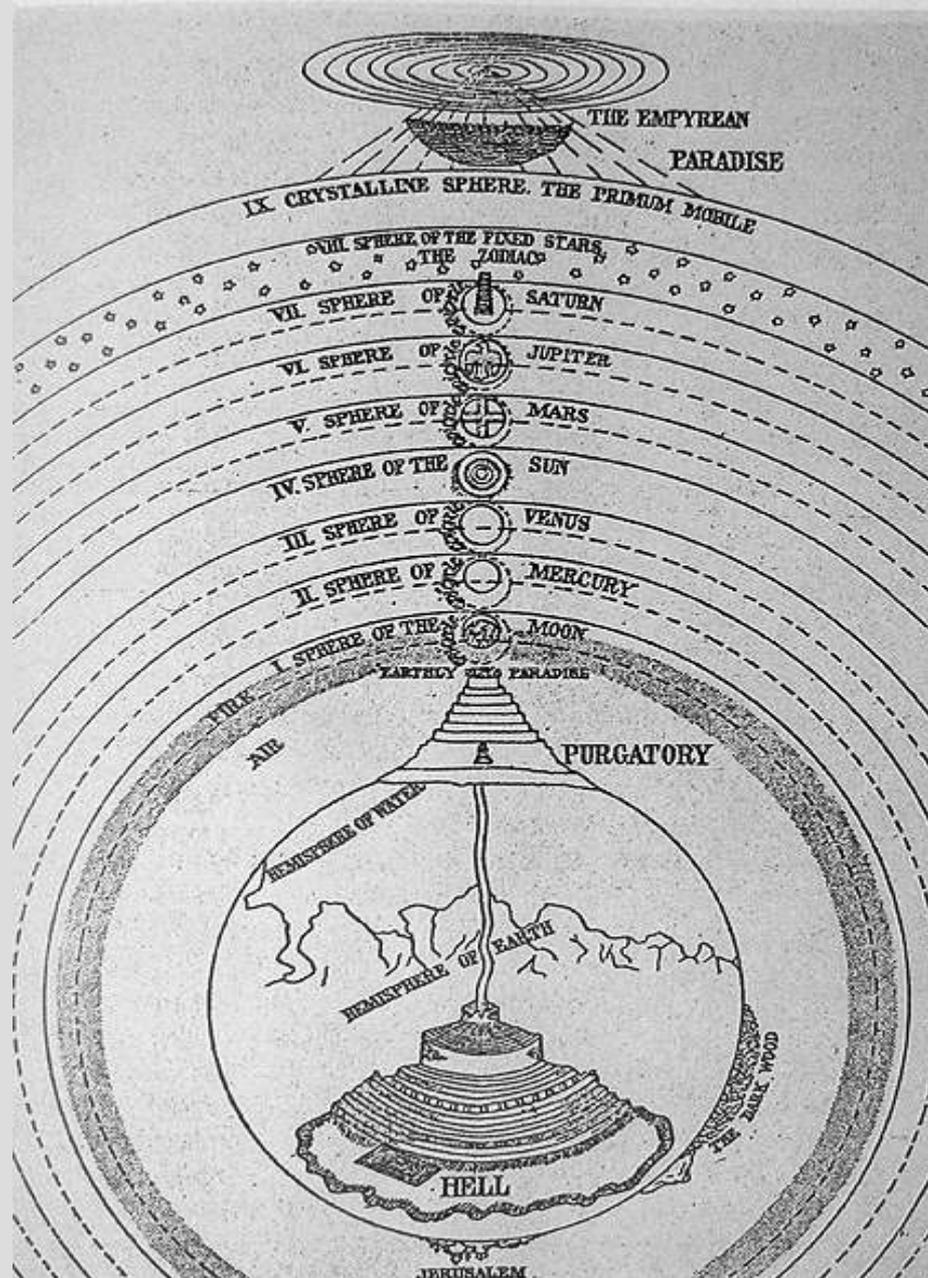
(Libro I).



LOGRA TAMBIÉN VENCER LOS HONDOS VALLES, LOS ERGIDOS MONTES,

(Libro II).

**O Locus
Terrenus**

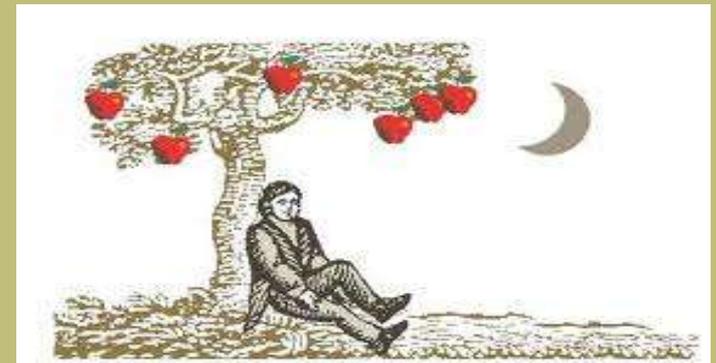
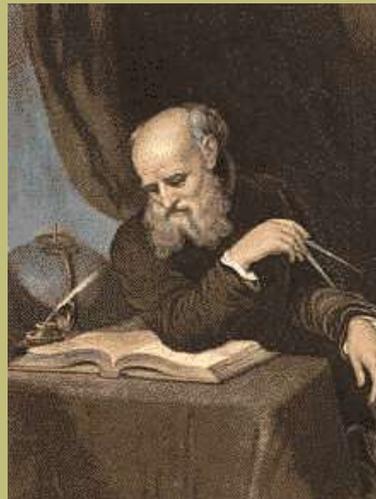


Na *Divina Comédia* de Dante (1307-1321), a alma, na sua peregrinação, ascende do reino dos Infernos, cuja forma cônica se projecta no interior da terra, através da Montanha da Purificação e das nove esferas dos planetas, das estrelas e da esfera de cristal, todos eles mantidos em movimento pelos anjos, 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
- Fundamentos da ciência
- Galileu
- Newton...



Mineralogia e a alquimia



DISCURSOS E PRÁTICAS
ALQUÍMICAS

colóquio internacional II
LISBOA 2000

DISCURSOS E PRÁTICAS ALQUÍMICAS Vol. II
HUGIN EDITORES, LISBOA, 2003

- Os alquimistas descobriram centenas de novas substâncias e conheciam muito das propriedades dos minerais
- O alquimista árabe Gabir Ibn Haiyan (721-803), propôs uma **classificação baseada em propriedades físicas** observáveis ou determináveis.
- Três grupos: “**minerais quebradiços e pulverizáveis**”, fusíveis ou não; “**minerais metálicos**”, fusíveis e maleáveis; e “**minerais vaporizáveis**” pelo fogo, a que chamou “espíritos”.

Nome	Data	Descobridor
Carbono	Antiguidade	
Ouro	Antiguidade	
Prata	Antiguidade	
Cobre	Antiguidade	
Enxofre	Antiguidade	
Estanho	Antiguidade	
Chumbo	Antiguidade	
Mercúrio	Antiguidade	
Ferro	Antiguidade	

Arsênio	1250	Crê-se que terá sido Alberto Magno o primeiro a isolar o elemento.
Antimônio	1450 ou outra data, antes de 1500	Descrito cientificamente nos textos, provavelmente apócrifos, de Basil Valentinus , hoje atribuídos a Johann Tholden
Zinco	1526	Identificado como metal único por Paracelso
Bismuto	século XV?	Pode ter sido descrito em escritos atribuídos a Basil Valentinus , identificados definitivamente por Claude Geoffroy Junine em 1753
Fósforo	1669	Hening Brand, mais tarde descrito por Robert Boyle
Cobalto	1732	George Brandt

Geologia moderna

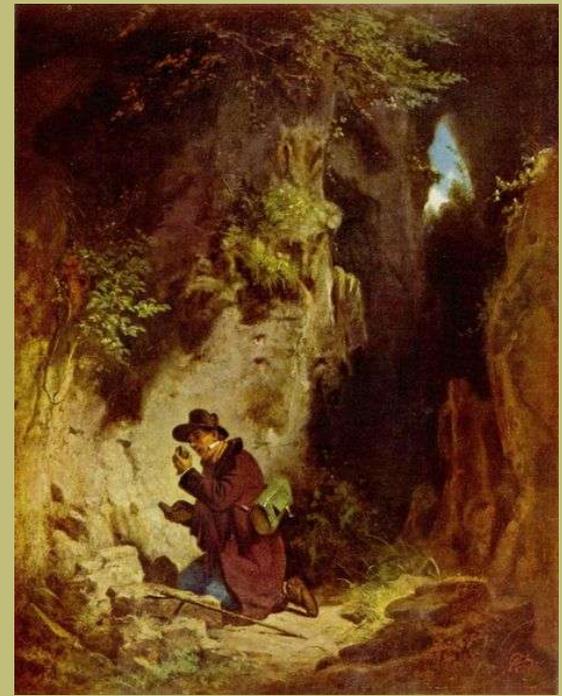
- **James Hutton** (1726 - 1797) - Pai da Geologia
“Theory of the Earth - 1785
O presente é a chave do passado

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

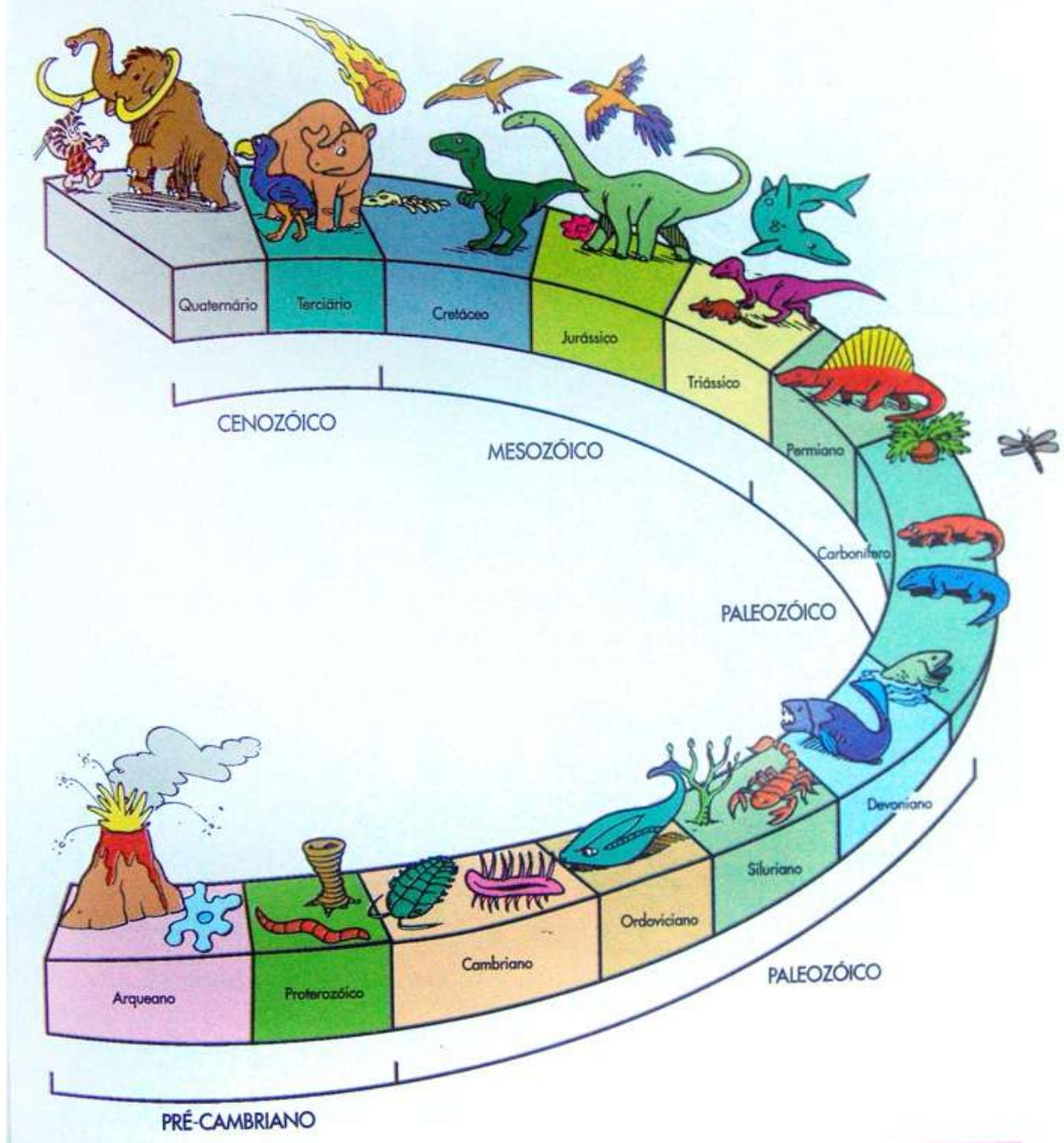
Netunismo - todas as rochas seriam de origem sedimentar
Vulcões seriam produtos da queima de carvão

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

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



O Tempo Geológico



O tempo

- 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?

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

4.570 milhões de anos atrás (Ma)

