



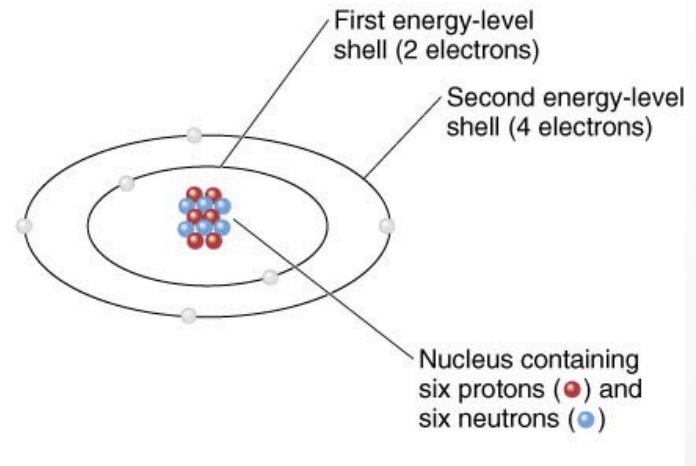
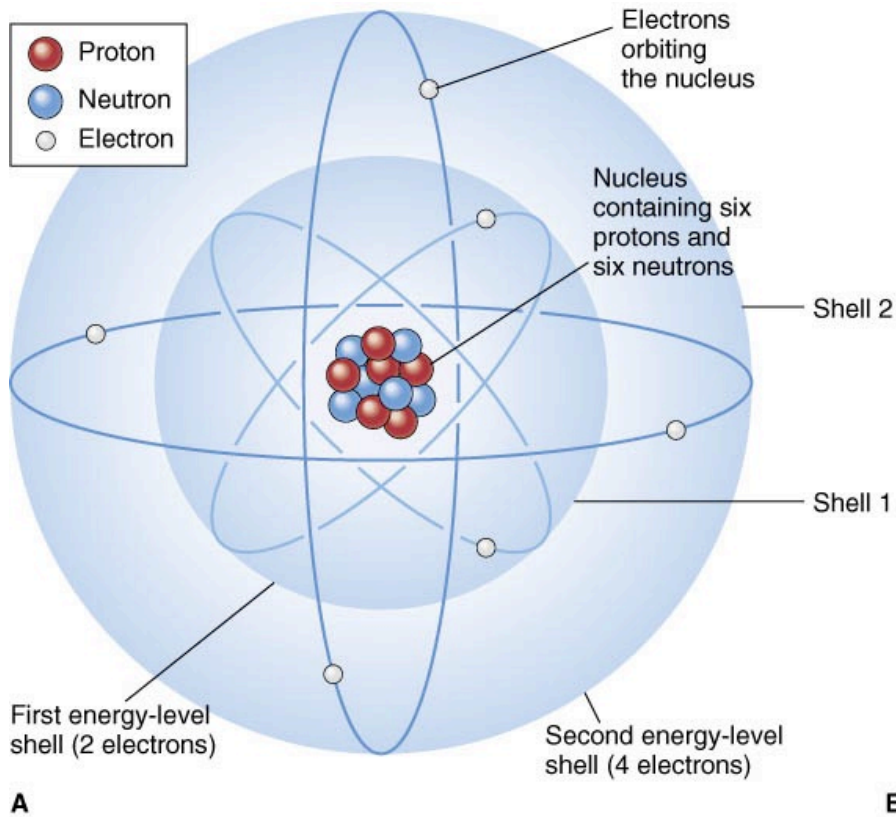
# Materiais geológicos: dos elementos químicos às rochas

044 0107 Dinâmica do Sistema Terra 1  
Prof. Dr. Gaston Eduardo Enrich Rojas  
Universidade de São Paulo

# Roteiro da aula

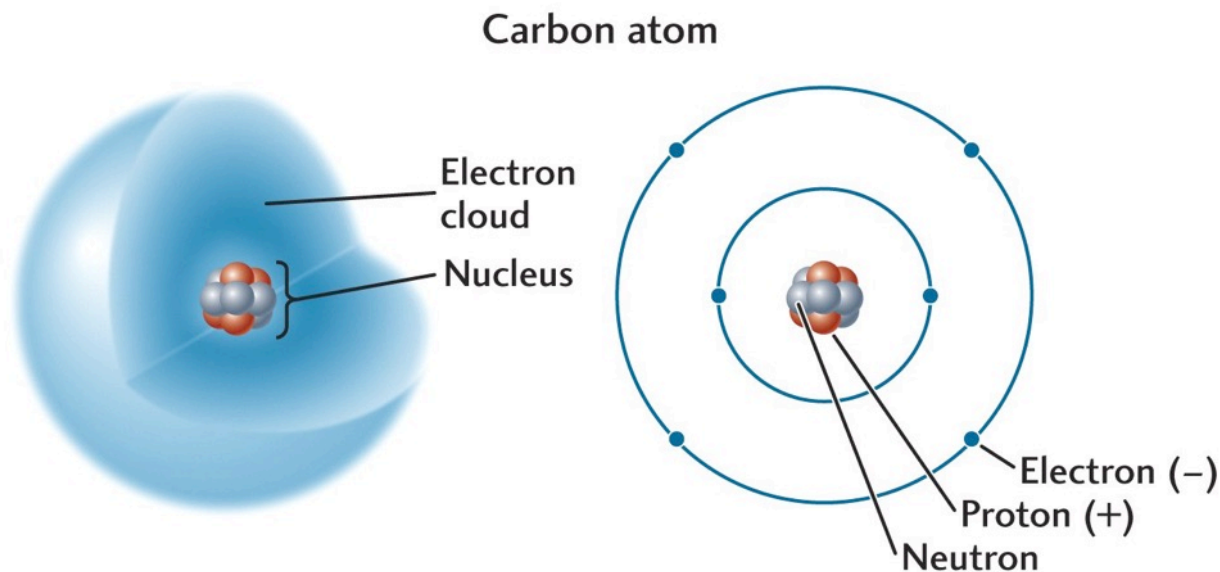
- Elementos químicos e a tabela periódica
- Minerais
- Agregados de minerais naturais
  - inconsolidados: solos e sedimento
  - consolidados: rochas
- **Atividade Prática: primeira parte**
- Tipos de rochas:
  - Ígneas,
  - Metamórficas,
  - Sedimentares
- **Atividade Prática: segunda parte**
- Ciclo das rochas
  - Histórico
  - Processos
- **Atividade prática: parte final**

# Átomos



# Número atômico

- É o número de prótons no núcleo;
  - todos os átomos de um mesmo elemento tem igual número de prótons
- Responsável pelas características químicas típicas de cada elemento
- Os elementos são catalogados pelo número atômico (tabela periódica)



# Tabela Periódica dos Elementos

1 1 <b>H</b> Hidrogênio 1.00794	2 2 <b>He</b> Hélio 4.002602											13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
3 3 <b>Li</b> Lítio 6.941	4 4 <b>Be</b> Berílio 9.012182											5 5 <b>B</b> Boro 10.811	6 6 <b>C</b> Carbono 12.0107	7 7 <b>N</b> Nitrogênio 14.00674	8 8 <b>O</b> Oxigênio 15.9994	9 9 <b>F</b> Flúor 18.9984032	10 10 <b>Ne</b> Neônio 20.1797
11 3 <b>Na</b> Sódio 22.989770	12 4 <b>Mg</b> Magnésio 24.3050	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 IB	12 IIB	13 Al Alumínio 26.981538	14 14 <b>Si</b> Silício 28.0855	15 15 <b>P</b> Fósforo 30.973761	16 16 <b>S</b> Enxofre 32.066	17 17 <b>Cl</b> Cloro 35.463	18 18 <b>Ar</b> Argônio 39.948
19 4 <b>K</b> Potássio 39.0983	20 4 <b>Ca</b> Cálcio 40.078	21 5 <b>Sc</b> Escândio 44.955910	22 6 <b>Ti</b> Titânio 47.867	23 6 <b>V</b> Vanádio 50.9415	24 6 <b>Cr</b> Cromo 51.9961	25 7 <b>Mn</b> Manganês 54.938049	26 7 <b>Fe</b> Ferro 55.8457	27 7 <b>Co</b> Cobalto 58.933200	28 8 <b>Ni</b> Níquel 58.6934	29 8 <b>Cu</b> Cobre 63.546	30 8 <b>Zn</b> Zinco 65.409	31 9 <b>Ga</b> Gálio 69.723	32 10 <b>Ge</b> Germânio 72.64	33 10 <b>As</b> Arsênio 74.92160	34 10 <b>Se</b> Selênio 78.96	35 10 <b>Br</b> Bromo 79.904	36 10 <b>Kr</b> Criptônio 83.798
37 5 <b>Rb</b> Rubídio 85.4678	38 5 <b>Sr</b> Estrôncio 87.62	39 6 <b>Y</b> Ítrio 88.90585	40 6 <b>Zr</b> Zircônio 91.224	41 6 <b>Nb</b> Nióbio 92.90638	42 6 <b>Mo</b> Molibdênio 95.94	43 7 <b>Tc</b> Tecnécio (98)	44 7 <b>Ru</b> Rutênio 101.07	45 7 <b>Rh</b> Ródio 102.90550	46 8 <b>Pd</b> Paládio 106.42	47 8 <b>Ag</b> Prata 107.8682	48 8 <b>Cd</b> Cádmio 112.411	49 9 <b>In</b> Índio 114.818	50 9 <b>Sn</b> Estanho 118.710	51 9 <b>Sb</b> Antimônio 121.760	52 9 <b>Te</b> Telúrio 127.60	53 9 <b>I</b> Iodo 126.90447	54 9 <b>Xe</b> Xenônio 131.293
55 6 <b>Cs</b> Césio 132.90545	56 6 <b>Ba</b> Bário 137.327	57 to 71	72 7 <b>Hf</b> Háfânio 178.49	73 7 <b>Ta</b> Tântalo 180.9479	74 7 <b>W</b> Tungstênio 183.84	75 7 <b>Re</b> Rênio 186.207	76 8 <b>Os</b> Ósmio 190.23	77 8 <b>Ir</b> Iridio 192.217	78 8 <b>Pt</b> Platina 195.078	79 8 <b>Au</b> Ouro 196.96655	80 8 <b>Hg</b> Mercúrio 200.59	81 9 <b>Tl</b> Tálio 204.3833	82 9 <b>Pb</b> Chumbo 207.2	83 9 <b>Bi</b> Bismuto 208.98038	84 9 <b>Po</b> Polônio (209)	85 9 <b>At</b> Astató (210)	86 9 <b>Rn</b> Radônio (222)
87 7 <b>Fr</b> Frâncio (223)	88 7 <b>Ra</b> Rádio (226)	89 to 103	104 10 <b>Rf</b> Ruterfórdio (261)	105 10 <b>Db</b> Dúbnio (262)	106 10 <b>Sg</b> Seabórgio (266)	107 10 <b>Bh</b> Bóhrio (264)	108 10 <b>Hs</b> Hássio (269)	109 10 <b>Mt</b> Meitnério (268)	110 10 <b>Ds</b> Darmstádio (271)	111 10 <b>Rg</b> Roentgênio (272)	112 10 <b>Uub</b> Ununbium (285)	113 10 <b>Uut</b> Ununtrium (284)	114 10 <b>Uuq</b> Ununquádmio (289)	115 10 <b>Uup</b> Ununpêntium (288)	116 10 <b>Uuh</b> Ununhexium (292)	117 10 <b>Uus</b> Ununseptium	118 10 <b>Uuo</b> Ununoctium

Massas atômicas em parênteses são aquelas do isótopo mais estável ou comum.

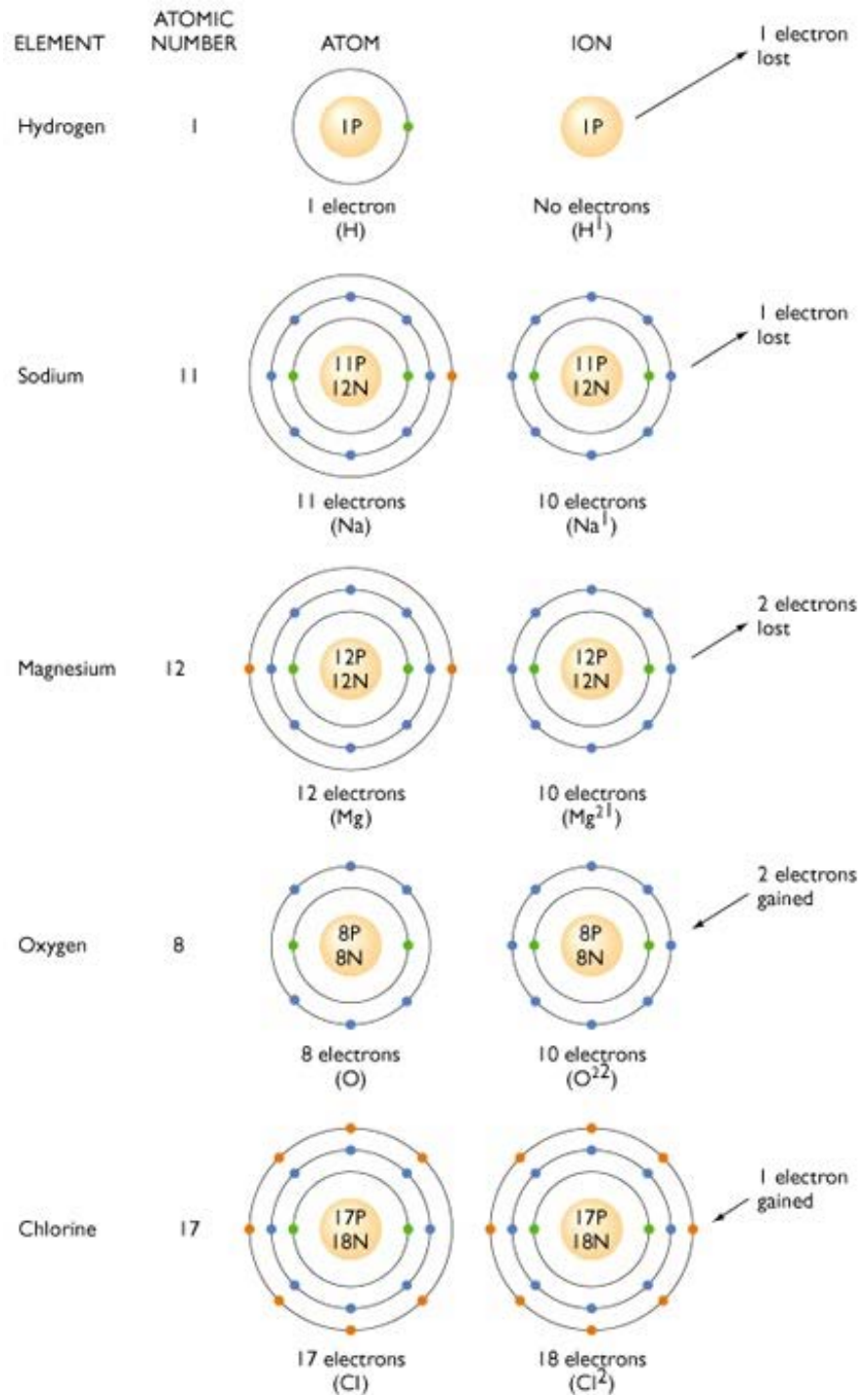
Direitos autorais de design © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), <http://www.dayah.com/periodic/>

Nota: Os números de subgrupo 1-18 foram adotados em 1984 pela International Union of Pure and Applied Chemistry (União Internacional de Química Pura e Aplicada). Os nomes dos elementos 112-118 são os equivalentes latinos desses números.

57 7 <b>La</b> Lantânio 138.9055	58 7 <b>Ce</b> Cério 140.116	59 7 <b>Pr</b> Praseodímio 140.90765	60 7 <b>Nd</b> Neodímio 144.24	61 7 <b>Pm</b> Promécio (145)	62 7 <b>Sm</b> Samário 150.36	63 7 <b>Eu</b> Európio 151.964	64 7 <b>Gd</b> Gadolínio 157.25	65 7 <b>Tb</b> Térbio 158.92534	66 7 <b>Dy</b> Disprósio 162.500	67 7 <b>Ho</b> Hólmio 164.93032	68 7 <b>Er</b> Érbio 167.259	69 7 <b>Tm</b> Túlio 168.93421	70 7 <b>Yb</b> Ítrbio 173.04	71 7 <b>Lu</b> Lutécio 174.967
89 7 <b>Ac</b> Actínio (227)	90 8 <b>Th</b> Tório 232.0381	91 8 <b>Pa</b> Protactínio 231.03588	92 8 <b>U</b> Urânio 238.02891	93 8 <b>Np</b> Netúnio (237)	94 8 <b>Pu</b> Plutônio (244)	95 8 <b>Am</b> Americio (243)	96 8 <b>Cm</b> Cúrio (247)	97 8 <b>Bk</b> Berquélio (247)	98 8 <b>Cf</b> Califórnio (251)	99 8 <b>Es</b> Einstênio (252)	100 8 <b>Fm</b> Férmio (257)	101 8 <b>Md</b> Mendelévio (258)	102 8 <b>No</b> Nobélio (259)	103 8 <b>Lr</b> Laurêncio (262)

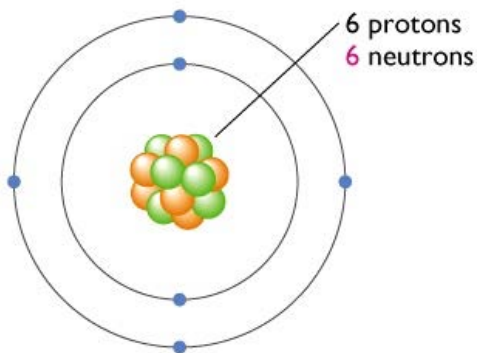
# Átomos e íons

- **íons**: átomos que ganharam ou perderam elétrons
- **cátion**: um átomo que perdeu elétrons e tem carga positiva
- **ânion**: um átomo que ganhou elétrons e tem carga negativa

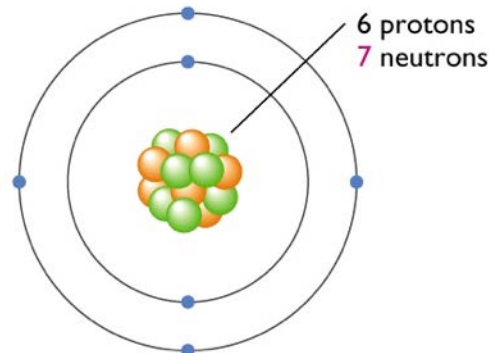


# Massa Atômica e Isótopos

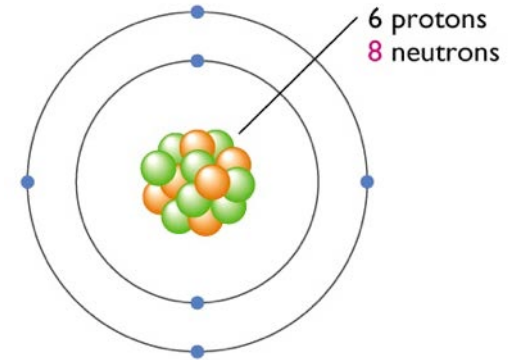
- **Massa atômica:** soma do número de prótons e nêutrons no núcleo do átomo
- **Isótopos:** átomos do mesmo elementos com diferentes massas atômicas



