

ROCHAS METAMÓRFICAS

As rochas metamórficas são produtos especiais dos processos geológicos que actuam nos materiais sólidos da crosta e manto superior da Terra. Enquanto que os sedimentos são típicos da superfície, as rochas ígneas representam o manto e as zonas inferiores da crosta. A maioria das rochas metamórficas cartografadas pelos geólogos à superfície são rochas crustais. As rochas metamórficas com origem no manto apenas são visíveis em locais particulares em que uma intensa erosão é aliada a um forte índice de levantamento. O metamorfismo, o processo pelo qual rochas pré-existentes são alteradas pelo aumento de pressão (P) e temperatura (T), é controlado pelo gradiente geotérmico e pelo padrão de deformação que, em última análise, têm origem na tectónica de placas. Deste modo, a tarefa principal de um geólogo que estuda rochas metamórficas, consiste em inferir as condições de P e T que prevaleceram durante a formação de uma determinada rocha. Este facto pode ser interpretado pelas associações minerais presentes numa rocha e pela respectiva textura.

Com o objectivo de reconstruir os acontecimentos geológicos que conduziram ao metamorfismo, é preocupação constante o conhecimento da tipologia da rocha antes de ter estado sujeita a metamorfismo. O geólogo de rochas sedimentares detríticas utiliza os dados dos sedimentos para inferir sobre o local de origem e condições paleogeográficas. Quem estuda rochas ígneas, usa as associações minerais, composição química e conhecimento do percurso da cristalização magmática, para tentar descobrir a origem e composição do magma inicial e tentar perceber quais as rochas que deram origem a esse magma. O geólogo preocupado com rochas metamórficas tem de usar todos estes métodos. Por exemplo, em quartzitos (uma rocha metamórfica) são muitas vezes visíveis estruturas típicas das rochas sedimentares que lhes deram origem. A composição química de uma rocha metamórfica pode dar pistas sobre a composição da rocha original.

A análise da textura de rochas metamórficas, tais como foliações p.e., é uma ferramenta importante na interpretação das forças de deformação que produziram as rochas. Estudadas em conjugação com a composição e texturas de cristais individuais, as texturas das rochas podem fornecer informações sobre o tempo de deformação em relação ao tempo de cristalização.

1. FACTORES DE METAMORFISMO

Para que se processem os reajustamentos mineralógicos e estruturais através dos quais se gera uma dada rocha metamórfica, é necessária a intervenção de condições físicas propícias à formação de novos minerais e estruturas e impróprias para a persistência dos elementos da rocha primitiva. Esses factores externos são os chamados factores de metamorfismo: calor, pressão, fluídos e tempo. O estudo das paragénese minerais, textura e enquadramento geológico serve para inferir sobre a intensidade destes factores.

CALOR

Devido ao conhecimento que existe sobre a sistematização das rochas metamórficas podem deduzir-se as condições de temperatura e de pressão que condicionaram a génese de uma dada rocha metamórfica. A composição química dos vários minerais ajuda também ao estabelecimento de geotermómetros. O calor pode provir de uma intrusão magmática próxima. Neste caso, a temperatura atingida depende da temperatura de intrusão do magma, natureza do magma, velocidade de cristalização, volume e forma do corpo, etc. O calor pode também ter origem na transferência a partir de zonas profundas da Terra onde ocorrem fenómenos de decaimento radioactivo. A temperatura constitui um dos factores essenciais nos reajustamentos químicos e mineralógicos.

PRESSÃO

De acordo com as características da deformação, podem ser inferidas, qualitativamente, a intensidade da pressão a que foi sujeita a rocha durante o metamorfismo. Também a tipologia dos minerais presentes na rocha fornece indicações sobre os valores de pressão. Considerando que o metamorfismo ocorre em zonas profundas da crosta terrestre, ou pelo menos em zonas não superficiais, é fácil compreender que os reajustamentos de metamorfismo se processem sob a influência da pressão da carga das rochas suprajacentes. Este tipo de pressão, que tem o mesmo valor em toda a rocha, é denominada de pressão litostática (7500-9000atm aos 30Km de profundidade). Porém a frequente existência de anisotropia em rocha metamórfica, sugere que existam pressões dirigidas durante o metamorfismo. Do mesmo modo que a temperatura, a pressão litostática condiciona não só as reacções de reajustamento mineralógico, mas também os reordenamentos estruturais.

