

GMG0332 Petrologia Metamórfica

Nomenclatura petrográfica, texturas e estruturas de rochas metamórficas

Rochas metamórficas: geradas a partir de rochas pré-existentes (**protólitos** ígneos, sedimentares ou mesmo metamórficos mais antigos = **polimetamorfismo**) por transformações mineralógicas, texturais, estruturais e composicionais (**metassomatismo**) em resposta a mudanças nas condições físico-químicas do seu ambiente (T , P_{lit} , P_{dir} , $P_{fluidos}$, a_{H_2O} , a_{SiO_2} , etc).

Portanto, suas feições metamórficas mesclam características herdadas dos **protólitos** com as adquiridas ao longo das transformações sofridas pela ação dos agentes de metamorfismo.

Conclusão: ampla variedade de feições, transicionais entre si, e conseqüente nomenclatura complexa.

Nomenclatura de rochas metamórficas: vários critérios

- **Nomes petrográficos:** baseados em **nomes-raiz** que definem a estrutura e/ou composição predominante na rocha. Ex: xisto, filito, gnaiss, anfibolito, mármore, etc.
- **Nome do protólito, com o prefixo "meta-":** quando as feições herdadas são reconhecíveis. Ex: metarenito, metagabro, metabasalto, metaconglomerado, etc.
- **Nome composicional:** para usar de maneira generalizante. Ex: metapelito, metabasito, metagrauvaca, rochas metacarbonáticas, rochas calciossilicáticas, etc.
- **Nomes "genéticos" e outros específicos:** migmatitos, granulitos, milonitos e cataclastos, xistos azuis, etc;

Metaconglomerado: seixos remanescentes em matriz de quartzito (Estrada Mariana-Ponte Nova, MG).
Notar granodecrescência.

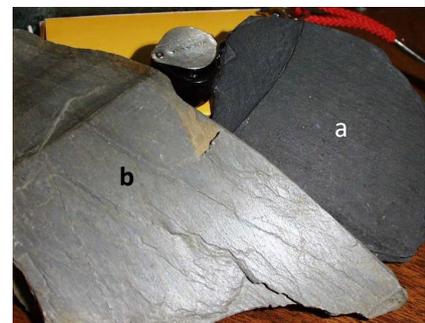


Nomes-raiz estruturais

- **Ardósia:** foliada (clivagem ardosiana), granulação extremamente fina (indistinta a olho nú), muscovita \pm clorita \pm quartzo, fosca ou com pouco brilho nos planos, estratificação (S_0) frequentemente preservada;
- **Filito:** foliado (xistosidade muito fina), muscovita \pm clorita \pm quartzo, brilho sedoso nos planos;
- **Xisto:** foliado, granulação fina a grossa, minerais placóides, prismáticos ou lenticulares (micas, talco, anfibólios, quartzo);
- **Gnaiss:** foliado (foliação gnáissica +/- bandamento), composição predominante quartzo-feldspática (> 20% feldspato);
- **Fels, granofels:** rocha maciça.

Ardósia (a) e filito (b)

notar aspecto "fosco" da ardósia (brilho acetinado) e brilho sedoso, prateado do filito.



(Winter 2001)

Granada micaxisto

(granada-biotita-quartzo-muscovita xisto porfiroblástico)

(Winter 2001)



Gnaise bandado

(biotita gnaise bandado)

(Winter 2001)



Hornblenda ortognaisse blasto-porfirítico e porfiroclástico. Folição gnáissica transicional para milonítica, ausência de bandamento.