Carbon-12  
(6P | 6N)  
Atomic weight 5 12



Carbon-13  
(6P | 7N)  
Atomic weight 5 13



Carbon-14  
(6P | 8N)  
Atomic weight 5 14

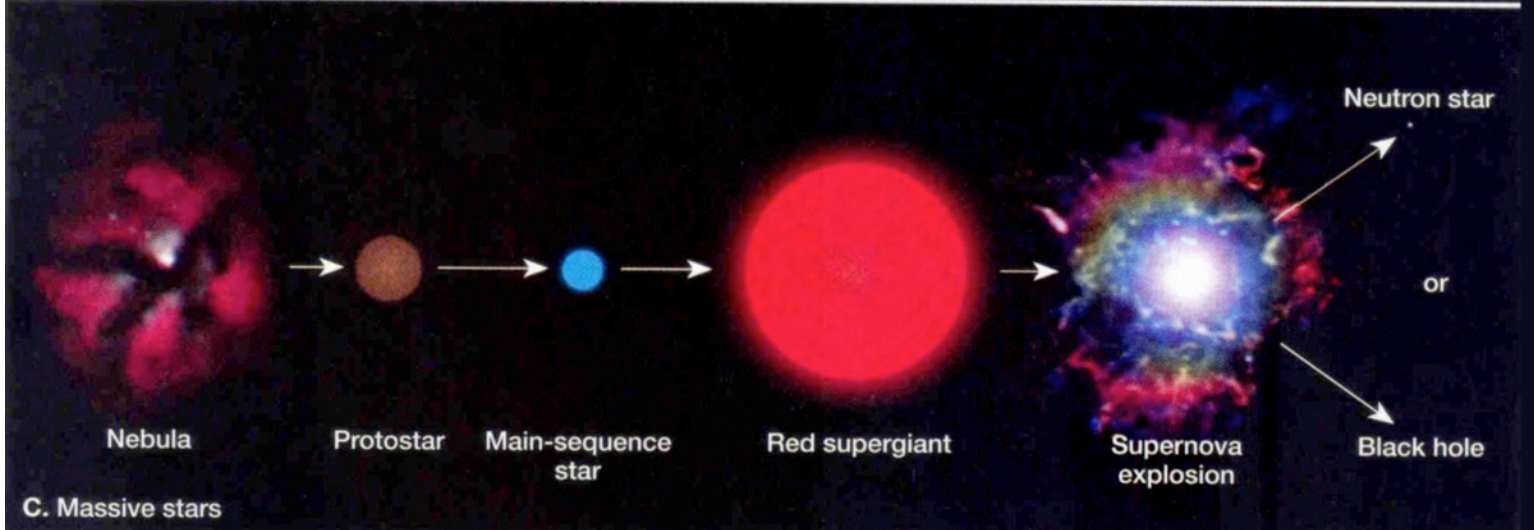
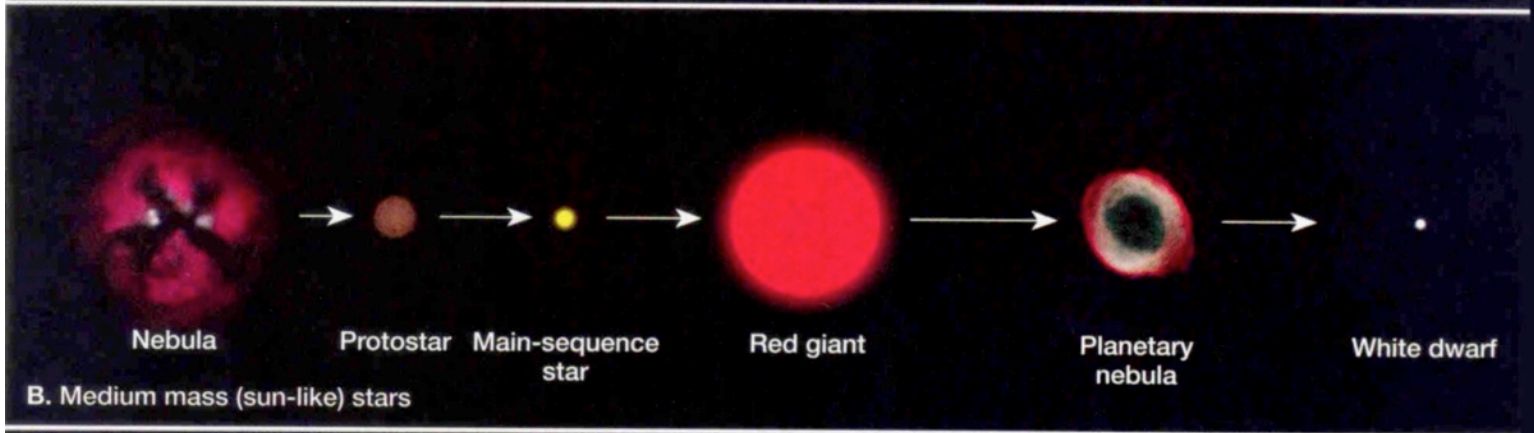
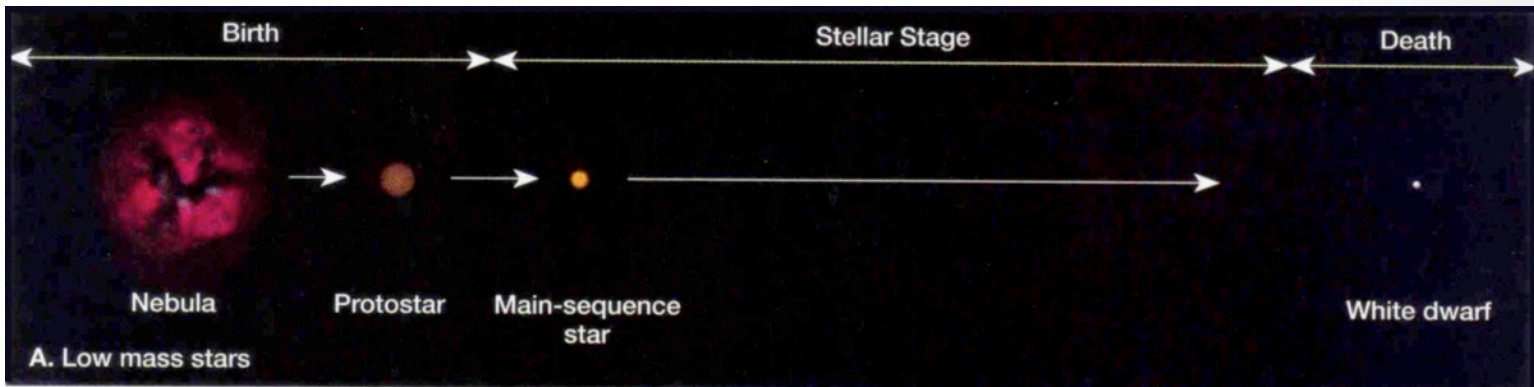
- 1 ● Proton (atomic mass 5 1)  
● Neutron (atomic mass 5 1)  
2 ● Electron (atomic mass 5 0)

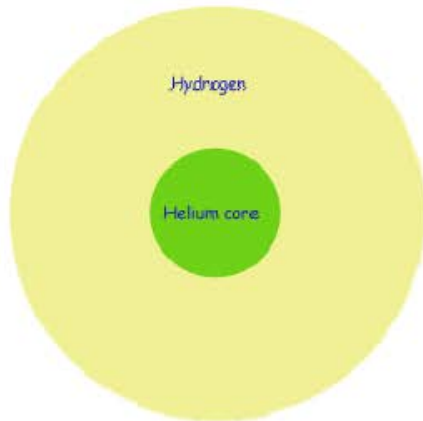
Qual a origem dos elementos químicos?



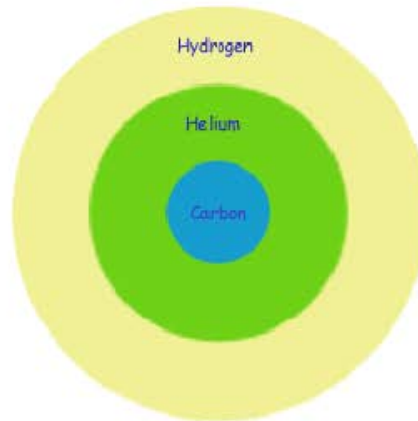
# Orion Nebula



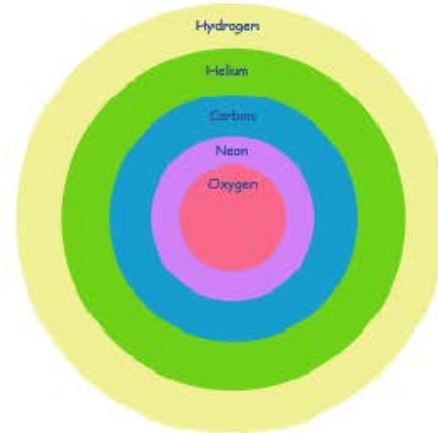




**estrelas de pouca massa**  
 $\ll$  Sol  
 queima de hidrogênio para formar hélio.  
 T insuficiente para formar carbono. após consumo total de hidrogênio, resfriamento e colapso (anã marrom)



**estrelas de massa intermediária**  
 até 5 x Sol  
 fusão de hélio para formar carbono na parte esterna  
 hidrogênio continua gerando hélio.  
 estas estrelas se expandem (gigantes vermelhas) e depois colapsam (anãs brancas)



**estrelas com muita massa**  
 $\gg \gg$  Sol  
 sua expansão forma supergigantes vermelhas  
 podem formar até ferro em seu núcleo

# Origem dos elementos químicos?

- Big Bang
  - elementos leves – principalmente Hidrogênio (H) e um pouco de Hélio (He)
- Fusão nuclear nos núcleos das estrelas
  - sequência principal – funde H para formar He (nº atômico 2)
  - fase gigante/supergigante vermelha – forma os elementos químicos até o ferro (até o nº atômico 24)
  - fase supernova (explosão de uma estrela) – formação dos demais elementos mais pesados até o urânio (até o nº atômico 92)

# Elementos importantes na geologia

H																	He																												
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne																								
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar																								
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr																												
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe																												
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn																												
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt			Uub																																		
			<table border="1"> <tr> <td>Ce</td><td>Pr</td><td>Nd</td><td>Pm</td><td>Sm</td><td>Eu</td><td>Gd</td><td>Tb</td><td>Dy</td><td>Ho</td><td>Er</td><td>Tm</td><td>Yb</td><td>Lu</td> </tr> <tr> <td>Th</td><td>Pa</td><td>U</td><td>Np</td><td>Pu</td><td>Am</td><td>Cm</td><td>Bk</td><td>Cf</td><td>Es</td><td>Fm</td><td>Md</td><td>No</td><td>Lr</td> </tr> </table>															Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu																																
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr																																



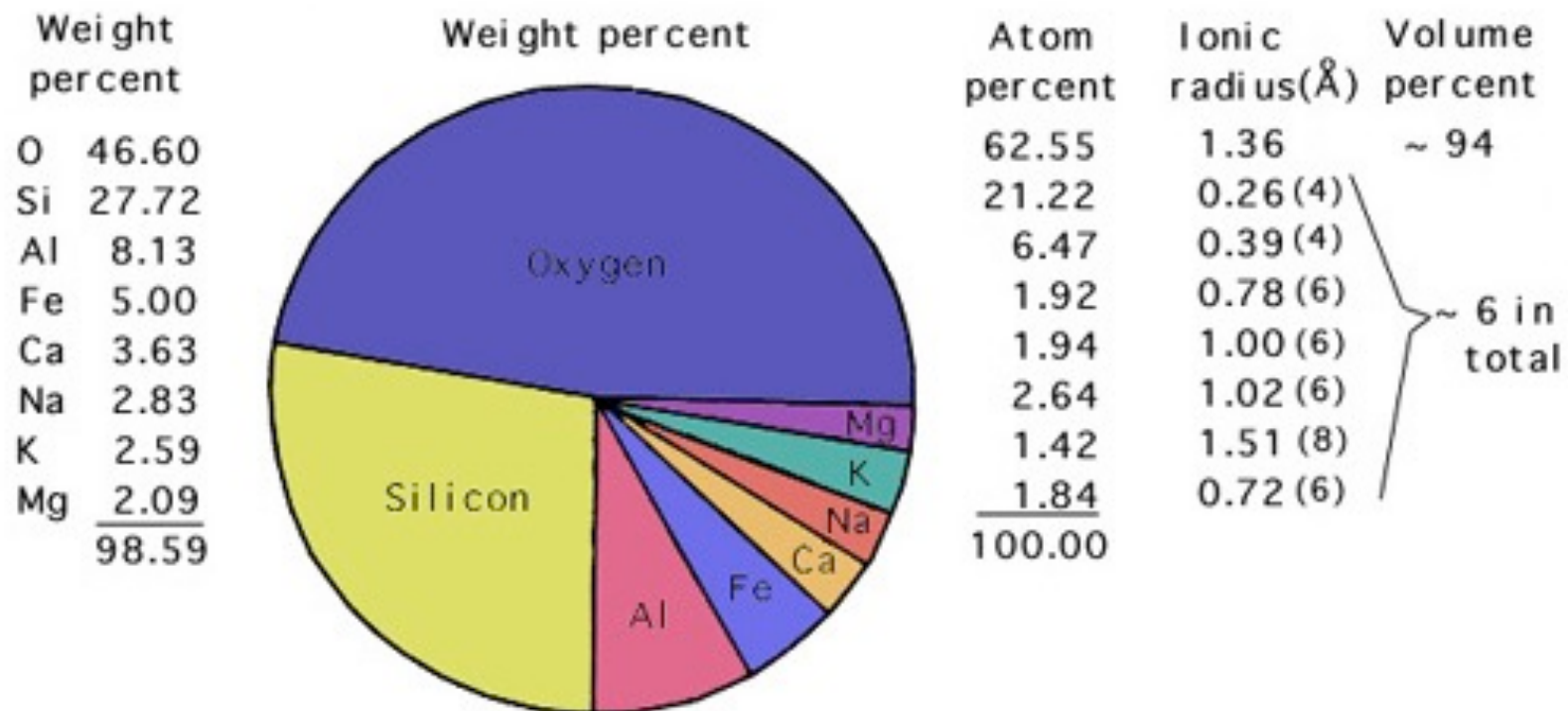
Elements of major abundance in Earth's crust



Elements of lesser abundance but of major geologic importance

# Elementos mais abundantes na crosta

The Eight Most Common Elements in the Earth's Crust



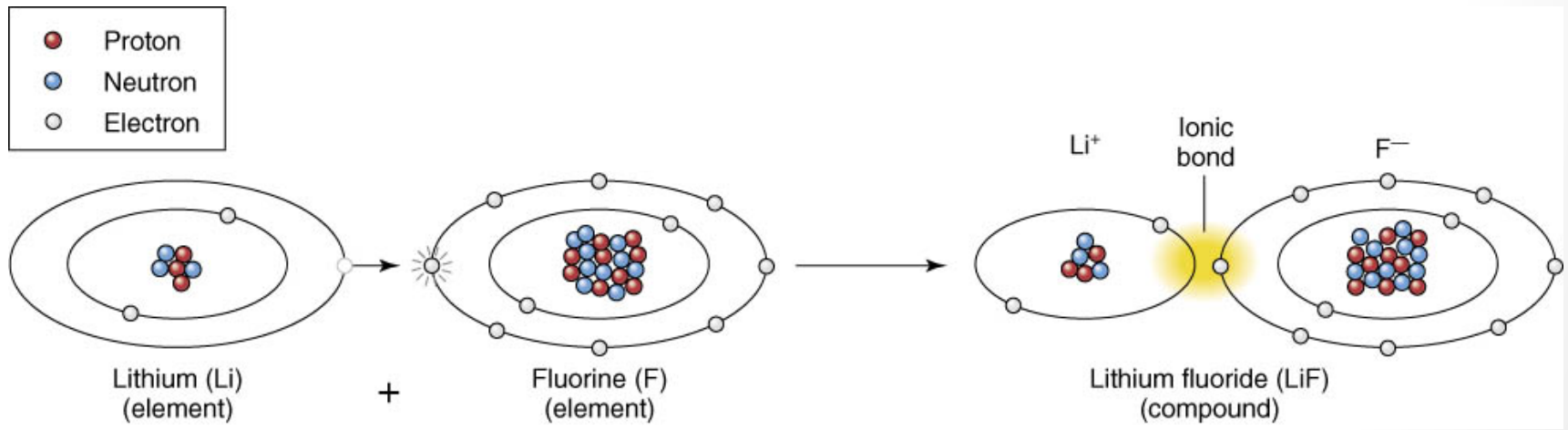
(After Mason, B. and Moore, C.B., 1982, Principles of Geochemistry, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York)

# Íons importantes na crosta (e nos minerais)

<b>ânions</b>	<b>carga</b>	<b>cátions</b>	<b>carga</b>
O	-2	Si	+4
		K	+1
		Ca	+2
		Na	+1
		Al	+3
		Mg	+2
		Fe	+2 ou +3

# Composto químico

- Compostos químicos são formados quando átomos de elementos diferentes são combinados (**ligação química**) numa proporção específica
- As propriedades de um composto são bem diferentes das propriedades de seus elementos constituintes





# Mineral - definição

- Um mineral é:
  - sólido homogêneo,
  - natural,
  - formado por processos inorgânicos,
  - com uma composição química definida (mas geralmente é não fixa),
  - um arranjo atômico altamente ordenado (estrutura cristalina definida).



# Mineral

- Segundo a Associação Mineralógica Internacional (IMA)

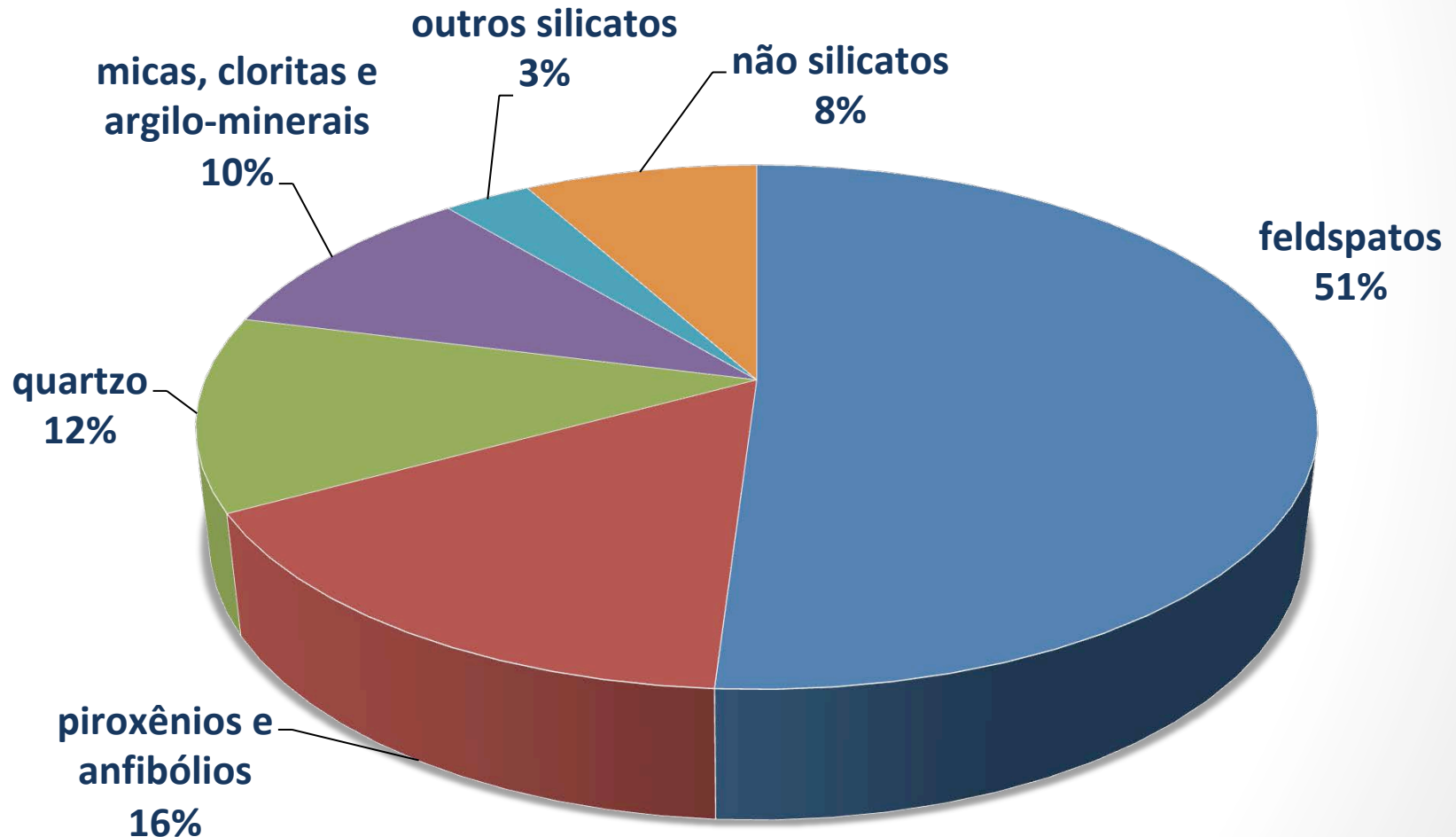
<http://www.ima-mineralogy.org/>



- Uma **substância mineral** é um **sólido** de ocorrência **natural** que foi formado por **processos geológicos** (na Terra ou em outros corpos extraterrestres).
- Uma **espécie mineral** é uma substância com **composição química** e **arranjo cristalográfico** bem definidos, e que merece um **único nome**.

# Mineralogia da crosta terrestre

Essencialmente silicática (silício+oxigênio = 74% da crosta):



# Formação dos minerais

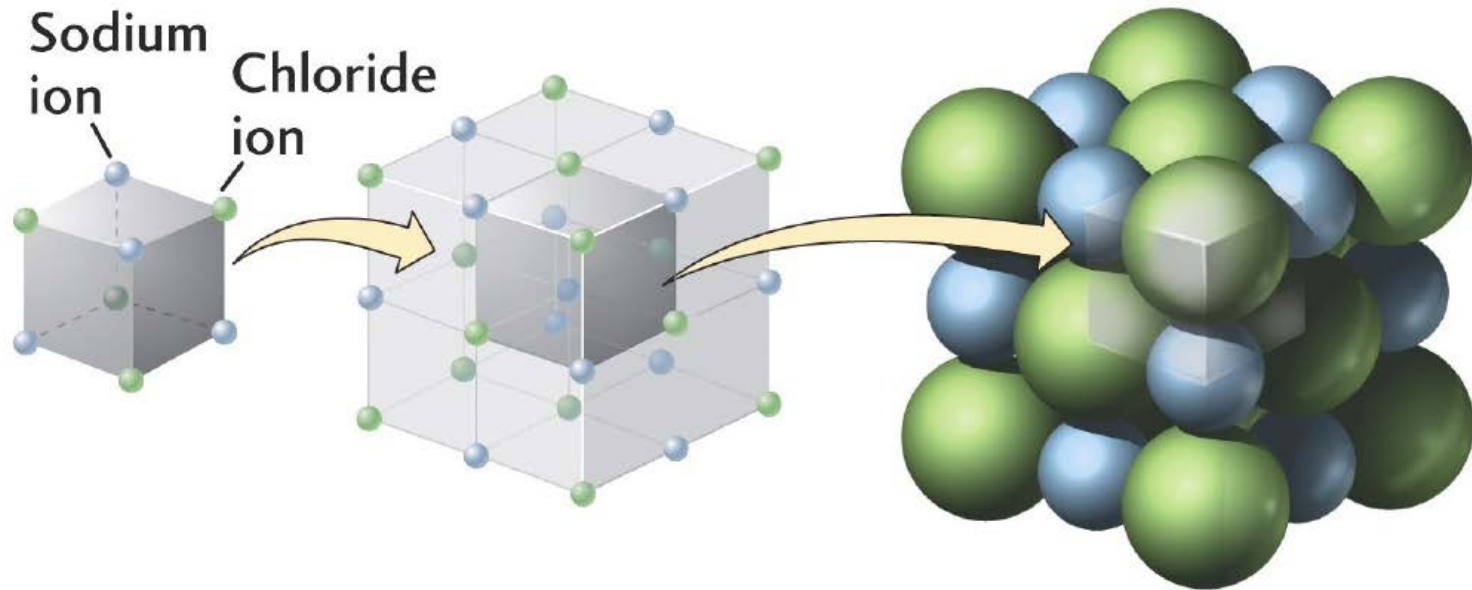
- Cristalização a partir de um magma.
- Precipitação/sublimação a partir de uma solução (líquido ou gasosa).
- Crescimento do cristal no estado sólido (recristalização).

# Mineral

- Alguns minerais são formados por um **único elemento** químico:
  - diamante – C,
  - enxofre – S,
  - ouro – Au.
- Muitos minerais são formados pela combinação de **diferentes elementos** químicos (grande maioria):
  - quartzo –  $\text{SiO}_2$ ,
  - calcita –  $\text{CaCO}_3$ ,
  - olivina –  $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ .

