

**PROCESSOS E MATERIAIS  
GEOLÓGICOS  
IMPORTANTES EM  
AMBIENTES TERRESTRES**



**Rochas  
sedimentares**

# Conceito de rocha

- Unidades estruturais da crosta e do manto terrestres constituídas, em regra, por um ou vários minerais associados.



Granito



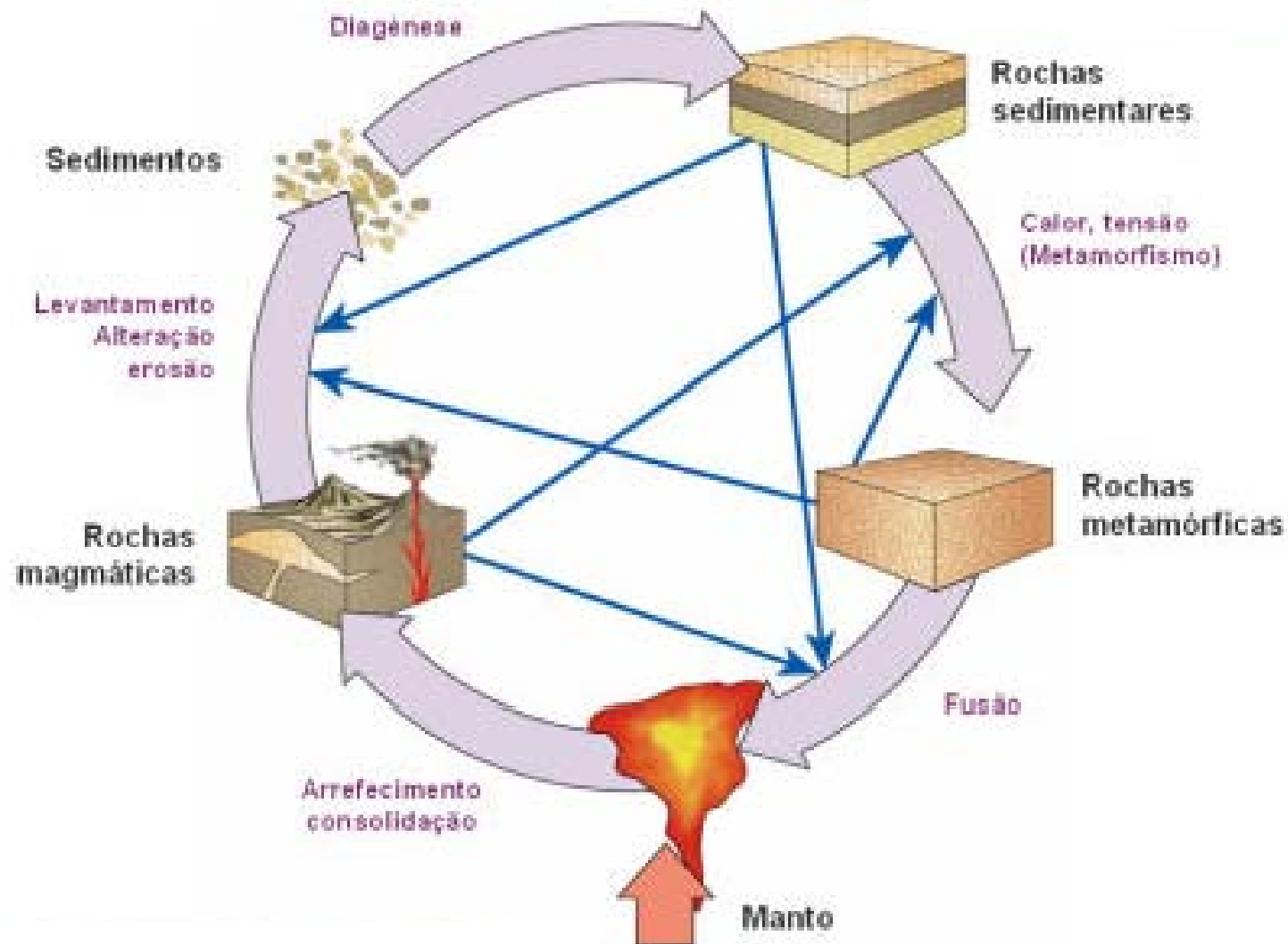
Xisto



Arenito



# CICLO DAS ROCHAS — RELEMBRAR...



# MINERAIS

- Corpo sólido, natural, inorgânico, de estrutura cristalina e com composição química fixa ou variável dentro de certos limites.



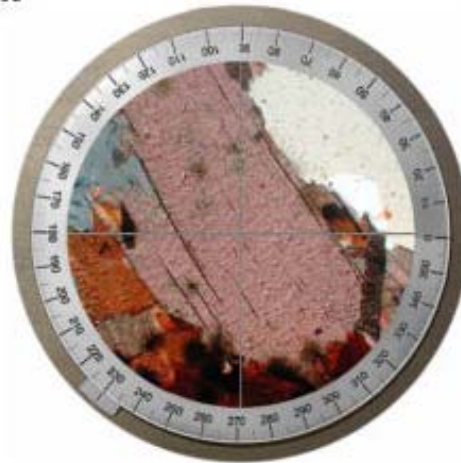
Fig. 2 página 41 do manual



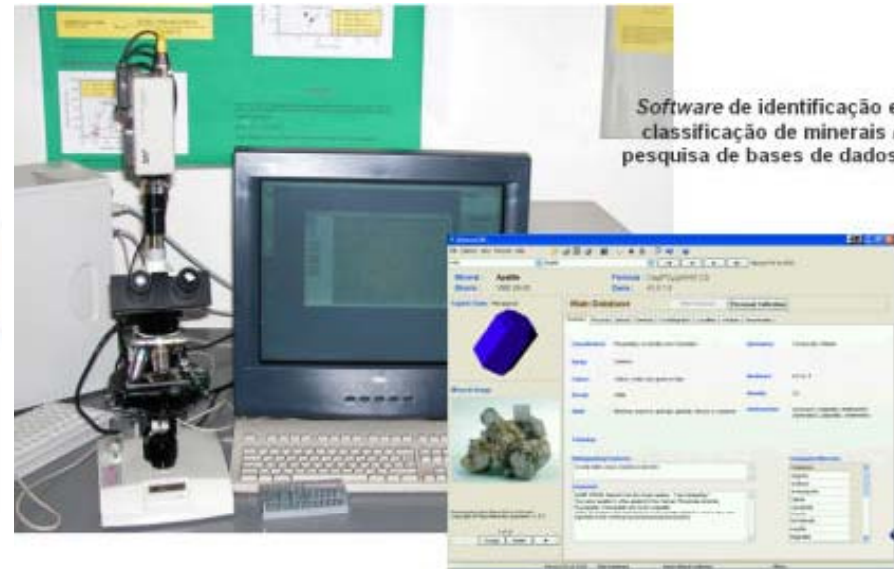
- As propriedades (químicas ou físicas) dos minerais dependem da sua composição química e da sua organização estrutural.
- Estas propriedades auxiliam na identificação dos minerais, no entanto, costumam ser utilizadas outras técnicas mais especializadas como por exemplo a observação microscópica, a análise química e a difracção pelos raios X.



Microscópio petrográfico



Mineral observado ao microscópio petrográfico



# PROPRIEDADES DOS MINERAIS

Físicas

Identificação de propriedades ópticas (cor, risca e brilho), de propriedades mecânicas (dureza, clivagem e fractura) e determinação da densidade.

Químicas

Realização de testes e análises químicas.



## COR

- Minerais idiocromáticos – apresentam cor constante
- Minerais alochromáticos – apresentam cor variável
  - A diversidade de cores num mineral alochromático deve-se, frequentemente, à presença de elementos estranhos à sua composição.



**Água-marinha**  
(berilo incolor com  $Fe^{3+}$ )



**Esmeralda**  
(berilo incolor com  $Cr^{3+}$ )



**Rubi**  
(corindo incolor com  $Cr^{3+}$ )



**Safira**  
(corindo incolor com  $Fe^{3+}$  ou  $Ti^{3+}$ )

Como a cor raramente é única para cada mineral e porque a verdadeira cor pode ser alterada, esta característica não constitui uma propriedade muito fiável na identificação de minerais.



## RISCA OU TRAÇO

- cor do mineral reduzido a pó;
- a cor do traço de um mineral não coincide sempre com a sua cor;
- diferentes variedades do mesmo mineral exibem sempre o traço com a mesma cor;
- o traço é uma propriedade constante, enquanto que a cor pode ser uma propriedade variável.
- Exemplo:
  - a pirite tem cor amarelo-latão e a risca é negra.





- Para se determinar a cor do traço, risca-se com o mineral a superfície não polida de uma placa de porcelana.
  - Método aplicável nos minerais com dureza inferior à da porcelana.



Pirite



Hematite



Limonite



## BRILHO OU LUSTRE

- O brilho consiste no efeito produzido pela qualidade e intensidade da luz reflectida numa superfície de fractura recente do mineral.
  - Brilho metálico – intenso, semelhante ao observado nos metais polidos, observa-se em minerais opacos.
  - Brilho sub-metálico – semelhante mas menos intenso do que o metálico.
  - Brilho não metálico – observa-se em minerais transparentes ou translúcidos. Utilizam-se termos como vítreo, sedoso, adamantino, nacarado, resinoso, ceroso ou gorduroso para descrever o seu brilho.





**Brilho metálico**  
(Pirite)



**Brilho Sub-metálico**  
(Volframite)



**Brilho não metálico**  
(Dolomite)

Brilho não metálico	
Sedoso ou acetinado	Semelhante ao da seda
Vítreo	Como o do vidro
Adamantino	Intenso como o do diamante
Nacarado	Semelhante ao das pérolas
Resinoso	Lembra o brilho da resina
Ceroso	Como o da cera
Gorduroso	Lembra o brilho de uma superfície engordurada



## CLIVAGEM E FRACTURA

- Clivagem: Tendência de alguns minerais fragmentarem devido à aplicação de uma força mecânica, segundo superfícies planas e brilhantes, de direcções bem definidas e constantes.
- Fractura: fragmentação irregular, sem planos de clivagem visíveis.



## DUREZA

- Resistência que o mineral oferece ao ser riscado (sulcado) por outro mineral ou por determinados objectos. É condicionada pela estrutura e pelo tipo de ligações entre as partículas e, por isso, pode variar com a direcção considerada.





- A determinação da dureza dos minerais é feita em relação aos termos de uma escala de dureza – Escala de Mohs.