Nomes-raiz compositionais

- **Anfibolito:** maciço ou foliado, Hbl + Pl predominantes (Hbl \geq Pl);
- **Xisto verde:** foliado, Act + Ep + Chl + Ab;
- **Quartzito:** maciço ou foliado, constituído predominantemente por quartzo – se intensamente foliado (Qtz lenticular) = quartzo xisto;
- **Mármore:** predominantemente minerais carbonáticos (calcítico, dolomítico);
- **Serpentinito:** minerais do grupo da serpentina (lizardita, antigorita, crisotila);
- **Rochas calciosilicáticas:** predominam minerais silicáticos ricos em Ca (diopsídio, tremolita, vesuvianita, escapolita, wollastonita, epidoto, grossulária, etc);

Anfibolito foliado (xistoso)



“Boudin” de anfibolito em migmatitos



Nomes especiais

- **Migmatitos**: rochas que sofreram anatexia (= fusão parcial – presença de **leucossoma**);
- **Granulitos**: apresentam paragêneses anídras de alta temperatura (Opx, Crd + Sill, Mu ausente);
- **Xistos azuis**: paragêneses de alta pressão e temperatura baixa, com anfibólios sódicos, epidoto, clorita;
- **Eclogitos**: rochas de alta pressão e alta temperatura, com onfacita (Na-Px) e piropo;
- **Escarnito**: rocha calciossilicática de metamorfismo de contato entre rochas carbonáticas e granito;
- **Hornfels** ou **cornubianito**: rocha maciça, muito fina, de brilho característico, de metamorfismo de contato

Nomes especiais

- **Cataclasitos e milonitos**: rochas geradas sob intensa deformação, em falhas e zonas de cisalhamento
 - **Cataclasitos**: predomina deformação rúptil, sem orientação (estrutura maciça) – cominuição predominantemente por moagem (= cataclase).
 - **Milonitos**: predomina deformação dúctil, com desenvolvimento de foliação milonítica; cominuição por recristalização dinâmica.
- Nomenclatura específica, baseada na estrutura (maciça x foliada) e na proporção porfiroclastos : matriz

Modificadores dos nomes-raiz

- **Composição mineralógica**:
 - > 5% - como **prefixos**, em ordem crescente em direção ao nome-raiz, hifenizados exceto o último;
 - < 5%, mas importantes para interpretação - como **sufixos**, antecidos da palavra “com”;
- Exemplo: **cianita-granada-quartzo-muscovita-biotita xisto porfiroblástico com estaurólita e rutilo**;
 Nome “simplificado”: **cianita-granada micaxisto com estaurólita**.
- **Textura**: porfiroblástica, porfiroclástica, ocelar, etc;
 - **Estrutura**: maciça, xistosa, bandada, milonítica, etc;

Cianita-granada-muscovita-quartzo-biotita xisto com estaurólita (Nova Resende, MG)



Gnaiss oftalmítico ou ocelar (*augen gnaiss*)



Granulito bandado

notar OPX nas bandas félsicas



Estruturas

Relações entre as diferentes porções das rochas, em escala megascópica (afloramento), mesoscópica (amostra de mão) ou microscópica (lâmina).

Foliadas x não foliadas (= maciças)

- Tipos de foliação:**
- Clivagem ardósiana;
 - Xistosidade;
 - Foliação gnáissica;
 - Foliação milonítica

Bandamento: alternância de leitos de composição, cor, textura ou granulação variada

Estrutura maciça

mármore dolomítico (Gr. Itaiacoca, PR)



Mármore maciço, granoblástico



Quartzito granoblástico muito fino (sacaróide) – estrutura maciça



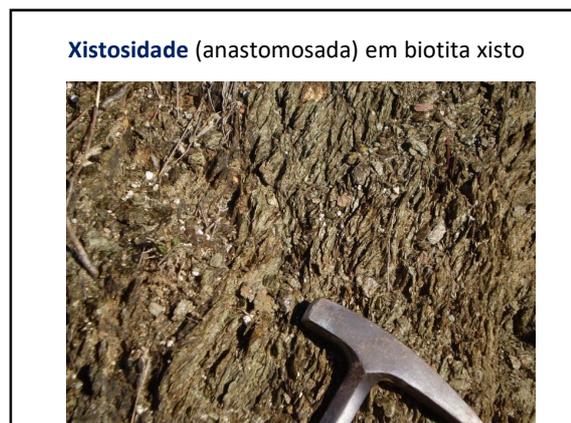
Estrutura maciça: rocha calciossilicática (diopsidito)



Clivagem ardósiana

(neste caso, S_1) em afloramento:
notar relação com o acamamento remanescente (S_0 - vertical)





Bandamento

Alternância de porções planares, contínuas ou descontínuas, com variação de cor, textura e/ou composição mineralógica.