# Minerais – estrutura cristalina

- Modo que os átomos dos elementos químicos são empacotados
- Padrão geométrico que os átomos assumem num sólido

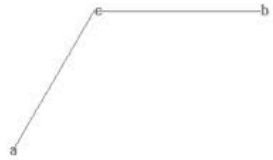


# Minerais – estrutura cristalina

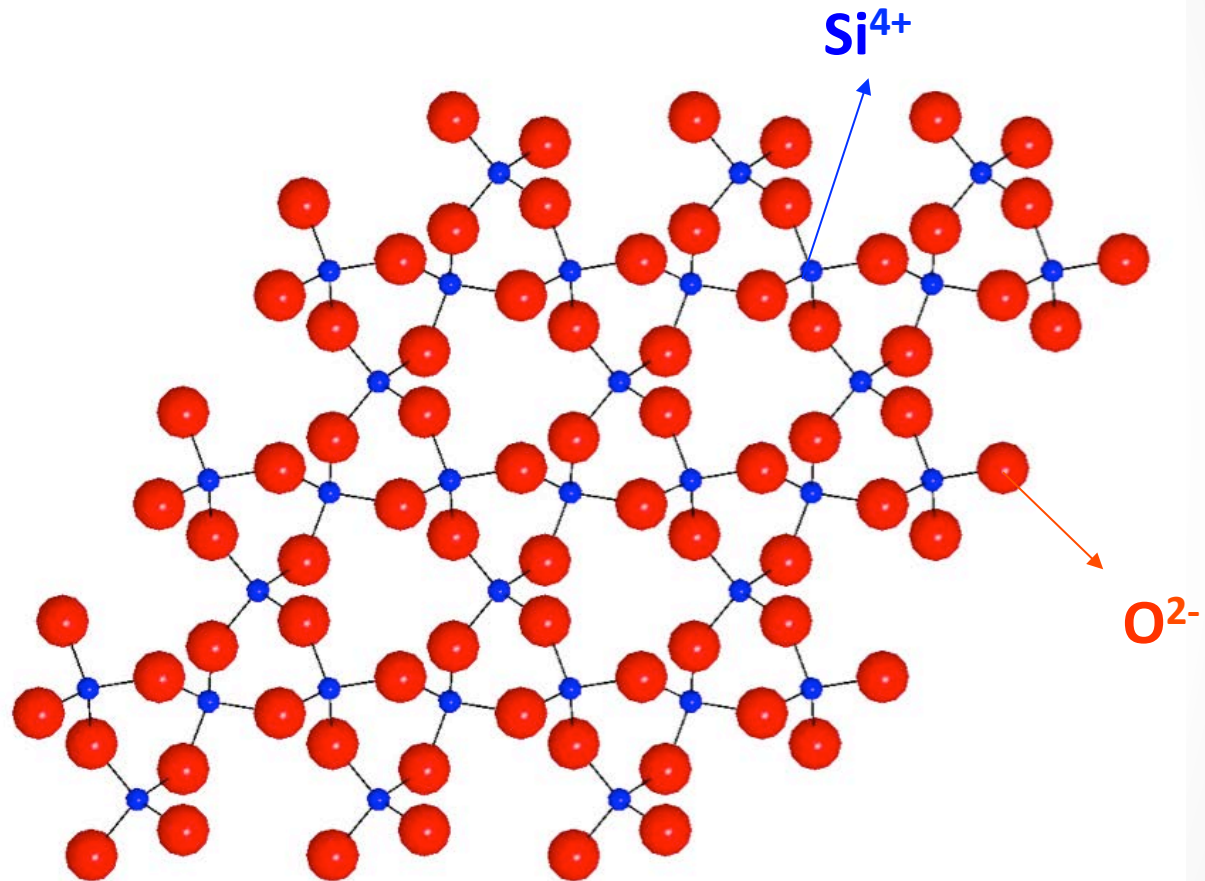
- Os ânions são geralmente maiores que os cátions
- A estrutura do mineral é determinada pela forma como os ânions são arranjados e como os cátions se colocam entre eles

CATIONS		ANIONS	
Silicon ( $\text{Si}^{4+}$ )	0.27	Oxygen ( $\text{O}^{2-}$ )	1.40
Aluminum ( $\text{Al}^{3+}$ )	0.53		
Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ )	0.72	Chloride ( $\text{Cl}^-$ )	1.81
Sodium ( $\text{Na}^+$ )	0.99		
Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )	1.00	Sulfide ( $\text{S}^{2-}$ )	1.84
Potassium ( $\text{K}^+$ )	1.38		

# Minerais – estrutura cristalina



Quartzo  
 $\text{SiO}_2$

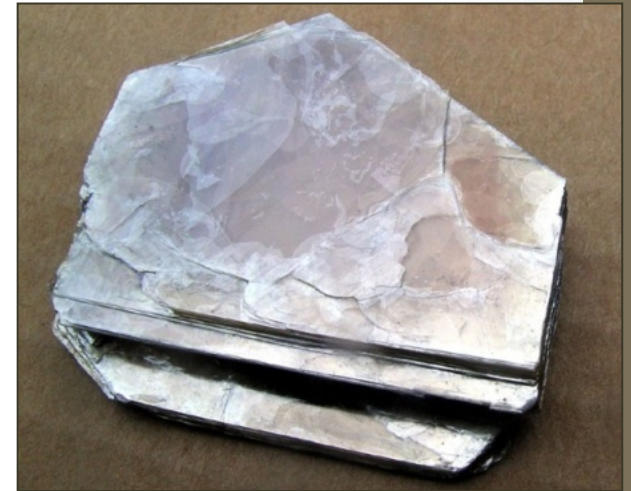
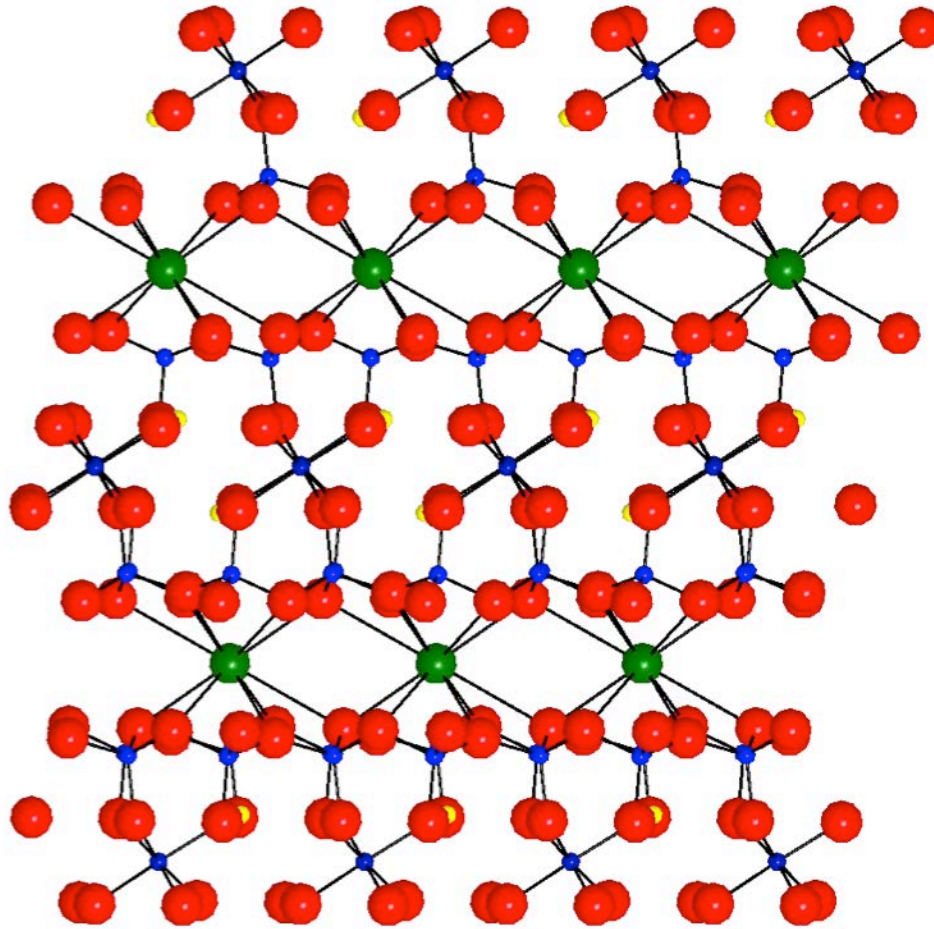


4,9 Å

1 Å =  $10^{-10}$  m



# Minerais – estrutura cristalina



Estrutura da mica (muscovita).



# Outras definições

- **Cristal:** Forma geométrica regular limitada por faces planas, que possui arranjo atômico semelhante ao mineral, não importa se é natural, artificial, inorgânico, orgânico.
- **Mineralóide:** substância natural que, por um ou outro motivo, não se encaixa na definição de mineral. Em geral são substâncias amorfas.
- **Minério:** mineral ou rocha que apresenta importância econômica.



cristal de quartzo



vidro vulcânico



minério de ferro

# E quanto vários minerais se juntam?

## Agregado coeso

- Rochas



## Agregado inconsolidado

- Solos



- Sedimentos



# Rocha

- Rocha é um **agregado coeso de minerais/mineralóides**
- Pode ser formada por um só tipo de mineral, ou por vários minerais distintos
- Não precisa ser homogêneo
- São formadas pelos diversos processos da dinâmica terrestre
  - ígneas
  - metamórficas
  - sedimentares



# Rocha

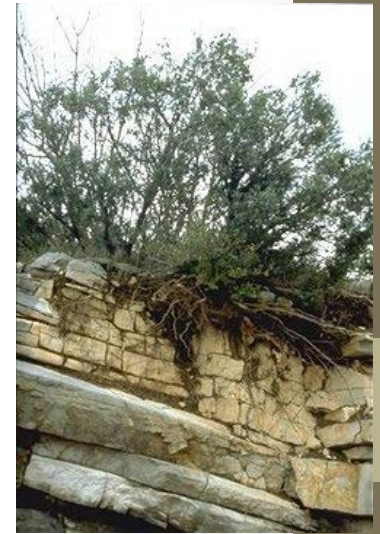
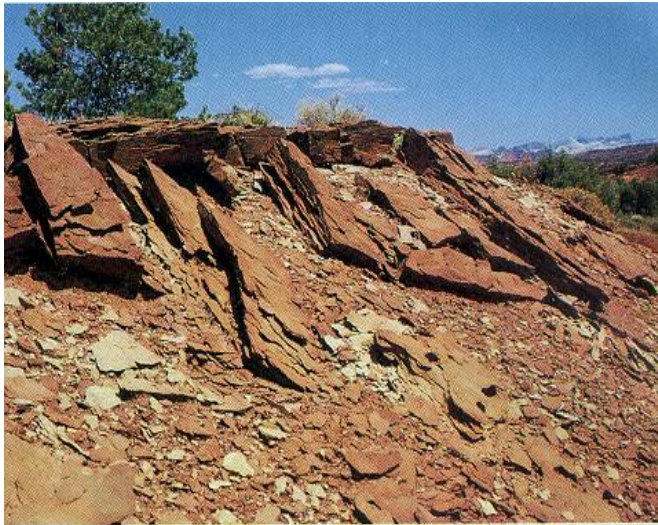


# Rocha ou pedra



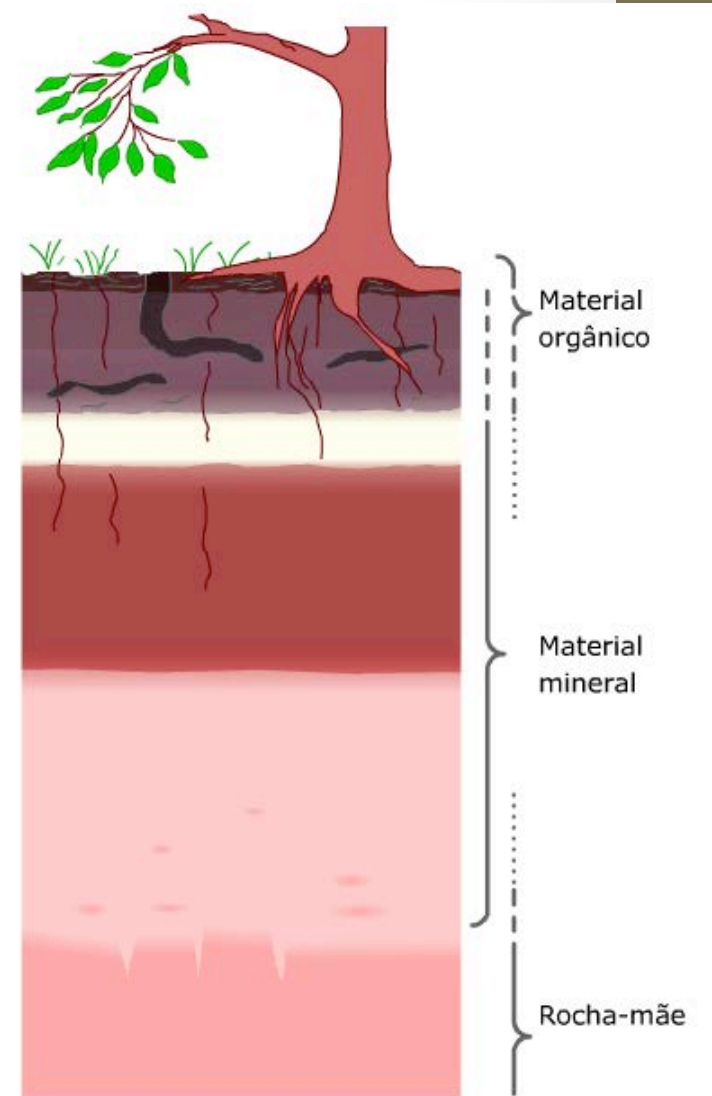
# Intemperismo

- Processos que modificam as rochas originais ao aflorar na superfície da Terra, por conta da exposição à ação da atmosfera, hidrosfera e biosfera.
- Provocam a desintegração e/ou degradação e decomposição de rochas.
- Produtos dos intemperismo: **rocha alterada** e **solo**.



# Solo

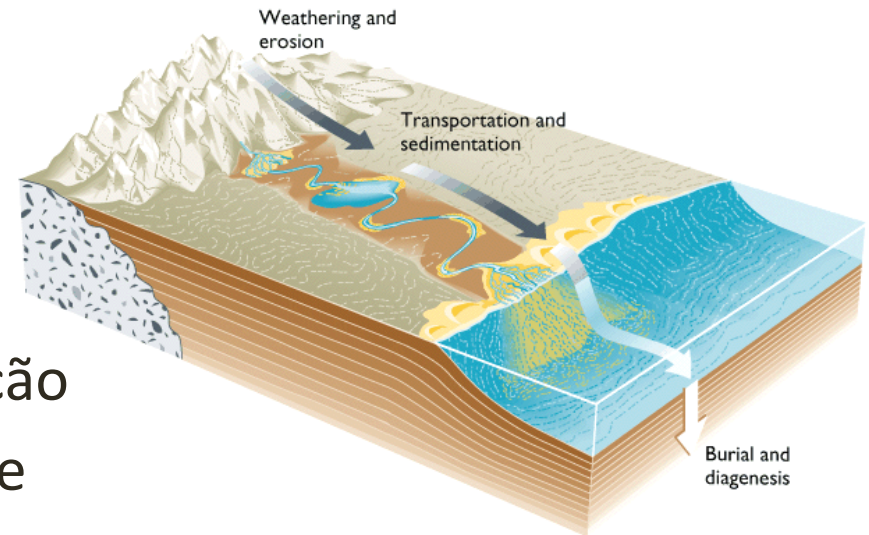
- O solo é o produto do intemperismo, remanejamento e organização das camadas superiores da crosta terrestre in situ, sob ação da atmosfera, da hidrosfera, da biosfera e das trocas de energia envolvidas.
- O solo é mais do que detritos intemperizados, é uma combinação de **minerais e matéria orgânica, água e ar**.
- O perfil do solo possui diferentes horizontes.





# Sedimento

- Sedis (latim) = assento, deposição
- Sedimento = o que é passível de se depositar ou que se depositou
- Pressupõe **movimento, transporte.**



# Prática – primeira parte

- Classifique as amostras entre
  - minerais,
  - mineralóides
  - agregados coesos (rochas),
  - materiais inconsolidados (solos e sedimentos).

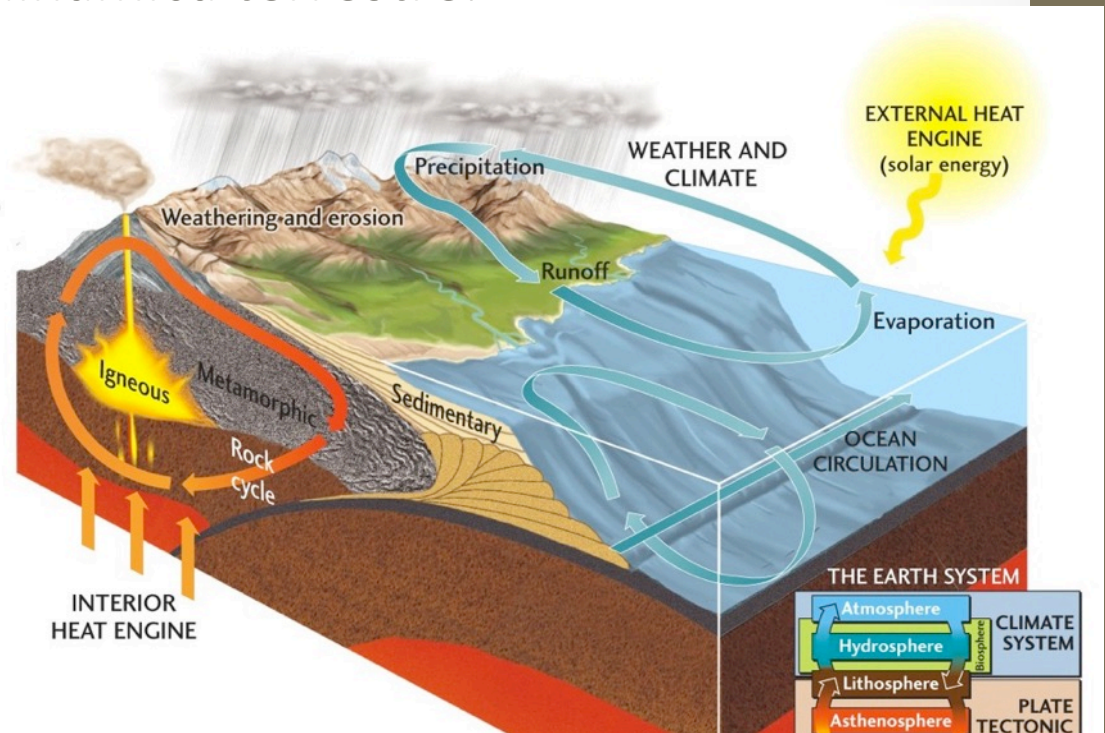
Tirar fotos e anexar no escaninho do e-disciplinas USP  
(um por grupo com o nome de todos os participantes)

# TIPOS DE ROCHAS

# Dinâmica da Terra

- As rochas são o registro histórico de processos geológicos, devido à dinâmica terrestre.

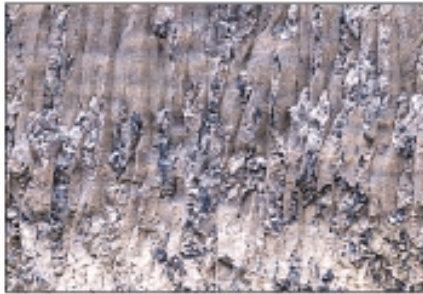
- **dinâmica interna**
- **dinâmica externa**



- As rochas são organizadas em três tipos, de acordo com o processo de formação

# Tipos de rochas

## ÍGNEAS



## SEDIMENTARES



## METAMÓRFICAS



Material  
fonte

Fusão das rochas  
em porções quentes e  
profundas da crosta  
e do manto

Intemperismo e  
erosão das rochas  
expostas na  
superfície

Rochas sob altas  
temperaturas e  
pressões na crosta  
e no manto

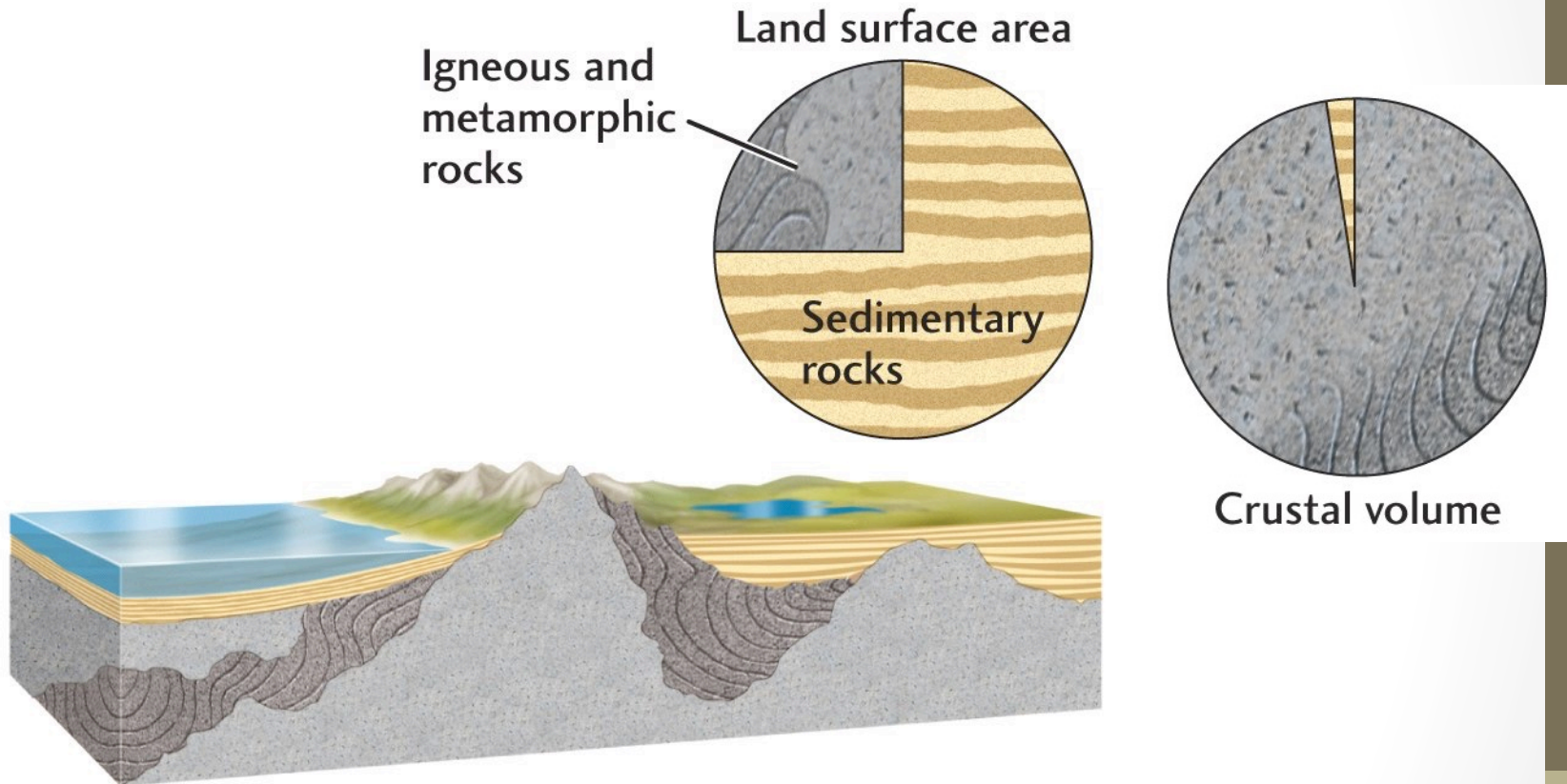
Processo  
formador

Cristalização  
(solidificação  
de um magma)

