

Mapeamento Geológico

Parte 1:

Mecanismos de deformação em escala de grãos em rochas de zonas de cisalhamento

Parte 2:

Metamorfismo de metapelitos ricos em Al_2O_3

Parte 1:

Mecanismos de deformação em escala de grãos em rochas de zonas de cisalhamento

Zonas de cisalhamento: identificação

Os critérios para identificação de zonas de cisalhamento compreendem três categorias amplas:

- 1) Efeitos em unidades geológicas ou estratigráficas.
- 2) Efeitos em feições fisiográficas.
- 3) Feições intrínsecas às falhas.

Falhas: identificação

1) Efeitos de falhamento nas unidades geológicas ou estratigráficas:

As falhas podem ser reconhecidas pela identificação de deslocamentos em estruturas-guia (camadas, diques, sills, etc)

Falha direcional sinistral



Falhas: deslocamento de estruturas-guia



Falhas: deslocamento de estruturas-guia



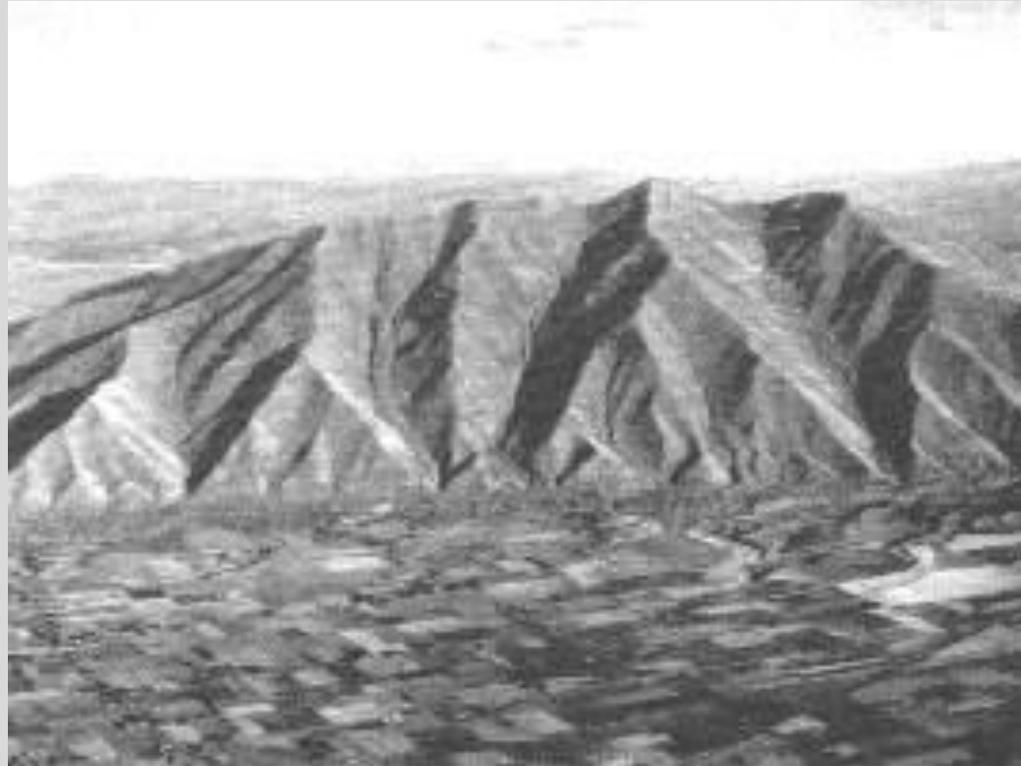
Falhas: deslocamento de estruturas-guia



2) Efeitos na topografia

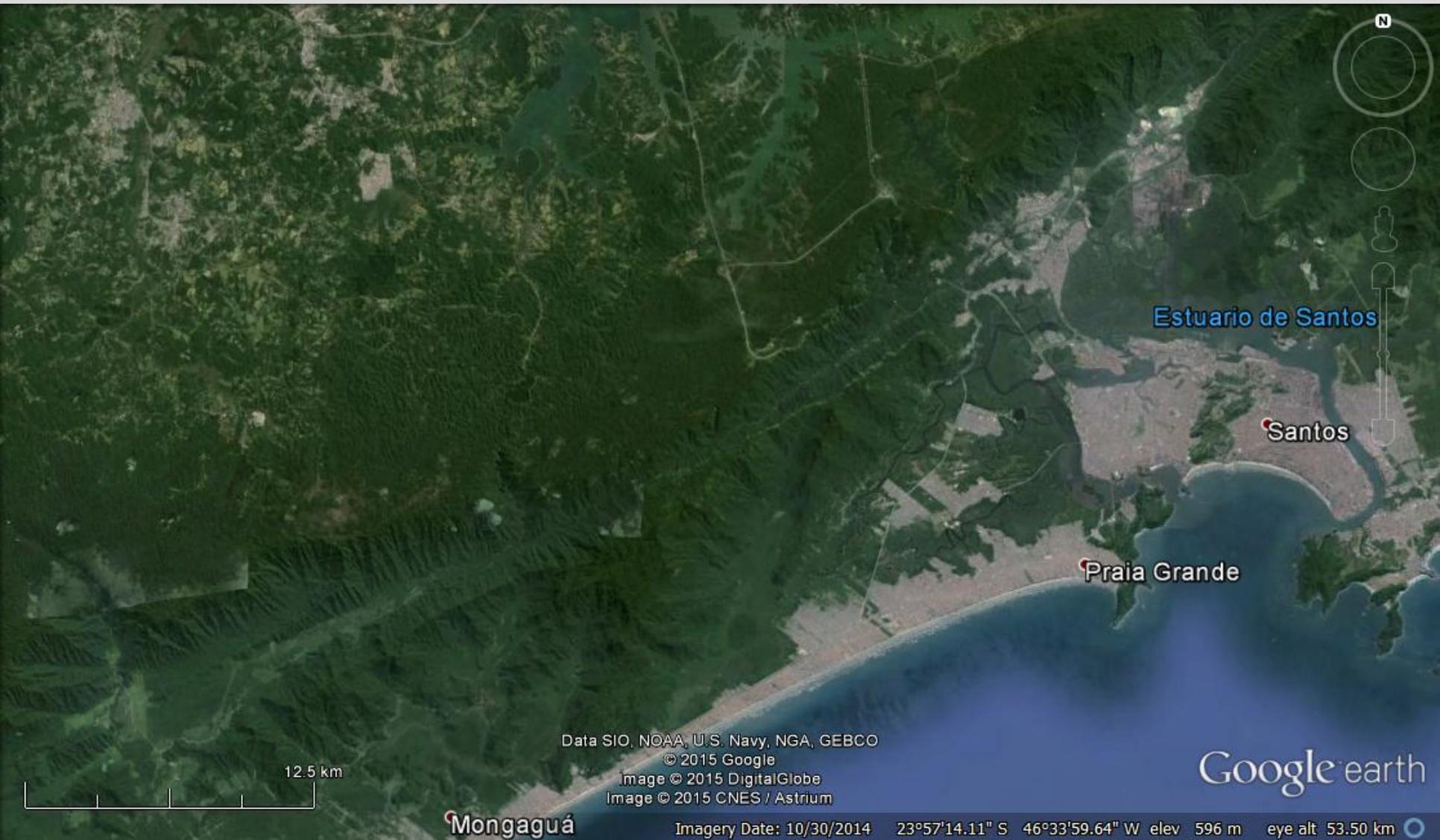


Falhas: efeitos na topografia



<http://www.slackpacker.com/faultedstructures.html>

Falhas: efeitos na topografia



Falhas: efeitos na topografia



Falhas: identificação

3) Feições intrínsecas às falhas:

As falhas podem ser reconhecidas pelas microestruturas e estruturas desenvolvidas nas rochas como resultado de cisalhamento.

Essas microestruturas e estruturas dependem da taxa de cisalhamento, bem como das condições físicas em que o falhamento ocorreu.