Dureza segundo Mohs
1 - Talco
2 - Gesso
3 - Calcite
4 - Fluorite
5 - Apatite
6 - Ortóclase
7 - Quartzo hialino
8 - Topázio
9 - Corindo hialino
10 - Diamante



- Esta escala é constituída por 10 termos, colocados por ordem crescente de dureza, desde o menos duro, o talco, até ao diamante, que é o corpo natural mais duro que se conhece.
- Qualquer mineral da escala risca todos os que estão abaixo dele, não sendo riscado por eles.



- Um mineral é mais duro que outro se, e só se, o riscar, sem se deixar riscar por ele;
- Dois minerais têm a mesma dureza se se riscam ou não se riscam mutuamente;
- Determina-se seleccionando-se uma aresta viva, com a qual se experimenta riscar os sucessivos termos da escala de Mohs;
- Os termos da escala devem ser percorridos no sentido decrescente de dureza, para se evitar o constante desgaste dos minerais menos duros;
- Quando não se dispõe de uma escala de Mohs, podem utilizar-se diferentes materiais, como por exemplo, uma moeda, um canivete...





- A utilização da escala de Mohs apenas proporciona valores relativos e não valores absolutos.

### Actividade 3 página 47 do manual

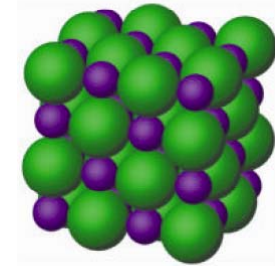
- A determinação de valores absolutos de dureza é complexa e implica a utilização de aparelhos muito especializados.
- Uma desvantagem da utilização da escala de Mohs é que o aumento da dureza absoluta entre os diferentes termos não é sempre o mesmo, fazendo-se de um modo descontínuo.

Dureza segundo Mohs	Dureza absoluta
1 - Talco	0,03
2 - Gesso	1,25
3 - Calcite	4,5
4 - Fluorite	5
5 - Apatite	6,5
6 - Ortóclase	37
7 - Quartzo hialino	120
8 - Topázio	175
9 - Corindo hialino	1000
10 - Diamante	140 000

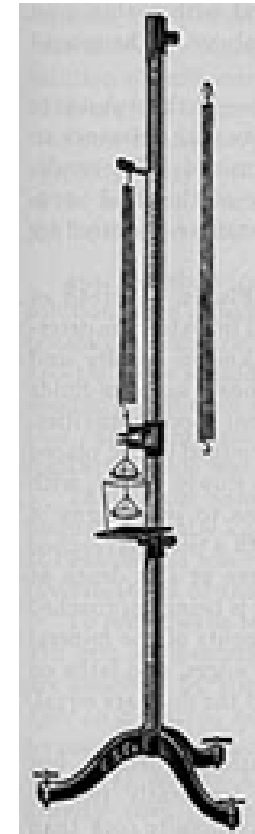


## DENSIDADE

- A densidade absoluta, ou massa volúmica, de uma substância traduz a massa por unidade de volume.
- A densidade depende da dureza das partículas (átomos ou iões) que constituem o mineral e do tipo de arranjo dessas partículas.
  - Os minerais de brilho não metálico possuem densidades próximas da do quartzo (2,6) ou da calcite (2,7). Minerais de brilho metálico apresentam densidades próximas da densidade da pirite (5,0);
  - Minerais muito densos apresentam densidades superiores a 7, como o ouro (15 a 19,3).



- A densidade relativa do mineral, consiste na relação entre o peso de um determinado volume do mineral e o peso de igual volume de água a 4 °C (1 g/cm<sup>3</sup>).
- No laboratório de Mineralogia recorre-se muitas vezes a um instrumento – balança de Jolly.
- Permite determinar o peso de uma amostra de mineral pela deformação de uma mola.
- Este instrumento permite determinar:
  - O peso (P) do mineral no ar
  - O peso (P') do mineral mergulhado na água



$$d = \frac{P}{P - P'}$$

A diferença  $P - P'$  dá o valor da impulsão (I), ou seja, o valor do peso de um volume de água igual ao volume do mineral mergulhado.



## REACÇÃO AO ÁCIDO CLORÍDRICO

- A calcite e outros carbonatos reagem com o ácido clorídrico, fazendo efervescência devido à libertação de  $\text{CO}_2$ .
- Alguns minerais mesmo que tenham igual composição química podem reagir de diferente forma ao ácido clorídrico devido à diferente estrutura cristalina.



## SABOR SALGADO

- A halite é facilmente identificada pelo sabor salgado que lhe é característico.



## IDENTIFICAÇÃO DE MINERAIS

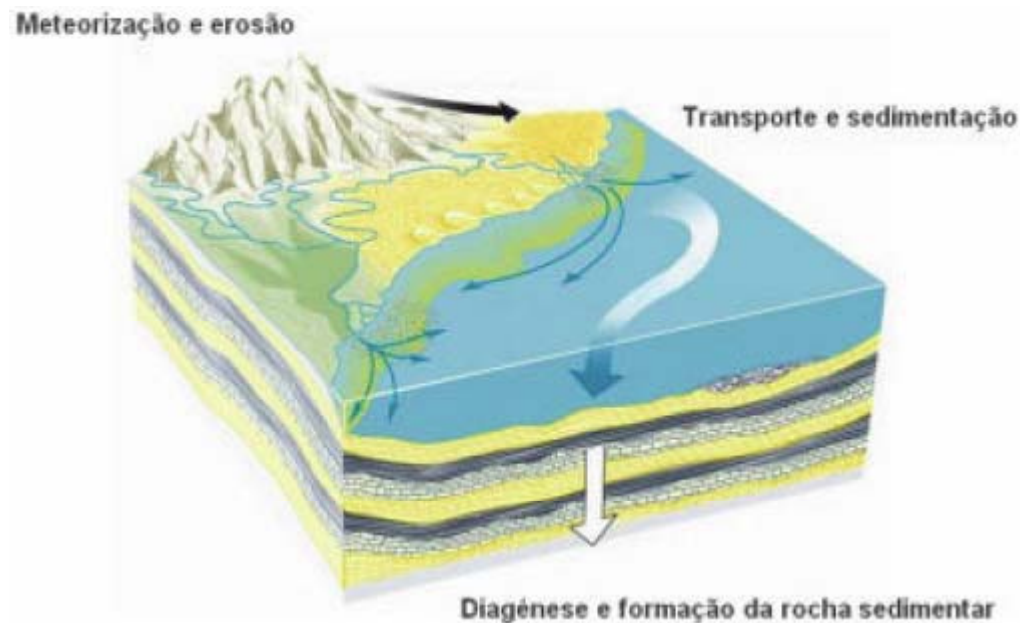
- Determinadas as propriedades dos minerais, a sua identificação é possível utilizando chaves dicotômicas ou por consulta de tabelas em que estão registadas as principais características dos diferentes minerais.
- Actualmente existem também programas de *software* que permitem a identificação de minerais, tendo em consideração as suas propriedades.





# FORMAÇÃO DAS ROCHAS SEDIMENTARES

- Ocorre à superfície do Globo ou próximo dela;
- Resulta da interacção com a hidrosfera, a atmosfera e a biosfera;
- Implica duas etapas fundamentais:
  - Sedimentogénese;
  - Diagéneze.



# SEDIMENTOGÉNESE



- Conjunto de processos que intervêm na formação dos sedimentos.
- Inclui a formação de materiais a partir de rochas preexistentes, ou de restos de seres vivos, o seu transporte e a sua deposição.





- Estes sedimentos são, basicamente, de três categorias:



**Sedimentos detríticos (clastos)**

Fragmentos de dimensões variadas provenientes da alteração de outras rochas

**Sedimentos de origem química**

Resultantes da precipitação de substâncias dissolvidas na água

**Sedimentos biogénicos**

Restos de seres vivos (conchas, ossos, fragmentos de plantas, pólen, etc.)



## METEORIZAÇÃO

- Alterações das rochas por acção de agentes externos (água, ar, vento, variações térmicas, seres vivos, etc.)
- Pode ser:
  - **Física** – desagregação mecânica das rochas;
  - **Química** – transformação dos minerais primários noutros, mais estáveis face às novas condições ambientais em que se encontram.

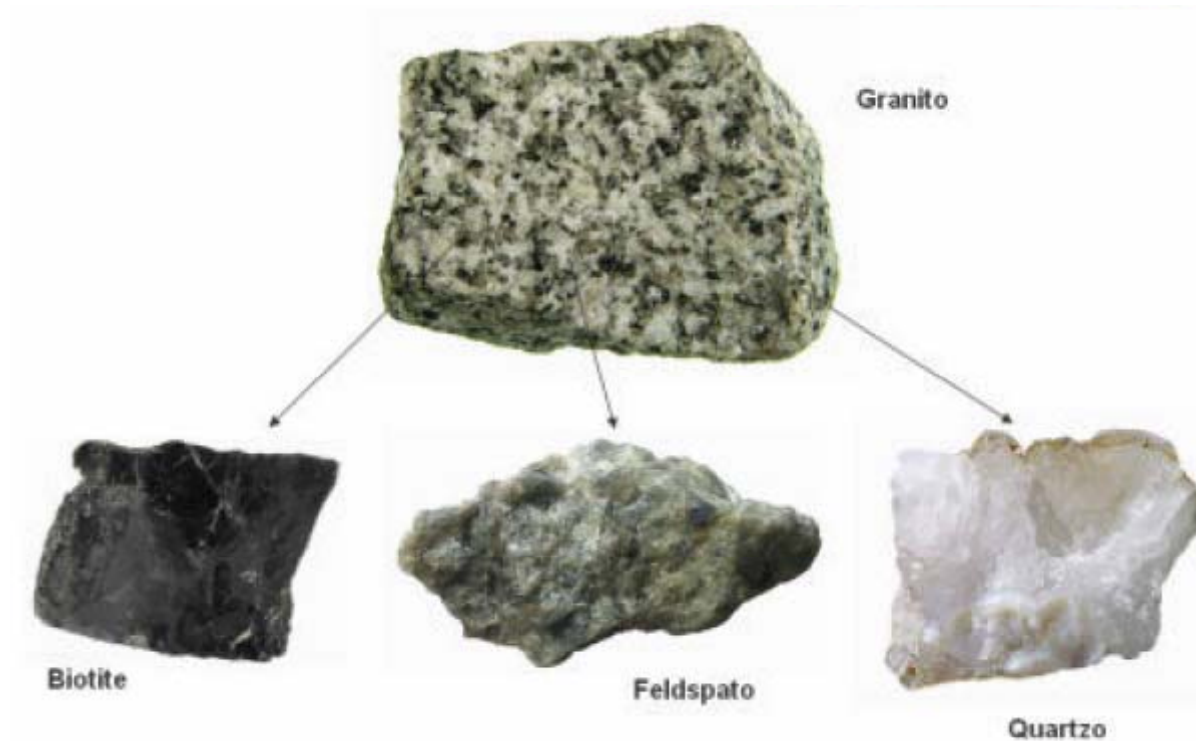


## EROSÃO

- Remoção, pela água, pelo vento ou pelo gelo, dos materiais resultantes da meteorização das rochas.