Formação do Sol e disco de crescimento

4.560 Ma
Acrescimento dos planetesimais; início do crescimento da Terra

4.470 Ma
Acrescimento da Terra, formação do núcleo e diferenciação completadas

4.510 Ma
Formação da Lua

4.400 Ma
Grão mineral mais antigo

4.000 Ma
Fim do Bombardeamento Pesado; rochas continentais mais antigas

3.800 Ma
Primeira evidência de água

3.500 Ma
Primeira evidência de vida

2.500 Ma
Completada a principal fase de formação dos continentes

2.450-2.200 Ma
Oxigenação da atmosfera

2.200 Ma
Desenvolvimento de células com núcleo

565 Ma
Distribuição mundial de organismos multicelulares

700 Ma
O gelo cobriu toda a Terra?

545-530 Ma
"Big Bang" evolutivo

439 Ma
Extinção em massa

420 Ma
Animais terrestres mais antigos

324 Ma
Extinção em massa

250 Ma
Extinção em massa

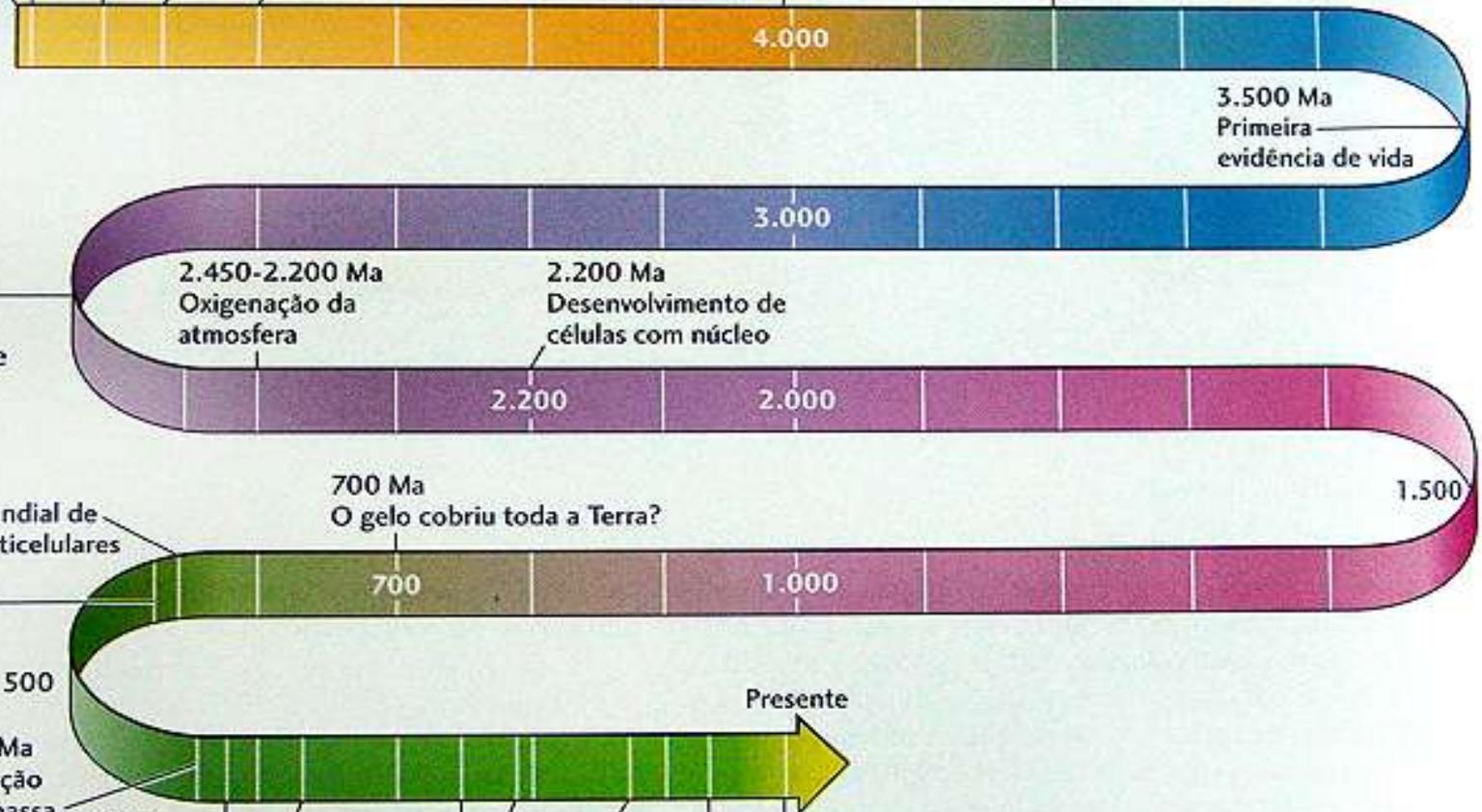
208 Ma
Extinção em massa

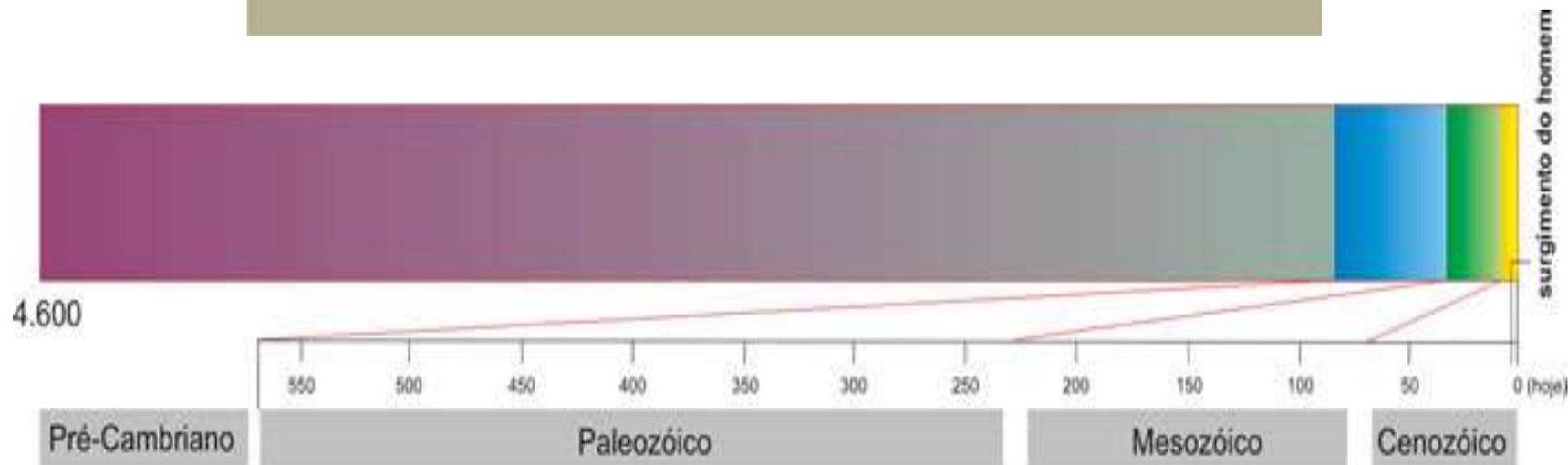
125 Ma
Plantas florescentes mais antigas

65 Ma
Extinção em massa

5 Ma
Primeiros hominídeos

0,12 Ma
Primeiro aparecimento de nossa espécie, *Homo sapiens sapiens*



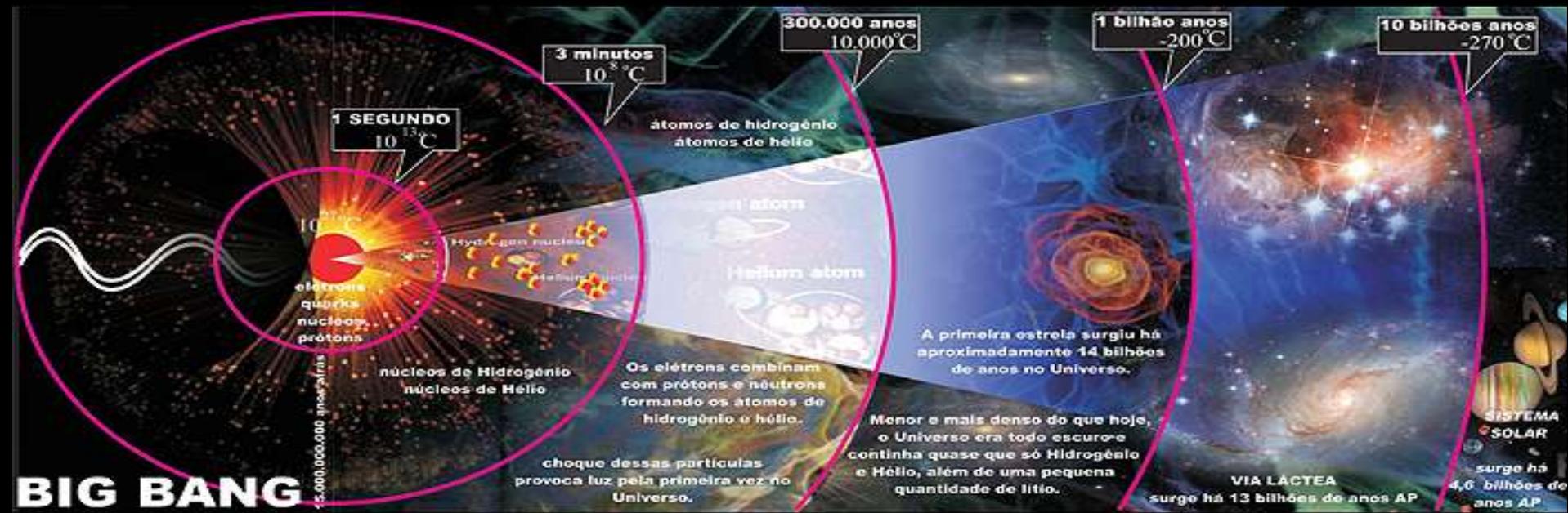


Ciência moderna

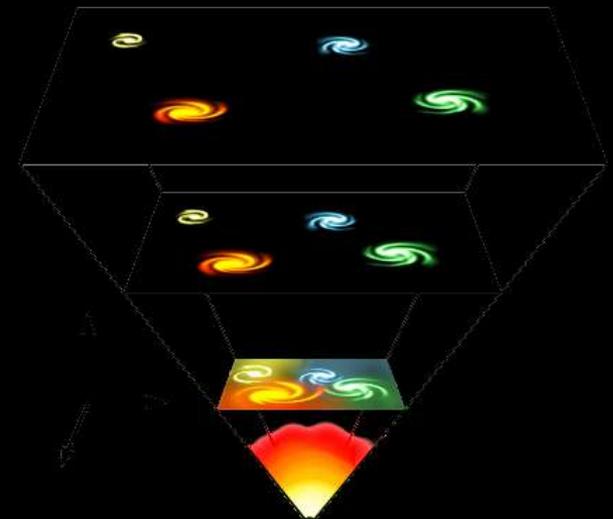
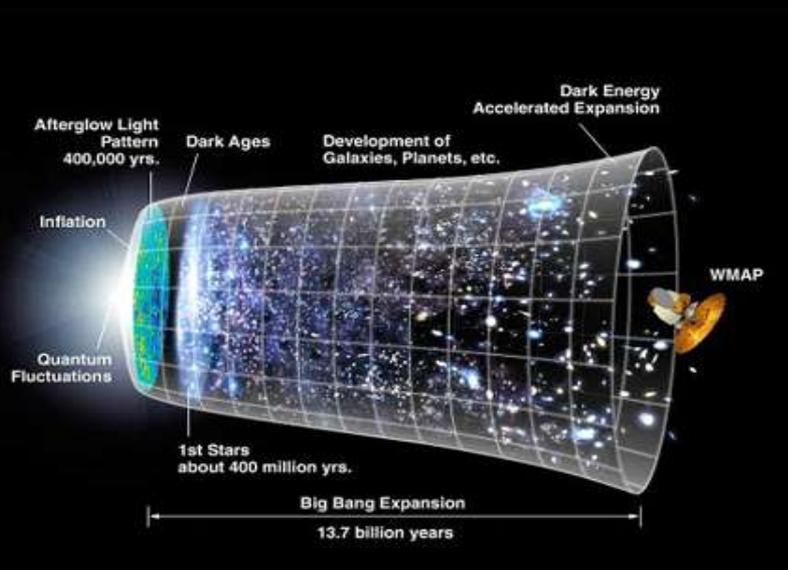
Astronomia e Geologia

“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



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

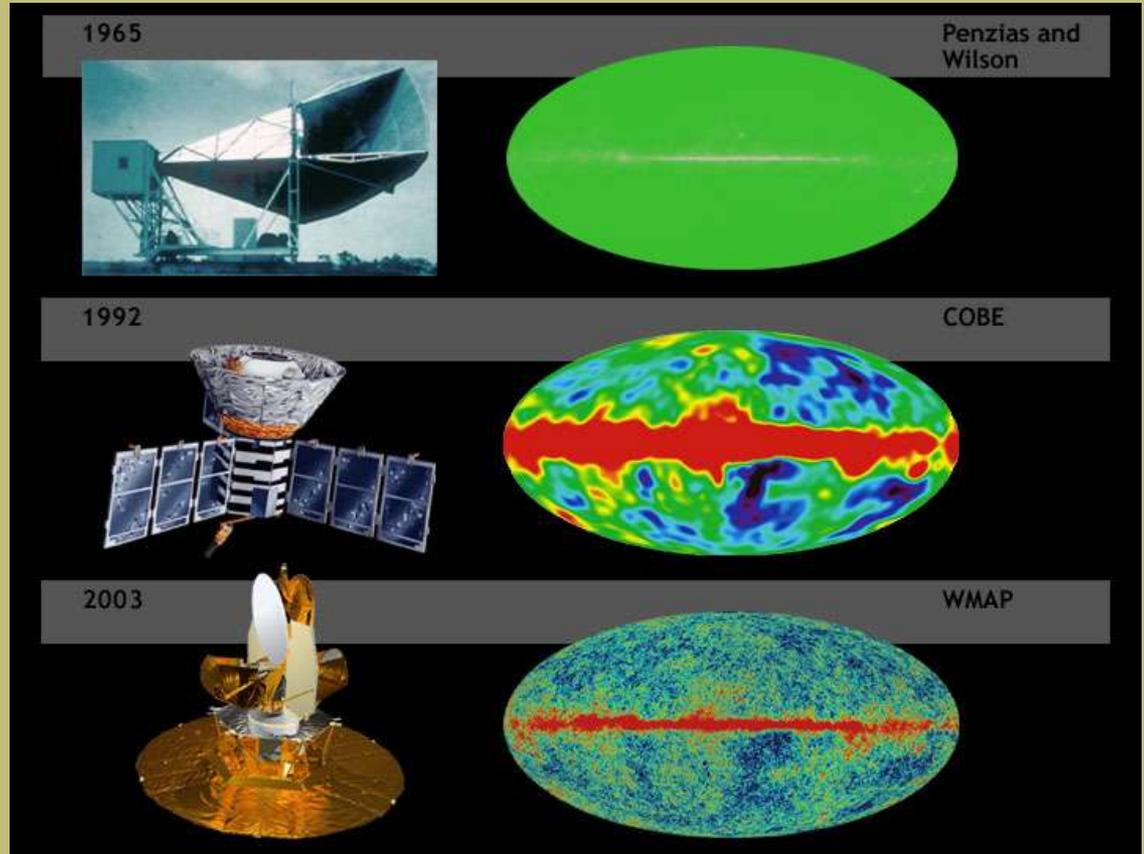
NOTE: The numbers in cosmology are so great and the numbers in subatomic physics are so small that it is often necessary to express them in exponential form. Ten multiplied by itself, or 100, is written as 10^2 . One thousand is written as 10^3 . Similarly, one-tenth is 10^{-1} , and one-hundredth is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



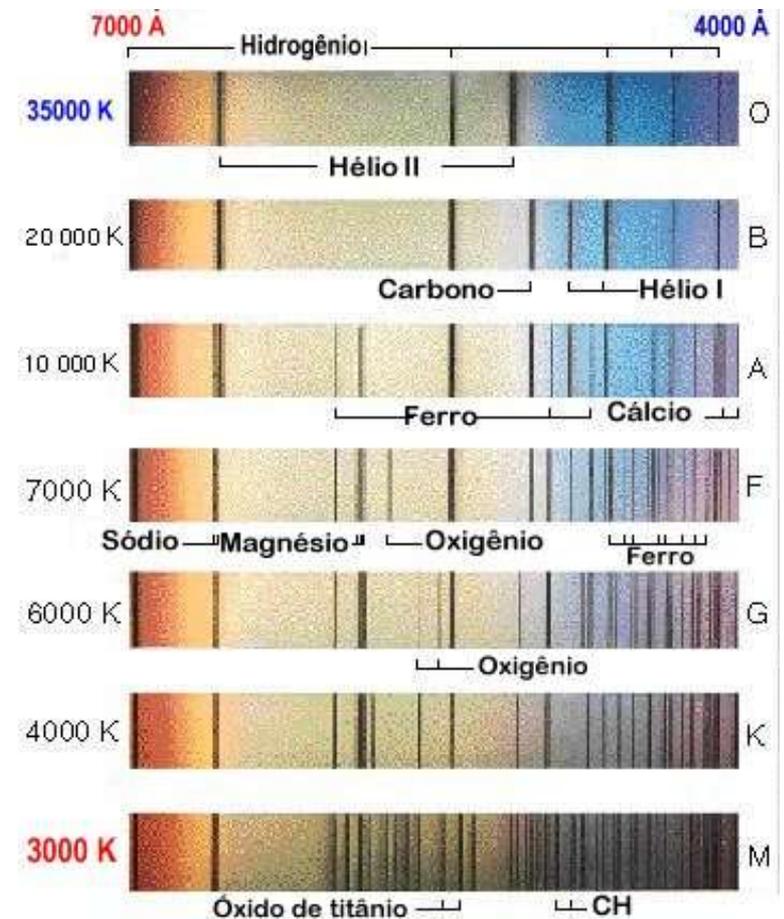
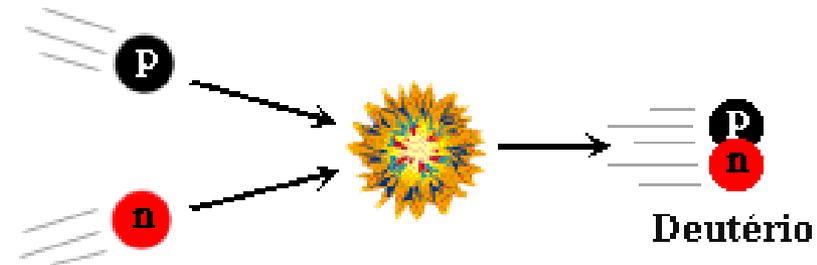
Radiação de Fundo resultante do Big Bang – sinais do início do universo!