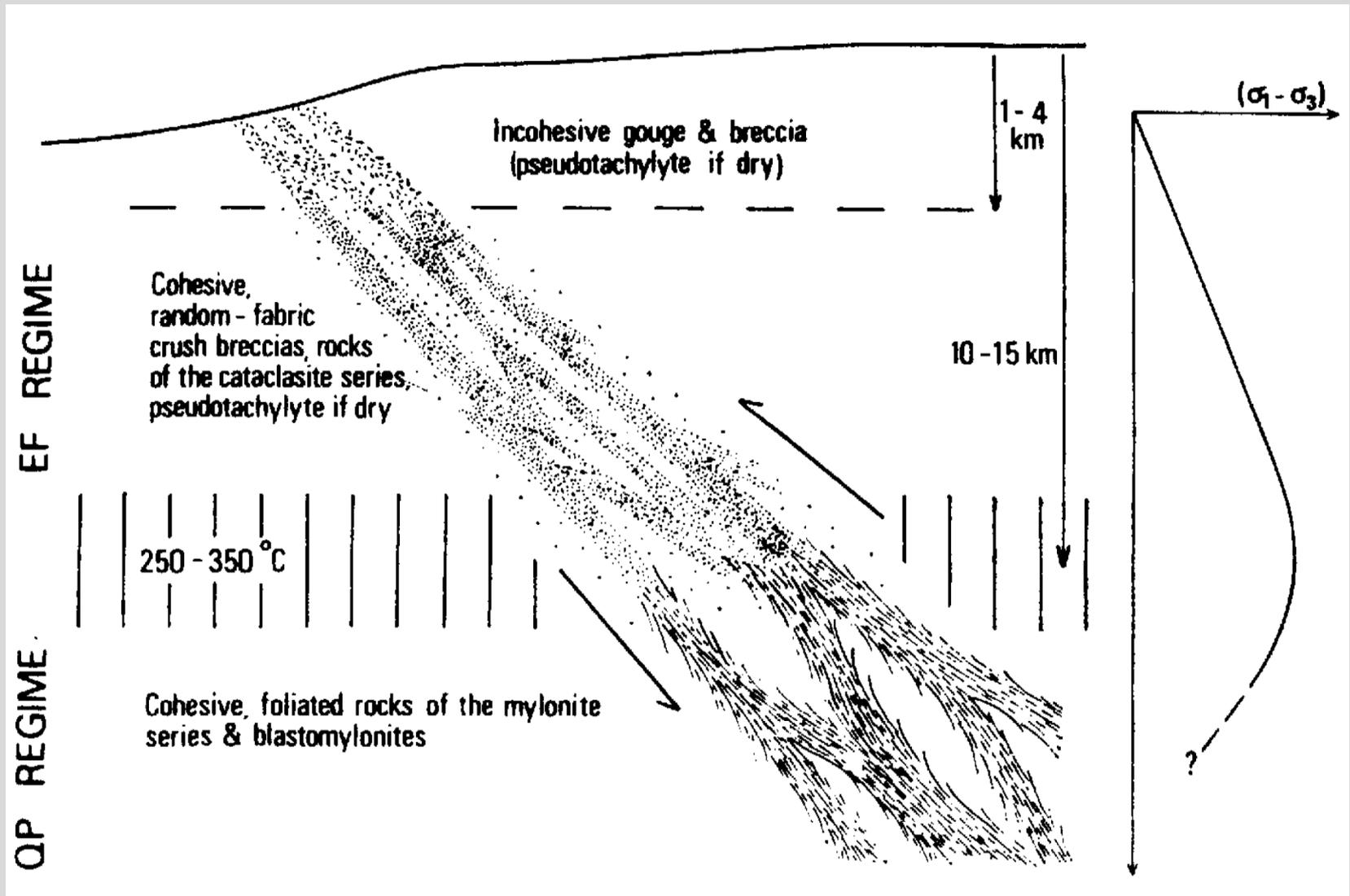
Zona de cisalhamento dúctil



Segundo Sibson (1977):

- Zona "elástico-friccional" - acima da transição para fácies xisto verde ($\sim 250-300\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{lit}} = P_{\text{H}_2\text{O}}$) - minerais tem comportamento elástico, não são capazes de se deformar plasticamente e absorver as tensões: deformação "friccional" (rúptil, cataclase); são geradas brechas e cataclasitos;
- Zona "quase-plástica" - a temperaturas maiores, os minerais (especialmente quartzo) se deformam plasticamente, dissipando as tensões; são gerados os milonitos.

Modelo conceitual de zonas de cisalhamento (Sibson, 1977)



Processos deformacionais em falhas e zonas de cisalhamento: condicionados por vários fatores

- Intrínsecos à rocha: composição mineralógica (litotipos), presença ou não e composição de fluido intergranular, granulação (absoluta, relativa), orientação dos minerais segundo retículo cristalino, porosidade e permeabilidade, texturas e estruturas pré-existentes;
- Externos: temperatura, gradiente geotérmico, pressão litostática, esforço diferencial, pressão de fluidos, taxa de deformação, orientação do campo de tensões.