FLUÍDOS

O conhecimento da constituição dos fluidos influentes só será atingida quando, conhecida a composição química actual da rocha, for possível reconstituir a composição química primitiva e as condições de temperatura e pressão existentes durante o metamorfismo. Não é difícil compreender que um sedimento argiloso, formado em ambiente aquoso, conserve grande quantidade de água retida na estrutura dos minerais argilosos e nos poros. Obviamente à medida que prossegue a diagénese e passa ao metamorfismo, ocorre a expulsão da água. A importância dos fluidos como factor de metamorfismo torna-se evidente quando se considera que a fase fluída tem a capacidade de dissolver os componentes químicos dos minerais. São esses fluidos os carreadores de substâncias necessárias às reacções químicas, na medida em que, por seu intermédio, as fases sólidas recebem ou perdem os componentes que se transferem de uma fase para outra. Na ausência de fluidos, a velocidade das reacções é muito reduzida.

TEMPO

A determinação do tempo de metamorfismo apoia-se em métodos de datação radioactiva e em critérios estratigráficos. Neste sentido, a duração do metamorfismo não pode ultrapassar o período compreendido entre a idade da formação mais antiga que o sofre e a da formação mais recente que já o não sofre ou que contém mineis ou rochas com esse metamorfismo. A importância do tempo no metamorfismo manifesta-se bem na influência que tem sobre a obtenção de equilíbrio nas reacções químicas. Somente a longa duração do processo de reorganização mineralógica torna possível que as reacções químicas se verifiquem de modo a obter associações de fases em equilíbrio, o caso frequente das rochas metamórficas.

2. TIPOS DE METAMORFISMO

A predominância num determinado local de um dado factor de metamorfismo em detrimento de outro, origina vários tipos de metamorfismo, onde se destaca (figura 1):

Metamorfismo de contacto: definido nos casos em que a transformação da rocha ocorre na vizinhança do foco magmático. O tipo de fluídos e a temperatura são os factores que mais influenciam o tipo de rochas metamórficas geradas num processo metamórfico deste género. Consoante a distância à intrusão, verifica-se a existência de vários tipos de rochas metamórficas com mineralogia diversa, reflexo das diferenças térmicas verificadas durante o metamorfismo. Obviamente, quanto mais próximo do contacto com a intrusão, maior a temperatura atingida com a consequente cristalização de minerais típicos destas condições termodinâmicas.

Metamorfismo regional: caracterizado pela existência de rochas metamórficas que ocorrem num domínio não visivelmente condicionado por uma intrusão magmática individual. O metamorfismo regional ocorre como resultado da subsidência de grandes bacias sedimentares, onde numa grande área se verifica o afundamento de camadas de sedimentos e rochas sedimentares, para zonas com pressão e temperatura crescentes. A pressão constitui, neste caso, o factor determinante da tipologia mineralógica das respectivas rochas metamórficas resultantes.

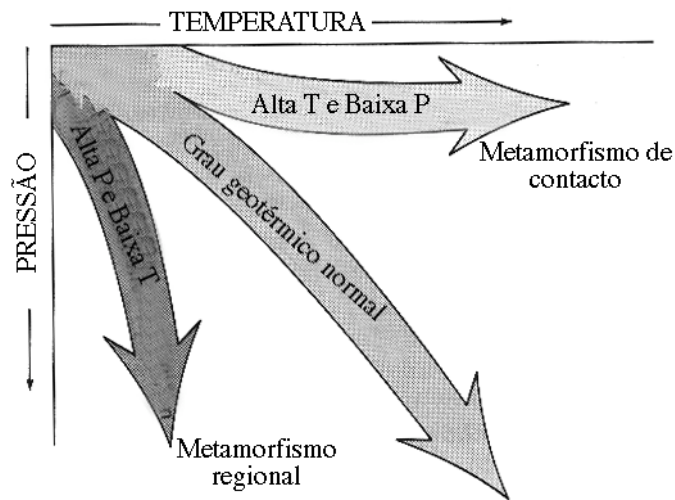


Figura 1 - Metamorfismo regional e de contacto e suas relações com a P e T

O conceito de **grau de metamorfismo** é essencial para a integração quer da importância da actuação dos vários factores de metamorfismo, quer no resultado deste processo. O grau de metamorfismo reflecte a intensidade de actuação deste processo: quanto mais intenso for o metamorfismo maior o respectivo grau. Habitualmente este é referido em termos qualitativos, i.e., baixo, médio ou elevado grau de metamorfismo.