Rochas com bandamento planar delgado (≤ 2 mm) podem ser chamadas de **laminadas**.

Origem: acamamento sedimentar modificado, segregação metamórfica, transposição de estruturas pretéritas (e.g. *pillow-lavas* e material *inter-pillow*, diques máficos em granitos ou outras rochas, etc).



Bandamento dobrado

em rocha calciossilicática (Castro Alves, BA)



• **Rochas cataclásticas e miloníticas**

Terminologia própria. Critérios: coesão, existência de foliação (ou não), relação **porfiroclastos – matriz** (**protocataclasito - cataclasito – ultracataclasito, protomilonito – milonito – ultramilonito**).

• **Rochas migmatíticas**

Rochas “mistas”, parte com feições metamórficas, parte fundidas: feições estruturais próprias – relações entre **leucossoma, mesossoma e melanossoma, ou neossoma e paleossoma** (Mehnert 1968)

Ou ainda: **diatexitos x metatexitos** (e.g.Sawyer 2008)

Cataclasito: maciço, anguloso

(Castro Alves, BA)

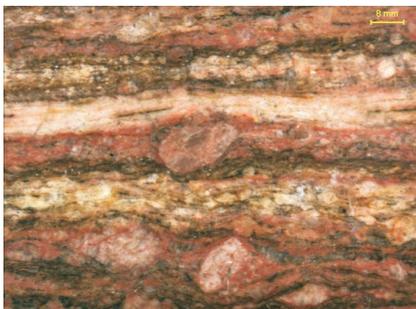


Milonito: foliado

(Castro Alves, BA)



Textura porfiroclástica (feldspato) em granito milonítico. Notar sigmóides indicadores de movimento (topo para a direita).



Milonito de granito. Notar porfiroclastos de feldspato e quartzo fitado (*ribbon*)

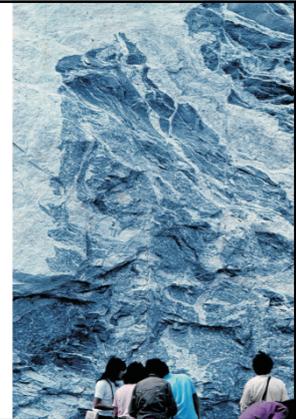


Milonito de tonalito, com quartzo fitado (*ribbon*) e porfiroclastos de plagioclásio (Alpinópolis, MG).



Migmatito

rochas de alto grau com fusão parcial (anatexia) - feições mistas metamórficas e ígneas



Migmatito : hornblenda metatexitico (notar franjas de melanossoma entre mesossoma e leucossoma).



Migmatito surreítico (não é surrealítico!)



Migmatito dobrado



Migmatito estromático

(Córrego Ubá, Acaiaca, MG)



Migmatito estromático

(Jacuí, MG)



Migmatito *schollen*

(região de Três Pontas, MG)



**Migmatito =
metatexito,
bandado e dobrado**
(Nazareno, MG)



Textura

Refere-se às relações entre os minerais constituintes

- Granulação **relativa** e **absoluta** (fina, média, grossa)
- Hábito e orientação
- Relações espaciais entre os minerais
- Bordas e relações de contato
- Feições internas dos grãos (inclusões, zoneamento, etc)

Palavra mágica: - **blast** (como sufixo – de **blastese**, nucleação e crescimento no estado sólido)

Granulação

- **Relativa**
 - equigranular
 - inequigranular
 - seriada,
 - porfiroblástica
 - porfiroclástica
- **Absoluta**
 - < 0,01 mm – extremamente fina (indistinta, “afanítica”)
 - 0,01 a 0,1 mm – muito fina
 - 0,1 a 1,0 mm – fina
 - 1,0 a 4,0 mm – média
 - > 4,0 mm – grossa

Texturas (1)

Texturas formadas por grãos **sem** orientação preferencial:

- **Granoblástica** (1): minerais granulares, arranjo isotrópico;
- **Decussada**: minerais prismáticos em arranjo aleatório;
- **Fibro-radiada**: minerais fibrosos a aciculares em arranjo em leque ou roseta;
- **Porfiroblástica**: minerais uma ordem de grandeza maiores que os demais ao redor (matriz, que pode ser com ou sem orientação preferencial)