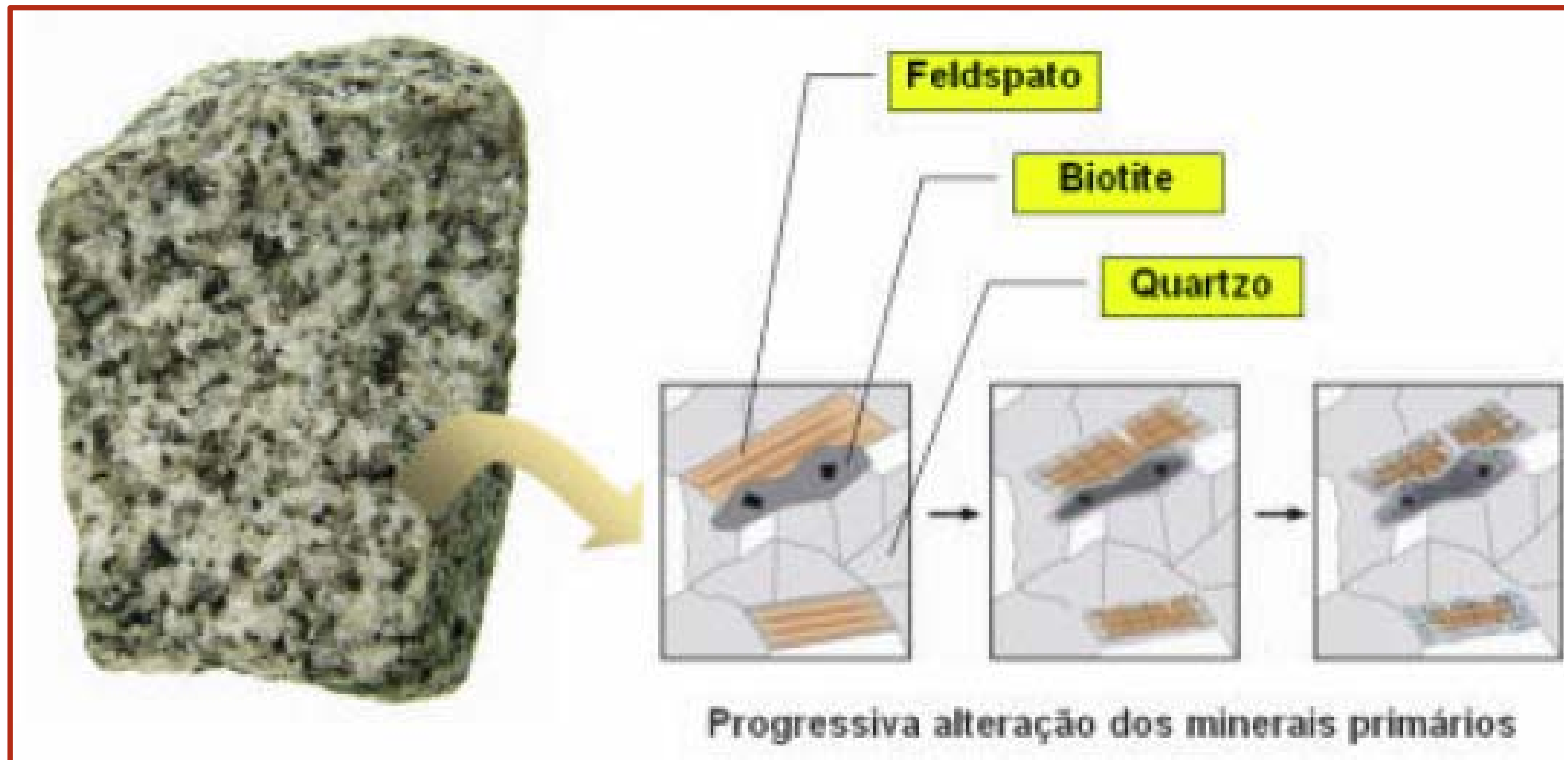


## EXEMPLO: METEORIZAÇÃO DO GRANITO



- Fruto do afloramento do granito, os seus minerais constituintes, que foram formados em profundidade, ficam em desequilíbrio com as novas condições ambientais, experimentando profundas alterações.





Determinados aspectos estruturais das rochas podem favorecer a meteorização como, por exemplo, a existência de superfícies de fractura (**diaclasses**).





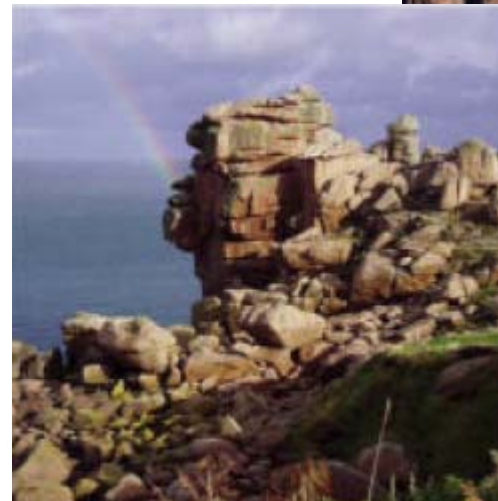
- Frequentemente, as diaclases dividem os maciços em enormes blocos, grosseiramente paralelepípedicos, favorecendo a alteração da rocha, pois as zonas da bordadura tornam-se mais frágeis.



- Como consequência dessa alteração, nas zonas mais expostas dos blocos graníticos, os minerais perdem a coesão e desagregam-se gradualmente, convertendo-se em areia (**arenização**).



- À medida que a arenização avança, os vértices desaparecem, as arestas suavizam-se e os blocos tornam-se arredondados (**caos de blocos**). Estes amontoados de bolas graníticas vão-se espalhando pelas encostas dos maciços graníticos.





○ Resumindo...



- O granito e as rochas, de um modo geral, quando expostos aos agentes de geodinâmica externa, experimentam, simultaneamente, dois tipos de transformações: uma alteração química e uma desagregação mecânica.

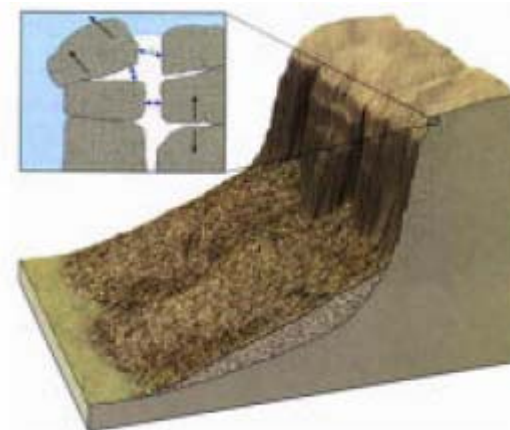


## ➤ Meteorização física

- Desagregação em fragmentos cada vez menores;
- Conservação das características do material original;
- Aumento da superfície de exposição aos agentes de meteorização.



- Diferentes agentes externos podem actuar sobre as rochas e acelerar a sua fragmentação:
  - Efeito da congelação (crioclastia) da água nos interstícios e poros da rocha;
  - Actividade biológica (líquenes, crescimento de raízes, escavação de galerias);
  - Descompressão à superfície, expansão e fractura do material rochoso aflorado originando esfoliação;
  - Acção mecânica da água e do vento por projecção de detritos sobre a rocha;
  - Dilatações e contracções térmicas (termoclastia) diferenciadas nos diferentes minerais.



## ➤ Meteorização química

- Instabilidade da estrutura dos minerais gerados em profundidade;
- Remoção ou introdução de elementos químicos na sua estrutura interna;
- Conversão noutros minerais mais estáveis ou em produtos solúveis;
- Água, oxigénio, dióxido de carbono e substâncias produzidas pelos seres vivos são agentes de meteorização química.
- Influência da temperatura uma vez que esta influencia a velocidade das reacções.



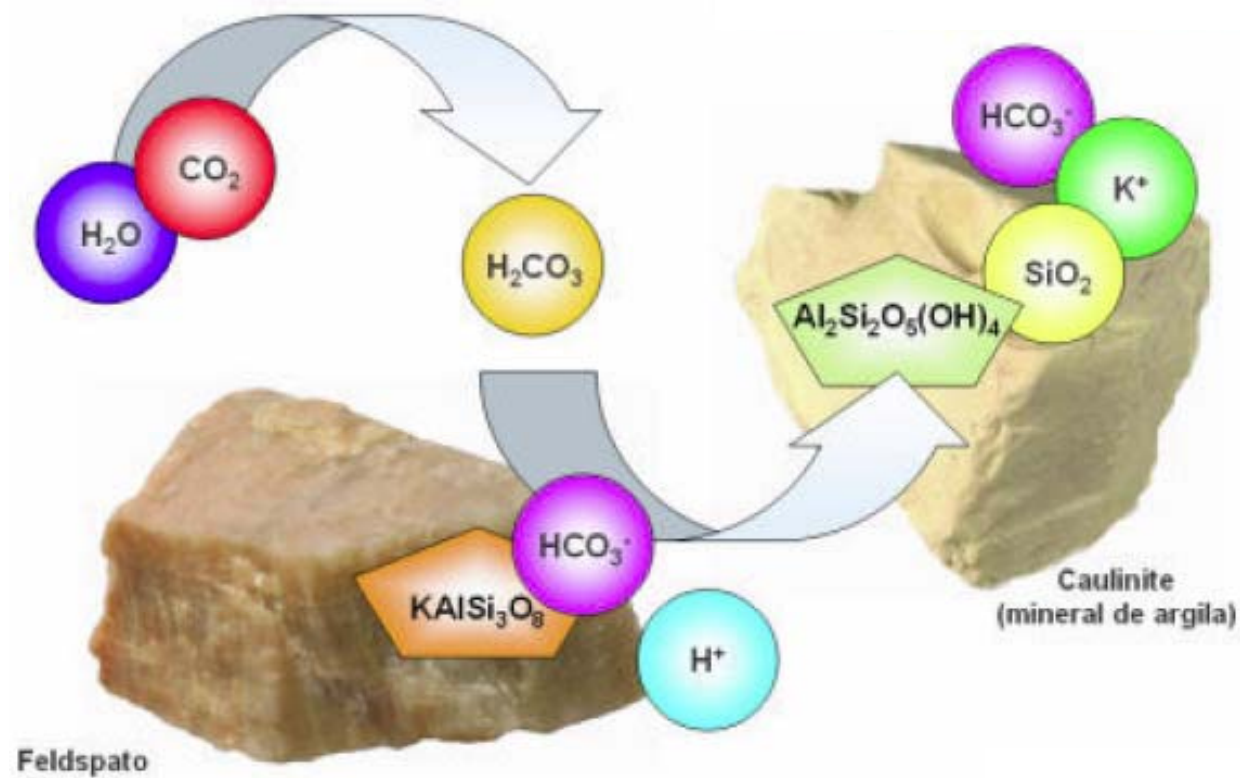
○ Os mecanismos de alteração química são extraordinariamente complexos, podendo destacar-se como processos mais importantes a:

- ✓ Hidrólise;
- ✓ Oxidação;
- ✓ Carbonatação.