3. REAJUSTAMENTOS NAS ROCHAS METAMÓRFICAS

A ocorrência de metamorfismo induz na rocha original uma série de transformações, onde se destacam reajustamentos estruturais e mineralógicos.

A. Reajustamento estrutural

O processo metamórfico aparece normalmente expresso nas rochas que o sofreram através da organização das suas estruturas. Esta reorganização implica a transformação ou destruição das estruturas da rocha primitiva e a geração de novas estruturas. A reorganização estrutural processa-se, frequentemente, por recristalizações. Deste modo, as rochas tendem a adquirir novas texturas (por vezes, anisotrópicas) que estão, muitas vezes, relacionadas com as transformações mineralógicas. As diversas estruturas que podem apresentar as rochas metamórficas resultam da intensidade das pressões a que foram sujeitas as rochas metamórficas, às características próprias de cada mineral e de cada rocha relativamente à resistência à deformação e à conjugação de factores de metamorfismo (p.e. pressões elevadas e temperatura).

B. Reajustamento mineralógico

Os reajustamentos mineralógicos sofridos pelas rochas metamórficas podem processar-se sem ganhos ou perdas de substâncias (isometamorfismo) ou verificando-se um reajustamento químico (metamorfismo com metassomatismo). Assim, quando uma dada intrusão magmática obriga as rochas encaixantes a recristalizarem, há um deslocamento de B, F, Cl, W, Mo do

reservatório magmático para aquelas rochas, possibilitando a formação de turmalina, fluorite, apatite, topázio, etc. O processo de adição ou perda de determinados elementos é especialmente notório em relação àqueles que nas condições de P e T de reajustamento originam compostos voláteis estáveis; por esta razão, CO₂ e H₂O são normalmente componentes móveis do sistema. Efectivamente, as reacções químicas metamórficas envolvem quase sempre adição ou perda de água, que tende a migrar para a superfície.

4. FÁCIES DE METAMORFISMO

O metamorfismo provoca a cristalização de minerais nas várias condições de P e T específicas para cada evento. Deste modo, existem associações mineralógicas típicas para estas várias condições, um pouco independentemente da tipologia da rocha original (figura 2). Este é o conceito de **fácies de metamorfismo**. Os minerais que assinalam um determinado grau de metamorfismo são denominados **minerais índice**. Assim, com um grau crescente verifica-se a ocorrência sucessiva de clorite, biotite, granada, estauroilite, distena e silimanite.