Texturas (2)

Texturas formadas por grãos **com** orientação preferencial:

- **Granoblástica** (2): minerais granulares deformados (lenticulares, fusiformes), arranjo anisotrópico;
- **Lepidoblástica**: minerais planares orientados (micas, clorita, talco, etc);
- **Nematoblástica**: minerais prismáticos ou aciculares (piroxênios, anfibólios) ou tabulares (cianita) orientados;

Texturas (3)

Hábito cristalino | - Idiomórfico ou idioblástico
 - Subidiomórfico ou subidioblástico
 - Xenomórfico ou xenoblástico

Feições internas | - Poiquiblastico: muitas inclusões
 - Helicítico: inclusões em espiral
 - Zoneamento: normal, inverso
 - Extinção ondulante, por setor, etc;

Contatos | - Polygonizado
 - Lobado
 - Suturado
 - Amebóide, etc;

Contatos entre grãos (Spry, 1969)

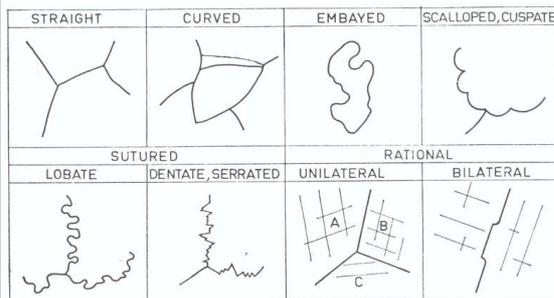


FIG. 1. Grain boundary shapes Spry, 1969

Contatos entre os grãos

– Contatos retilíneos com de ângulos $\sim 120^\circ$ entre os grãos – implica equilíbrio textural (**textura granoblástica polygonizada**);

– Contatos curvos, serrilhados, lobado ou com golfos, com ângulos diversos entre os grãos – implicam alta densidade de contatos, deformação e desequilíbrio textural;

Feições herdadas

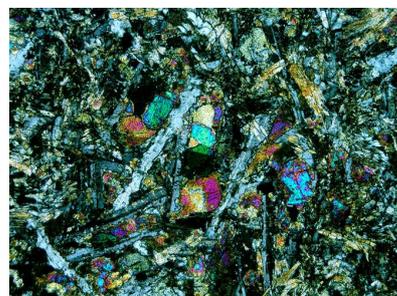
“**Blasto-**” como prefixo: blastoporfiritico, blastofítico, blastopsefítico, blastomilonítico, etc.

Texturas ou minerais herdados do protolito: relíquias, remanescentes, **pseudomorfos**, etc;

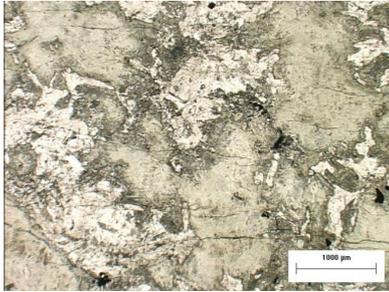
Derivação do protolito: prefixos “**orto-**” e “**para-**”

- **Orto-** = protolito ígneo. Ex: ortognaisse, ortoanfibolito;
- **Para-** = protolito sedimentar. Ex: paragnaisse, paranfibolito (= metamarga)

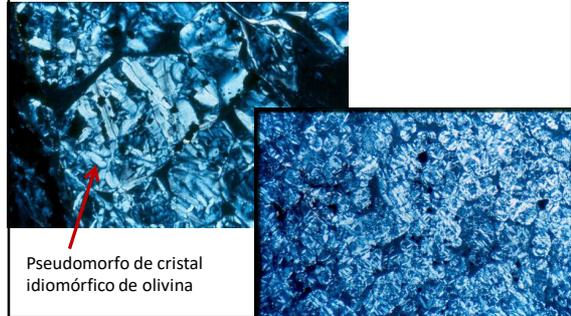
Textura blasto-intergranular: plagioclásio ripiforme ígneo remanescente em matriz de Act, Ep e Chl (**metabasalto**)