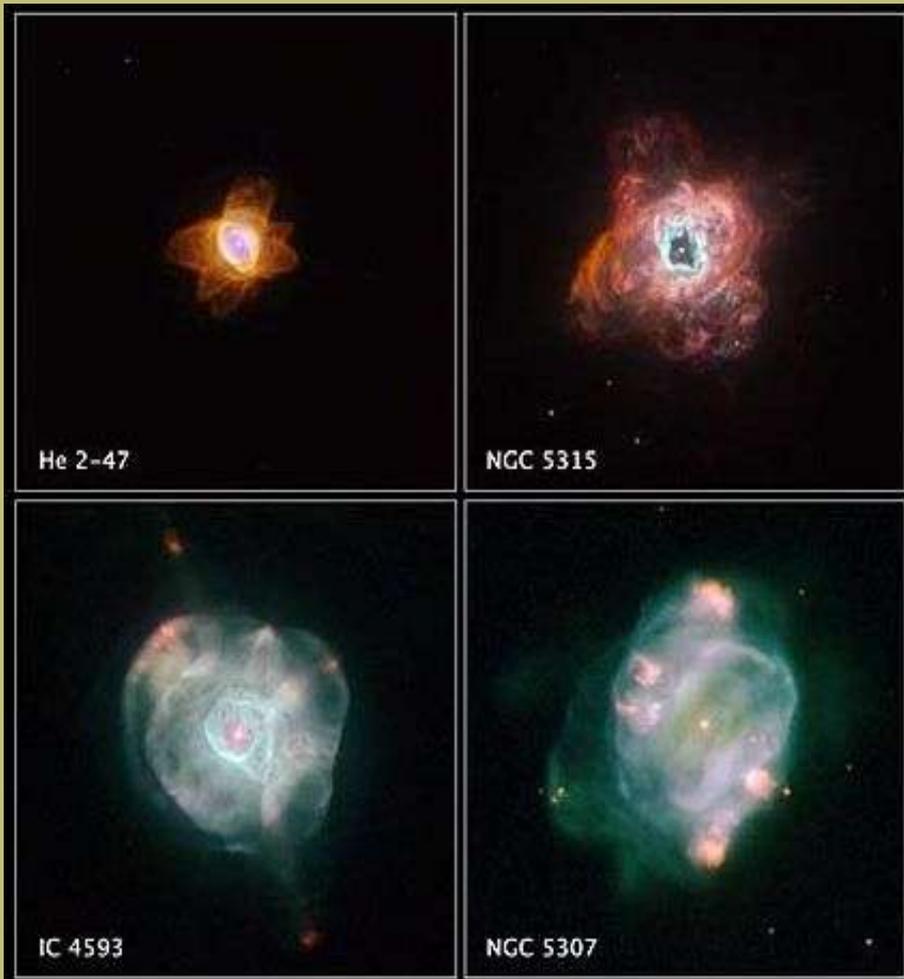
Pesquisas realizadas nos últimos trinta anos, consideram duas principais fontes responsáveis pela síntese dos elementos químicos:

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.

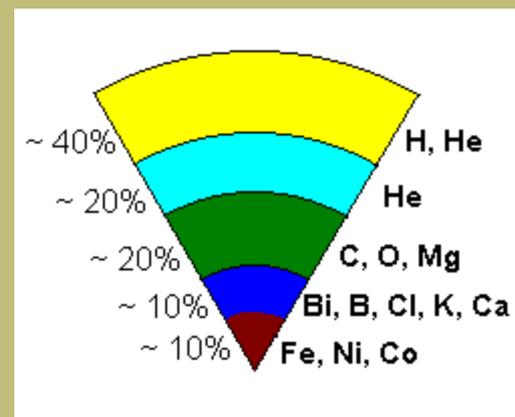
Toda a matéria na terra, foi formada pelo mecanismo da morte de uma estrela.

Abundância de elementos no universo

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

Tabela Periódica dos Elementos

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0	
1	H											B	C	N	O	F	He	
2	Li	Be										Al	Si	P	S	Cl	Ne	
3	Na	Mg										Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Ha	Sg	Bh	Hs	Mt	110	111	112	113					



Terra



Vênus



Marte



Mercúrio



Plutão



Júpiter

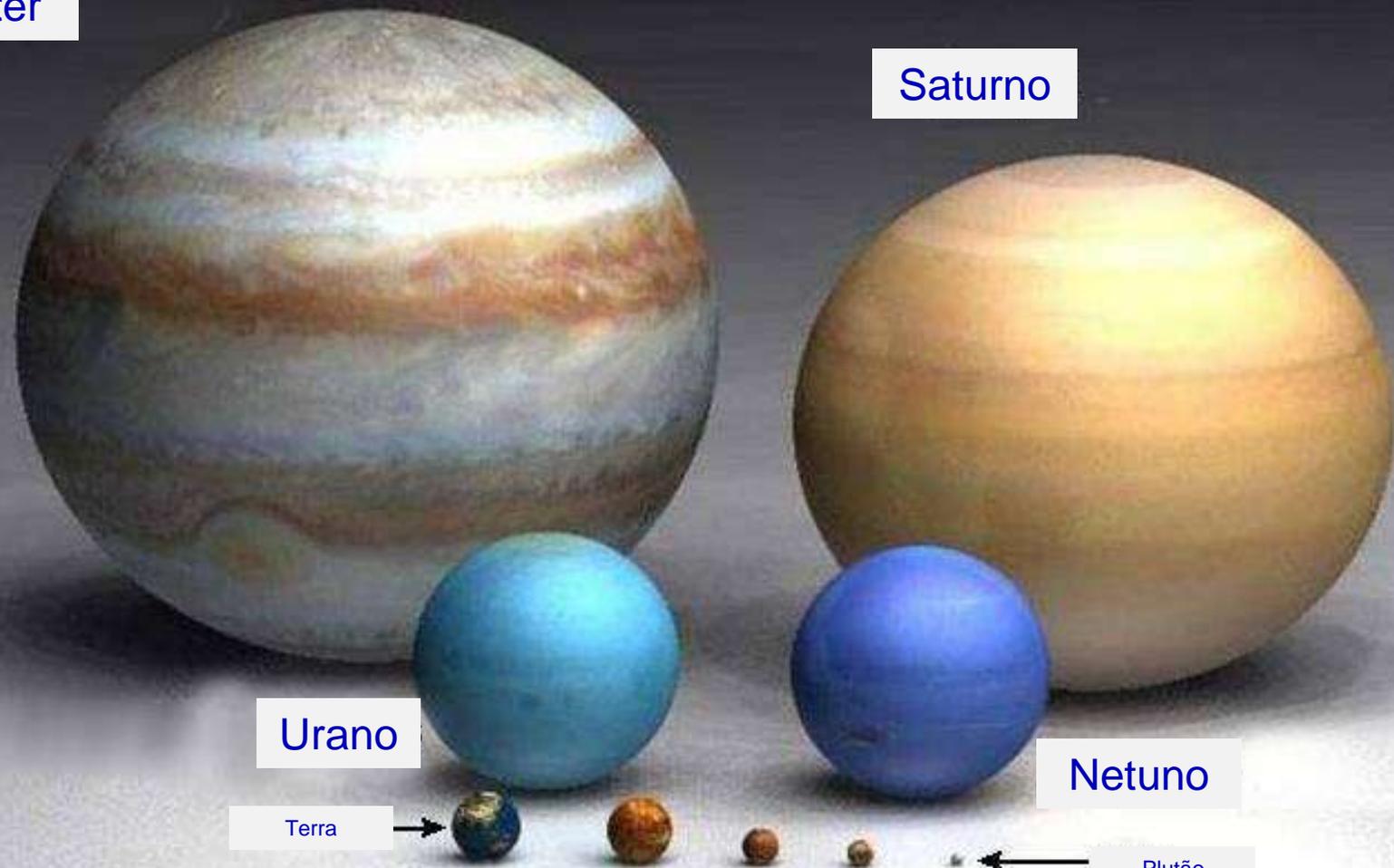
Saturno

Urano

Netuno

Terra

Plutão



Sol



Terra

Júpiter



Plutão

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

- 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 bilhões de anos

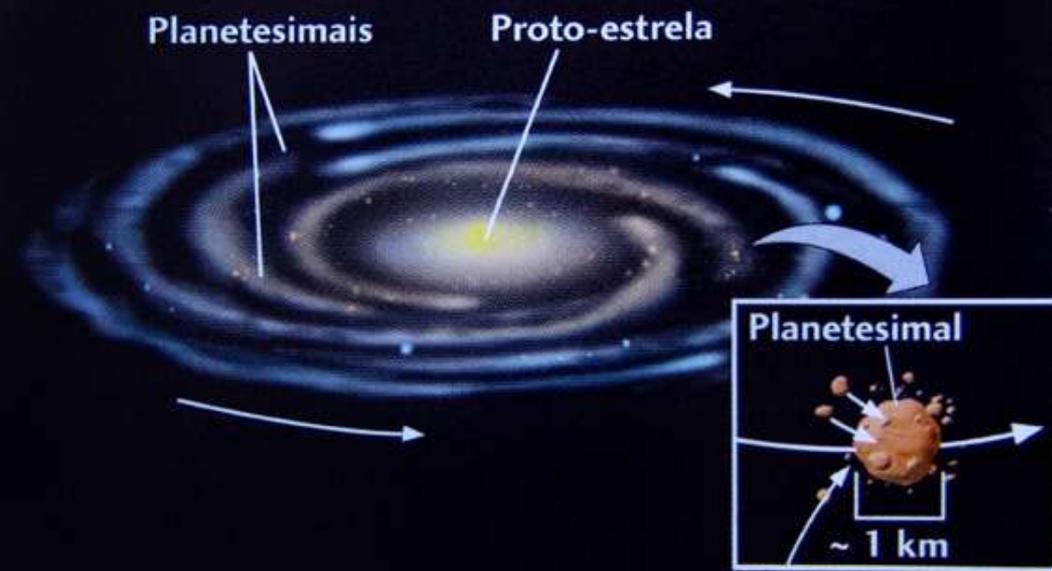
Uma nebulosa difusa, grosseiramente esférica e em lenta rotação começa a contrair-se.



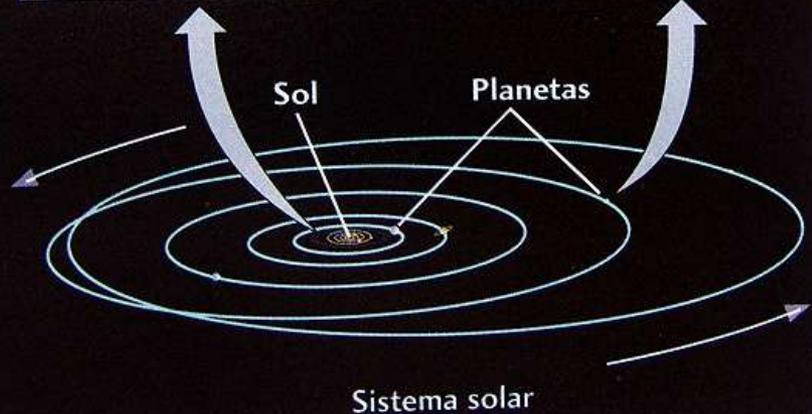
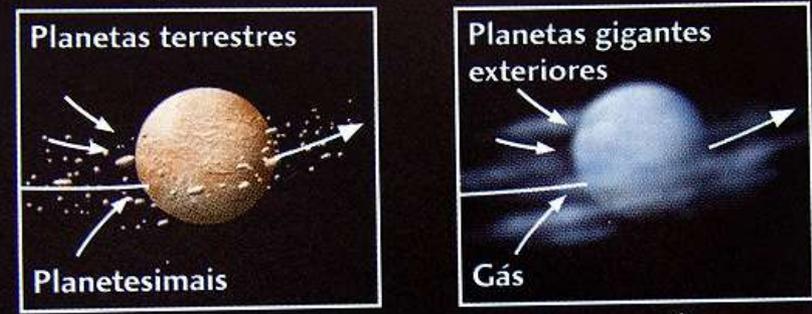
Como resultado da contração e rotação, um disco achatado, girando rapidamente, forma-se com matéria concentrada em seu centro, que se transformará no proto-Sol.



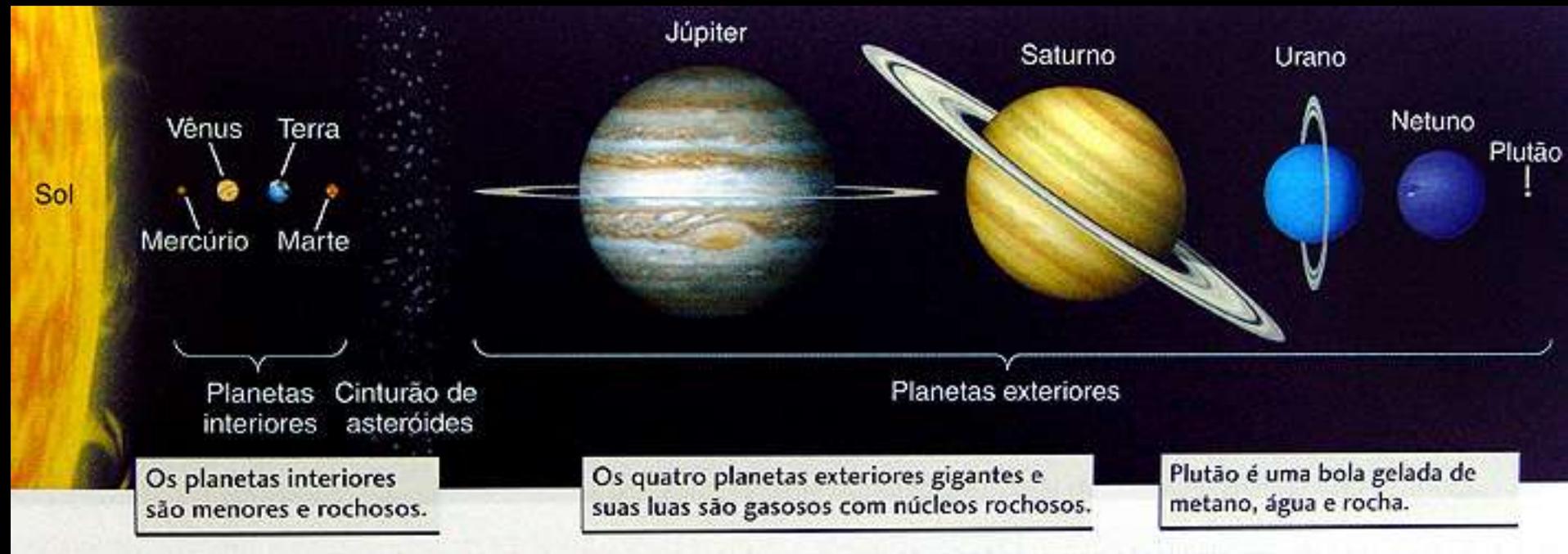
O disco envolvido por gás e poeira forma grãos que colidem e se agregam em pequenos blocos ou planetesimais.