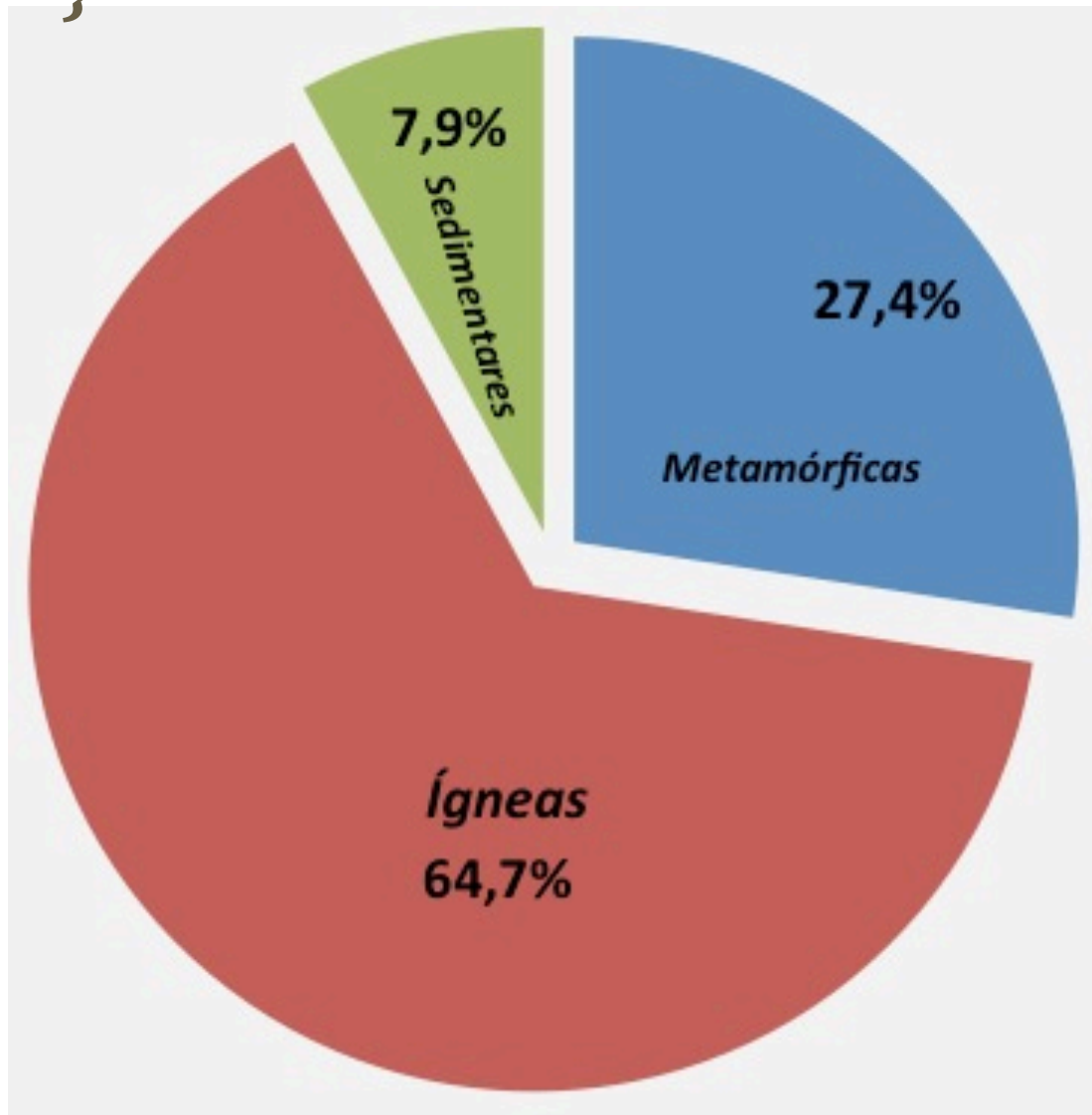
Deposição,  
soterramento e  
litificação

Formação de  
novos minerais no  
estado sólido

# Proporção das rochas na crosta

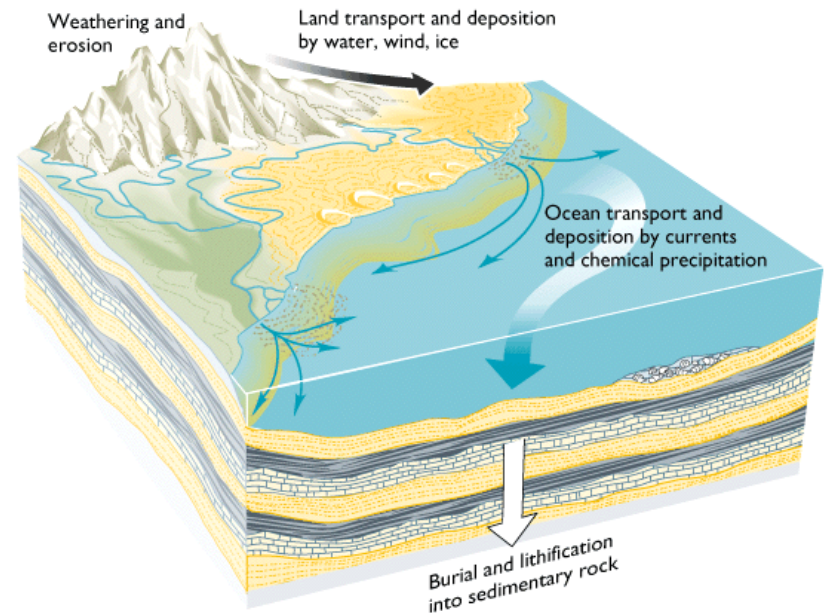


# Proporção das rochas na crosta



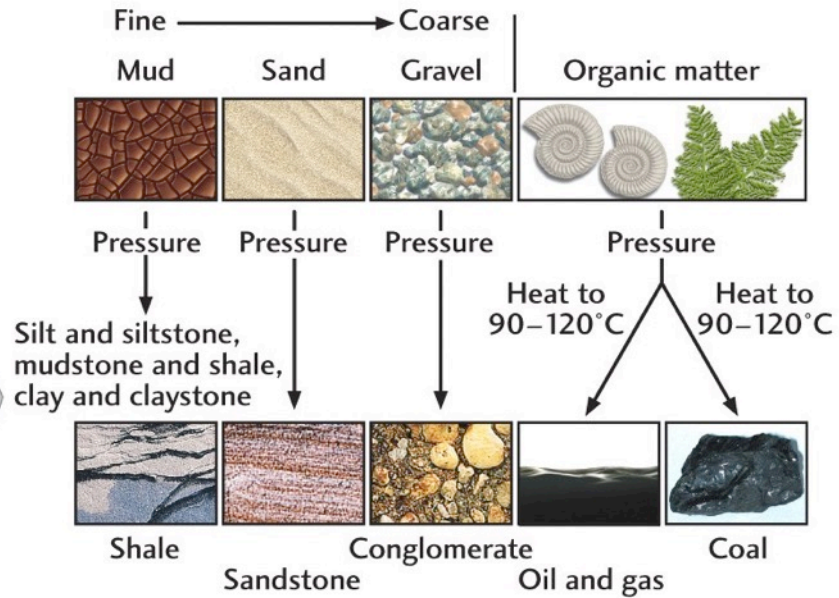
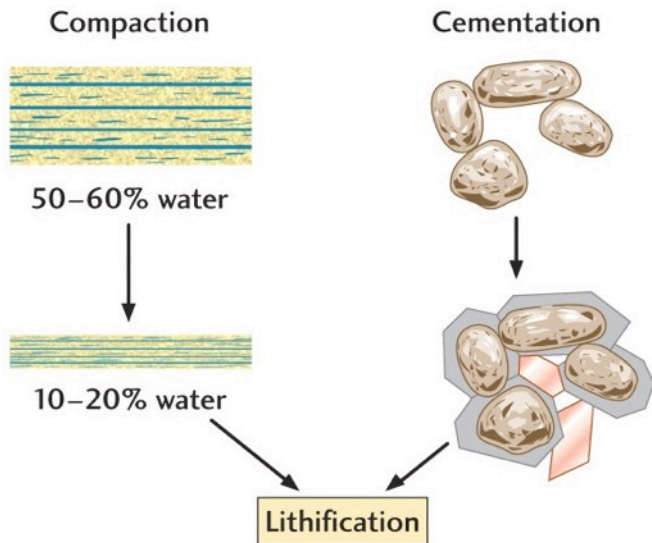
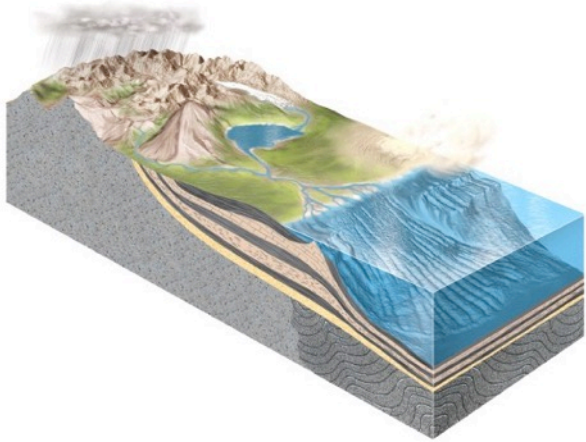
# Rochas sedimentares

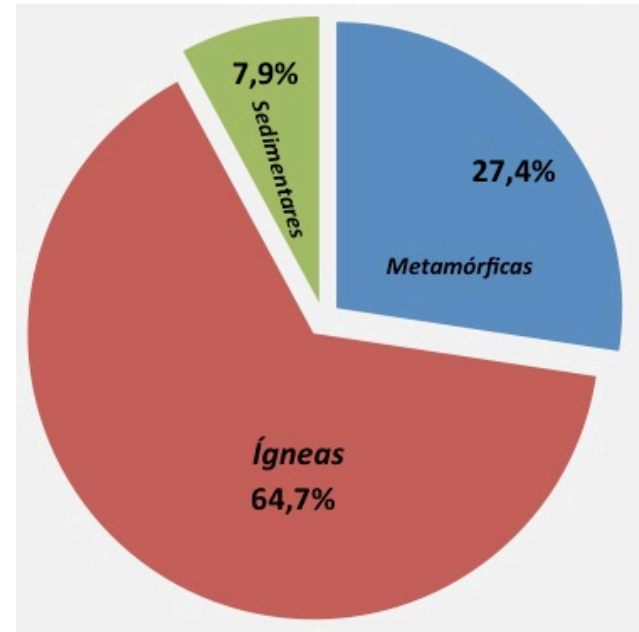
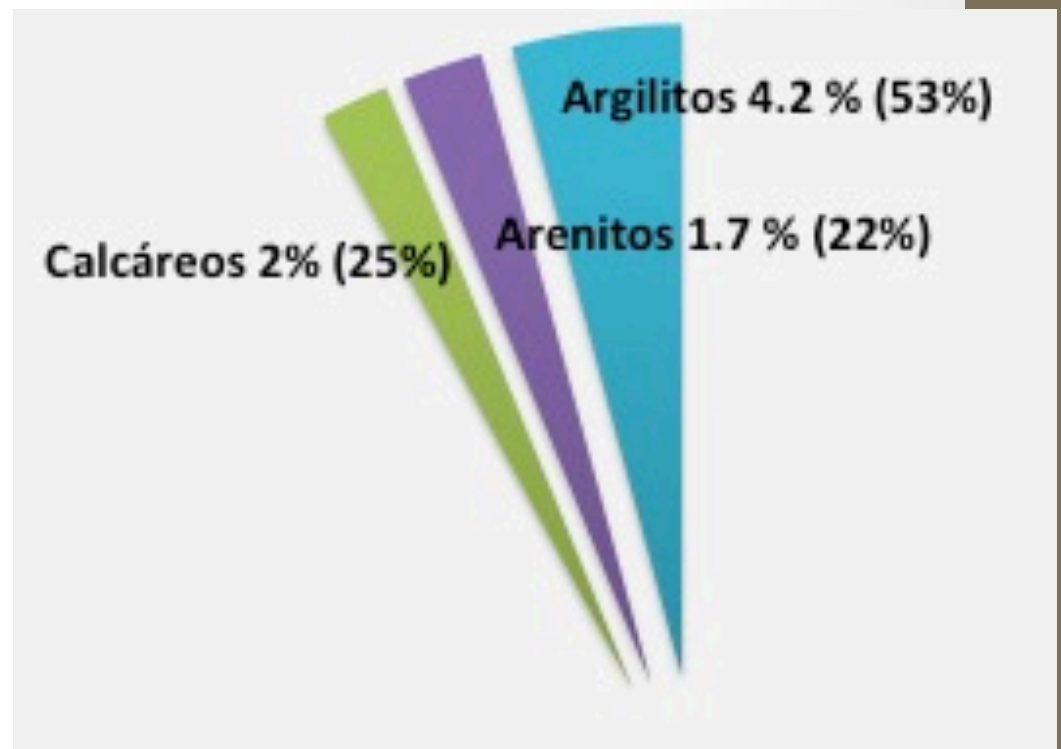
- São as rochas formadas pela deposição, soterramento e consolidação de sedimentos.
  - Terrígenas (arenito)
  - Carbonáticas (calcário)
- Esses sedimentos são frutos do intemperismo e da erosão.





# Rochas Sedimentares

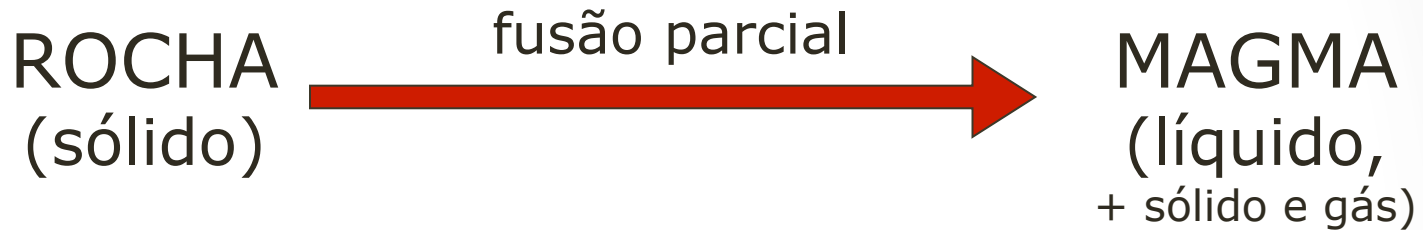




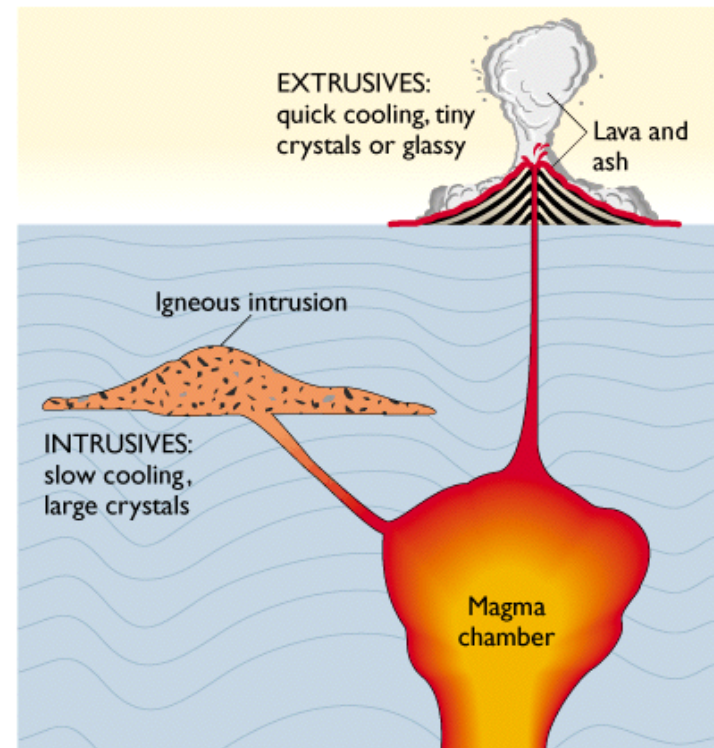
# Rochas sedimentares

- Características gerais
  - Geralmente pouco resistentes (moles) e porosas
  - Constituintes não imbricados
  - Clastos geralmente fragmentados e arredondados; alguns cristalinos e geométricos
  - Comum a presença de estratificações
  - Podem conter fósseis
  - Predomínio de quartzo, carbonatos (calcita e dolomita) e argilominerais

# Rochas ígneas: fusão e cristalização

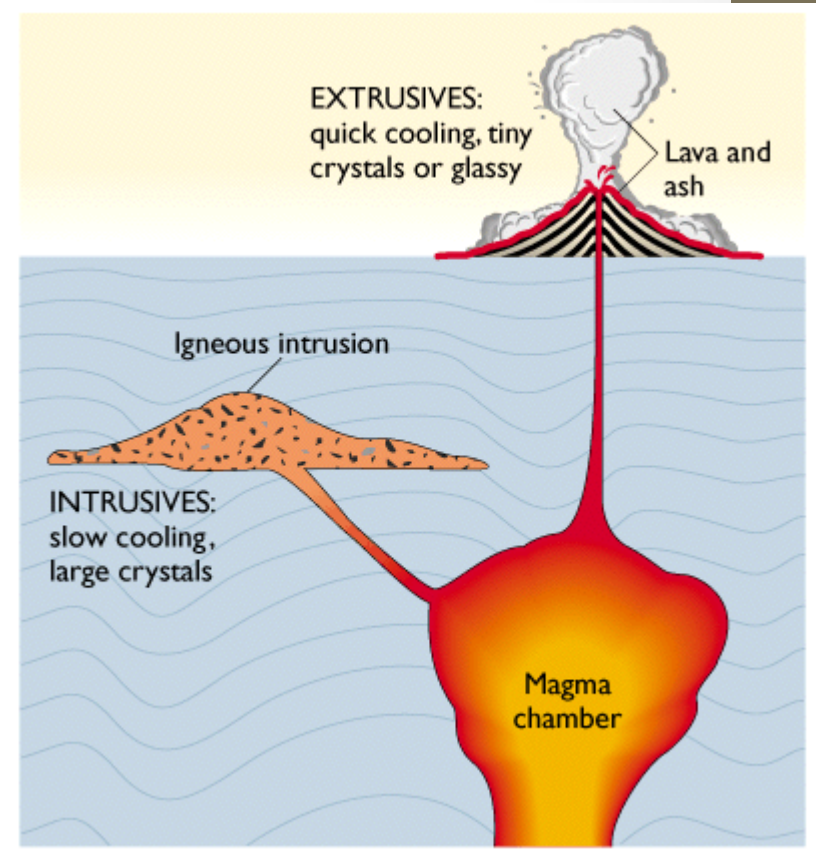


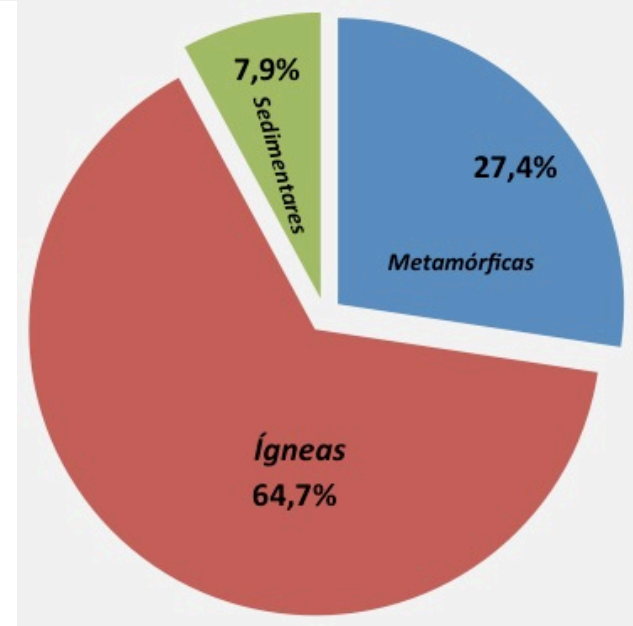
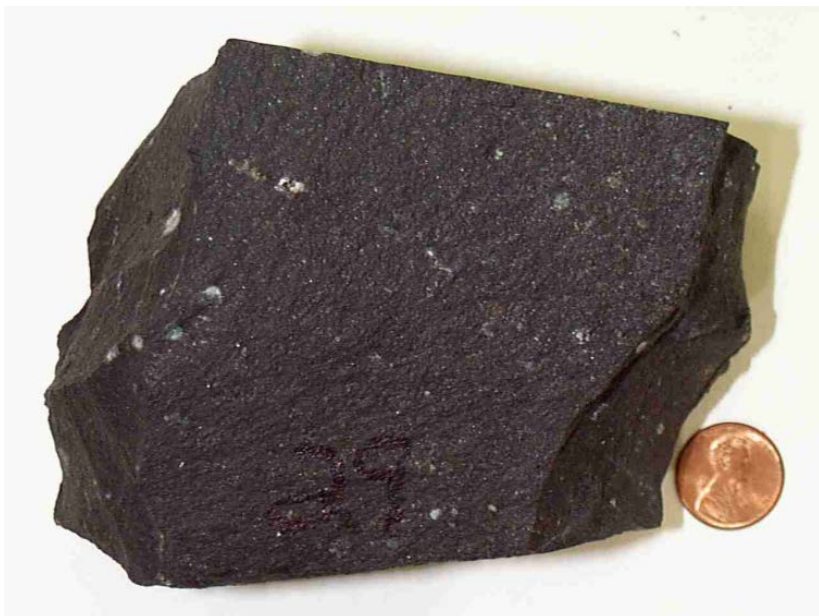
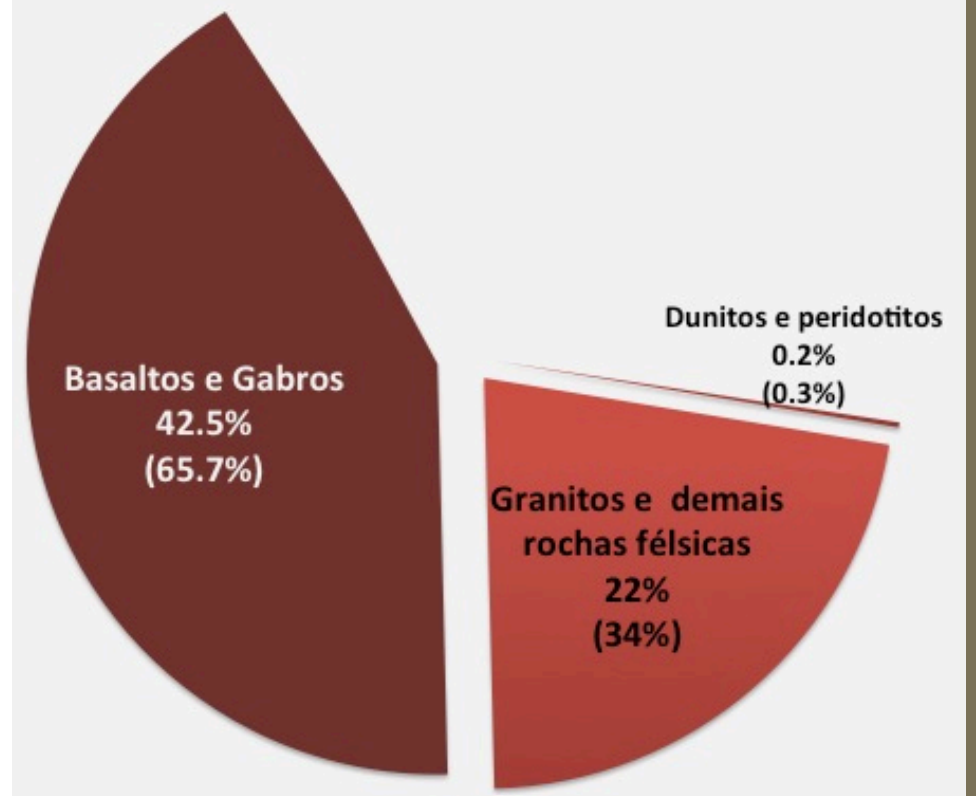
- Magma: **material fundido** gerado no interior da Terra (fusão parcial de outras rochas)
- Magma ascende (sobe), formando uma câmara magmática ou um vulcão



# Rochas ígneas

- **Vulcânicas ou extrusivas:** são formadas de lavas que se resfriaram rapidamente na superfície da Terra.
- **Plutônicas ou intrusivas:** são o resultado do lento resfriamento de magma abaixo da superfície terrestre.