## ✓ HIDRÓLISE

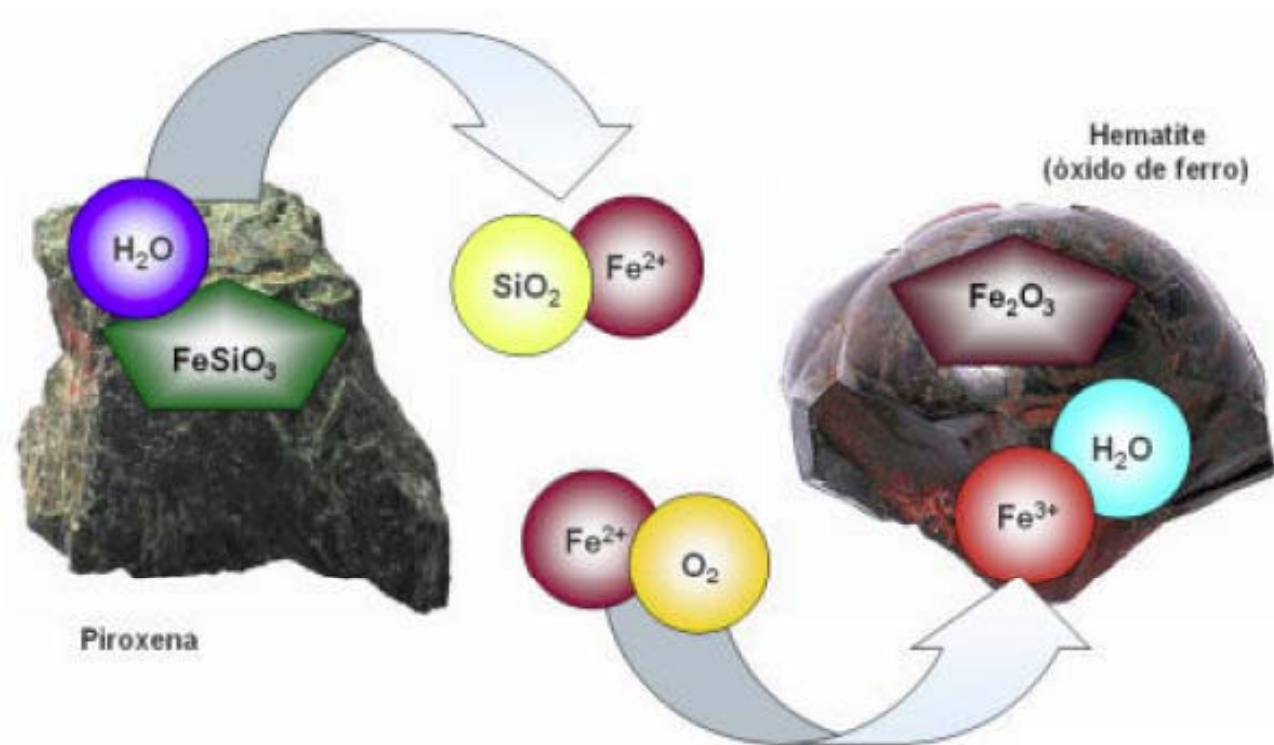
- São reacções de alteração química que envolvem água.





## ✓ OXIDAÇÃO

- São reacções de alteração química que envolvem o oxigénio.



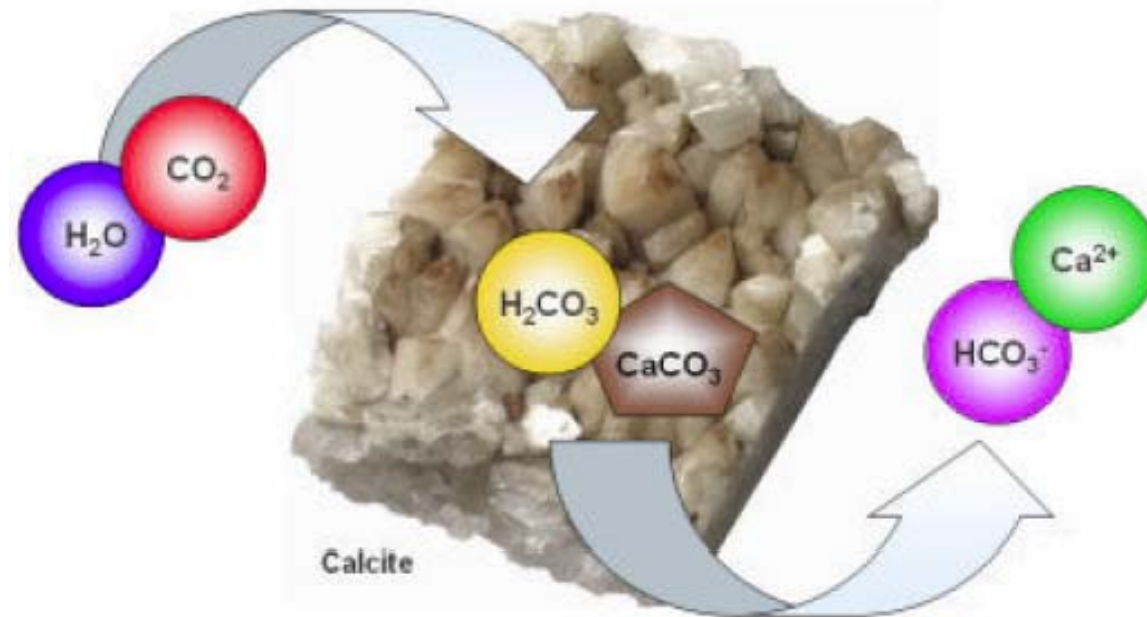
$\text{Fe}^{2+}$ : ferroso;  $\text{Fe}^{3+}$ : férrico





## ✓ CARBONATAÇÃO

- São reacções de alteração química que envolvem as águas acidificadas , por exemplo, sobre a calcite.

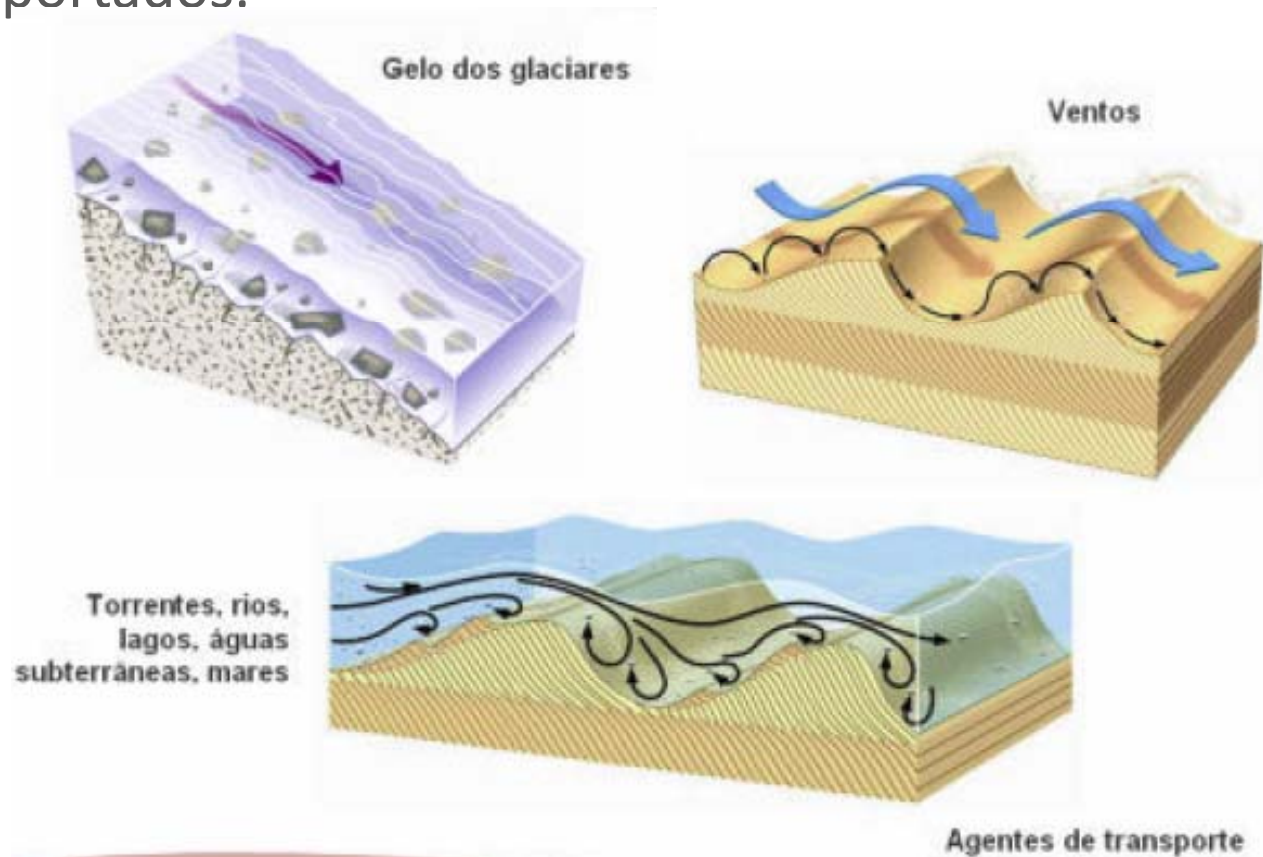


O calcário além da calcite, contém, muitas vezes, outros elementos químicos, como, por exemplo, sílica e argila e como estas substâncias não são solúveis ficam no local, preenchendo bolsas e depressões. Estes depósitos, geralmente avermelhados devido à presença de óxidos de ferro, denominam-se terra rossa.