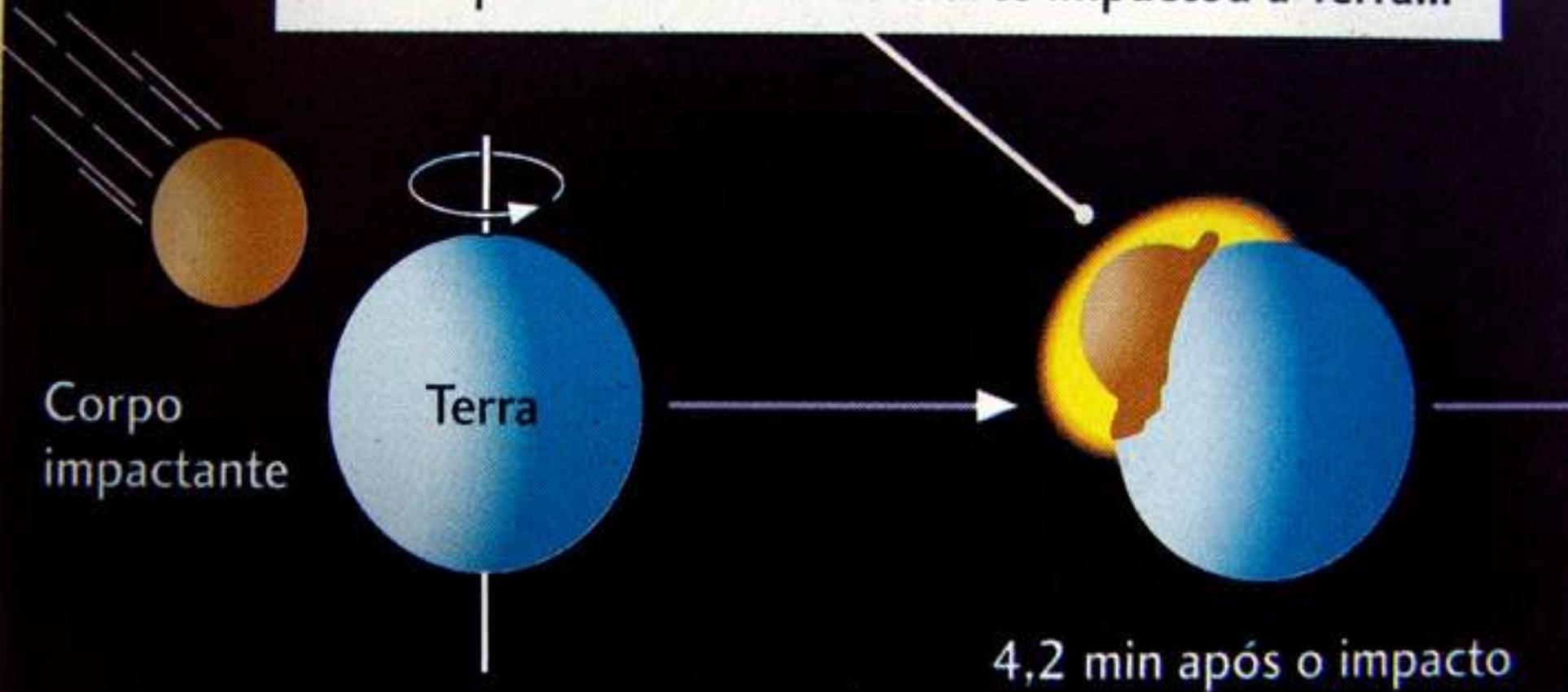
Os planetas terrestres estruturaram-se a partir de múltiplas colisões e crescimento de planetesimais ocasionados pela atração gravitacional. Os planetas gigantes exteriores aumentaram por crescimento de gás.



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...

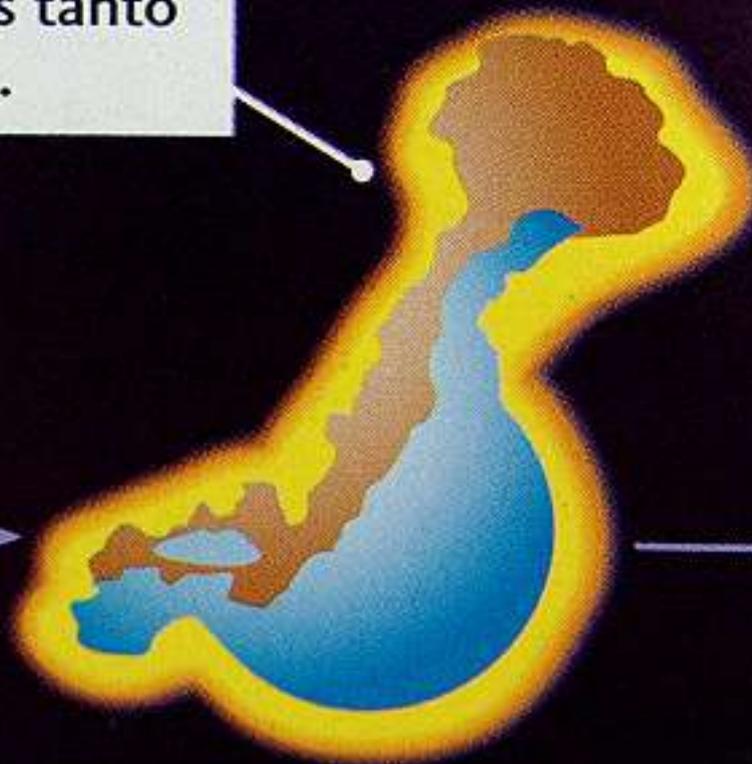
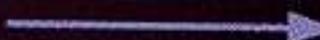


A Lua

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



8,4 min

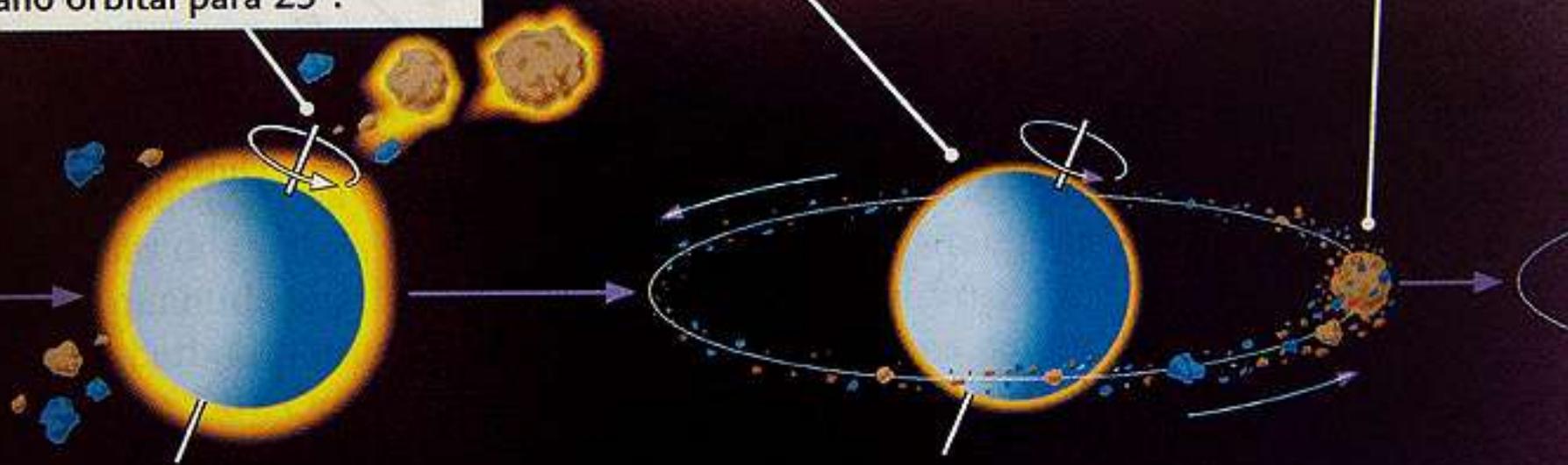


125 min

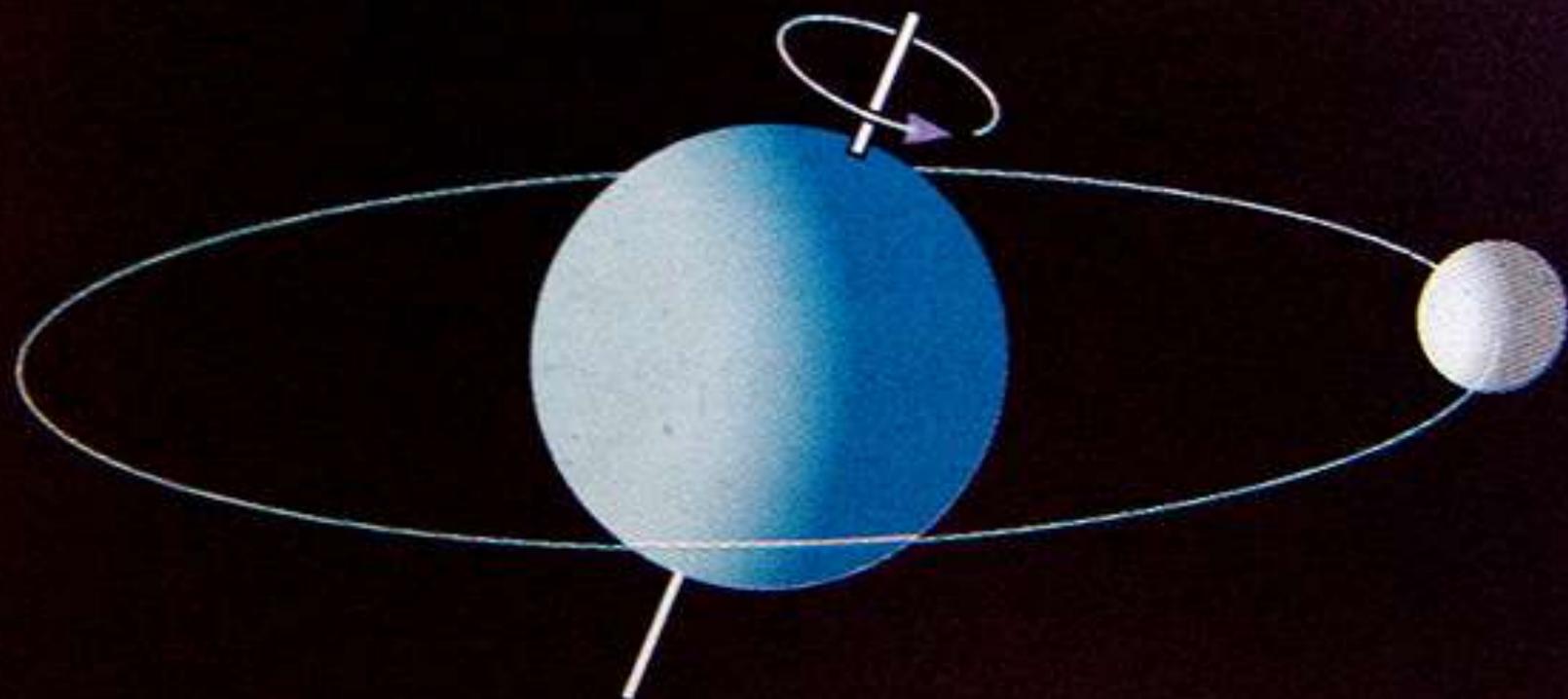
3 O impacto acelerou a rotação da Terra e inclinou o seu plano orbital para 23°.

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

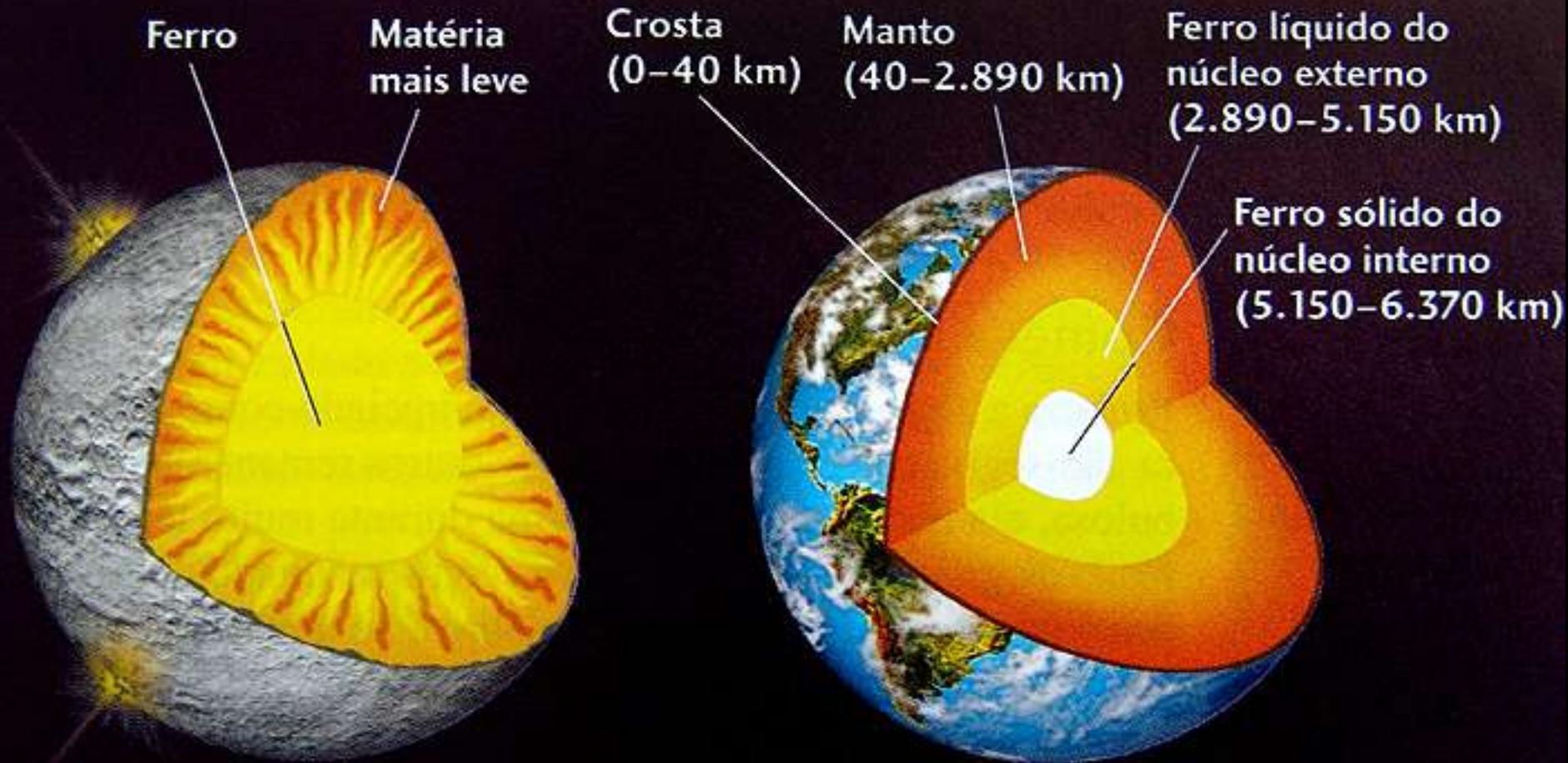
5 ... e a Lua agregou-se a partir dos detritos.