# Rochas ígneas

- Características gerais
  - Geralmente resistentes (duras)
  - Constituintes firmemente imbricados
  - Grãos irregulares e geométricos
  - Distribuição homogênea dos constituintes (geral)
  - Estrutura geralmente maciça.
  - Predomínio de feldspatos, quartzo e minerais ferromagnesianos (biotita, piroxênio, anfibólio)

# Rochas metamórficas

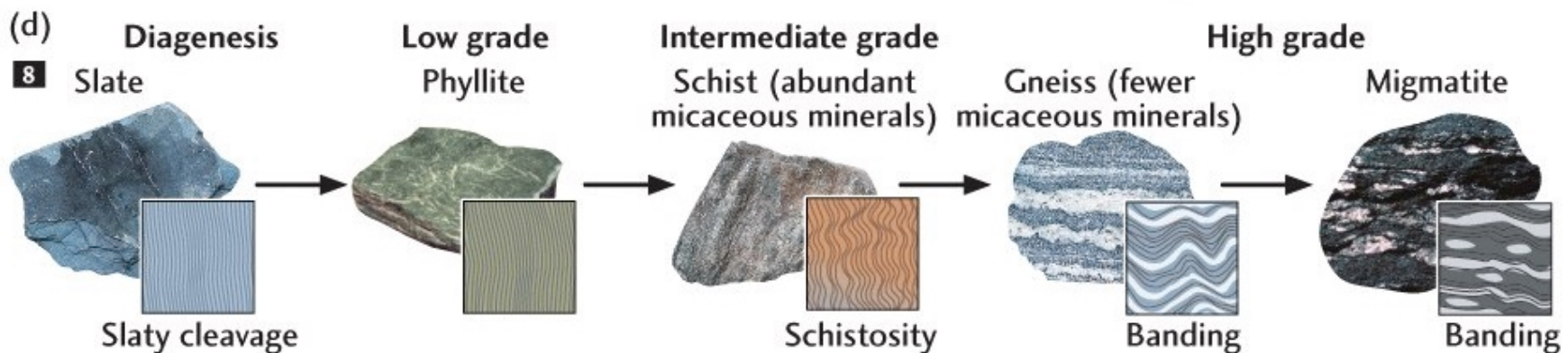
- **Metamorfismo:**  
mudança de forma
- Rocha metamórfica:  
sofreu **modificações**  
**no estado sólido** com  
relação à textura,  
mineralogia ou  
composição química

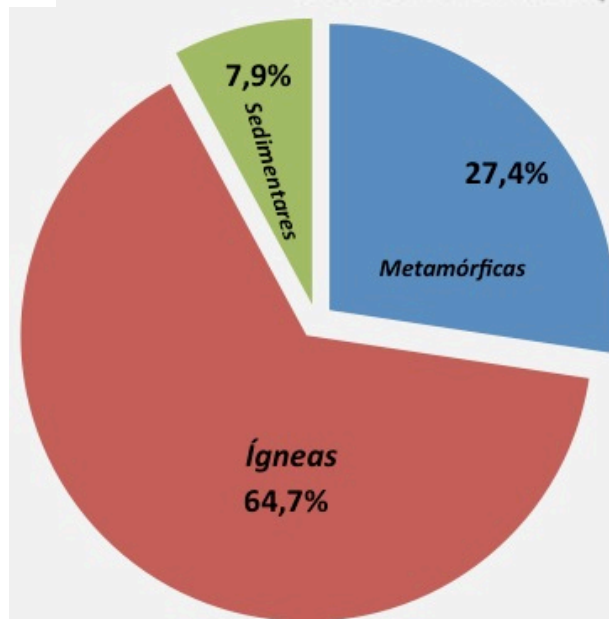
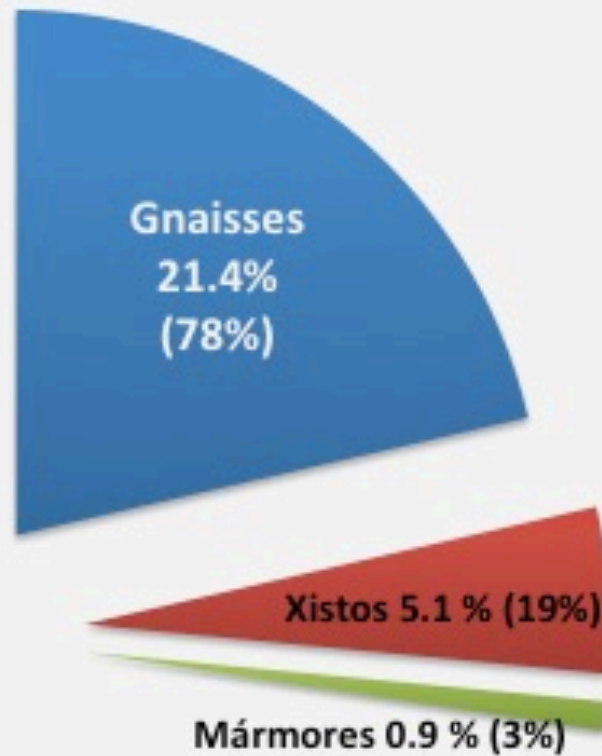




# Rochas metamórficas

- A recristalização dos minerais é realizada ao durante longos períodos de tempo (**milhões de anos**)
- A recristalização pode resultar em novos minerais **mais estáveis**
- formada a partir de outras rochas (ígneas, sedimentar ou metamórfica) pela mudança de **pressão** e **temperatura** do ambiente





# Rochas Metamórficas

- Características Gerais
  - Geralmente resistentes (duras). Algumas pouco resistentes
  - Constituintes firmemente imbricados
  - Grãos irregulares e geométricos
  - Distribuição heterogênea dos constituintes promovendo bandamentos e xistosidades (estruturas orientadas)
  - Mineralogia silicática predominante, sendo alguns tipicamente do ambiente metamórfico (granada, estauroлита, cianita, sillimanita)
  - Comuns os tipos uniminerálicos e micáceos.

# Diferenciando os três tipos de rocha

- As diferenças entre os tipos de rocha são identificados por duas feições:
  - Textura:
    - A aparência geral da rocha devido ao tamanho, forma e arranjo de seus grãos minerais constituintes.
  - Assembleia de minerais:
    - O tipo e a abundância dos minerais que formam a rocha.

# Usos dos materiais geológicos

- Substrato de construções
- Materiais geológicos para construção
  - agregados (brita, areia, etc.)
  - rochas ornamentais
  - cerâmicas, vidros e cimento
- Minérios
- Recursos minerais energéticos
- Gemas (pedras preciosas)

# Prática 2

1. Classifique as rochas em:
  1. ígneas
  2. metamórficas
  3. sedimentares

Tirar fotos e anexar no escaninho do e-disciplinas USP  
(um por grupo com o nome de todos os participantes)

# Prática 2

**Quadro 1** – Características dos principais tipos de rochas (Carneiro et al. 2003)

MAGMÁTICAS	SEDIMENTARES	METAMÓRFICAS
1. Aspecto maciço ou compacto	1. Geralmente friáveis e riscáveis com o canivete. Aspecto maciço ou em camadas	1. Aspecto foliado ou maciço
2. Grãos imbricados, sem deixar poros (exceto em algumas rochas vítreas, vulcânicas, como pedra-pomes)	2. Grãos não-imbricados, apresentando poros ou cimento. Fragmentado (alguns casos maciço)	2. Grãos imbricados ou firmemente justapostos
3. Constituintes com formas irregulares ou geométricas devido à cristalização. Nunca mecanicamente arredondados	3. Constituintes com formas arredondadas ou ovaladas. Por vezes angulosos (pedaços quebrados). Raramente com formas geométricas	3. Constituintes com formas geométricas ou irregulares. Raramente arredondados
4. Distribuição espalhada e homogênea; ausência de camadas ou estratos	4. Distribuição espalhada e homogênea dos grãos. Comum camadas, estratificação e fósseis	4. Distribuição dos componentes em bandas. Por vezes dobradas
5. Ausência de orientação ou foliação dos grãos	5. Grãos não-orientados	5. Frequentemente há orientação dos componentes, com foliação da rocha

# Prática 2

- **Ígneas:**
  - basalto 126
  - granito 101
  - gabro 125
- **Sedimentares:**
  - argilito 206
  - calcário 225
  - arenito 215
  - ritmito (varvito de itu) 211
- **Metamórfica**
  - ardósia 301
  - quartzito 338
  - xisto 311
  - gnaïsse (sem número)



# Exercício para casa

## Rochas Ornamentais do Cotidiano

- Exercício individual, entra na nota de exercício da disciplina
- Observe e fotografe rochas ornamentais de construções que são frequentadas ou fazem parte do trajeto cotidiano, como prédios públicos, shopping centers, clubes, igrejas, etc. Tente evitar fotos de casa ou do IGc-USP.
- Em um documento word ou pdf, insira as fotos, identifique de onde são, faça uma breve descrição estética, classifique-as em ígneas, metamórficas ou sedimentares e, se possível, identifique seu nome.

O QUE É O CICLO DAS ROCHAS?

# Netunismo vs Uniformitarismo

(Século XVIII)

- Abraham Werner (1749-1817): Netunismo
  - todas as rochas seriam sedimentar, formadas no oceano global (Dilúvio). Vulcões seriam produtos da queima do carvão
- Implicações:
  - tempo “curto”
  - eventos únicos de formação de rocha

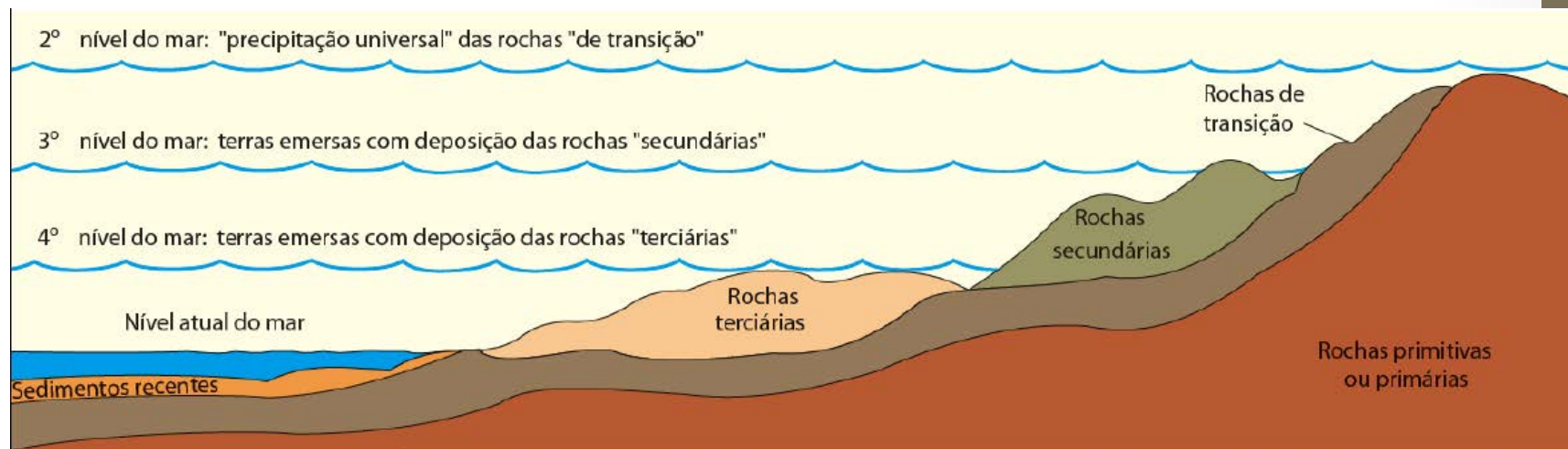
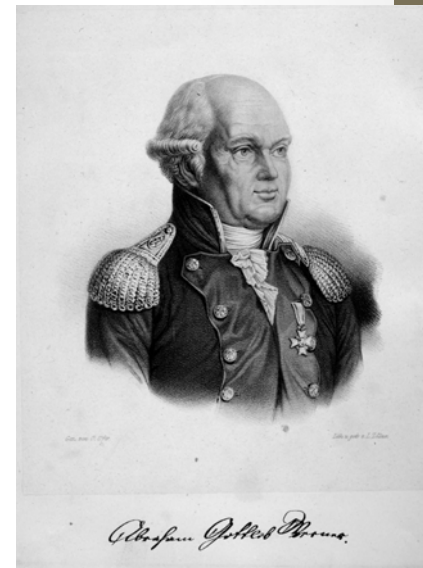


Figura 10.5 – A origem das rochas segundo os netunistas. Fonte: Dott & Batten, 1971.

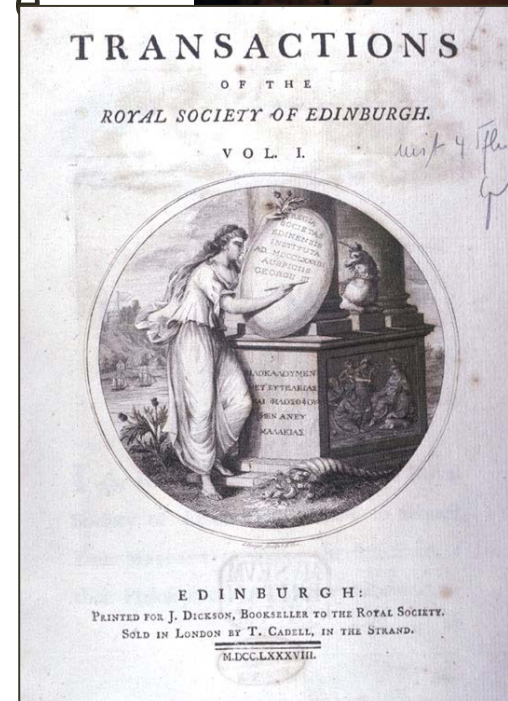
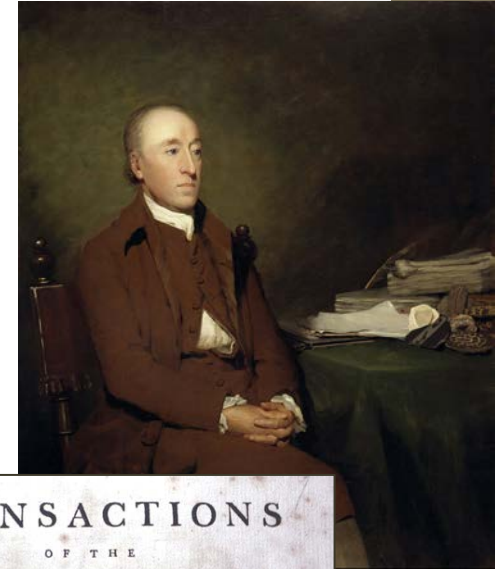
# Netunismo vs Uniformitarismo

## (Século XVIII)

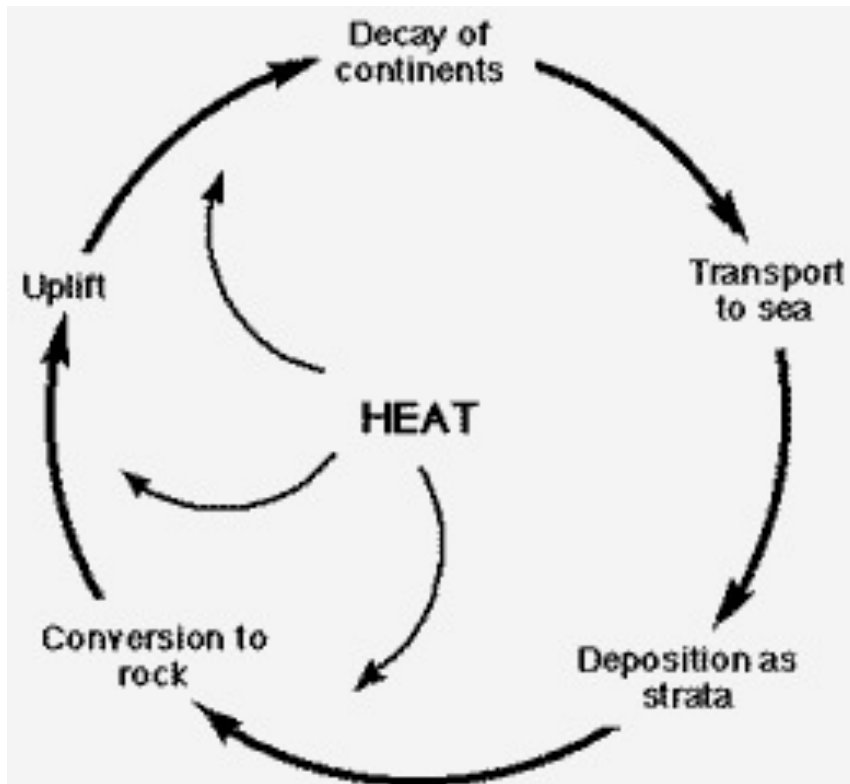
- James Hutton (1726-1797) – Pai da Geologia:
  - Uniformitarismo
  - processo de intemperismo, erosão e deposição de sedimentos;
  - processos de formação de rochas ígneas e sedimentares;
  - processo de soerguimento das rochas;
  - escala de tempo geológico

**A Terra está em constante mudança**  
(conceito radical à época)

HUTTON, J. (1788): Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the Globe. Transactions of the Royal Society of Edinburgh, vol. 1, Part 2: 209-304.



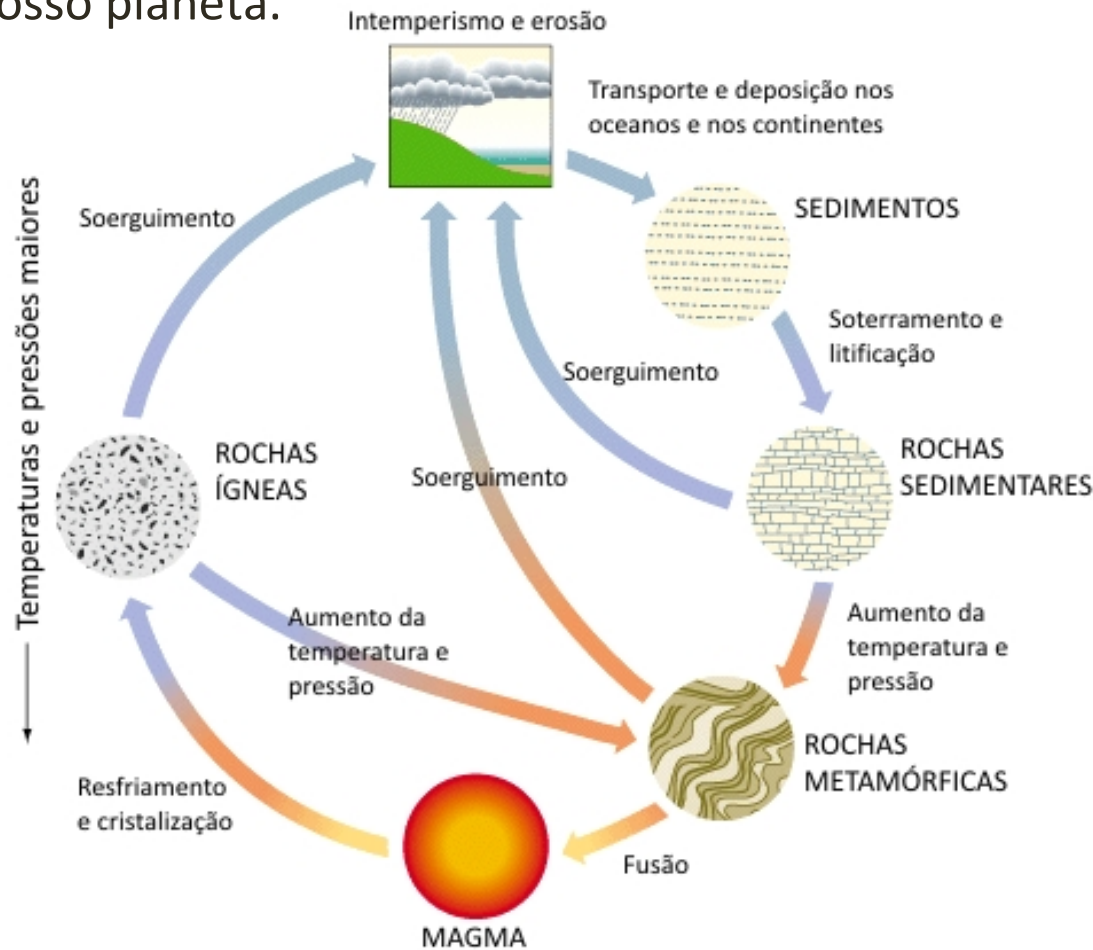
# Ciclo das rochas (Hutton)



- Hutton argumentou que, **para o uniformitarismo funcionar** durante longos períodos de tempo, os materiais geológicos **devem ser constantemente reciclados**.
- Embora o ciclo proposto fosse imperfeito e impreciso, ele deu um passo importante **reunindo vários processos numa teoria simples e coerente**.