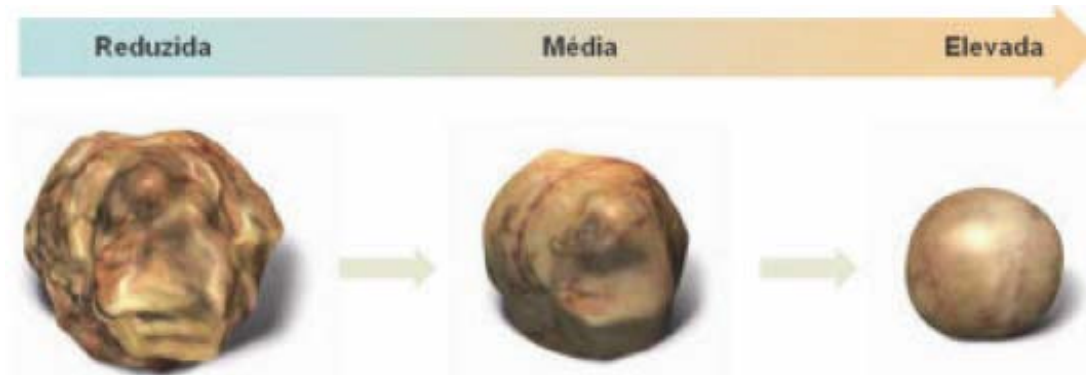


# TRANSPORTE

- Os materiais resultantes da meteorização das rochas podem ficar acumulados no local de origem, formando depósitos residuais, mas na maior parte dos casos são transportados.



- De entre as modificações experimentadas pelos detritos durante o transporte, destacam-se o **arredondamento** e a **granoselecção**.



- Quanto mais tempo durar o transporte, mais arredondados serão os detritos.



Sedimentos mal calibrados

Sedimentos moderadamente calibrados

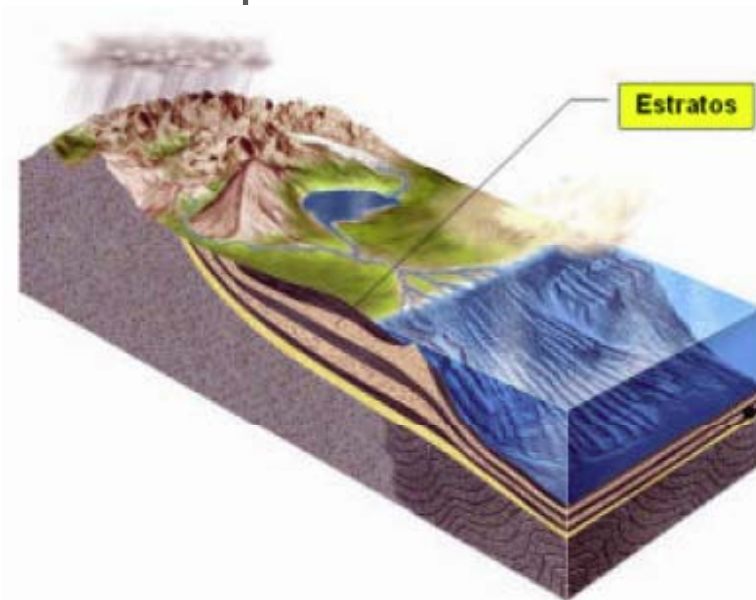
Sedimentos bem calibrados

- Ao longo de um curso de água ou devido ao vento, os materiais vão sendo granoseleccionados.



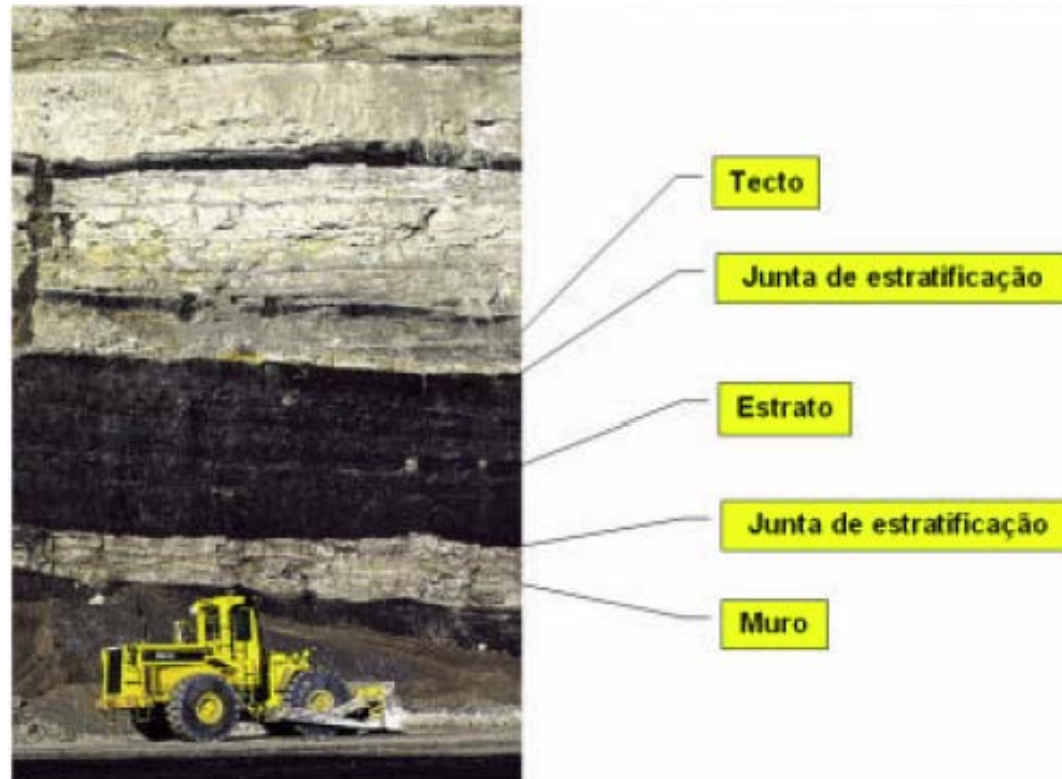
## SEDIMENTAÇÃO

- Quando o agente transportador perde energia, os materiais, não podendo prosseguir o transporte, depositam-se, contribuindo, então, para a formação de sedimentos.
- A deposição dá-se, geralmente, em camadas sobrepostas (estratos), horizontais e paralelas, sobretudo quando ocorre em ambientes aquáticos.

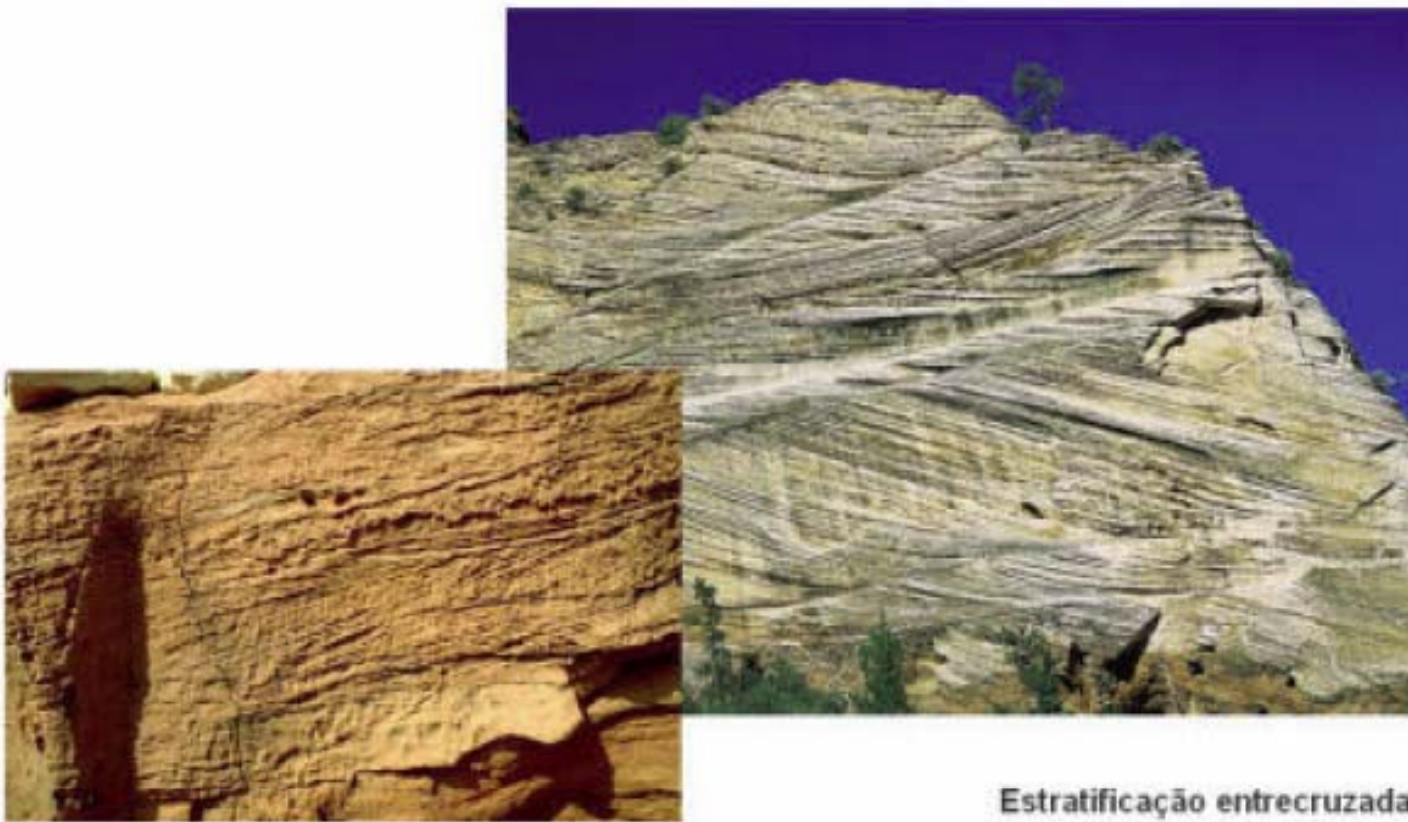




- Cada camada nova que se forma sobrepõe-se e comprime as mais antigas, situadas por baixo dela. As superfícies, aproximadamente planas, que separam diferentes estratos denominam-se superfícies de estratificação. A superfície superior ao estrato denomina-se tecto e a que fica por baixo é chamada muro.



- Em sedimentos fluviais e eólicos são frequentes casos de estratificação entrecruzada, a qual revela uma variação na intensidade e/ou na direcção do agente de transporte.