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

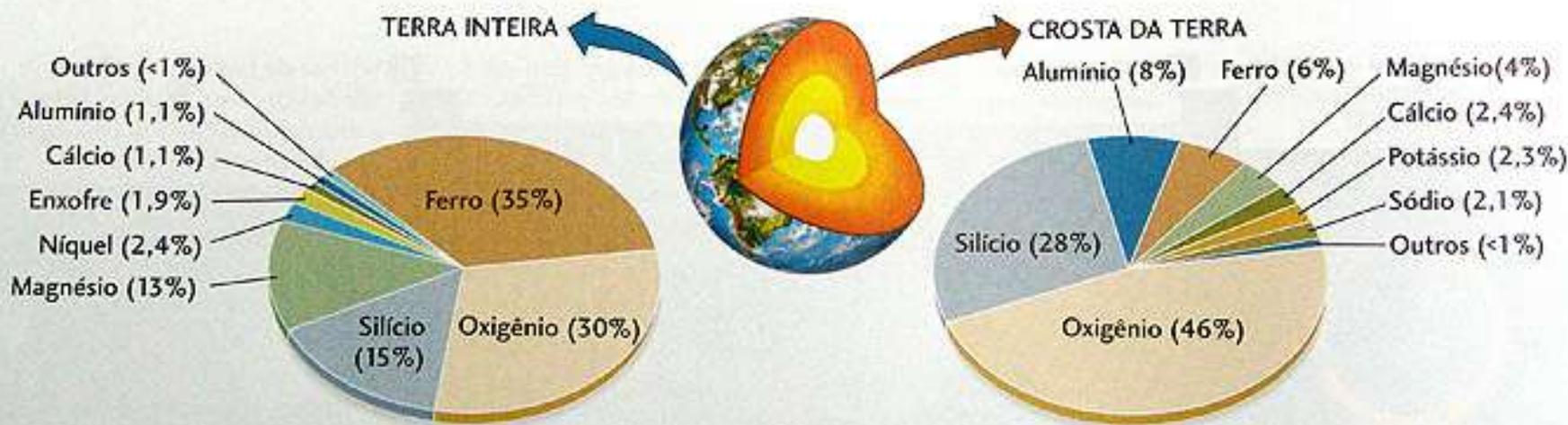


Figura 1.7 A abundância relativa dos elementos da Terra inteira comparada com a dos elementos da crosta é dada em percentuais de peso. A diferenciação criou uma crosta leve, empobrecida de ferro e rica em oxigênio, silício, alumínio, cálcio, potássio e sódio.

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

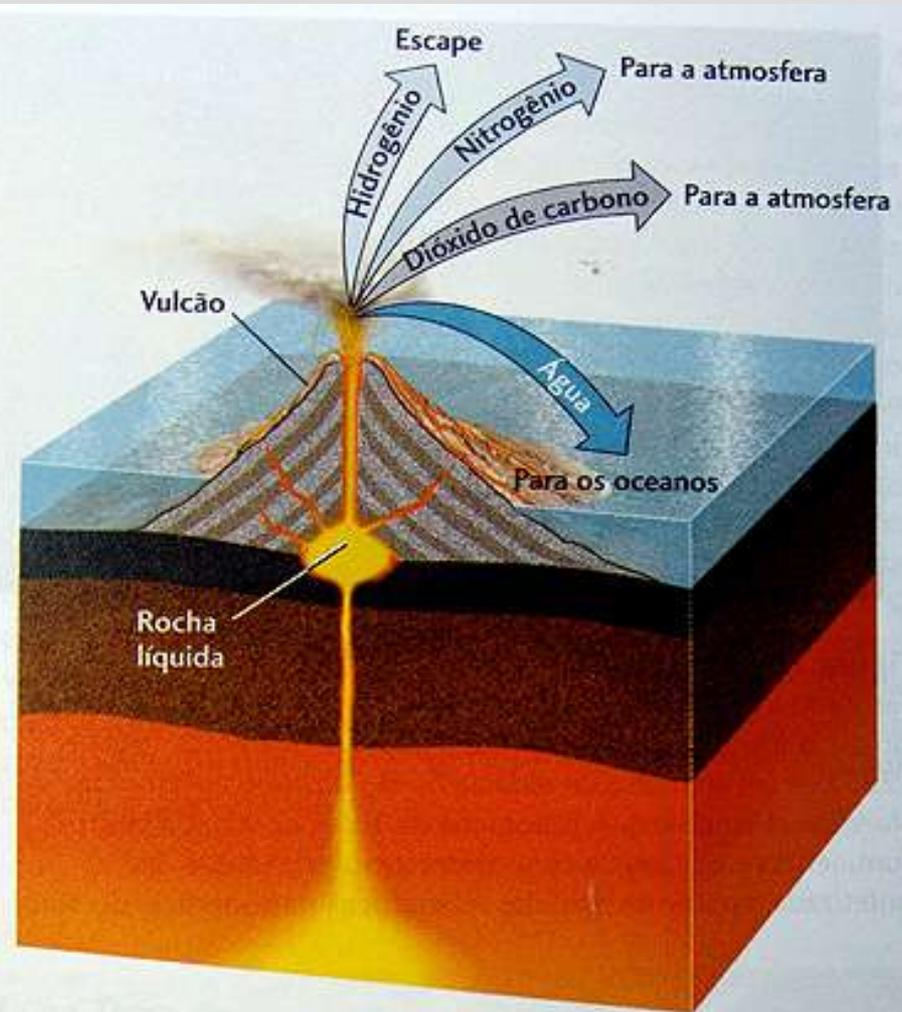
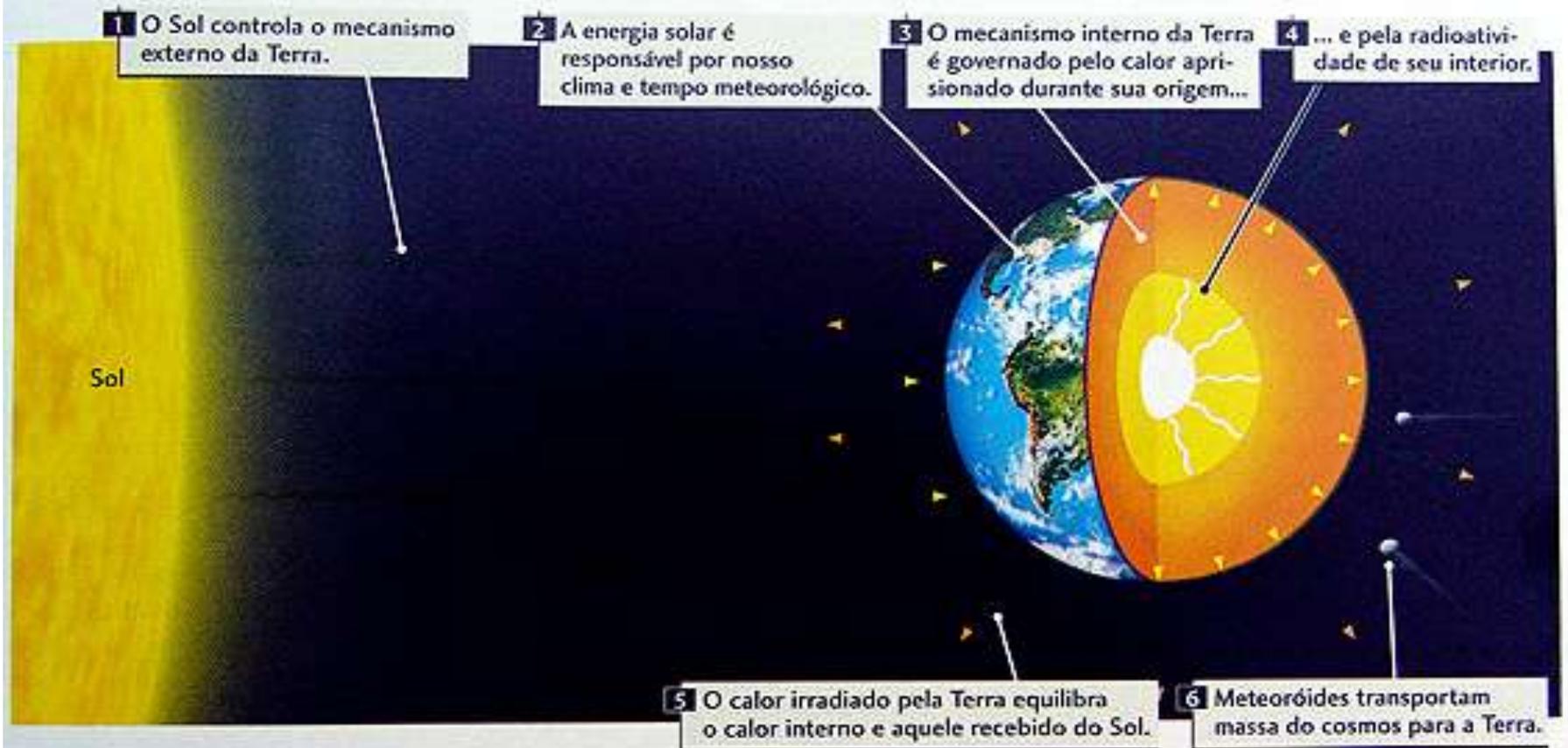


Figura 1.8 A atividade vulcânica primitiva contribuiu com o lançamento, para a atmosfera e os oceanos, de grandes quantidades de vapor d'água, dióxido de carbono e outros gases e, para os continentes, de materiais sólidos. A fotossíntese dos microrganismos removeu o dióxido de carbono e adicionou oxigênio 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

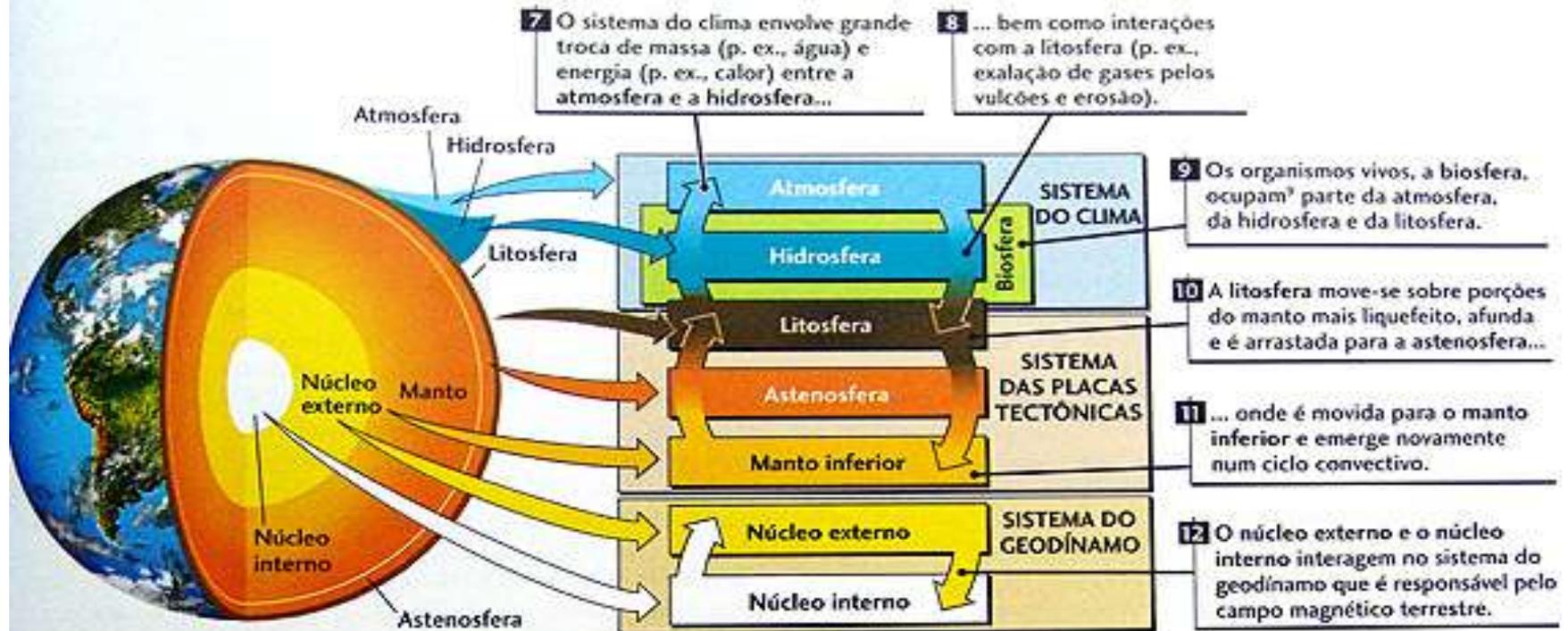


Figura panorâmica 1.10 Principais componentes e subsistemas do sistema Terra (ver Quadro 1.2). As interações entre os componentes são governadas pela energia do Sol e do interior do planeta e organizadas em três geossistemas globais: o sistema do clima, o sistema das placas tectônicas e o sistema do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

Um planeta dinâmico

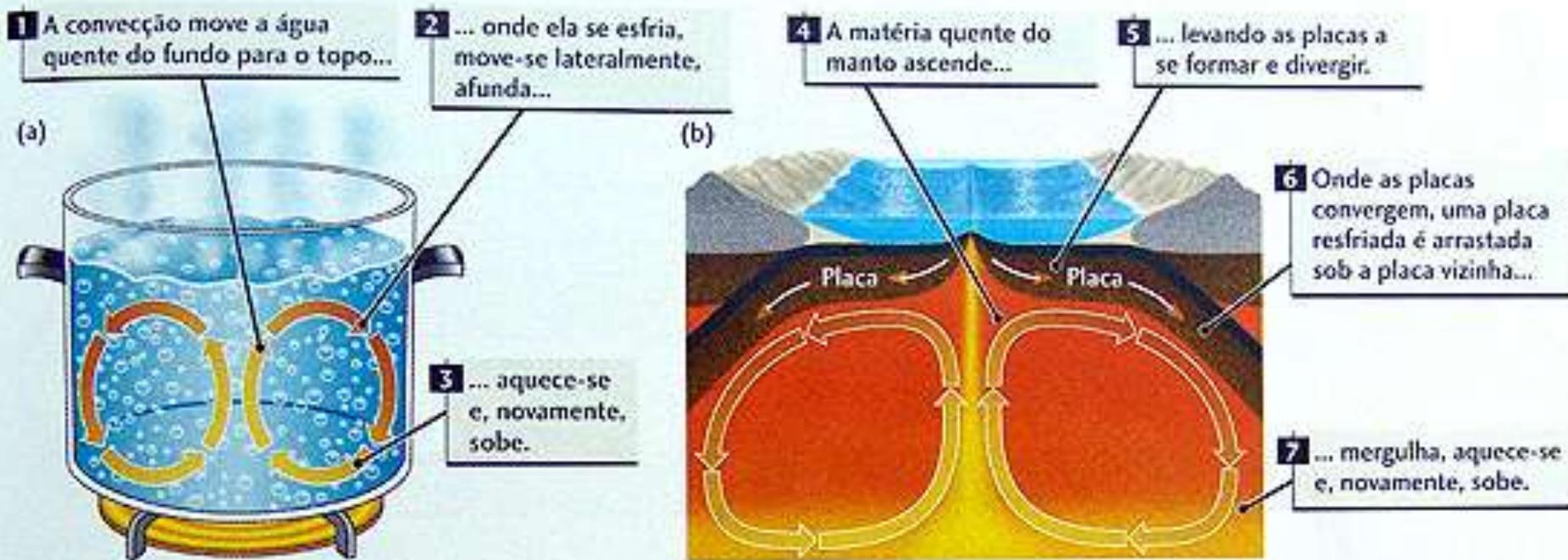


Figura 1.11 (a) A água fervendo é um exemplo familiar da convecção. (b) Uma visão simplificada das correntes de convecção no interior da Terra.