# Ciclo das rochas

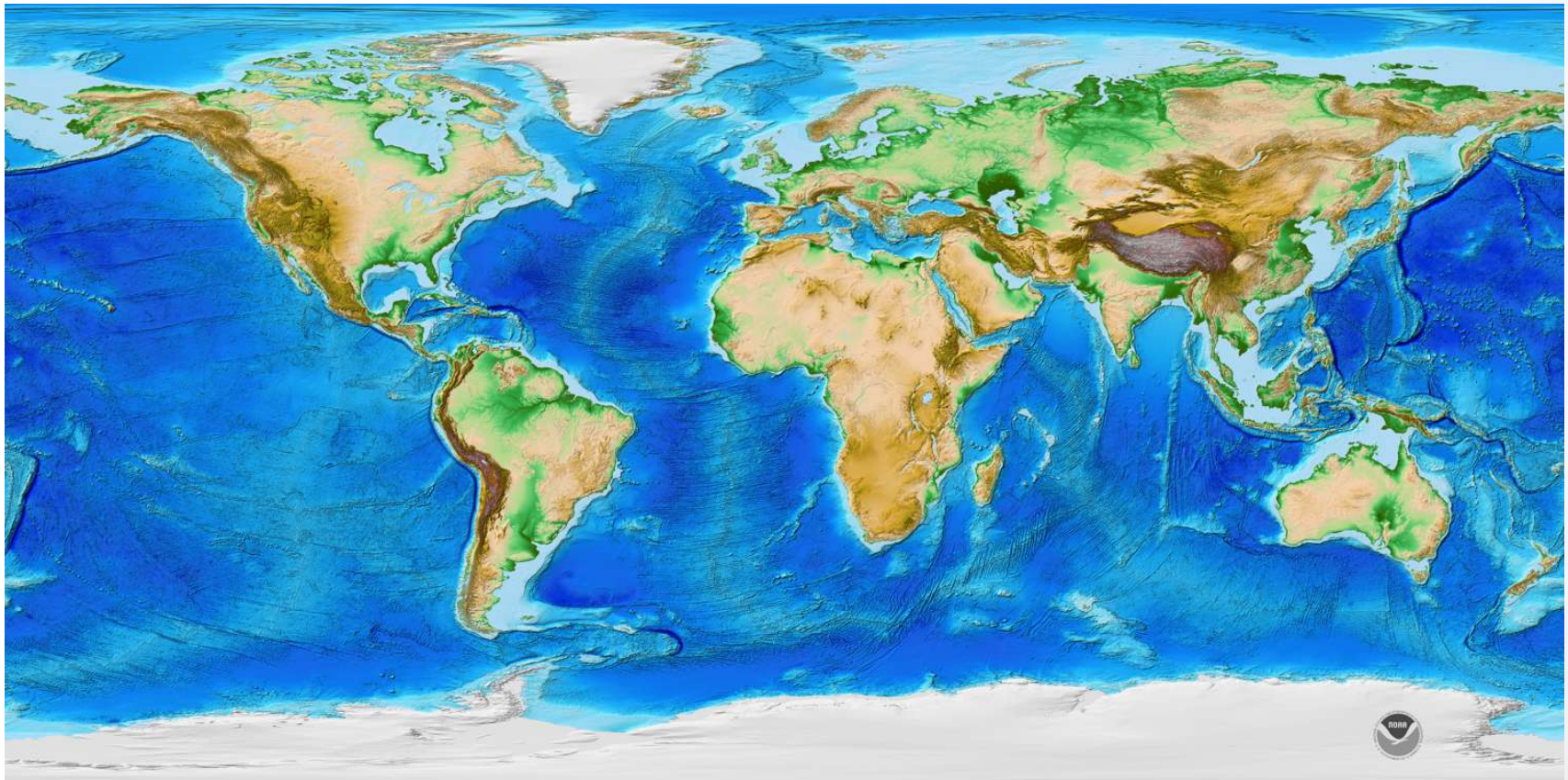
É uma teoria que reúne de forma coerente todos os processos formadores de rocha no nosso planeta.



Para entender o ciclo das rochas é necessário compreender a **dinâmica do planeta**, seus **processos** e seus **produtos**.

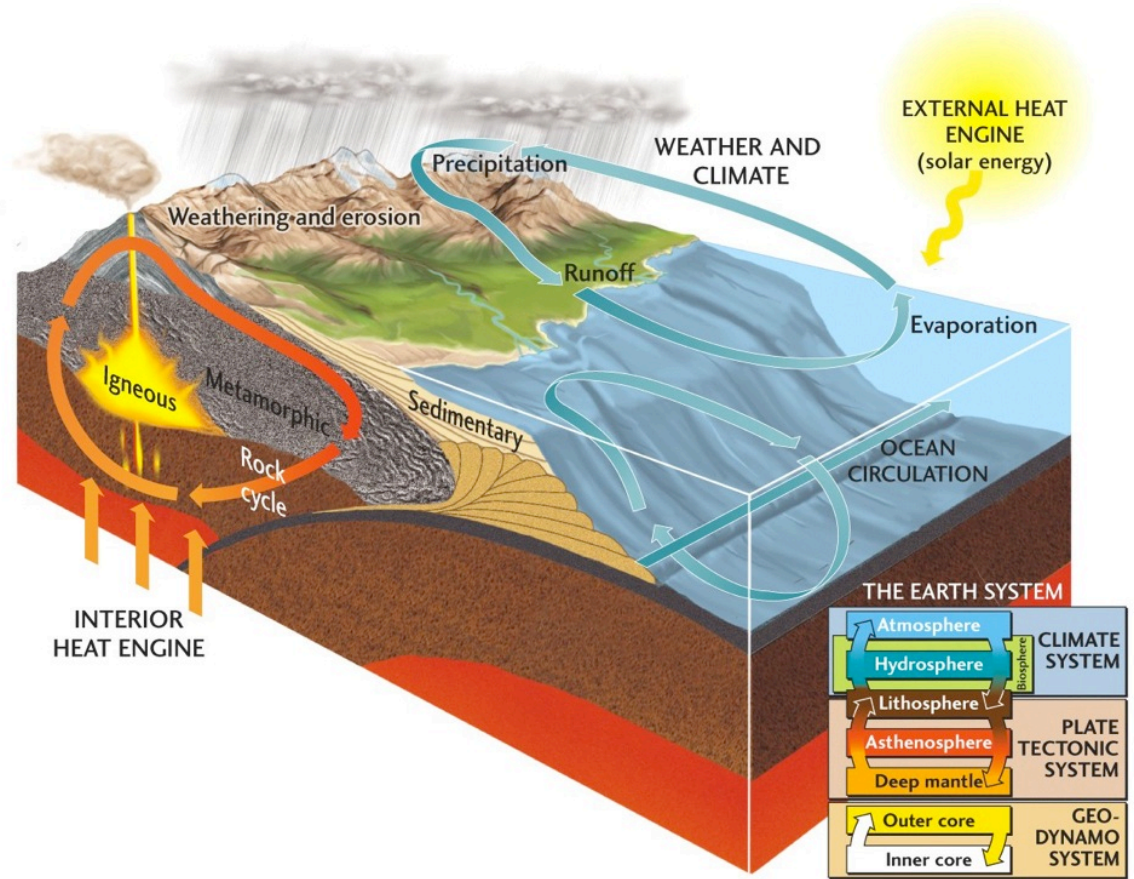
# Ciclo das rochas (atual)

- A Terra é um **planeta dinâmico** em constante mutação



# Dinâmica da Terra

- Transformações na Terra: ação de **processos endógenos (dinâmica interna)** e **processos exógenos (dinâmica externa)**.





# Dinâmica Interna

- Modificam a composição e a estrutura da crosta
- Exemplos:
  - formação de magma (vulcanismo e plutonismo);
  - tectônica (“dança” dos continentes);
  - dobramentos e falhas geológicas;
  - metamorfismo;
  - terremotos e;
  - soerguimentos e abatimentos da crosta.
- Utilizam a **energia** proveniente **do interior da Terra**.



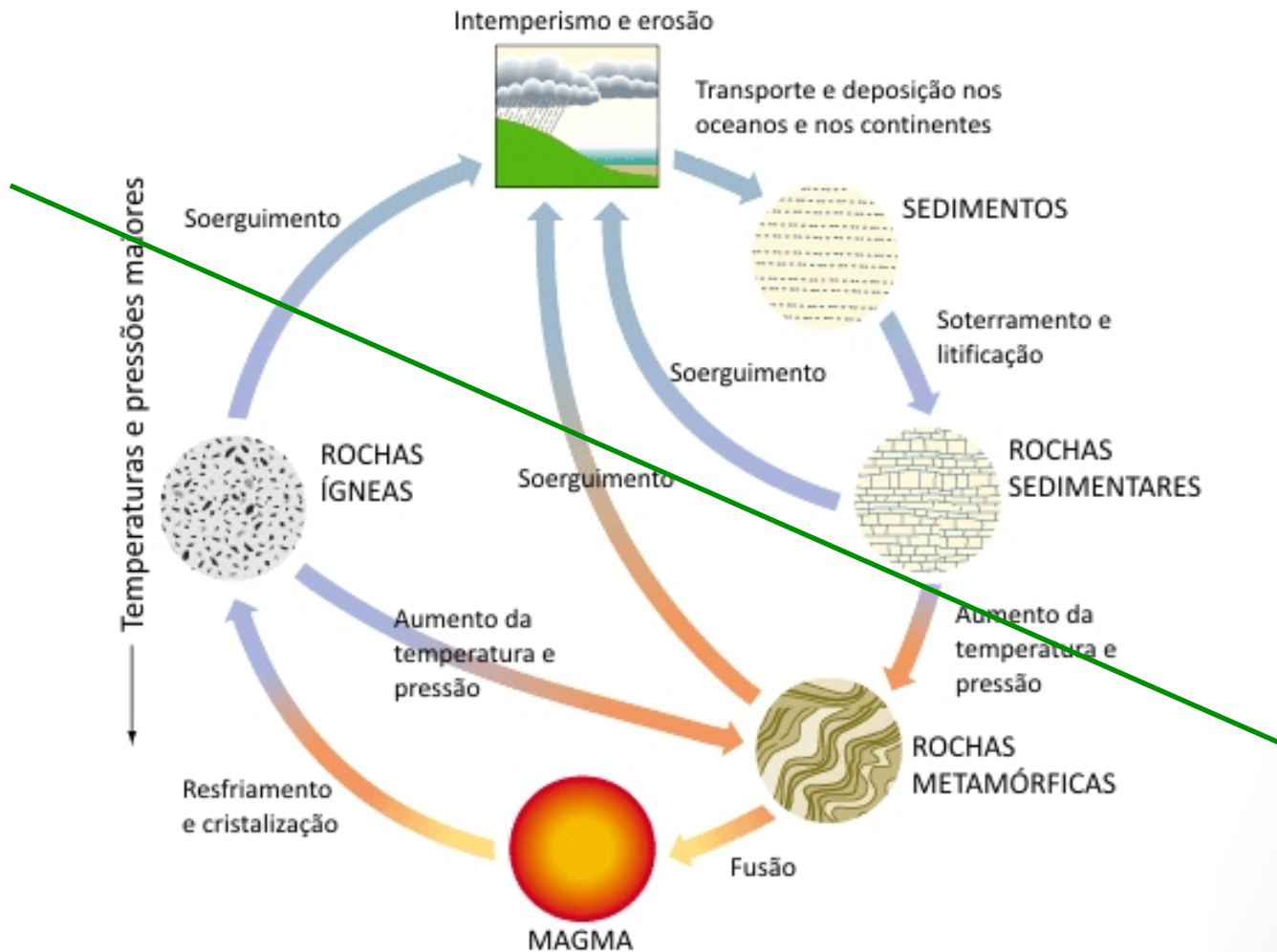
# Dinâmica Externa

- Modificam a superfície da Terra
- Processos:
  - intemperismo das rochas;
  - erosão;
  - transporte e deposição de sedimentos;
  - denudação de cadeia de montanhas.
- Envolvem a atmosfera, hidrosfera e a superfície terrestre, usando como agentes os rios, ventos, geleiras, chuvas e mares
- É gerada pela **energia solar** e ação da força da gravidade.
- Tende a aplainar o terreno.

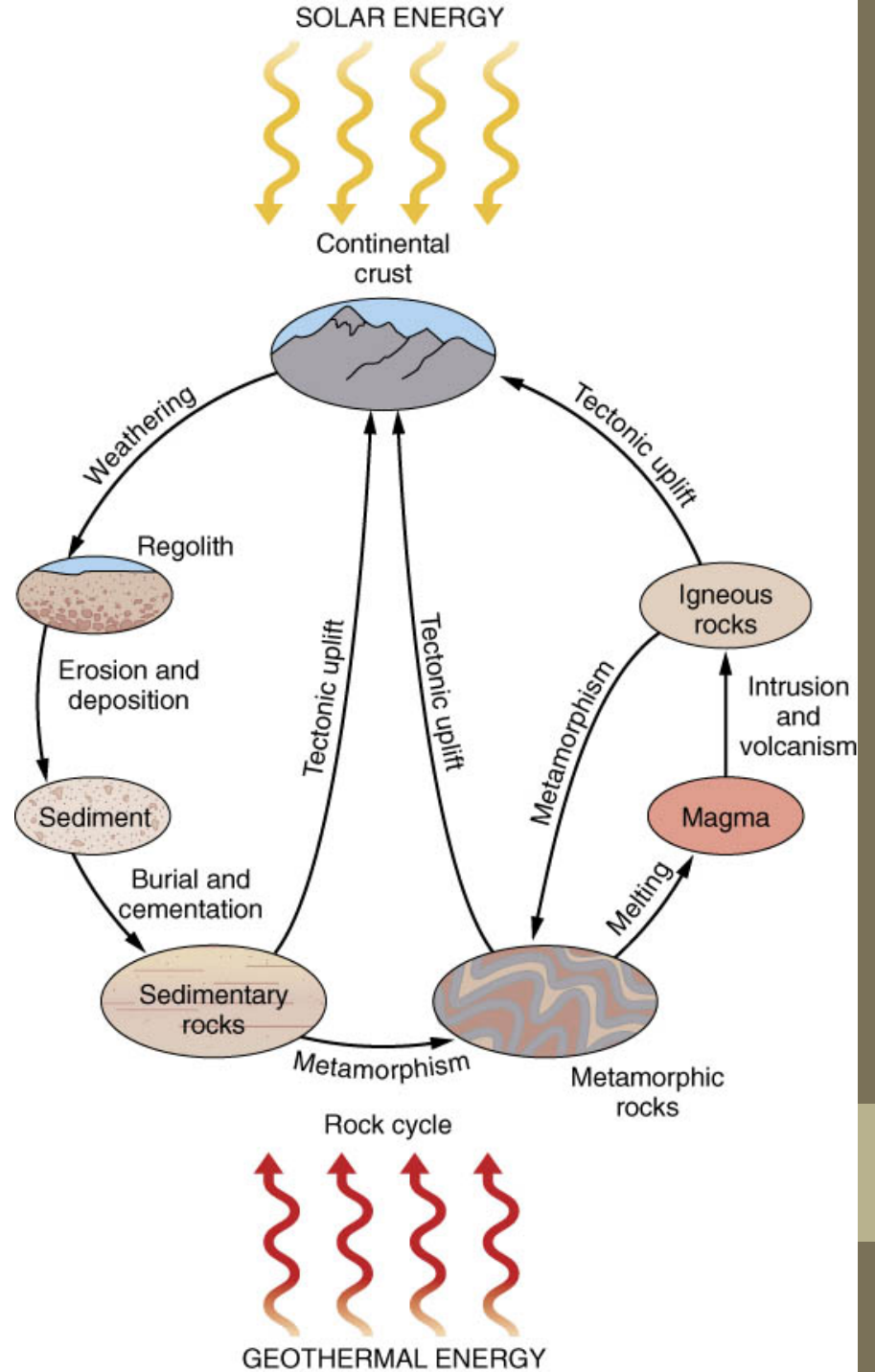
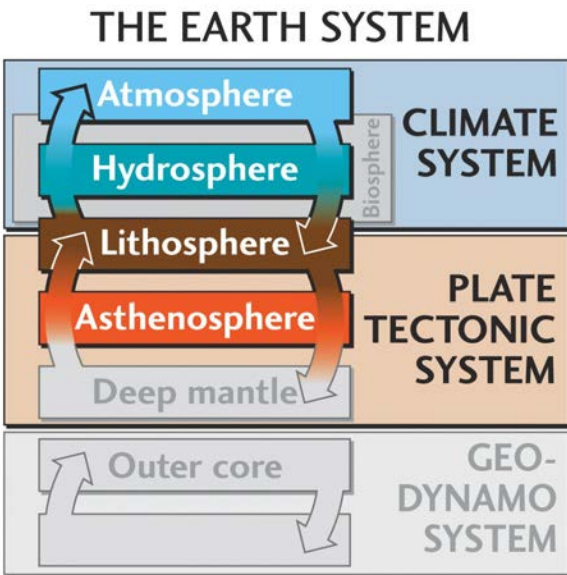


# Ciclo das rochas

Dinâmica Externa



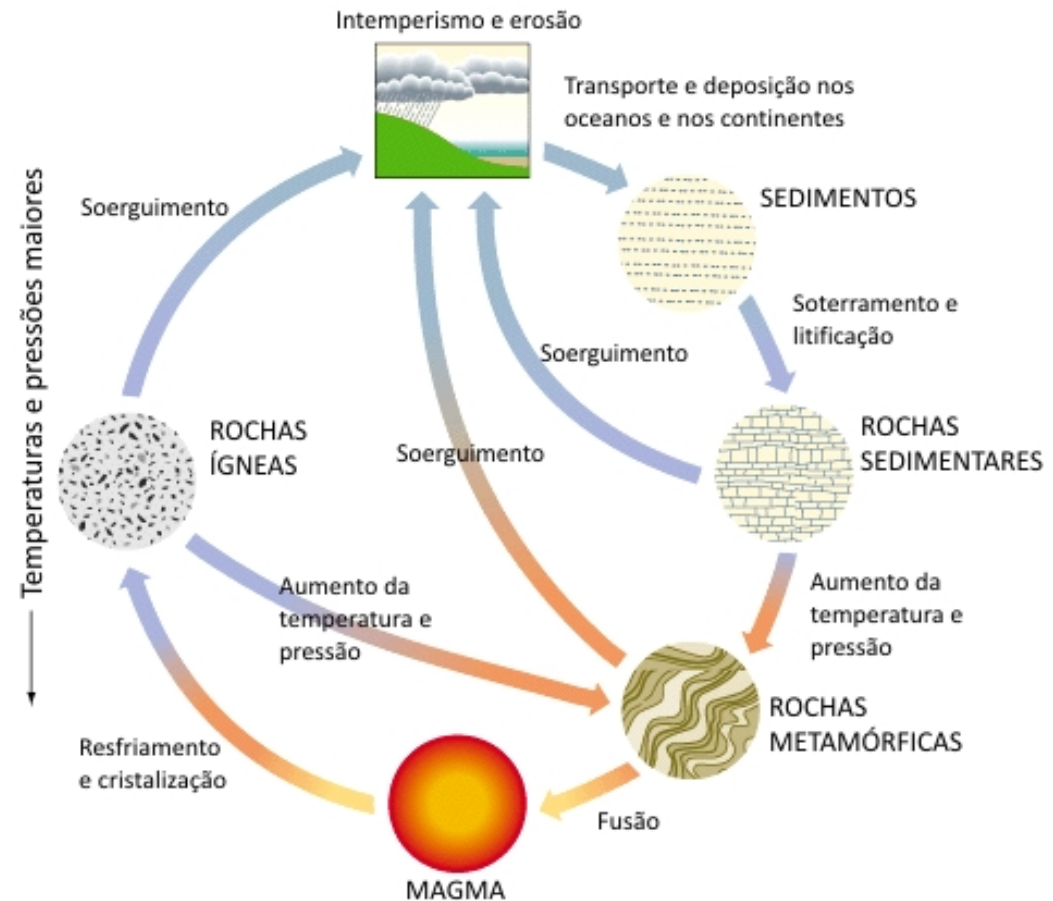
Dinâmica Interna



# Ciclo das rochas

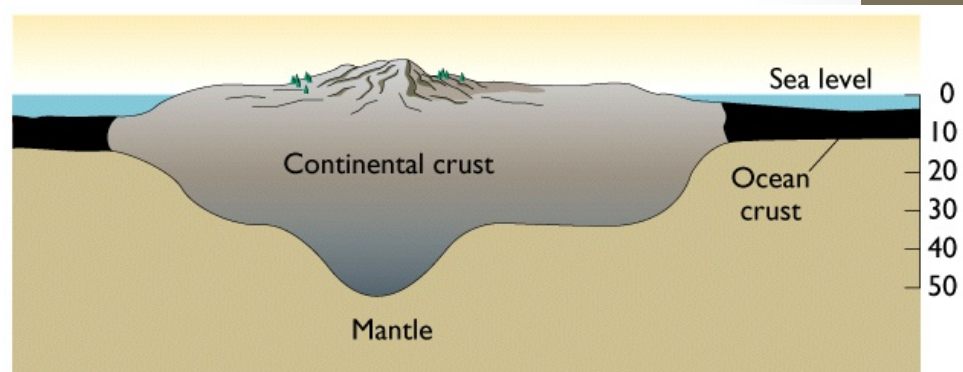
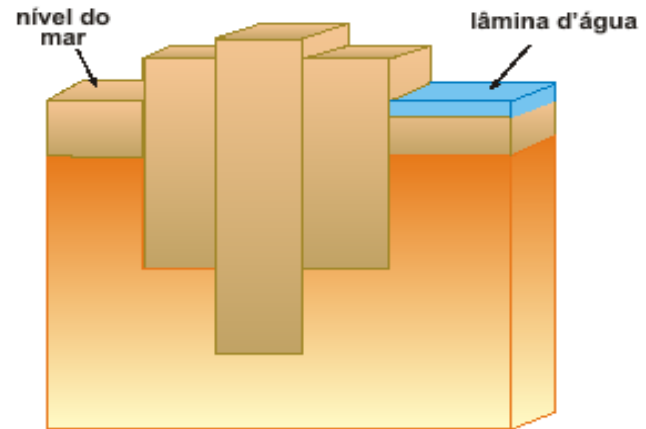
## principais processos