Textura blasto-subofítica: Pl ripiforme remanescente semi-incluído em Hbl pseudomórfica de Cpx ígneo (metagabro - Alpinópolis, MG)

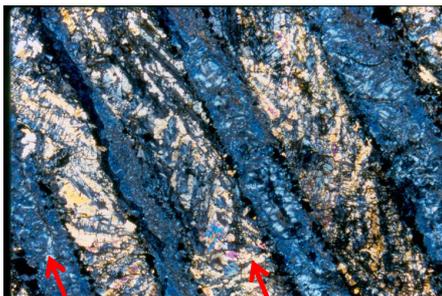


Textura pseudomórfica: serpentinito com pseudomorfos de olivina cumulática = **textura blastocumulática**



Pseudomorfo de cristal idiomórfico de olivina

Textura pseudomórfica: textura *spinifex* serpentinizada em komatito (Crixás, GO)



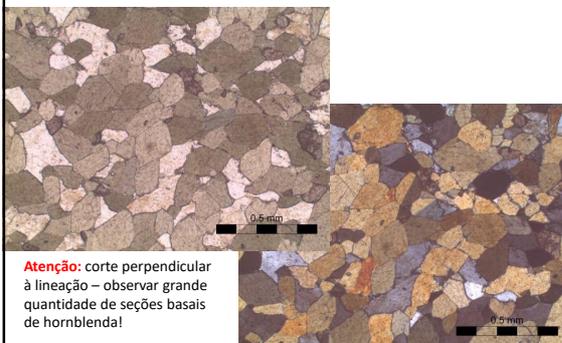
Olivina = Serpentina + Mt

Cpx + matriz = Trem + Chl

Textura granoblástica poligonizada em mármore dolomítico (Grupo Itaiacoca, PR)

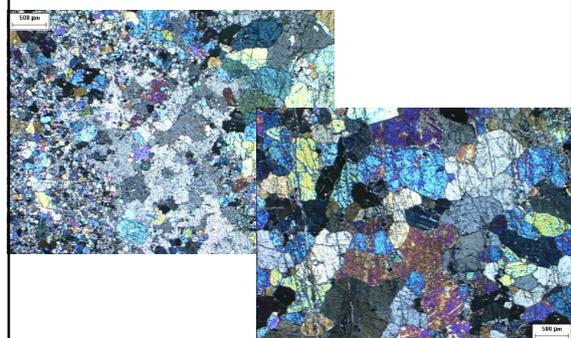


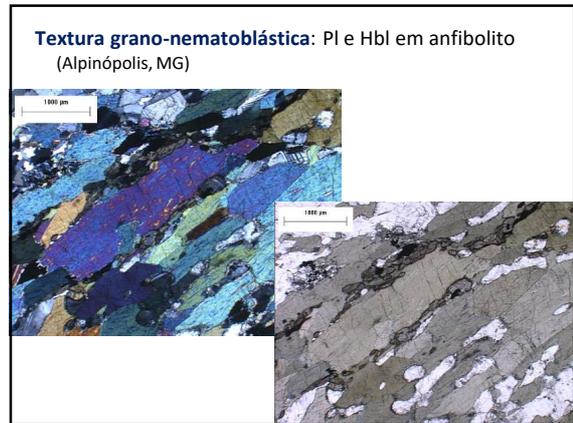
Textura poligonizada em anfibolito (Alpinópolis, MG).



Atenção: corte perpendicular à lineação – observar grande quantidade de seções basais de hornblenda!