Comportamento dos feixes

Informações sobre a estrutura da Terra

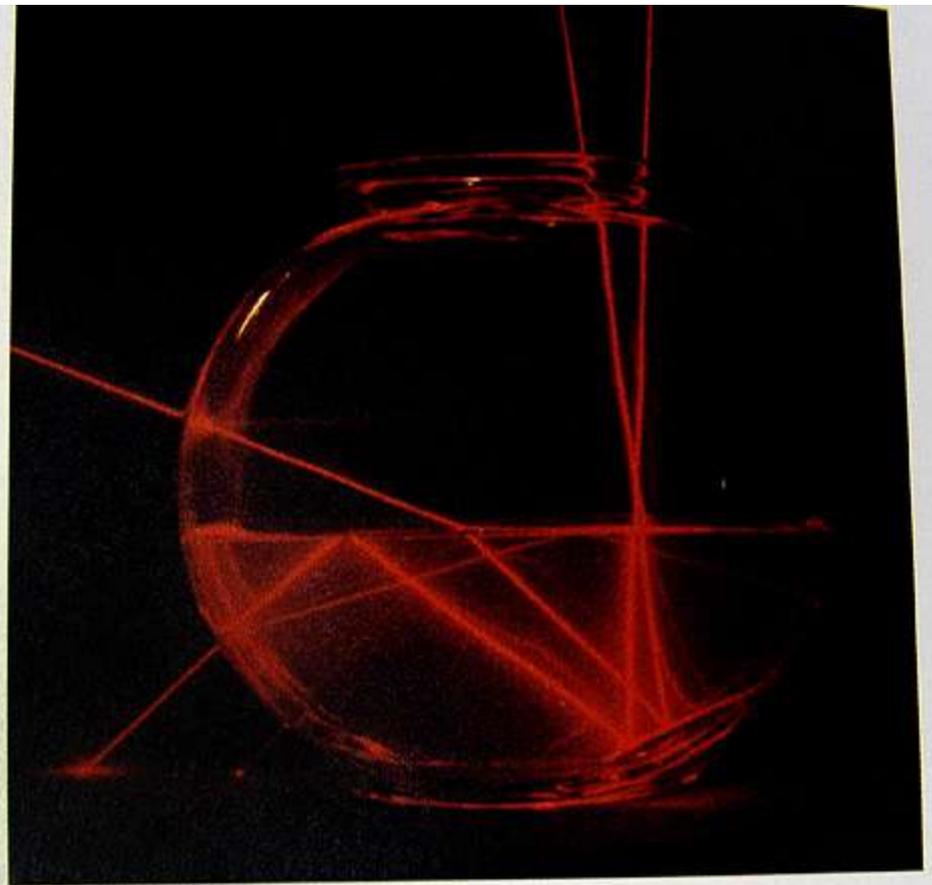
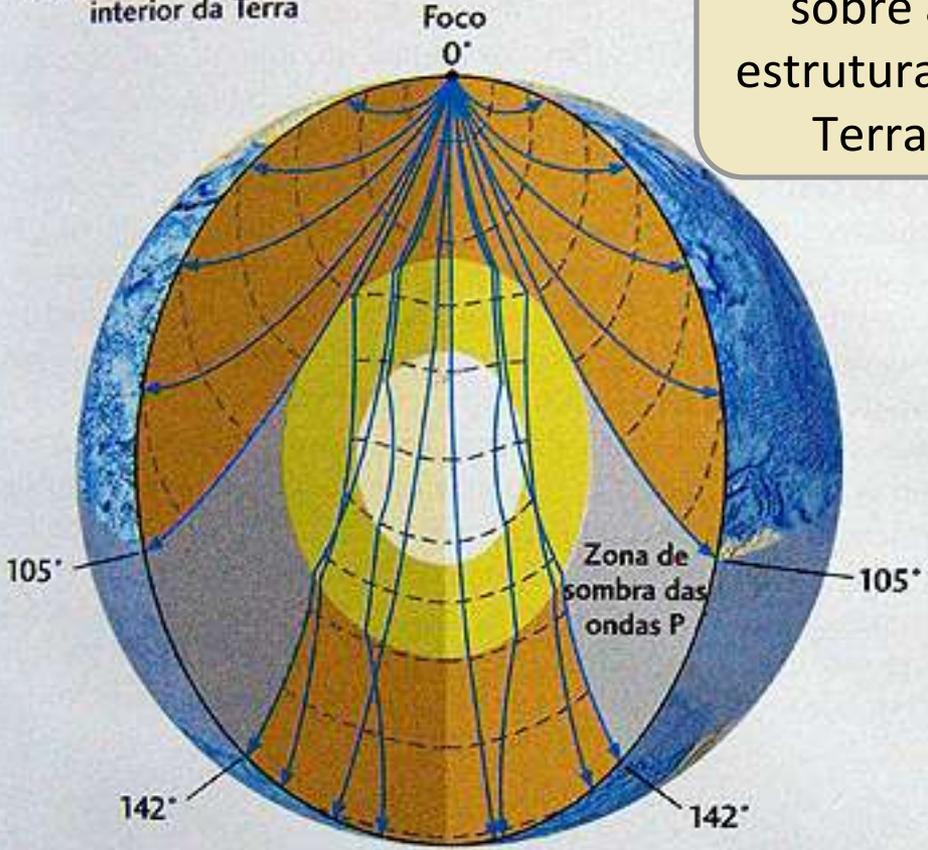


Figura 21.1 Neste experimento, os dois feixes de *laser* entram num globo com água pelo topo. Ambos são refletidos em um espelho posicionado no fundo do globo. Um, então, é refletido na interface ar-água e passa através da parede do globo, originando um ponto brilhante na mesa. A maior parte da energia do outro é desviada para baixo (refratada) quando ele passa da água para o ar, e uma pequena quantidade é refletida para formar um segundo ponto brilhante na mesa. Você pode traçar o caminho de outros feixes refletidos pelas interfaces. [Susan Schwartzberg/The Exploratorium]

Informações sobre a estrutura da Terra

(a) Padrão da trajetória das ondas P no interior da Terra



(b) Padrão da trajetória das ondas S no interior da Terra.

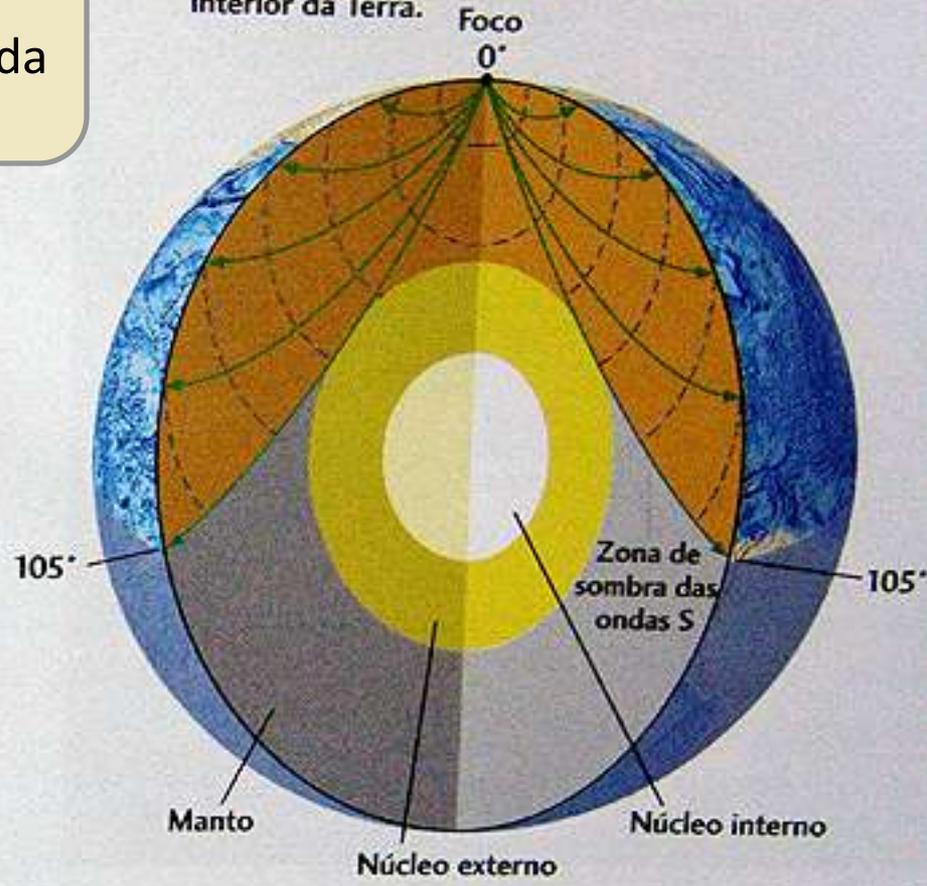


Figura 21.2 (a) O padrão da trajetória das ondas P no interior da Terra. A linha tracejada em azul mostra o avanço das frentes de ondas no interior, num intervalo de 2 minutos. As distâncias são medidas em ângulos a partir do foco do terremoto. A zona de sombra da onda P estende-se de 105 a 142°. As ondas P não podem alcançar a superfície nessa zona, devido ao desvio da trajetória ao entrarem e saírem do núcleo. (b) A zona de maior sombra das ondas S estende-se de 105 a 180°. Embora as ondas S incidam no núcleo, elas não podem viajar através da sua região fluida mais externa e, assim, nunca emergem antes de 105° a partir do foco.



Informações
sobre a
estrutura da
Terra



Três camadas composicionais da Terra

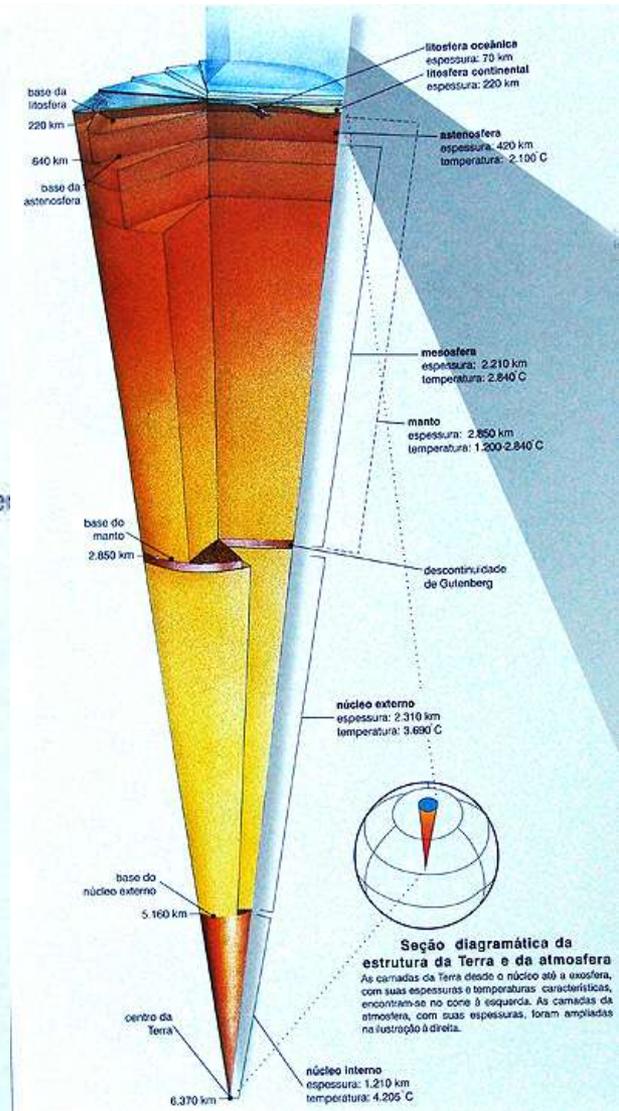
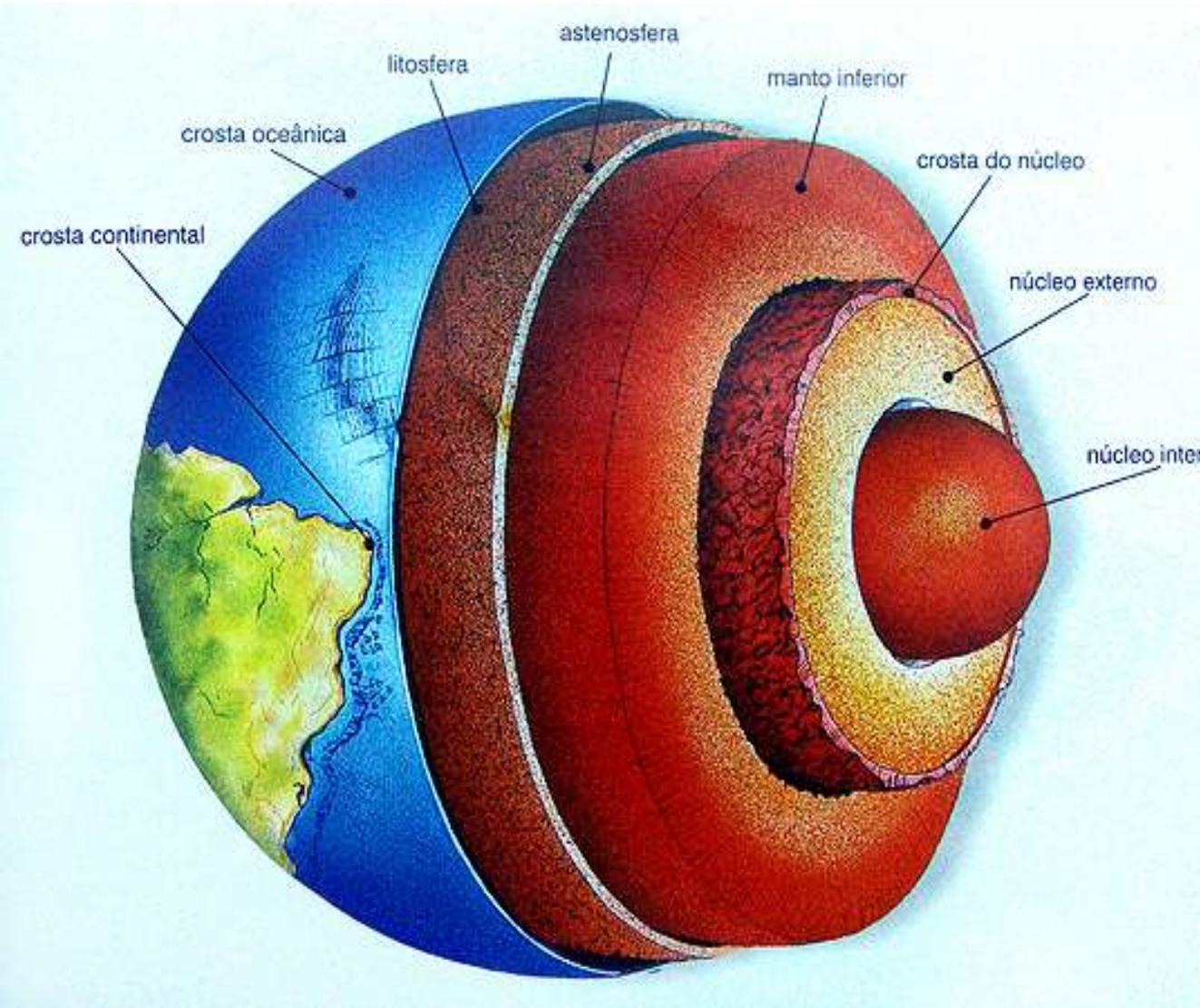
- Base da divisão: ondas sísmicas P e S e seções geológicas na superfície da terra

- **Crosta Continental:** Superior e inferior
- **Manto:** Superior, transicional e Inferior
- **Núcleo:** Externo e Interno