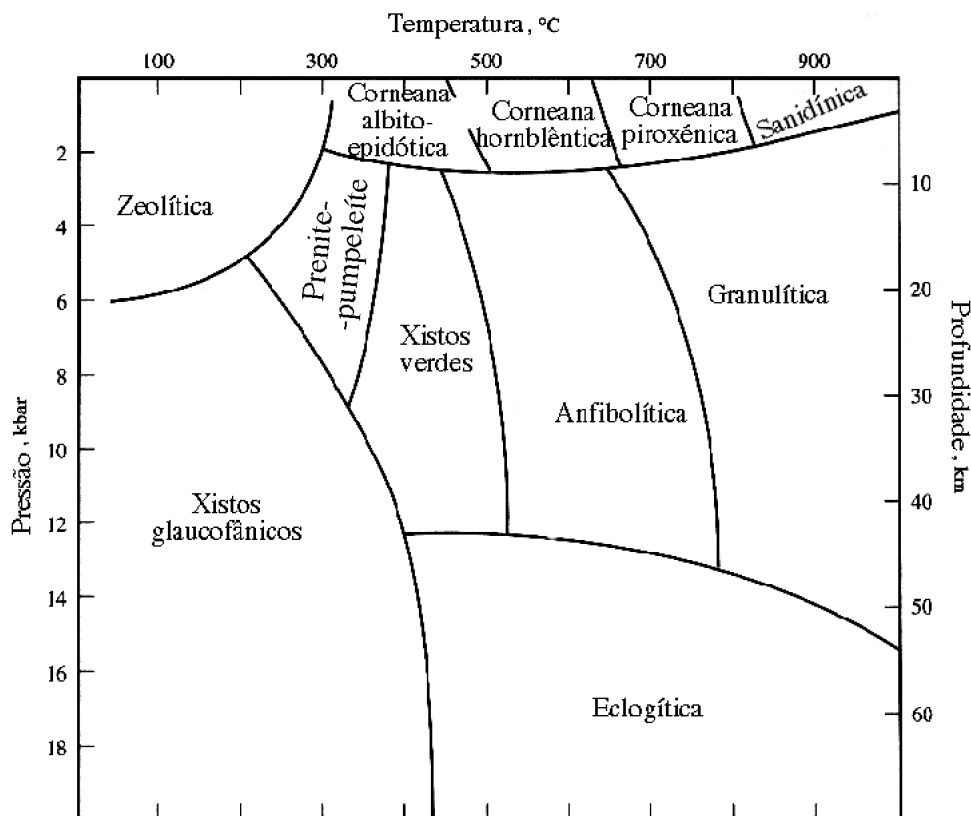


Figura 2 - Fácies de metamorfismo.

Na figura 3 está representado, esquematicamente, o resultado do processo de metamorfismo (baixo, médio e elevado grau de metamorfismo) para vários tipos de rochas. Verifica-se assim que, por exemplo, o metamorfismo de rochas carbonatadas dá origem a uma rocha metamórfica não foliada (mármore) e que o metamorfismo de um argilito, por sua vez, origina uma rocha foliada chamada micaxisto. Constata-se ainda que existem vários tipos diferentes de rochas que

dão origem ao mesmo tipo de rochas metamórficas. Por exemplo, um micaxisto pode ser o resultado do metamorfismo de um argilito, um arenito ou um granito.

Na figura 4 representa-se a composição mineralógica típica de vários tipos de rochas metamórficas mais comuns.