Textura granoblástica inequigranular seriada, lobada a poligonizada (lente calciossilicática em mármore dolomítico – Gr. Itaiacoca, PR)





Porfiroblastos radiados de cianita em Ky-Bt-Mu-Qz xisto (Lapônia)



Porfiroblastos idioblásticos de granada em granada-muscovita-clorita xisto (matriz lepidoblástica)



Textura porfiroblástica: porfiroblastos de granada (vinho) e cianita (azul) em quartzo-biotita-muscovita xisto (**matriz grano-lepidoblástica fina**)



Textura porfiroblástica: porfiroblastos idioblásticos de estaurólita em micaxisto (**matriz lepidoblástica fina**)



Descrição petrográfica macro- e microscópica: “cola”

- Côr da amostra:** distinguir cores da rocha fresca de cores da alteração intempérica; usar termos estabelecidos, de fácil compreensão (evitar “verde-castanho de abacate maduro perto do caroço”, “rosa-choque do cabelo de minha namorada”), etc
- Estrutura:** **maciça** x **foliada** (especificar: **xistosidade**, **foliação gnáissica**, **foliação milonítica**, **clivagem ardosiária**, etc)
- Composição mineralógica:** listar em **ordem decrescente** de abundância; discriminar minerais **essenciais** e **acessórios**
- Textura:** granulação absoluta e relativa, arranjo espacial dos minerais. Ao microscópio: relações de contato, feições internas (zoneamento, geminação, inclusões), sequência de blastese x deformação
- Nome:** nomes-raiz com os modificadores adequados (completo, mas sem exageros!)

Estruturas e Texturas

Estruturas	Variedades	Texturas mais comuns possíveis
Maciça	(se é maciça, é maciça!)	Granoblástica
		Porfiroblástica (especificar matriz) Decussada, Fibro-radiada
Foliada	Clivagem ardosiária	Lepidoblástica
	Xistosidade (fina, média, grossa)	Nematoblástica
	Foliação gnáissica	Granoblástica
	Foliação milonítica (termos específicos)	Grano-nematoblástica Grano-lepidoblástica Porfiroblástica (especificar matriz) Porfiroclástica (foliação milonítica)
Bandada	Especificar cada banda (cada banda = uma rocha!)	Especificar cada banda

Granulação Relativa

Equigranular	(Especificar granulação)	
Inequigranular	Seriada (especificar intervalo)	
	Bimodal (especificar matriz e tamanho dos megacrístais)	Porfiroblástica Porfiroclástica

Granulação Absoluta

Tamanho:	Designação:
< 0,01 mm	Extremamente fina, indistinta, "afanítica" (mesmo com lupa de bolso)
0,01 – 0,1	Muito fina (alguns minerais reconhecidos com lupa de 10X ou 20X)
0,1 – 1,0	Fina (minerais reconhecidos com lupa de bolso)
1,0 – 4,0 (ou 5,0)	Média (minerais reconhecidos a olho nu, detalhes com lupa)
> 4,0 (ou 5,0)	Grossa a muito grossa (minerais "furam os olhos"!)

Nomenclatura: nomes-raiz

Estruturais	Composicionais	Específicos
Ardósia	Quartzito	Milonito
Filito	Mármore	Cataclasito
Xisto (micaxisto, anfibólio xisto, etc)	Anfibolito	Granulito
Gnaise	Serpentinito	Migmatito
Fels, granofels	Esteatito	Hornfels

Nomes baseados nos protólitos: prefixo "meta-"

Metabasalto, metaconglomerado, metarenito, metassilito, metagrauvaca, metandesito, etc.

Nomes composicionais (generalizantes):

Metapelitos, rochas metabásicas, metaultramafitos, rochas calciossilicáticas e metacarbonáticas, etc.

Bibliografia

- Bucher, K.; Frey, M. - 2002 - Petrogenesis of Metamorphic Rocks – 7th Edition. Springer Verlag. 341p. Cap.2 – 1ª metade.
- Bucher, K.; Grapes, R. - 2011 - Petrogenesis of Metamorphic Rocks – 8th Edition. Springer Verlag. 428p. Cap. 2 – 1ª metade.
- Fettes, D.; Desmons, J. (Eds.) - 2007 - Metamorphic Rocks: a Classification and Glossary of Terms. IUGS / Cambridge University Press. 244p. **Complicado!**
- Spry, A. - 1969 - Metamorphic Textures. Pergamon Press. 350p. O livro inteiro – um clássico!
- Yardley, B.W.D. - 2004 - Introdução à Petrologia Metamórfica – 2ª Edição. Editora UnB – 434p. Cap.1 – 2ª metade.

a