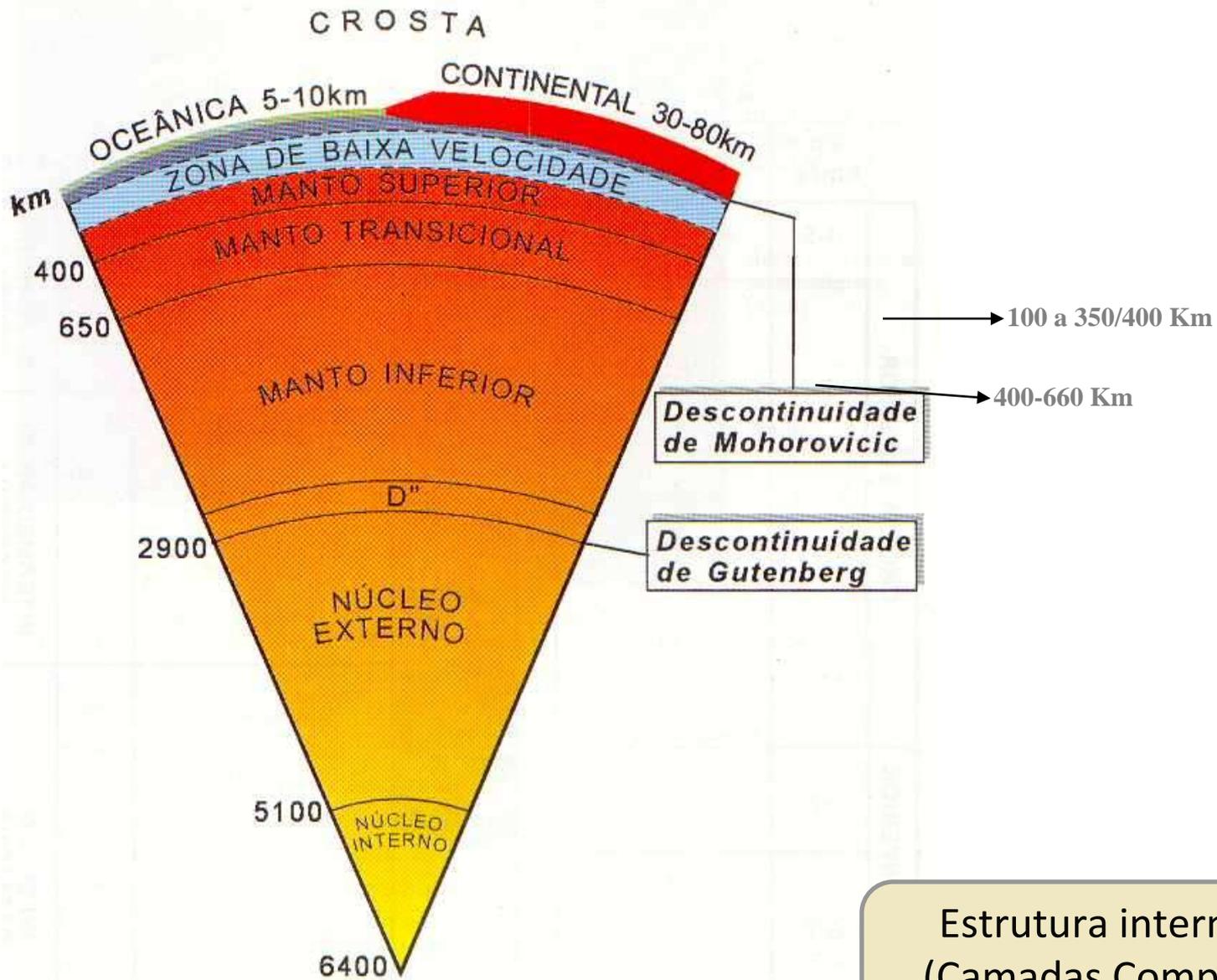
Três camadas reológicas da Terra

- Litosfera: Continental e o oceânica
- Astenosfera
- Mesosfera

Viscosidade e plasticidade dos fluidos



Estrutura interna da Terra (Camadas Composicionais e Reológicas)



Estrutura interna da Terra
(Camadas Composicionais e Reológicas)

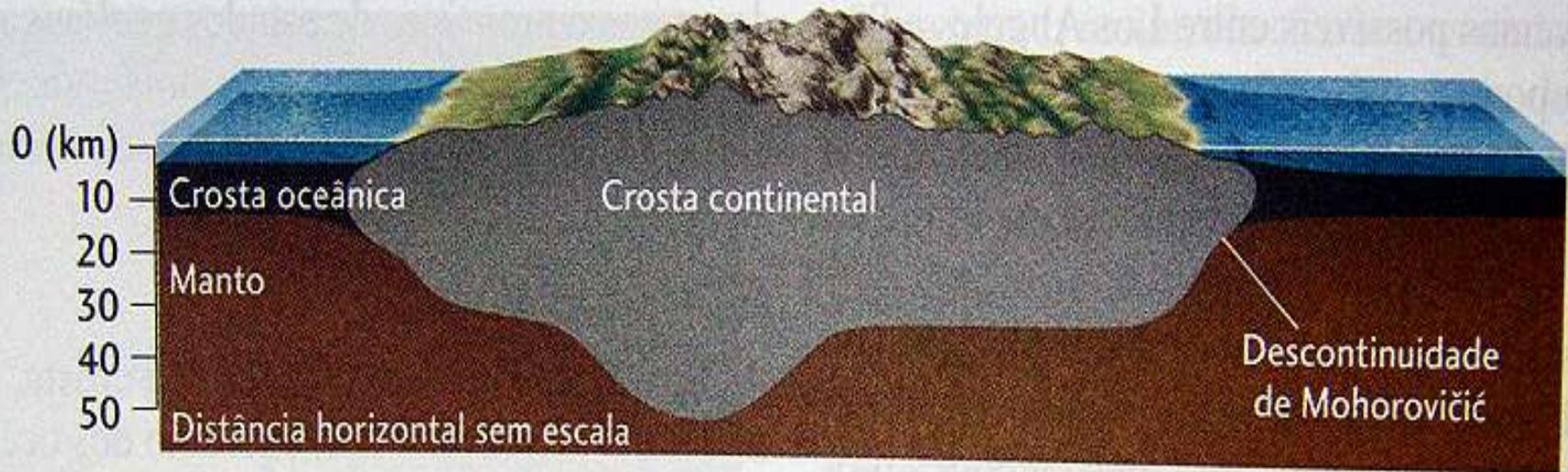
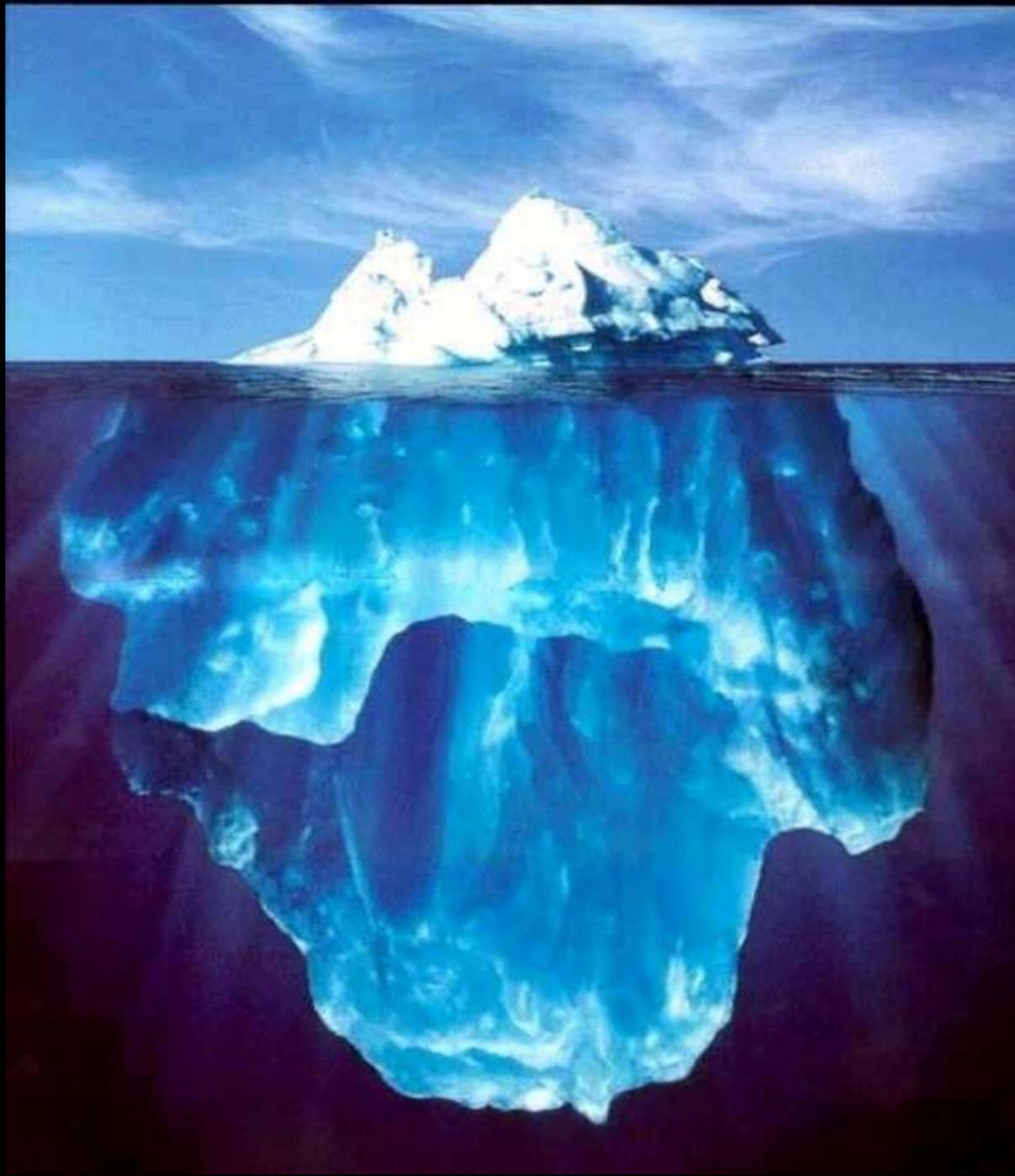


Figura 21.6 As ondas sísmicas revelam o limite entre a crosta e o manto subjacente e as variações na espessura da crosta. A crosta continental relativamente leve projetando-se dentro do manto mais denso serve como uma raiz que fornece o empuxo para a “flutuação” do continente. A raiz é mais profunda embaixo das montanhas, onde é necessário mais empuxo para suportar a carga mais pesada, de acordo como princípio da isostasia.



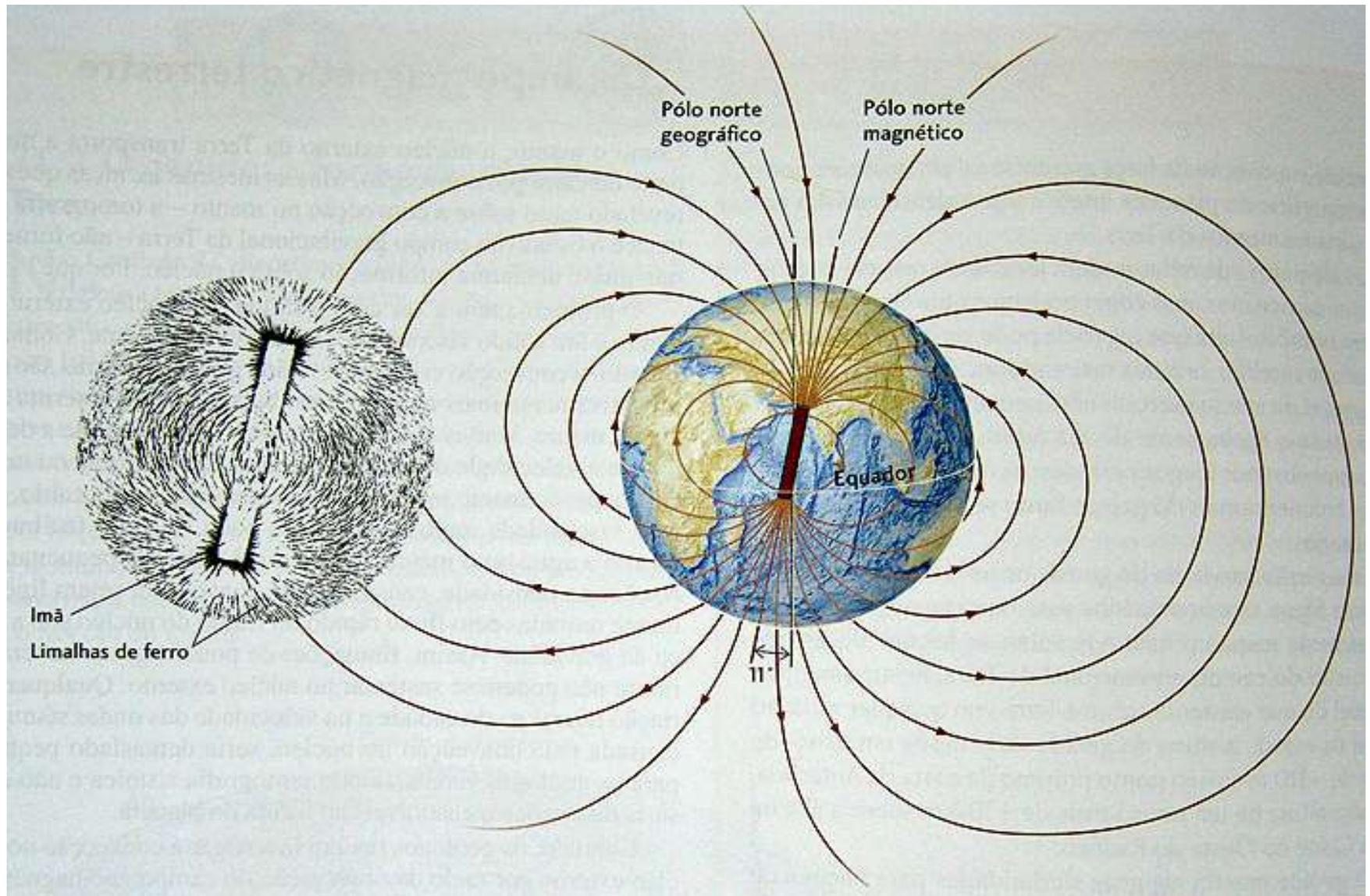
Manto – mais denso

- Composição: Peridotítica (Olivina, piroxênio e espinélio e granada).
- Espessura: 2885 Km
- Manto Superior: (rígido)
- Manto Inferior: (plástico, viscoso)

Núcleo - metálico

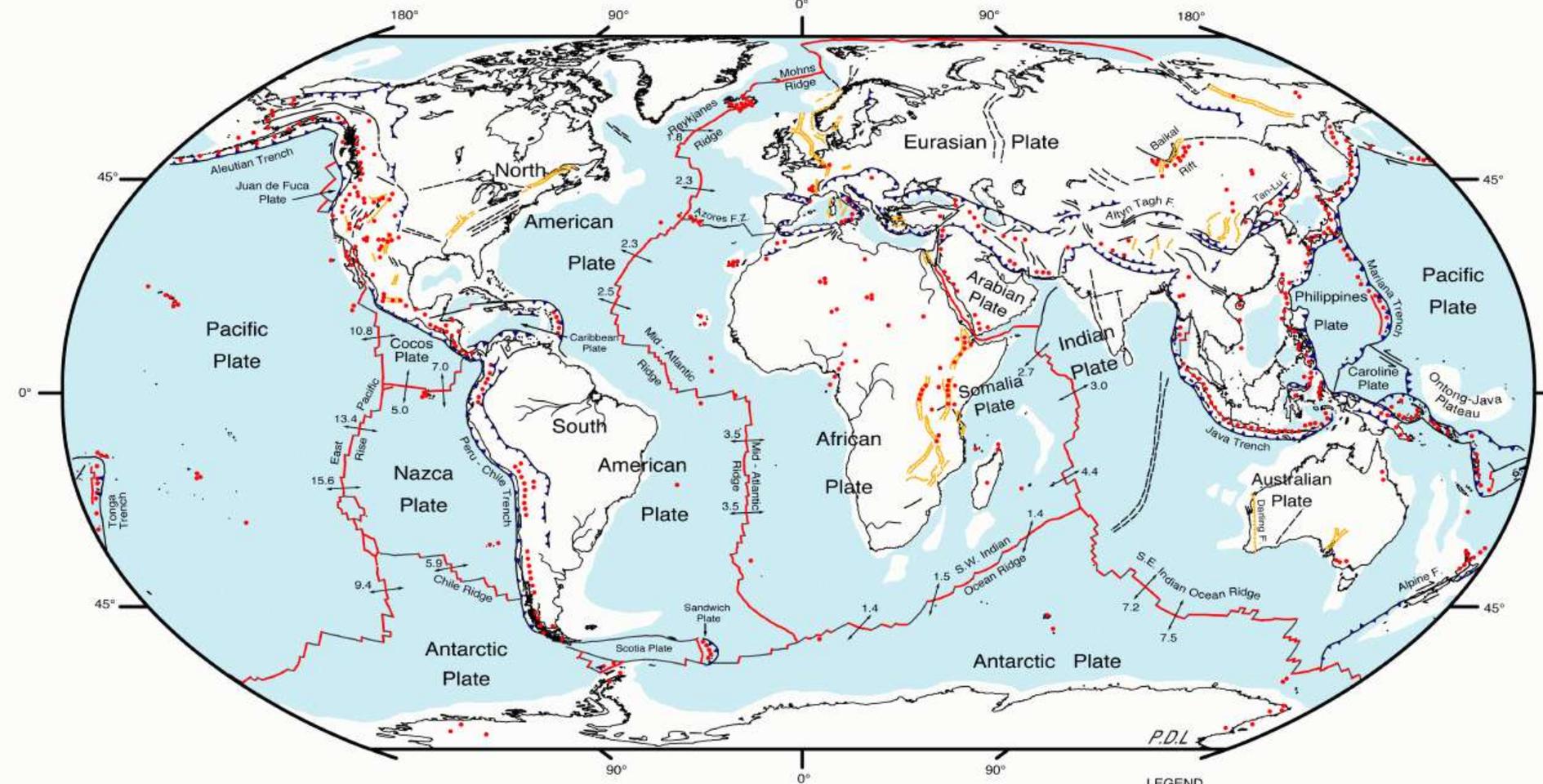
- Espessura Total: 3486 Km
- Núcleo Externo: (plástico/viscoso a líquido)
espessura: 2270 Km
- Núcleo Interno: (rúptil, rígido)
espessura: 1216 Km