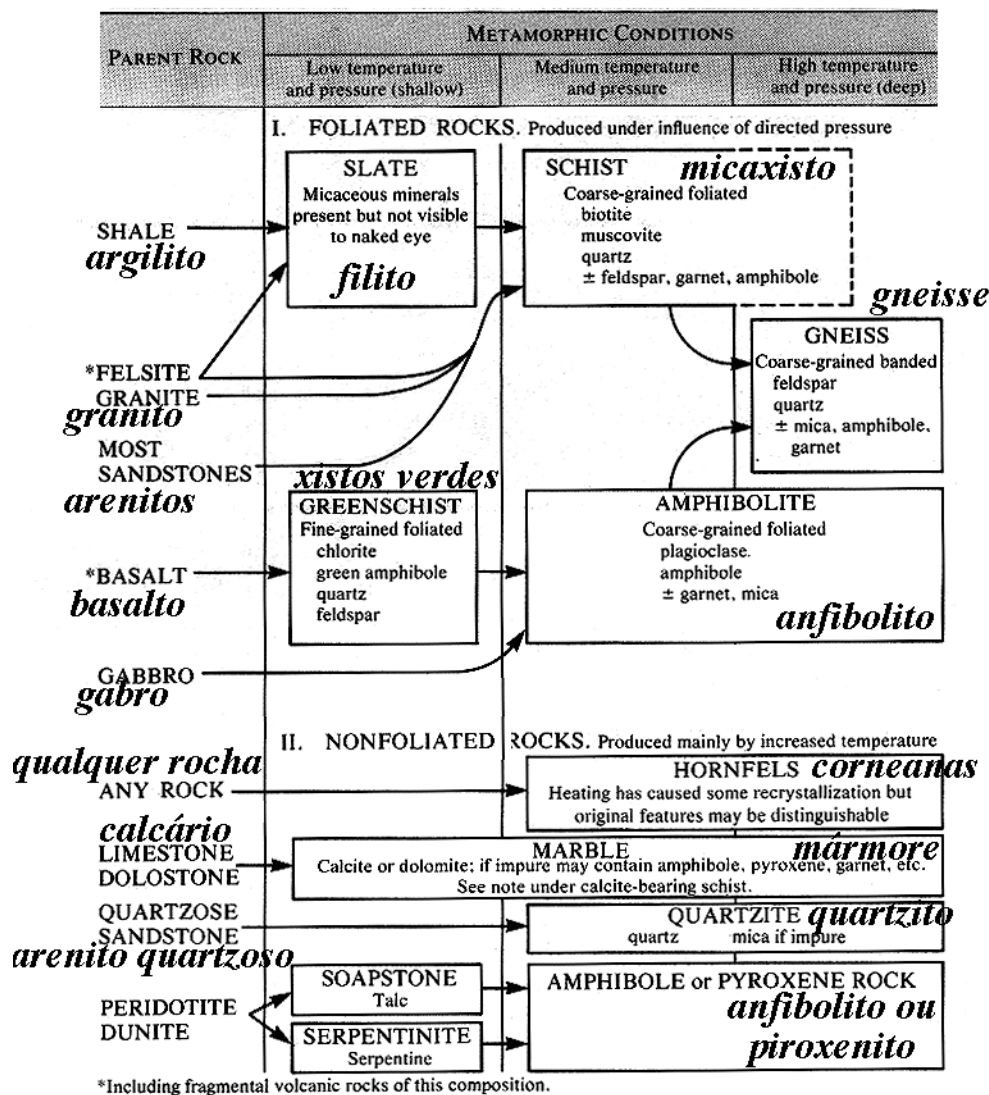


Figura 3 - Exemplos de metamorfismo de algumas rochas

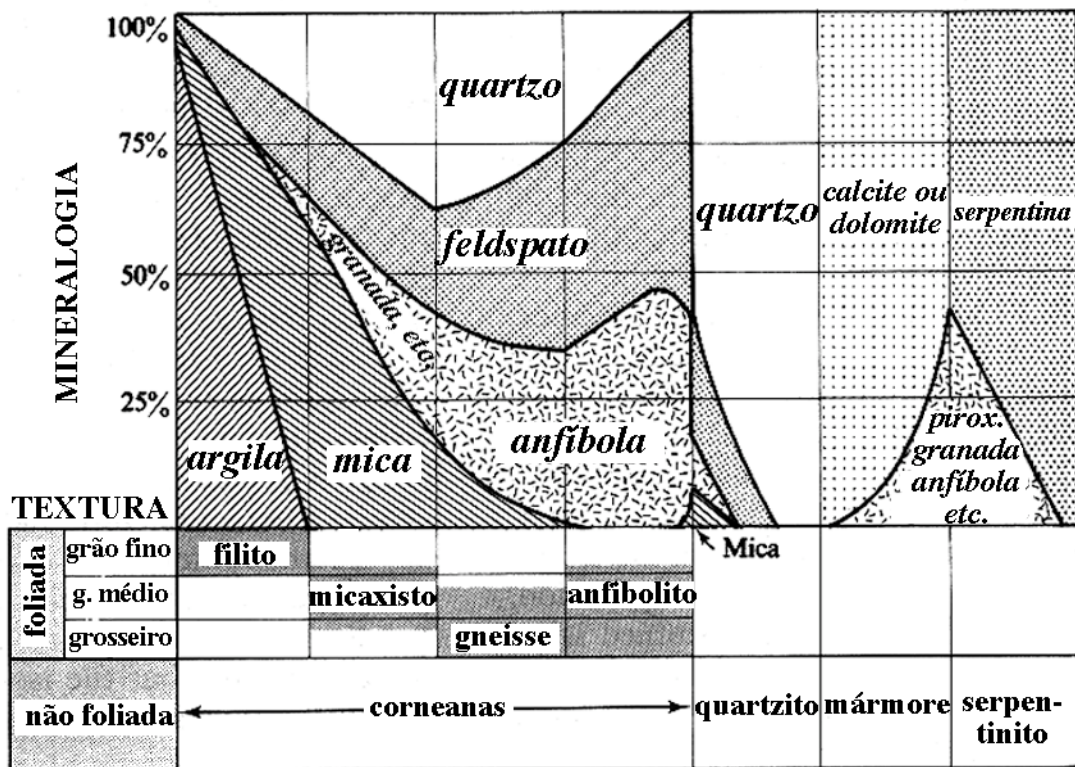


Figura 4 - Composição mineralógica típica para algumas rochas metamórficas mais representativas

Livros sugeridos:

- Ferreira, M.R. Portugal (1972) - Rochas metamórficas. Coimbra
 Burchfiel *et al.* (1982) - Physical Geology.
 Press F. & Siever R. (1986) - Earth

Páginas recomendadas da Internet:

<http://www.science.ubc.ca/~geol202/meta/metamorphic.html>