Estratificação entrecruzada

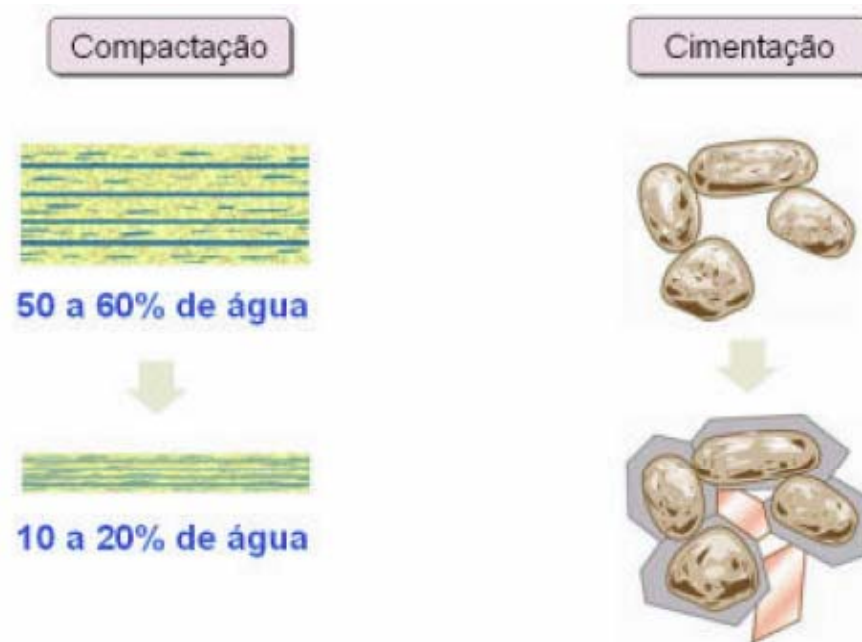


## DIAGÉNESE

- Após a sedimentação, os sedimentos geralmente, sofrem uma evolução mais ou menos complexa, em que intervêm processos físico-químicos diversos.

Actividade 7 página 63 do manual

- Durante a diagéneze ocorrem dois processos muito importantes:





## ✓ COMPACTAÇÃO

- Compressão de sedimentos pelas camadas superiores que sobre eles se forem depositando, com conseqüente expulsão de água e diminuição do volume.

## ✓ CIMENTAÇÃO

- Preenchimento dos espaços entre os sedimentos por novos minerais que resultam da precipitação de substâncias químicas dissolvidas na água. Estes materiais formam um cimento que liga as partículas, formando uma rocha consolidada.



## CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS SEDIMENTARES

- A classificação das rochas sedimentares não é tarefa fácil. Contudo, atendendo à origem da fracção dominante, podem considerar-se três grupos:

<b>Tipo de sedimento</b>	<b>Origem</b>	<b>Tipo de rocha</b>
<b>Detritos</b>	<b>Física e química</b>	<b>Detrítica</b>
<b>Substâncias dissolvidas na água</b>	<b>Química</b>	<b>Quimiogénica</b>
<b>Seres vivos ou resultante da sua actividade</b>	<b>Biológica</b>	<b>Biogénica</b>



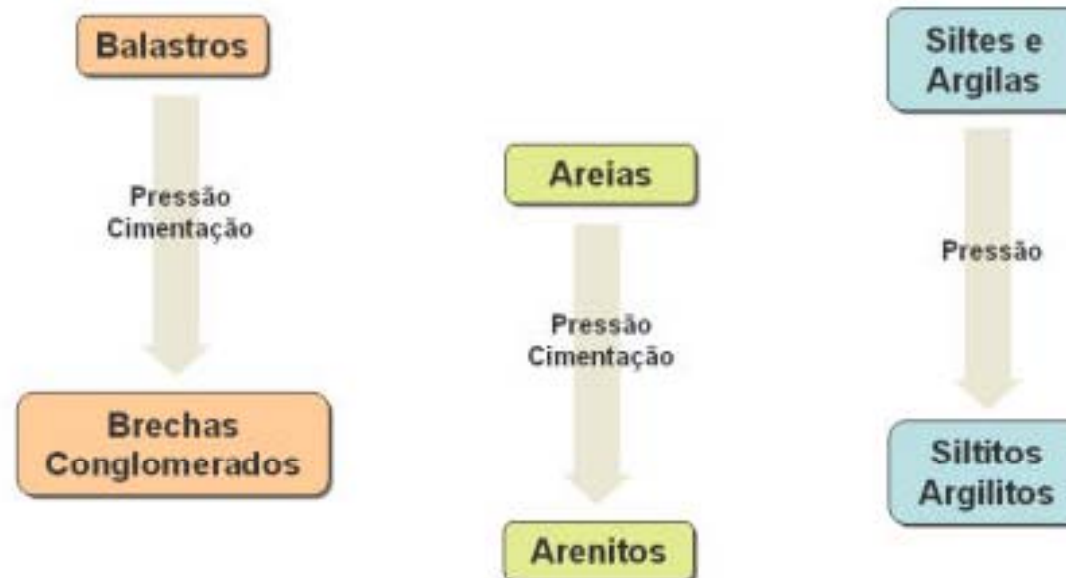
## ✓ ROCHAS DETRÍTICAS

- Constituem mais de 75% das rochas sedimentares da superfície terrestre;
- Formam-se a partir de fragmentos sólidos obtidos a partir de outras rochas, por processos de meteorização e de erosão;
- Os sedimentos detríticos são classificados em função do seu tamanho;
- Os depósitos de balastros, areias, siltes e argilas são consideradas rochas detríticas não consolidadas. A consolidação destes sedimentos detríticos, por diagénese, origina rochas sedimentares detríticas consolidadas como, por exemplo, brechas e conglomerados, arenitos, siltitos e argilitos.



Classificação química de Udden e Wentworth (simplificada)

Detrito	Dimensão (mm)	Sedimento solto	Rocha consolidada
Blocos	> 256		
Seixos, calhaus Cascalhos Areão	256 a 64 64 a 8 8 a 2	Cascalheiras de elementos angulosos ou rolados	Brecha Conglomerado
Areia grosseira Areia média Areia fina	2 a 1/2 1/2 a 1/8 1/8 a 1/16	Areia	Arenito ou Grés
Silte ou limo	1/16 a 1/256	Silte	Rochas silticas
Argila	< 1/256	Argila	Argilitos



**Brecha**



**Conglomerado**



**Arenito**



**Siltito**



Dependendo da natureza do cimento, os arenitos podem assumir diferentes aspectos e propriedades

**Argilito**



Quando os argilitos são constituídos apenas por minerais de argila (puros) designam-se industrialmente por caulinos



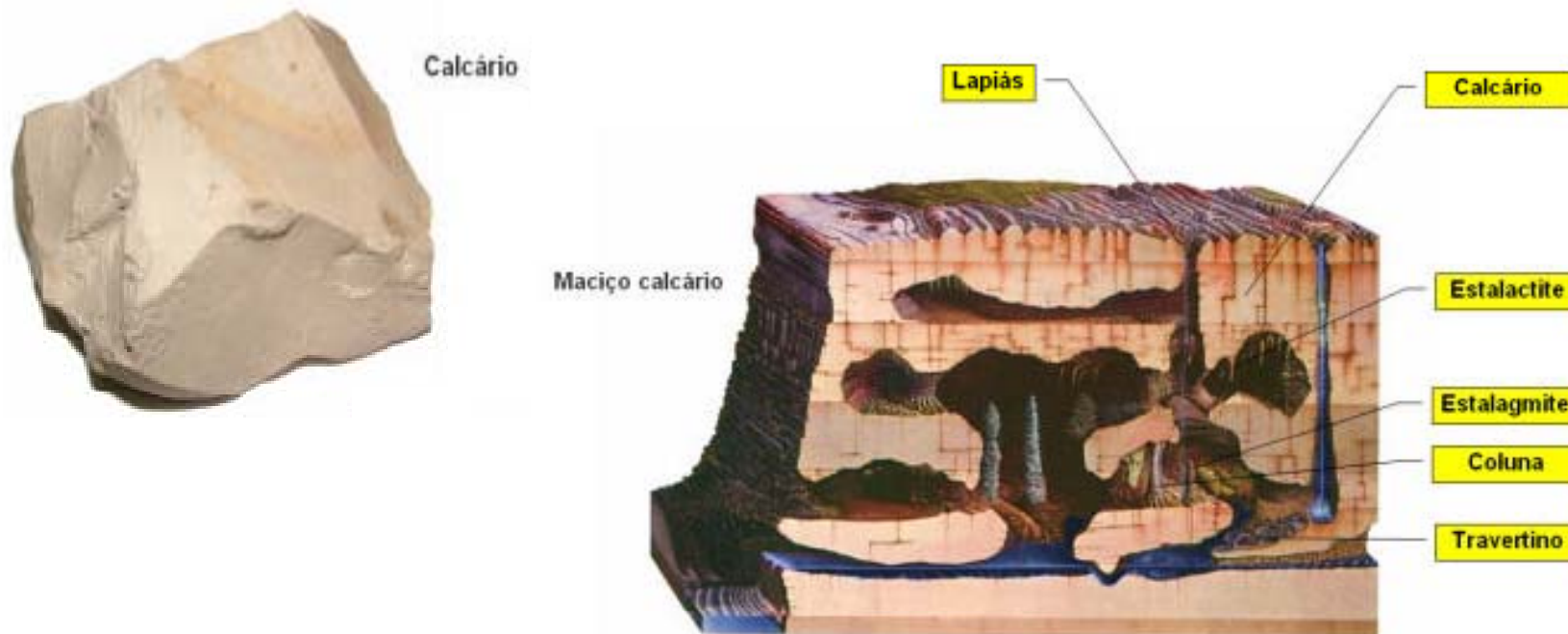
## ✓ ROCHAS QUIMIOGÉNICAS

- Formadas, essencialmente, por materiais resultantes da precipitação de substâncias em solução;
- Ocorre, por exemplo, quando a evaporação da água onde as substâncias estão dissolvidas leva à formação de cristais que se acumulam (formando-se evaporitos) ou quando a precipitação é provocada por reacções químicas, resultado da variação de certas condições do meio (como a temperatura e a pressão).
- São exemplos os calcários de precipitação, o salgema e o gesso.



## ○ Calcários de precipitação:

- Resultam da precipitação de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), devido a processos físico-químicos, em que a participação biológica pode assumir um importante papel.
- As águas acidificadas provocam a meteorização química destas rochas, originando no interior de maciços uma rede de cavidades e galerias (grutas).



Actividade 11 página 75 do manual





- $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$
- $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
- $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 
  - O bicarbonato de cálcio pode precipitar originando novamente calcite. Se este processo ocorrer a partir da água que goteja dos tectos das grutas, forma as estalactites e se gotejar constantemente sobre o solo forma as estalagmites; se fluir sobre o chão da gruta pode originar uma rocha designada travertino.



## ○ Rochas salinas – evaporitos

- Resultam da precipitação de sais dissolvidos, devido à evaporação da água que os contém em solução.
- ❖ Gesso: resulta da precipitação de sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ).
- ❖ Sal-gema: resulta da precipitação de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$  - halite).



Halite



## ✓ ROCHAS BIOGÉNICAS

- Formadas a partir de detritos orgânicos ou por materiais resultantes de uma acção bioquímica.
  - Exemplos: calcários biogénicos, carvões, petróleo.