- isostasia, soerguimento e subsidência
- intemperismo
- erosão, transporte e deposição de sedimentos
- soterramento, litificação
- metamorfismo
- fusão de rochas
- cristalização de magmas



# Isostasia na crosta

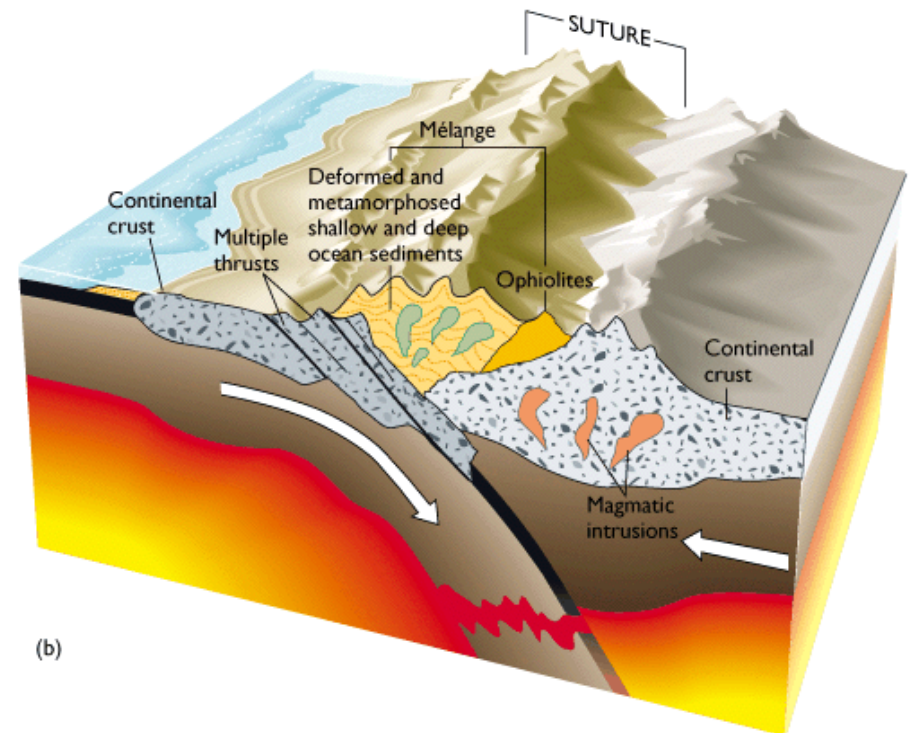
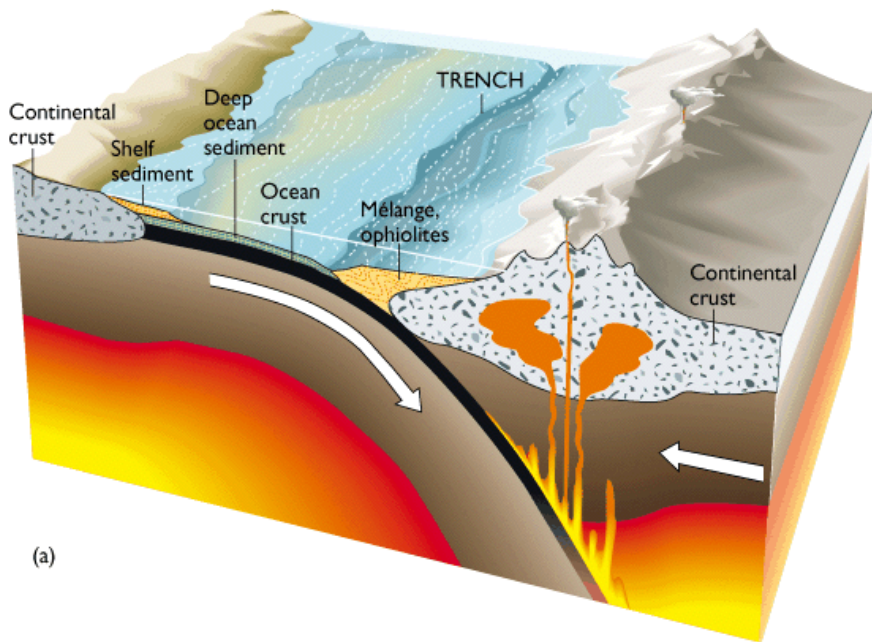
- Há dois modos:
  - Variação de espessura (camada com densidade constante);
  - Variação de densidade (camada com espessuras constantes);
- A crosta continental é mais espessa nas cadeias de montanhas
- A crosta oceânica está em níveis topográficos menores, pois são mais densas.



Horizontal distance not to scale

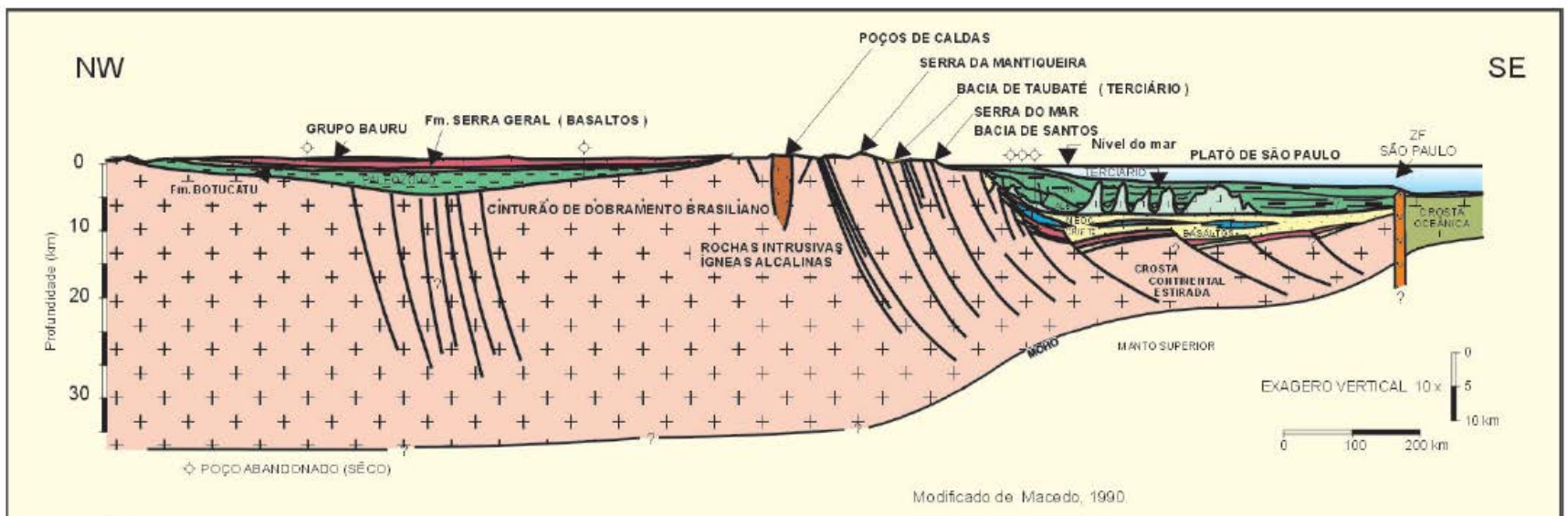
# Soerguimento

- Elevação de um terreno (ex. surgimento de grandes cadeias de montanhas)



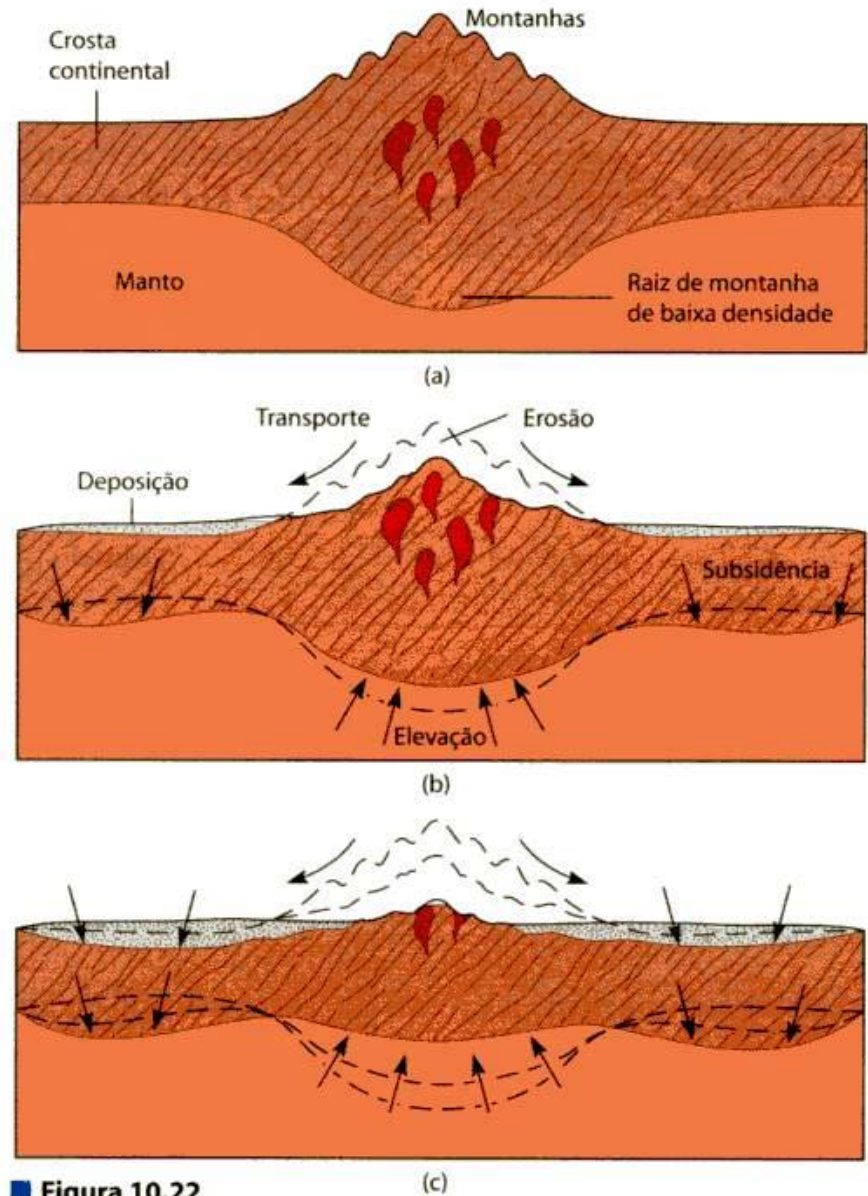
# Subsidência

- Rebaixamento de um terreno (ex. formação de grandes bacias sedimentares)





# Reequilíbrio Isostático



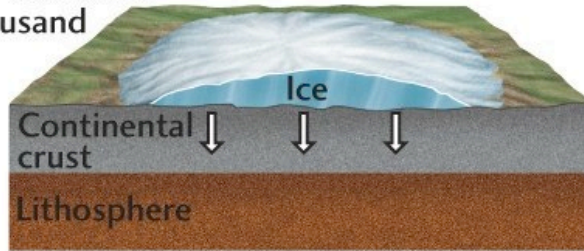
■ **Figura 10.22**

Uma representação em diagrama mostrando a reação isostática da crosta à erosão (descarregamento) e ampla deposição (carregamento). Observe que em (b) e (c) o rebote isostático acontece quando a cadeia de montanhas é erodida, e a crosta afunda em reação à deposição do sedimento.

# Efeito da isostasia na Escandinávia

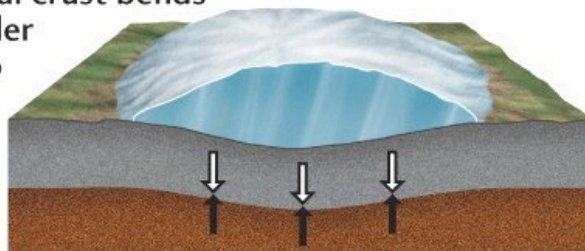
## TIME 1

A continental glacier starts to form, and continues to thicken over a few thousand years at the start of an ice age.



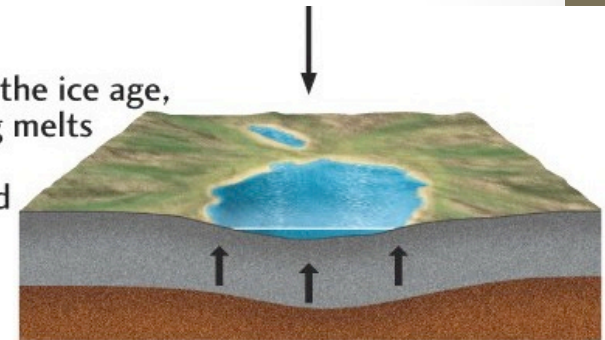
## TIME 2

The continental crust bends downward under the ice load to the extent needed to provide buoyant support.



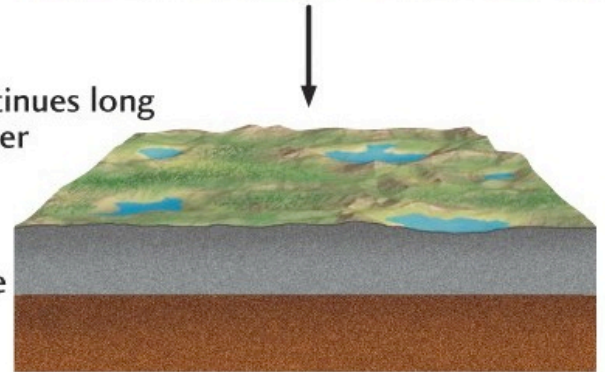
## TIME 3

At the end of the ice age, rapid warming melts the glacier. The depressed crust begins to rebound.



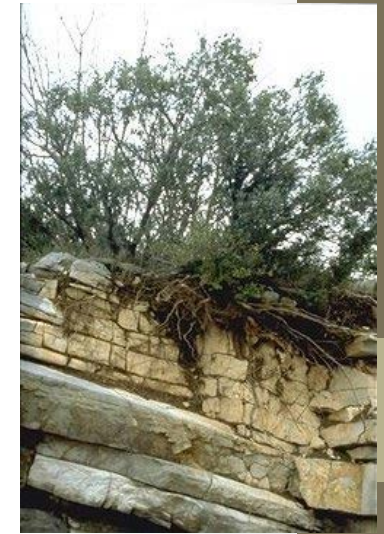
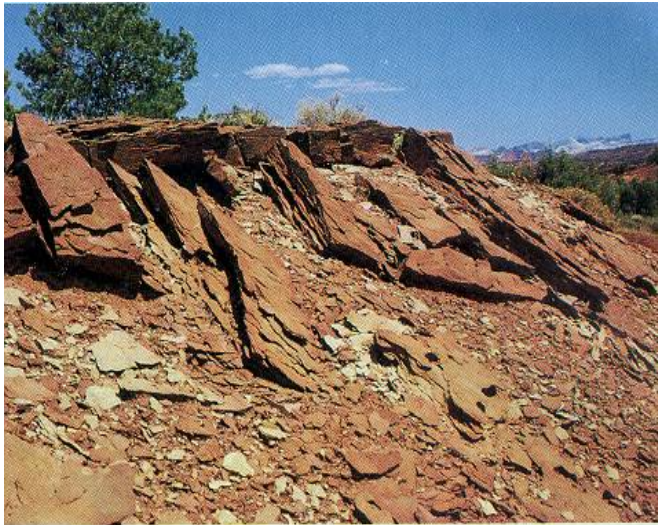
## TIME 4

Rebound continues long after the glacier has melted, slowly returning to its pre-ice-age elevation.

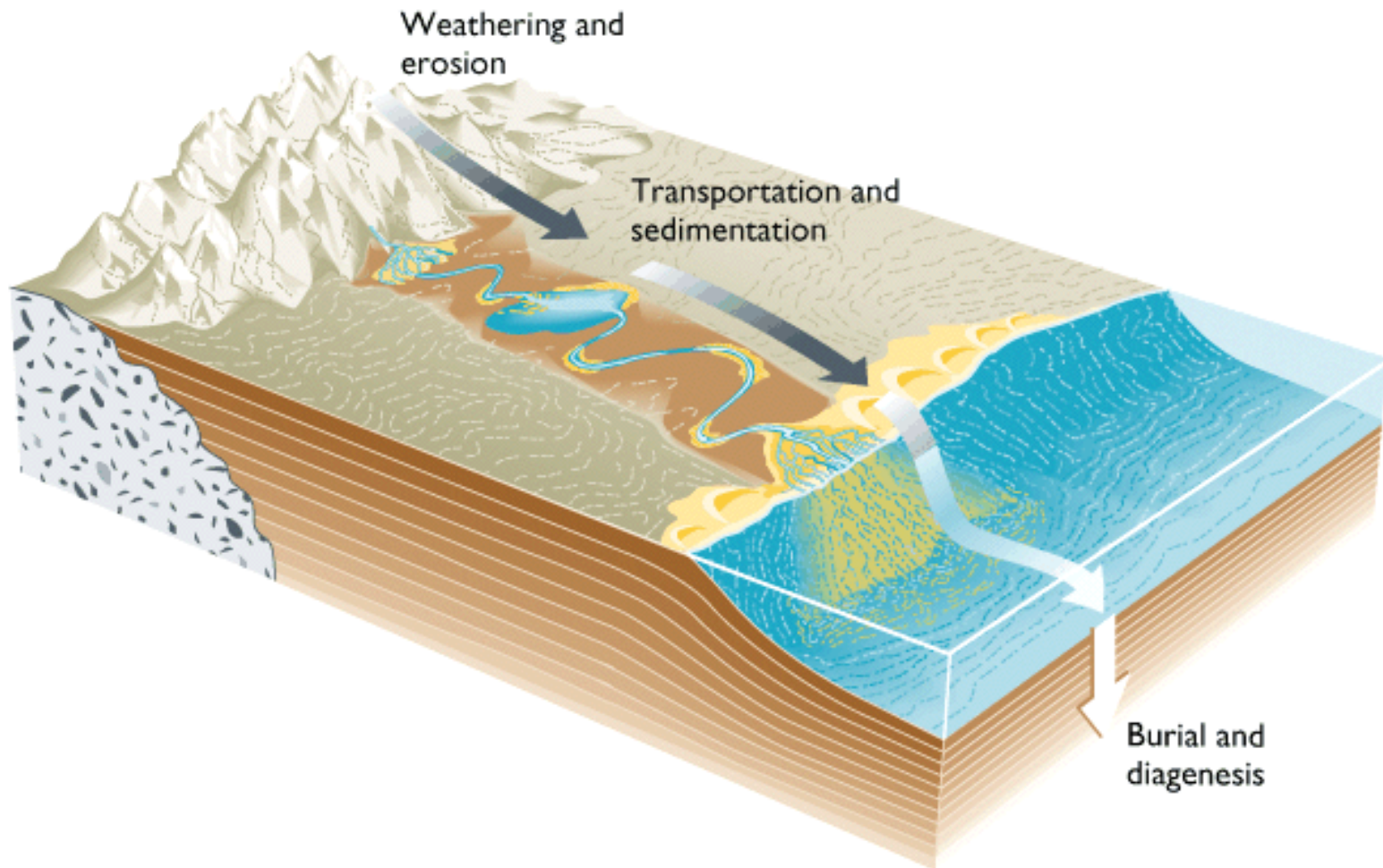


# Intemperismo

- Processos que modificam as rochas originais ao aflorar na superfície da Terra, por conta da exposição à ação da atmosfera, hidrosfera e biosfera.
- Provocam a desintegração e/ou degradação e decomposição de rochas.
- Produtos dos intemperismo: **rocha alterada** e **solo**.