Magnetismo - geodínamo





Mapa tectônico atual da terra (fonte: Nasa)



DIGITAL TECTONIC ACTIVITY MAP OF THE EARTH
Tectonism and Volcanism of the Last One Million Years

DTAM



NASA/Goddard Space Flight Center
Greenbelt, Maryland 20771

Robinson Projection
 Mainly oceanic crust
 October 1998

LEGEND

- Actively-spreading ridges and transform faults
- Total spreading rate, cm/year, NUVEL-1 model (DeMets et al., Geophys. J. International, 101, 425, 1990)
- Major active fault or fault zone; dashed where nature, location, or activity uncertain
- Normal fault or rift; hachures on downthrown side
- Reverse fault (overthrust, subduction zones); generalized; bars on upthrown side
- Volcanic centers active within the last one million years; generalized. Minor basaltic centers and seamounts omitted.



Cadeia meso-Atlântica

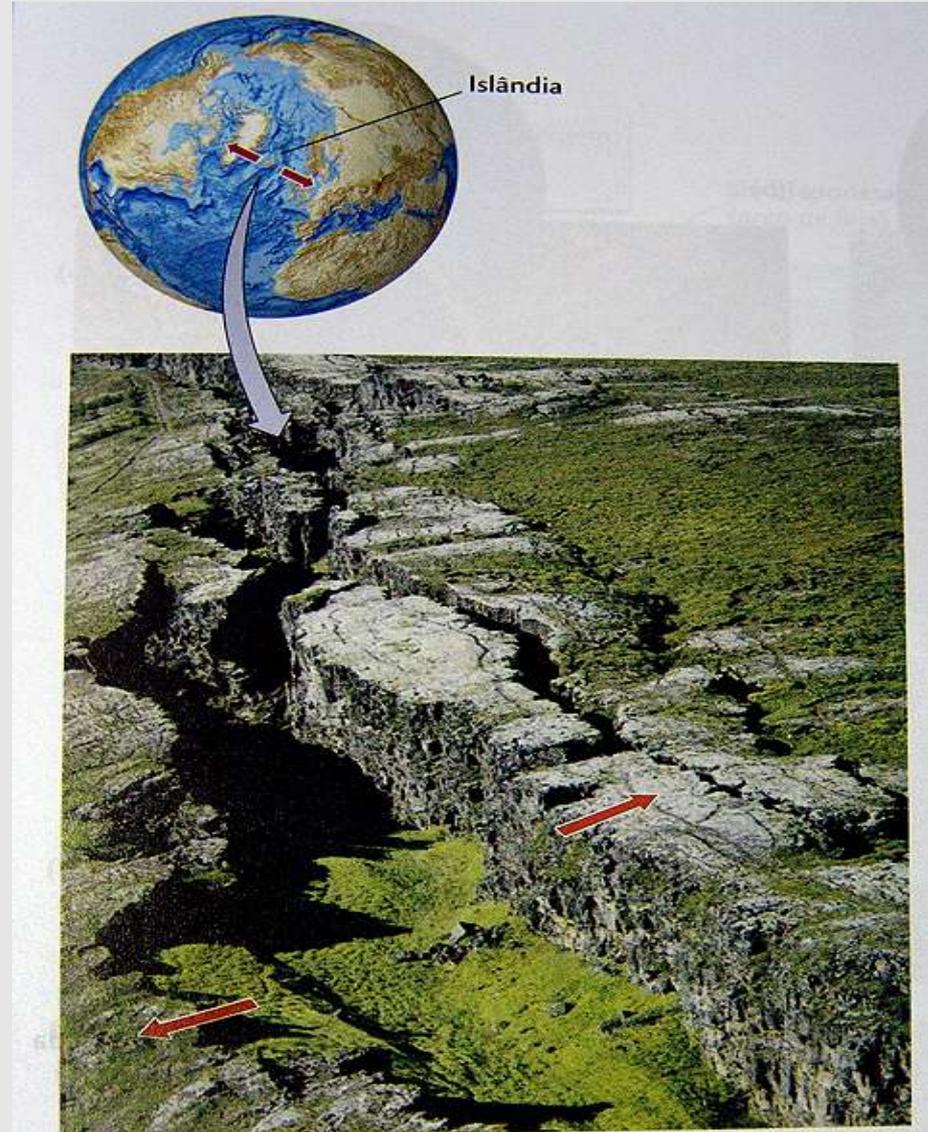
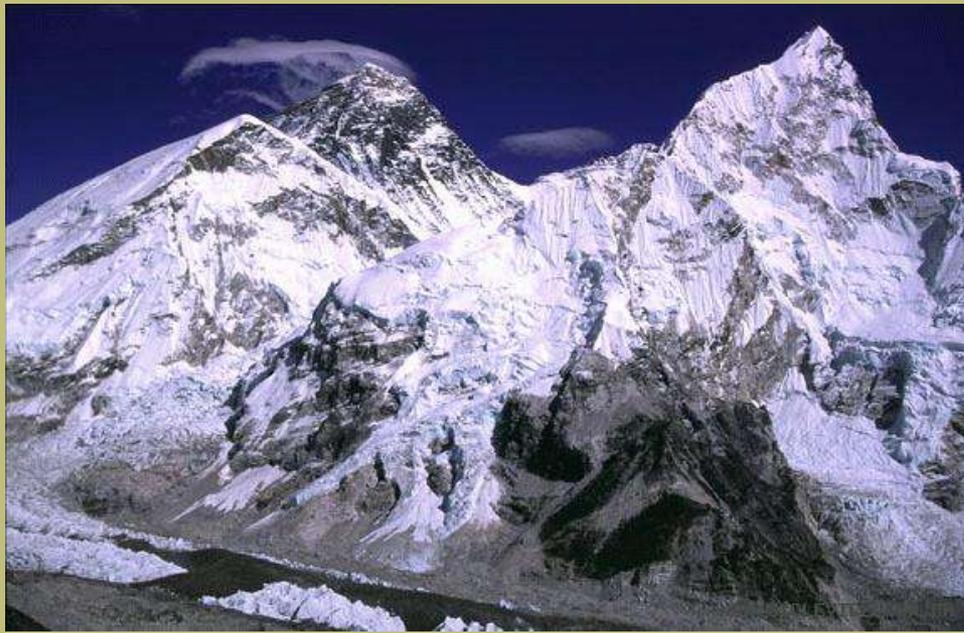


Figura 2.7 A Dorsal Mesoatlântica, um limite de placa divergente, aflora acima do nível do mar na Islândia. O vale em rifte com forma de fratura preenchido com rochas vulcânicas novas indica que as placas estão sendo afastadas. [Gudmundur E Sigvaldason, Nordic Volcanological Institute]



A placa da Índia avançou a uma velocidade de 15 a 20cm por ano, até a colisão com a Eurásia.

A Índia avançou cerca de 2.000Km para dentro da placa eurásiana - cerca de 800km para dentro da Ásia.

- **Himalaia aumenta mais de 1 cm/ano.**





Vulcão na Islândia

Processos magmáticos



Salar na Bolívia

Photo © Ladislav Kamarád

Processos sedimentares



Mármore de Carrara - Itália

Processos metamórficos



Resultado dos vários processos geológicos atuantes no planeta:
minerais



O conceito atual de **Geodiversidade** é bastante amplo e trás à tona o quanto a geologia está entrelaçada à existência da humanidade e da biodiversidade



Recursos naturais



Extração bens minerais





Desenvolvimento sustentável





Compreensão dos processos naturais



Ação do vento – transporte e deposição



Lavas pahoehoe- Havaií



Solfatara - Islândia



Transporte de sedimentos



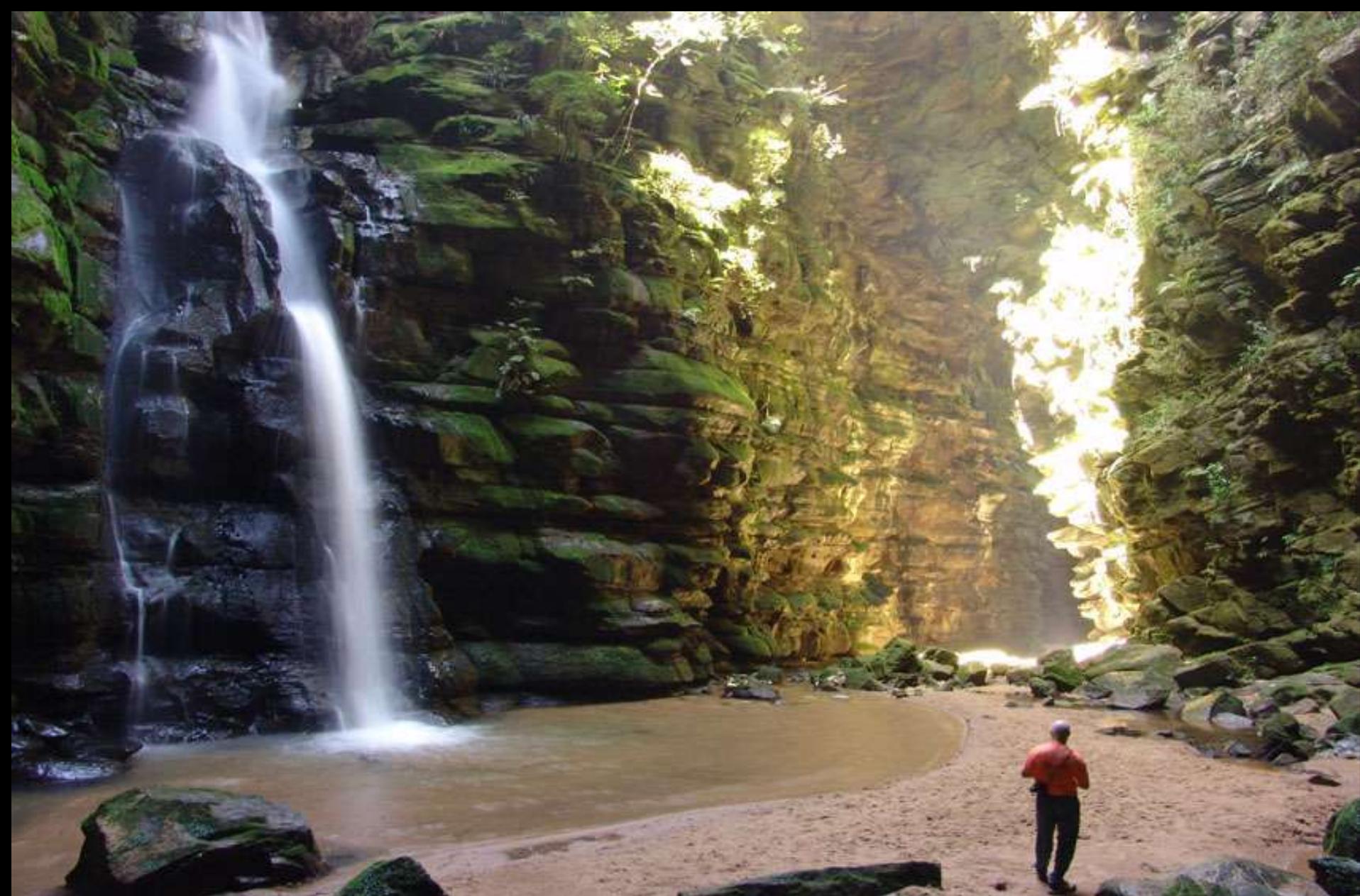
Panelões - Guartelá



Formação de paisagens Grand Canyon - Eua



Arenitos de Vila Velha – Ponta Grossa



Geoturismo - Buraco do Padre – Ponta Grossa – fuma cilíndrica em arenito



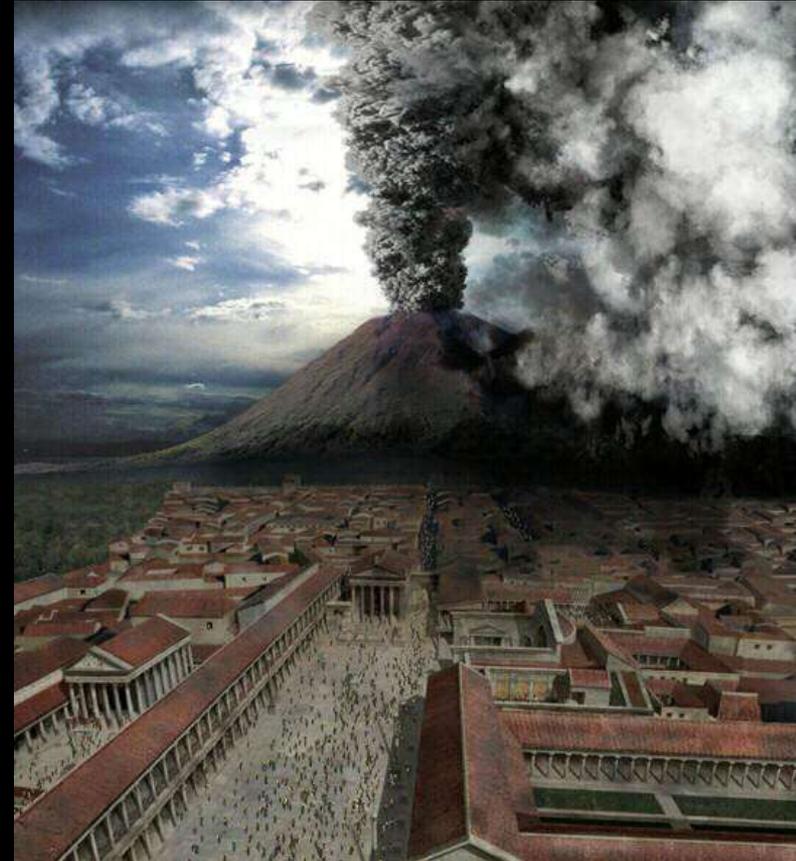
Calcário na Turquia



Vesúvio - Itália

Catástrofes naturais

Erupções



Catástrofes naturais

Paricutín - México



Catástrofes naturais



Terremotos





Catástrofes naturais

Tsunamis



Catástrofes naturais



Enchentes e deslizamentos