## ○ Calcários biogénicos

- As peças esqueléticas de muitos organismos aquáticos contêm carbonatos. Após a sua morte, estes seres depositam-se nos fundos marinhos, formando um sedimento biogénico que pode vir a ser cimentado evoluindo para calcários consolidados como, por exemplo, os calcários conquíferos e os calcários recifais.



Calcário conquífero

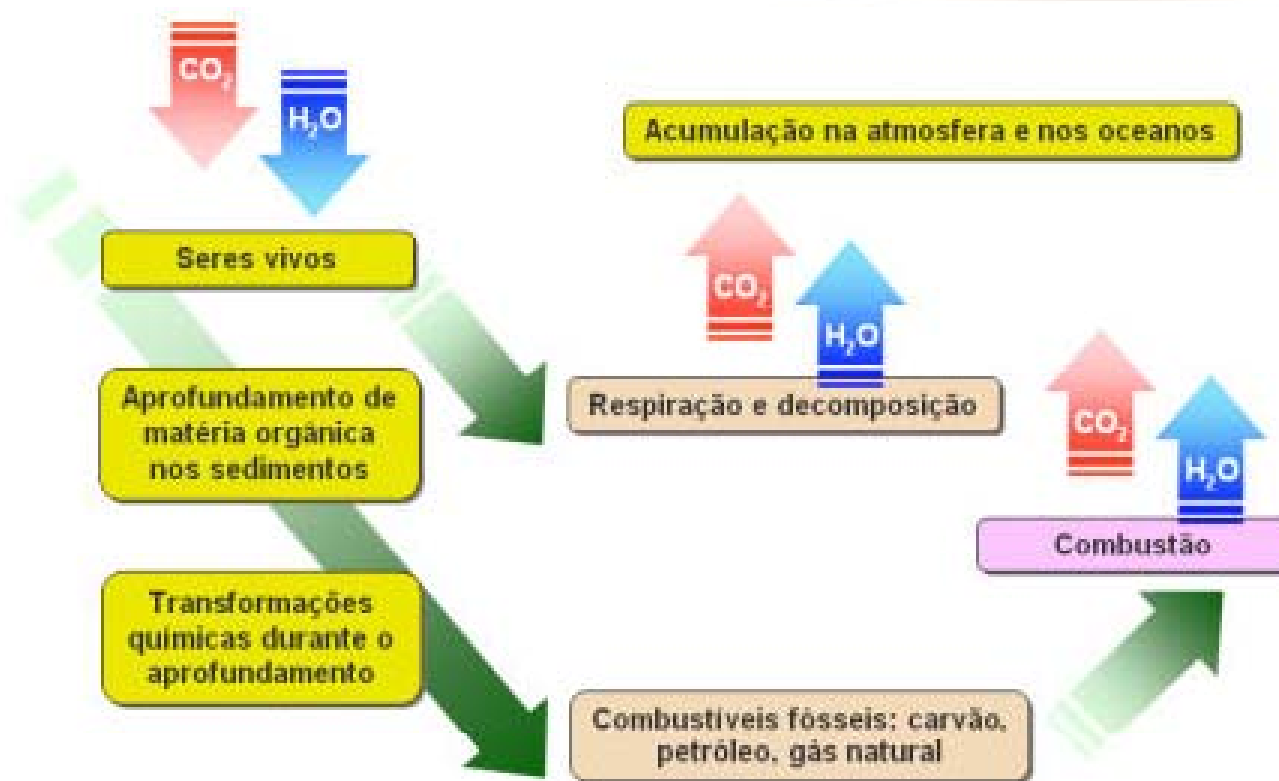


Calcário recifal



## ○ Carvões e petróleo

- Quando detritos orgânicos de seres fotossintéticos aprofundam de forma acelerada, ficam rapidamente isolados do ambiente oxidante, transformam-se de acordo com as condições e com a natureza dos detritos.



O petróleo, o carvão e o gás natural são designados combustíveis fósseis pois a sua combustão origina o  $CO_2$  e  $H_2O$  que foram transformados, armazenados e preservados durante milhões de anos.



## ○ Carvões

- Em alguns ambientes continentais propícios, geralmente pantanosos, a parte inferior dos musgos e de outras plantas herbáceas transforma-se, devido à acção de microrganismos anaeróbios, num produto carbonoso, rico em matérias voláteis, chamado turfa.



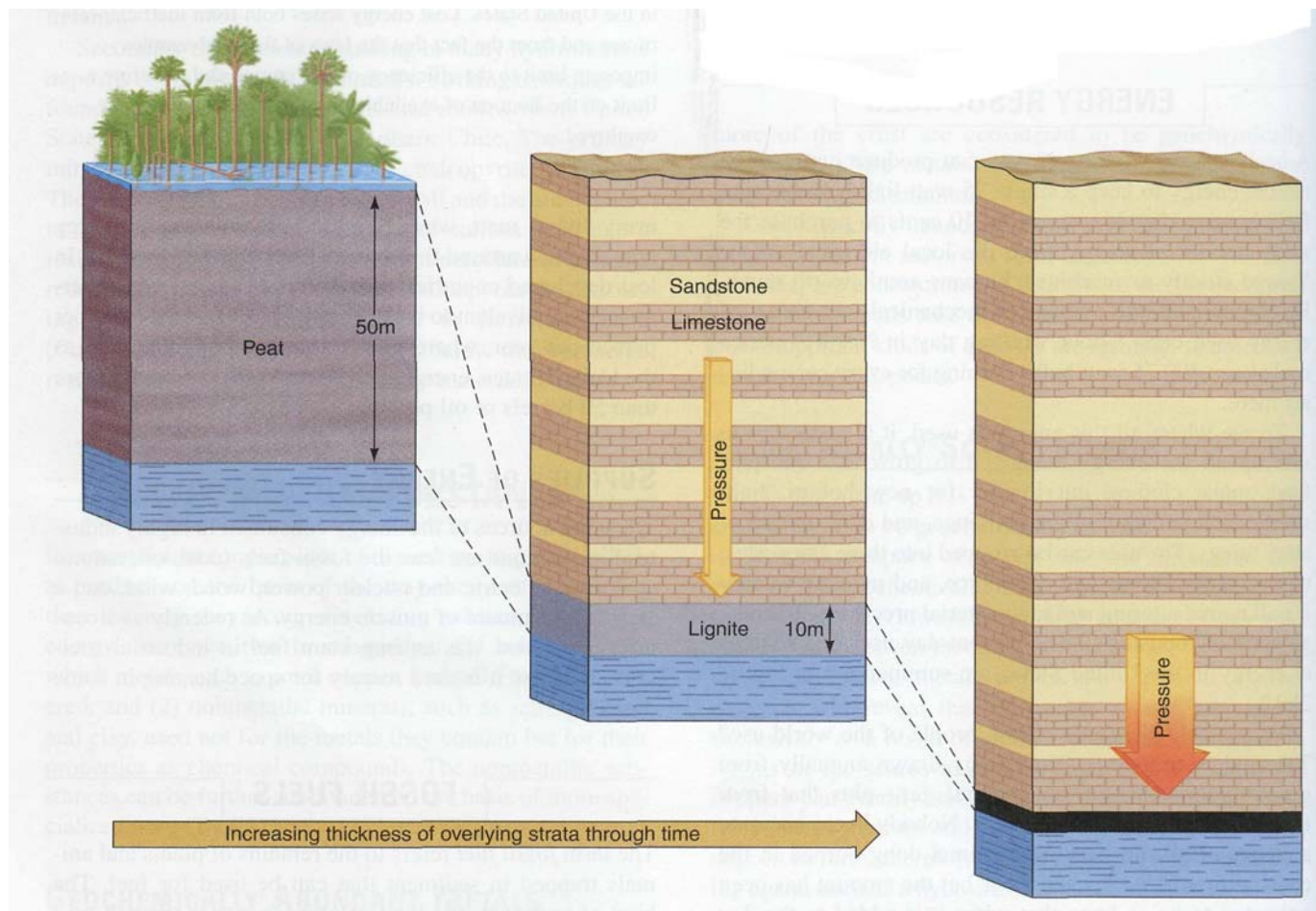


- Em bacias costeiras lagunares ou em bacias lacustres, os detritos vegetais são abundantes e aprofundam rapidamente, sendo recobertos por sedimentos terrígenos. A matéria orgânica acumulada, é rica em celulose e lenhina e evolui, por diagénese, para carvões denominados carvões húmicos.
- Durante o afundimento, sob acção de bactérias anaeróbias, os detritos vegetais são transformados, formando uma pasta, na qual ainda se reconhecem, melhor ou pior, restos vegetais, pasta essa que aglutina os detritos maiores.
- À medida que o afundimento prossegue, o aumento da pressão e da temperatura, associado à presença de substâncias tóxicas, resultantes do metabolismo das bactérias, provoca a morte das mesmas. Nestas novas condições há perda de água e de substâncias voláteis e um enriquecimento relativo em carbono. Este processo denomina-se incarbonização.





- Consoante o grau de evolução, formam-se assim diferentes carvões, tais como: lignite, em que a estrutura fibrosa dos vegetais ainda é visível, depois carvões betuminosos e, por fim, antracite.

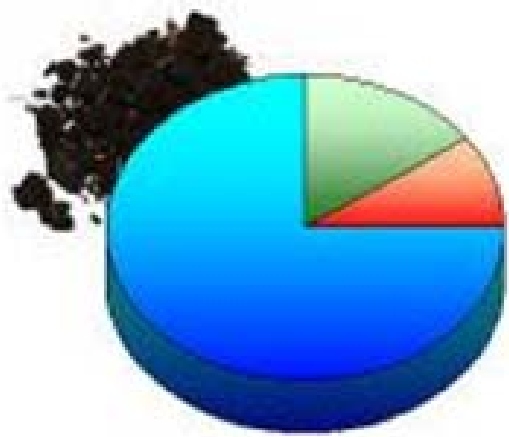


- Na caracterização dos carvões, além das propriedades químicas e físicas, como cor, brilho, densidade, dureza, é vulgar a determinação da relação entre a quantidade de substâncias voláteis e a de carbono total.

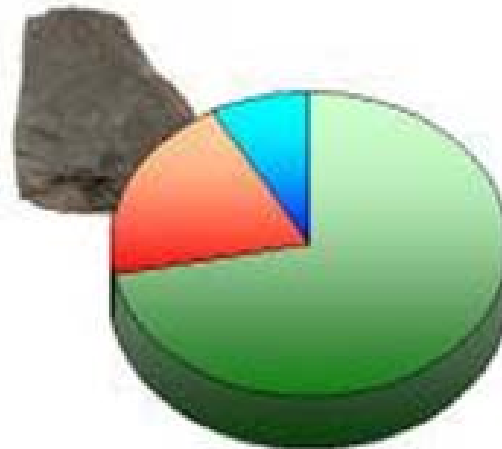
### Actividade 12 página 82 do manual

- A antracite é o carvão que tem maior percentagem de carbono, atingindo, por vezes, mais de 90% do seu peso total, enquanto a percentagem de voláteis não ultrapassa os 10%. Daí que, por combustão, não forme fumos e liberte maior quantidade de calor do que os outros carvões.
- O aumento do teor de carbono depende da idade (geralmente, quanto mais antigos são os carvões mais ricos são em carbono) e das condições de pressão e de temperatura a que estiveram sujeitos.