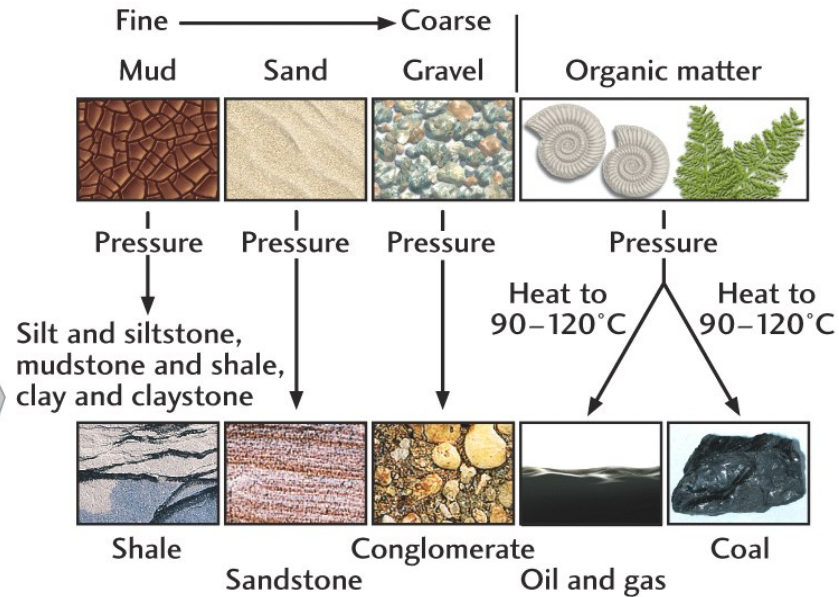
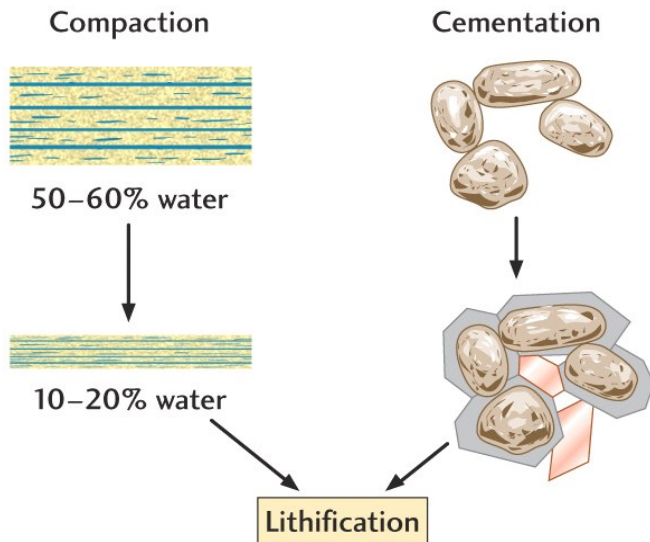
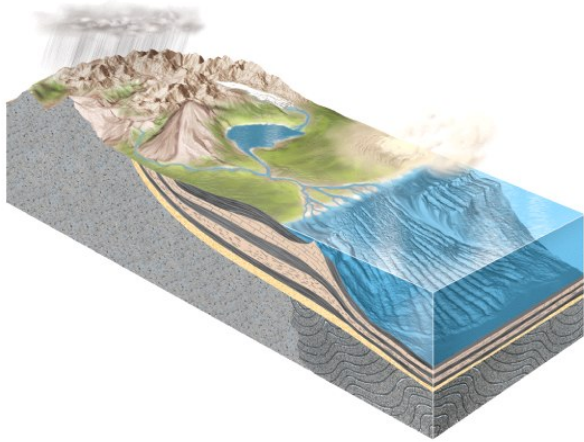
# Erosão, transporte e deposição



# Erosão, transporte e deposição

- A **erosão** é a remoção do material intemperizado.
- O **transporte** leva as partículas (sedimentos) para outras localidades. Agentes:
  - rios,
  - ventos,
  - geleiras,
  - deslizamentos de encosta e
  - correntes oceânicas.
- Quando o transporte cessa, ocorre a **deposição** do sedimento, numa forma característica do agente que o transportou.

# Diagênese (litificação)

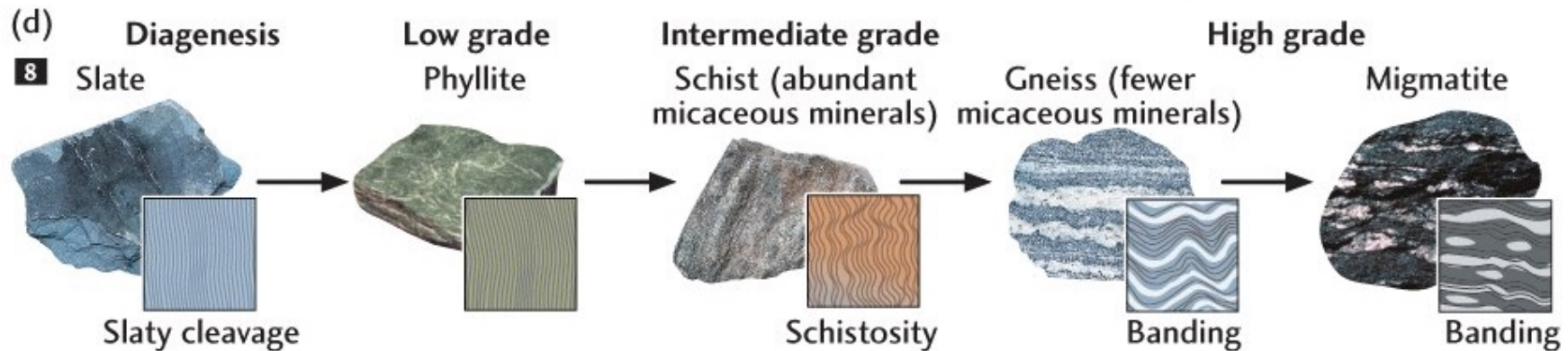


# Metamorfismo

- O metamorfismo é o conjunto de **transformações** que as rochas sofrem em virtude de mudanças, principalmente, de **temperatura** e **pressão** a que são submetidas após sua formação
- Ocorre essencialmente no **estado sólido**, embora fluidos ( $H_2O$  e  $CO_2$ ) e fundido silicático possam estar presentes
- Há mudanças mineralógicas, estruturais e/ou composicionais.

# Metamorfismo

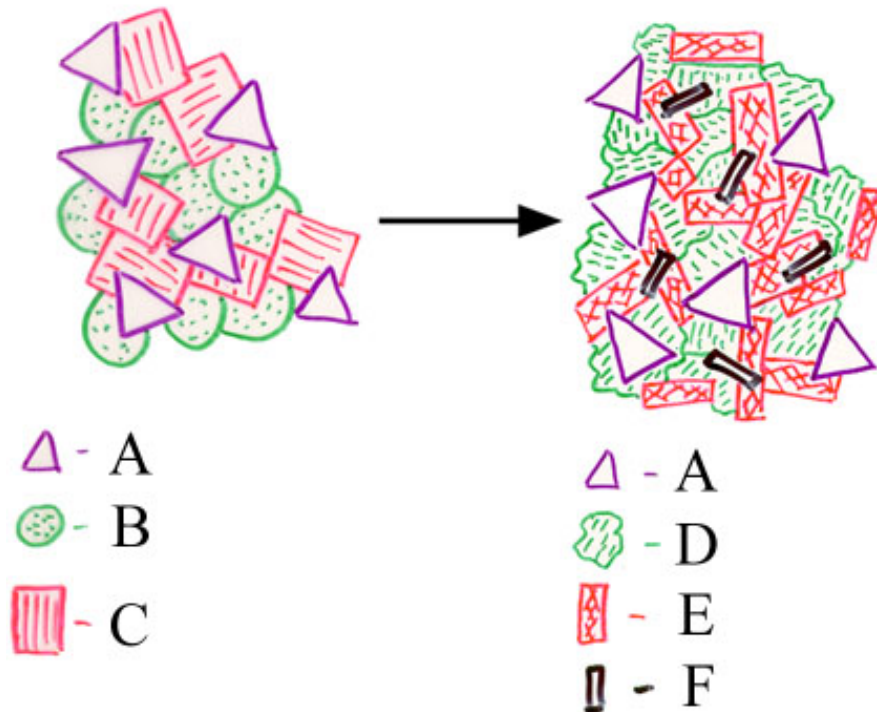
- A recristalização dos minerais é realizada ao durante longos períodos de tempo (**milhões de anos**)
- A recristalização pode resultar em novos minerais **mais estáveis**





# Reações metamórficas

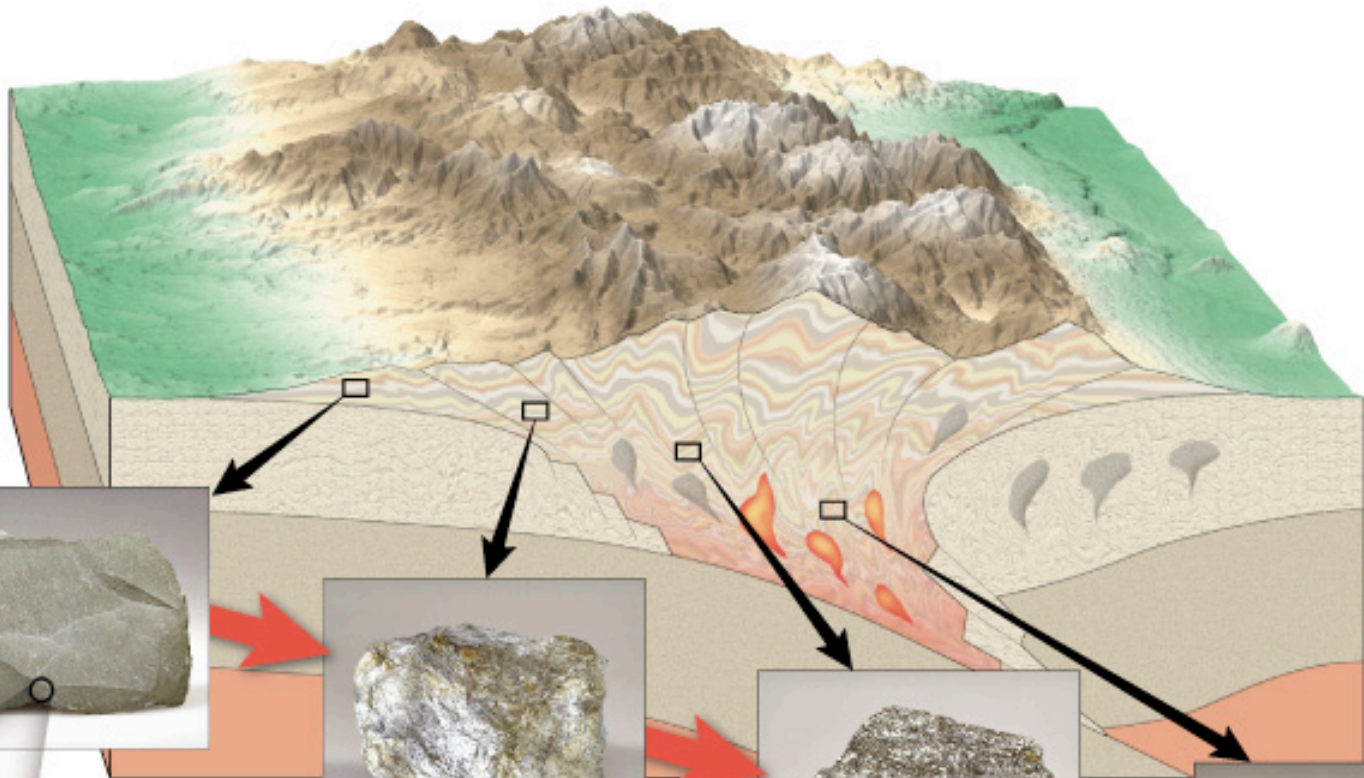
(P1,T1) → metamorfismo → (P2, T2)



Por exemplo:

quartzo + muscovita = feldspato + sillimanita + H<sub>2</sub>O

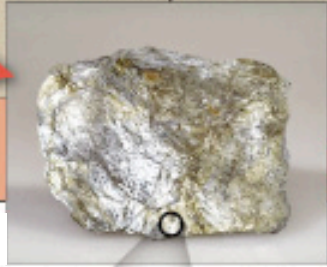
$\text{SiO}_2 + \text{KAl}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 = \text{KAlSi}_3\text{O}_8 + \text{Al}_2\text{SiO}_5 + \text{H}_2\text{O}$



Ardósia



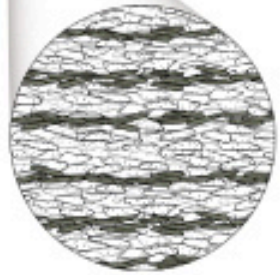
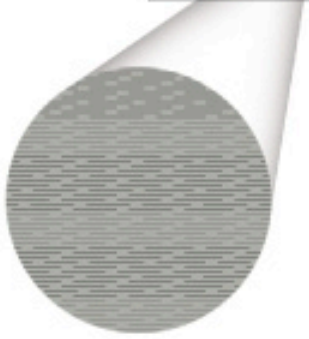
Filito



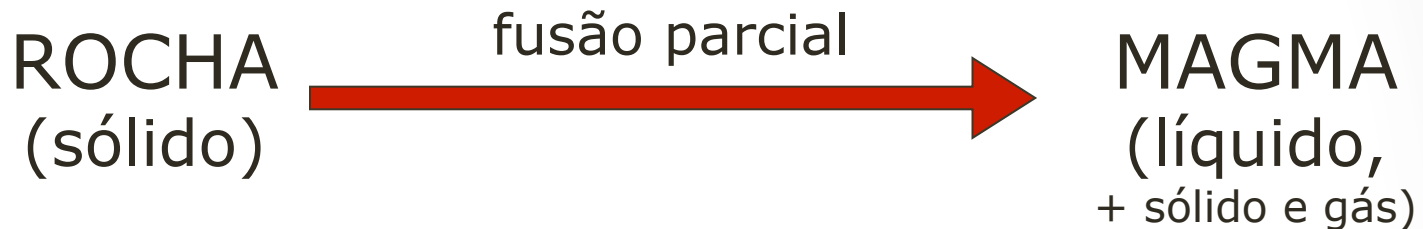
Xisto



Gnaiss

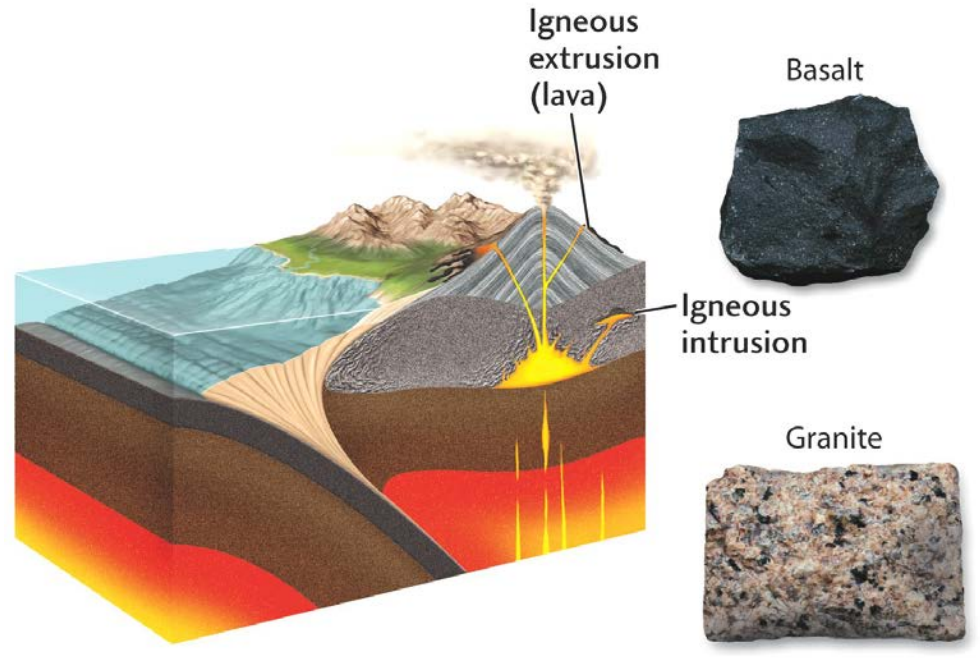
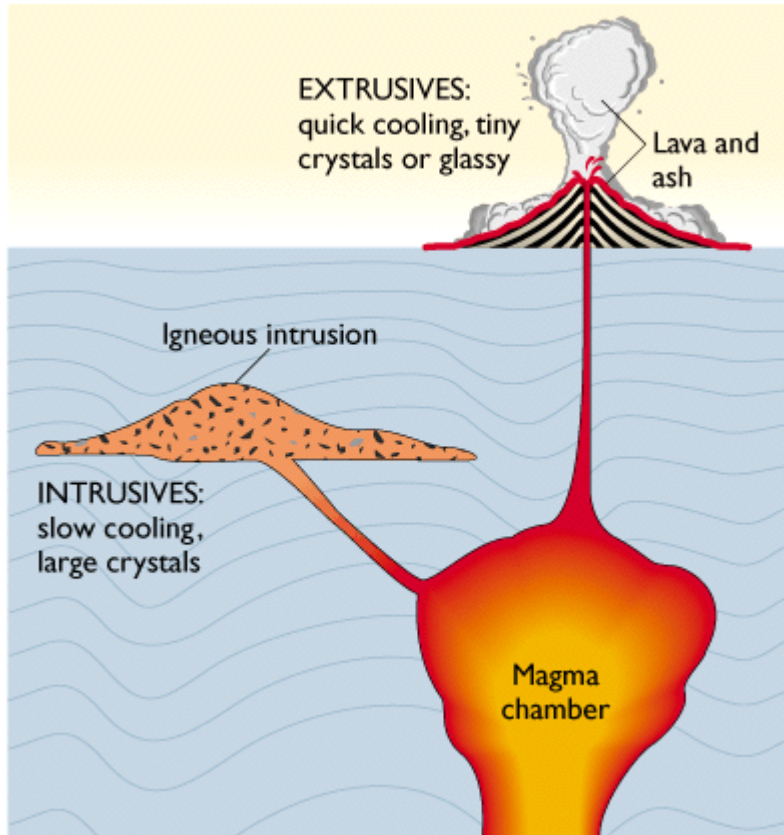


# Fusão (formação de magma)



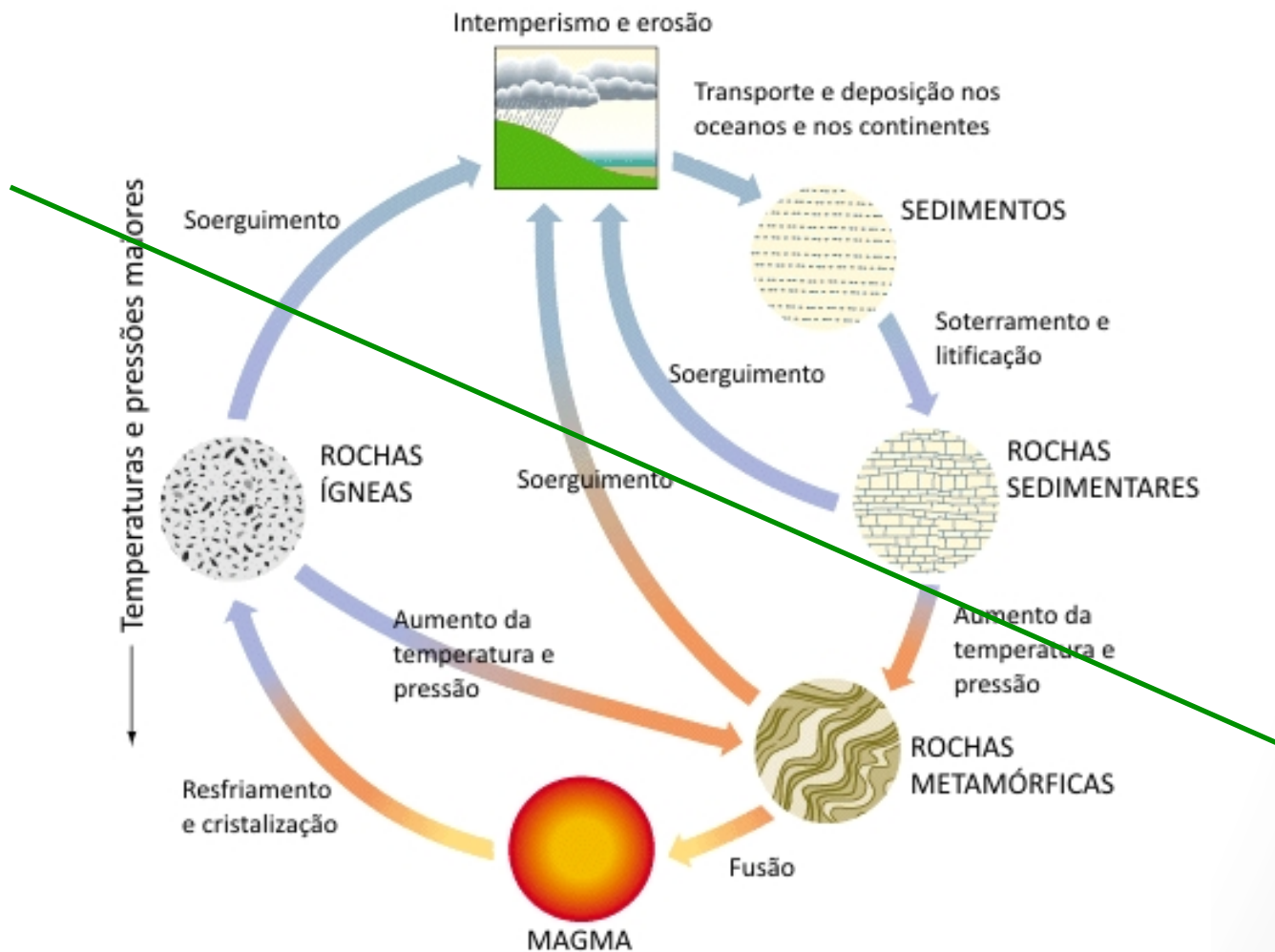
- Magma: **material fundido** gerado no interior da Terra (fusão parcial de outras rochas)
- O magma é uma mistura de:
  - parte líquida (representada pela rocha fundida)
  - parte sólida (corresponde a materiais já cristalizados e a fragmentos de rocha transportados em meio à fração líquida)
  - parte gasosa (voláteis dissolvidos na parte líquida, predominantemente H<sub>2</sub>O e CO<sub>2</sub>)

# Cristalização



# Ciclo das rochas

Dinâmica Externa



Dinâmica Interna

# Prática parte 3

## Ciclo das rochas

### amostras

- ardósia
- areia fina
- arenito
- gnaisse
- granito
- rocha alterada (basalto)
- solo (terra roxa, originária do basalto)
- xisto

### processos

- cristalização de magmas
- deposição de sedimentos
- erosão e transporte
- fusão de rochas
- intemperismo
- metamorfismo
- soerguimento
- soterramento, litificação

# Material da aula prática

- 1ª parte:
  - ametista
  - quartzo incolor
  - quartzo rosa
  - feldspato
  - biotita
  - calcita
  - hematita (polida)
  - vidro vulcânico
  - areia fina 202A
  - arenito 215
  - quartzito 338
  - granito 101
  - solo
  - anfibolito alterado
- 2ª parte:
  - basalto 126
  - [granito](#) 101
  - gabro 125
  - xisto 311
  - gnaisse (p.miracema)
  - argilito 206
  - ardósia 301
  - [quartzito](#) 338
  - [arenito](#) 215
  - varvito 211
  - calcário 225