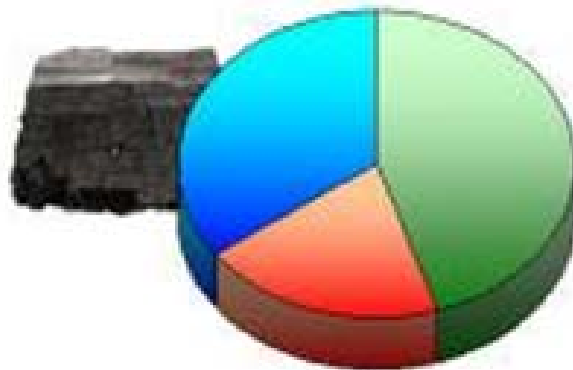




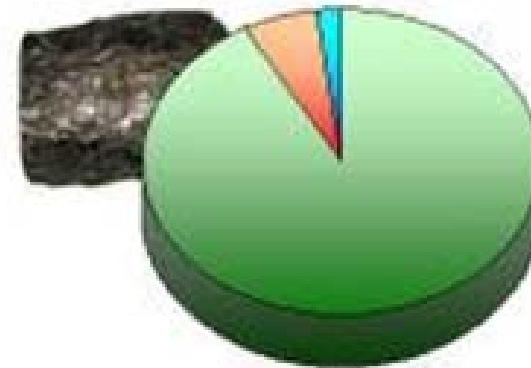
Turfa



Hulha



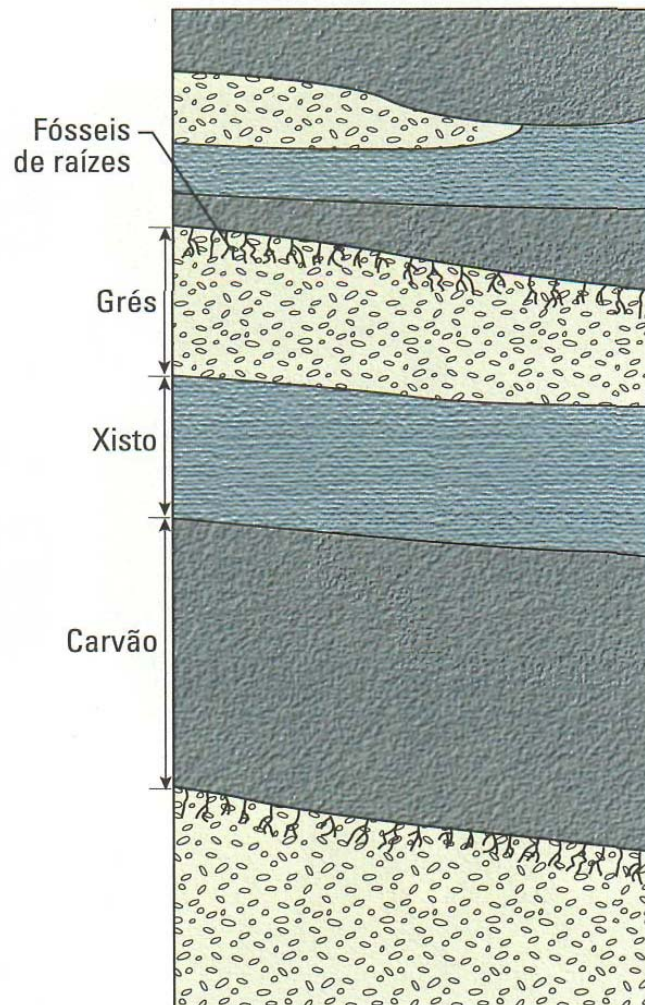
Lenhite



Antracite



- Num corte vertical de jazigos de carvão observam-se várias camadas de carvão alternadas com depósitos detríticos. A disposição em camadas sugere que os depósitos se repetem de uma maneira cíclica.



Se a subsidência for lenta vai haver maior deposição de sedimentos de natureza orgânica. Se a subsidência for muito rápida, diminui a vegetação e também a deposição de detritos orgânicos, mas pelo contrário, aumenta a deposição de detritos terrígenos, formando depósitos detríticos, primeiro grosseiros e depois sucessivamente mais finos.





## ○ Petróleo

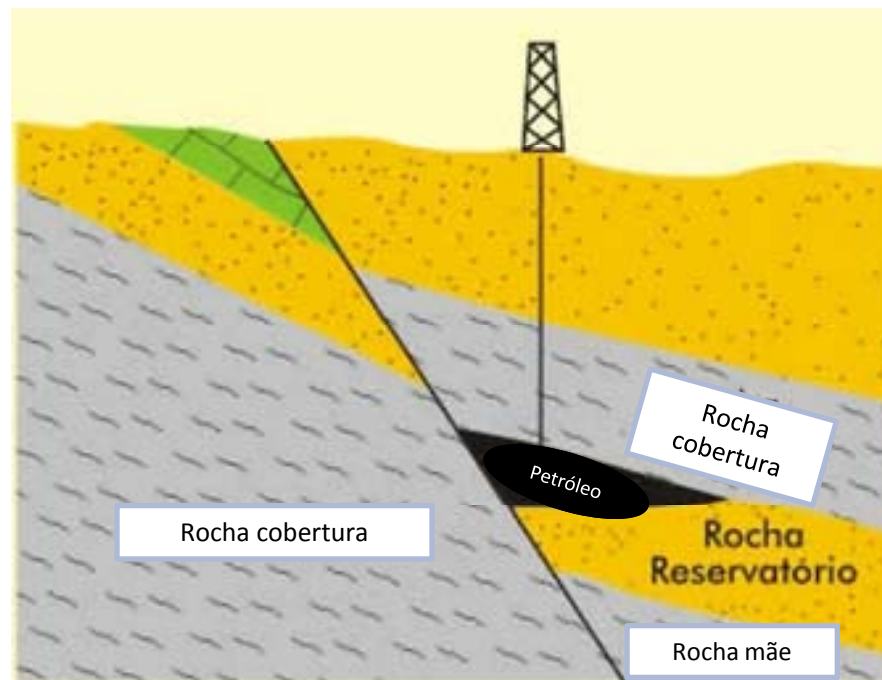
- Admite-se que o material que se transforma em petróleo é constituído, principalmente, por organismos de pequenas dimensões como por exemplo do plâncton rico em lípidos.
- A matéria orgânica acumulada em profundidade (2000 a 3000 m) quando sujeita a um ambiente anaeróbio e a determinadas temperaturas, é transformado em hidrocarbonetos líquidos que constituem o petróleo e em alguns hidrocarbonetos gasosos e sólidos.



**Plâncton**

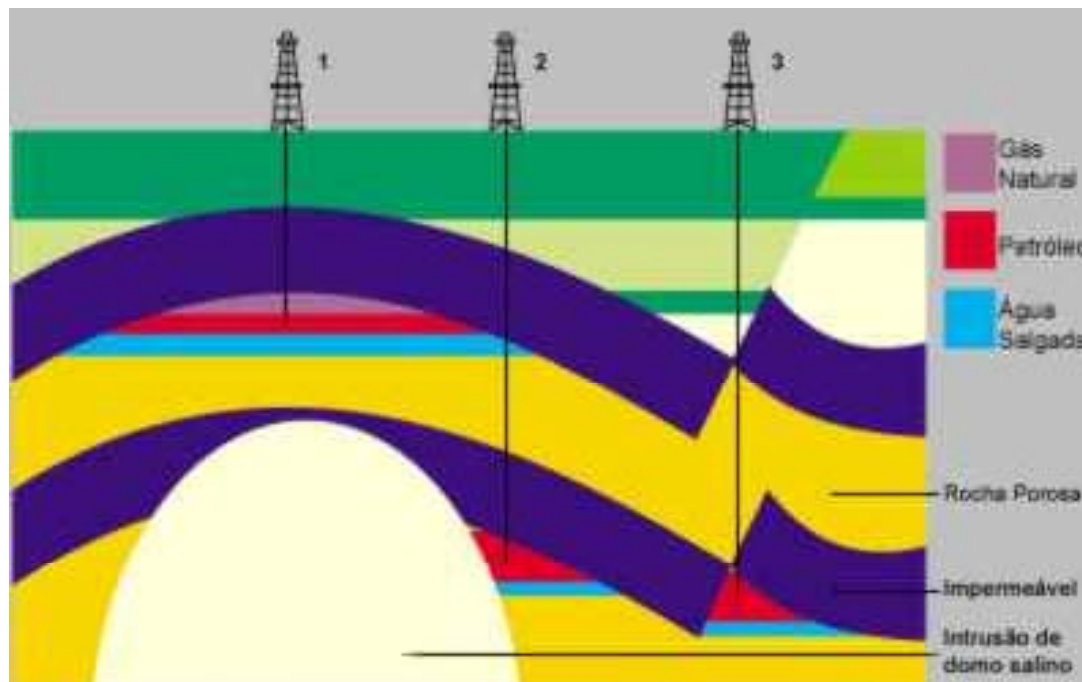


- A evolução dos materiais para petróleo pode durar milhões de anos e a rocha em que ela ocorre é designada por rocha-mãe.
- Os hidrocarbonetos líquidos pouco densos podem migrar da rocha-mãe para rochas porosas e permeáveis as quais vão constituir a rocha-armazém ou rocha-reservatório. Sobre esta rocha existem rochas impermeáveis (rochas-cobertura) que impedem a migração do petróleo até à superfície.
- A este conjunto formado pela rocha-armazém, rocha-cobertura e outras estruturas geológicas (falhas, dobras, domas salinos) chamamos armadilha petrolífera.





- Normalmente existe água salgada associada às jazidas petrolíferas. Esta água, que impregna camadas permeáveis, pode ser água remanescente daquela que ficou aprisionada nos sedimentos ou água resultante das infiltrações verificadas à superfície.
- A disposição da água, do petróleo e dos gases no jazigo corresponde à ordem das respectivas densidades: por baixo a água, depois o petróleo e finalmente o gás.



Após a extração do petróleo bruto, ele é transportado para refinarias, onde é aquecido e destilado. Assim, separam-se os diversos produtos constituintes que irão ter aplicações diversas.