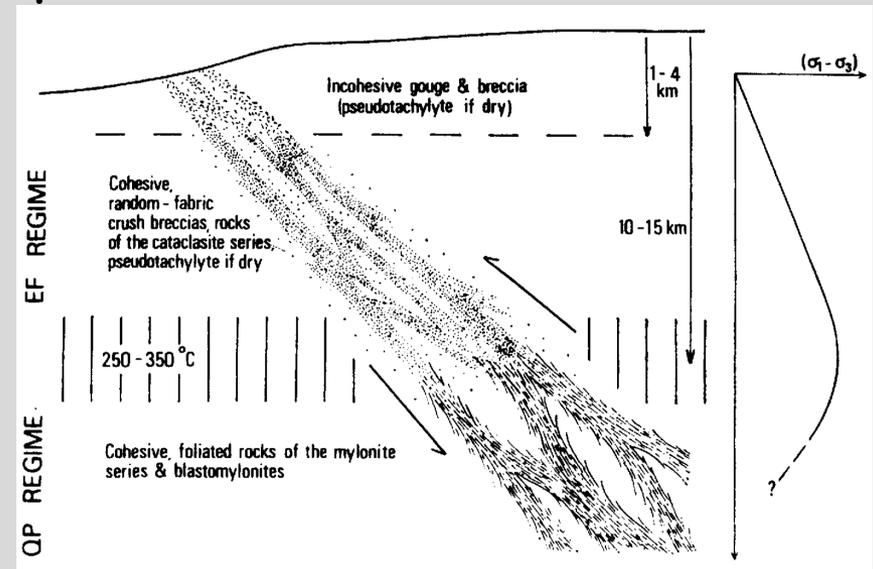
Falhas: identificação



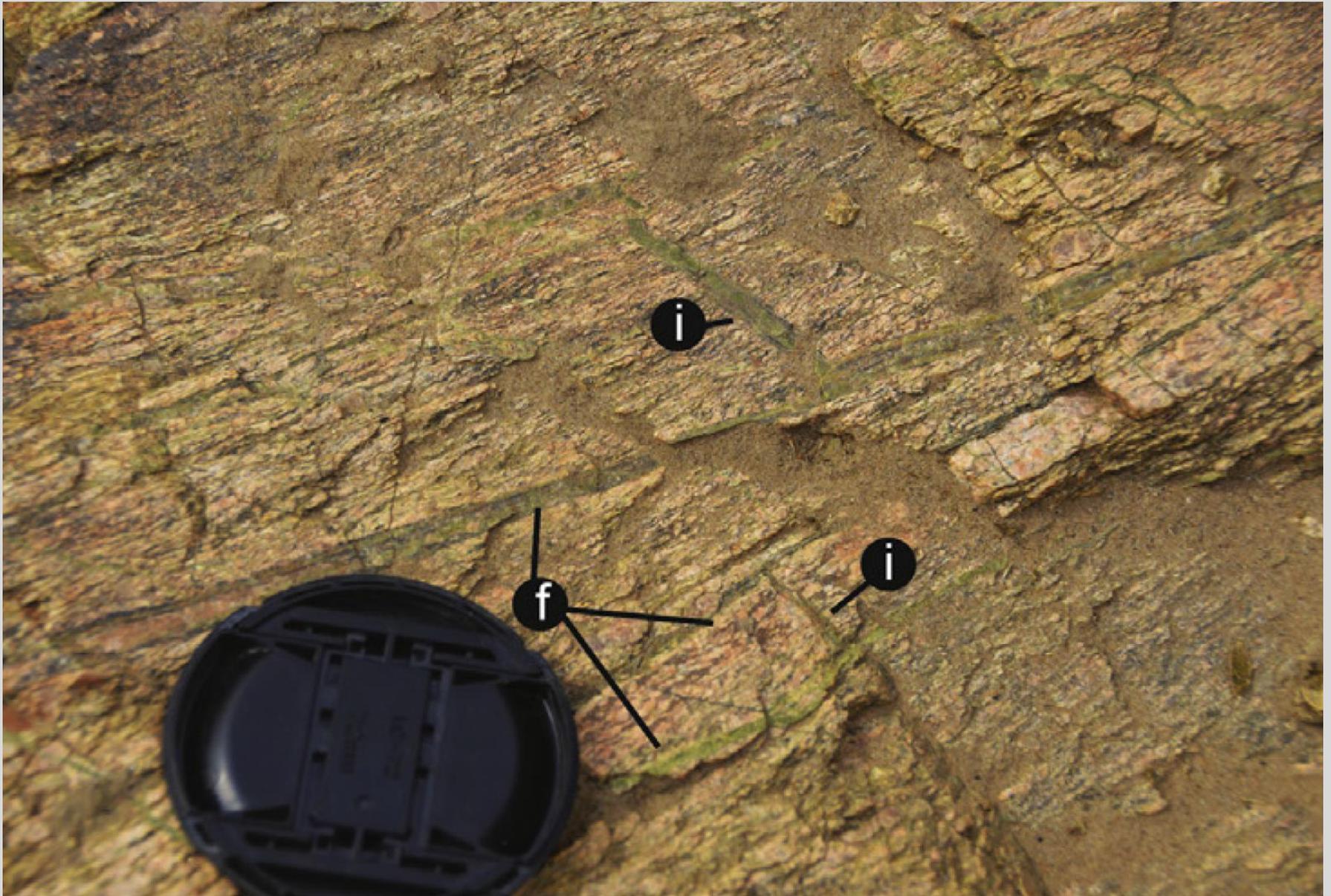
Farinha de falha

Rochas friáveis (incoesas) formadas a profundidades entre 1 e 4 km.

Efeitos de intemperismo dificultam sua identificação em campo.



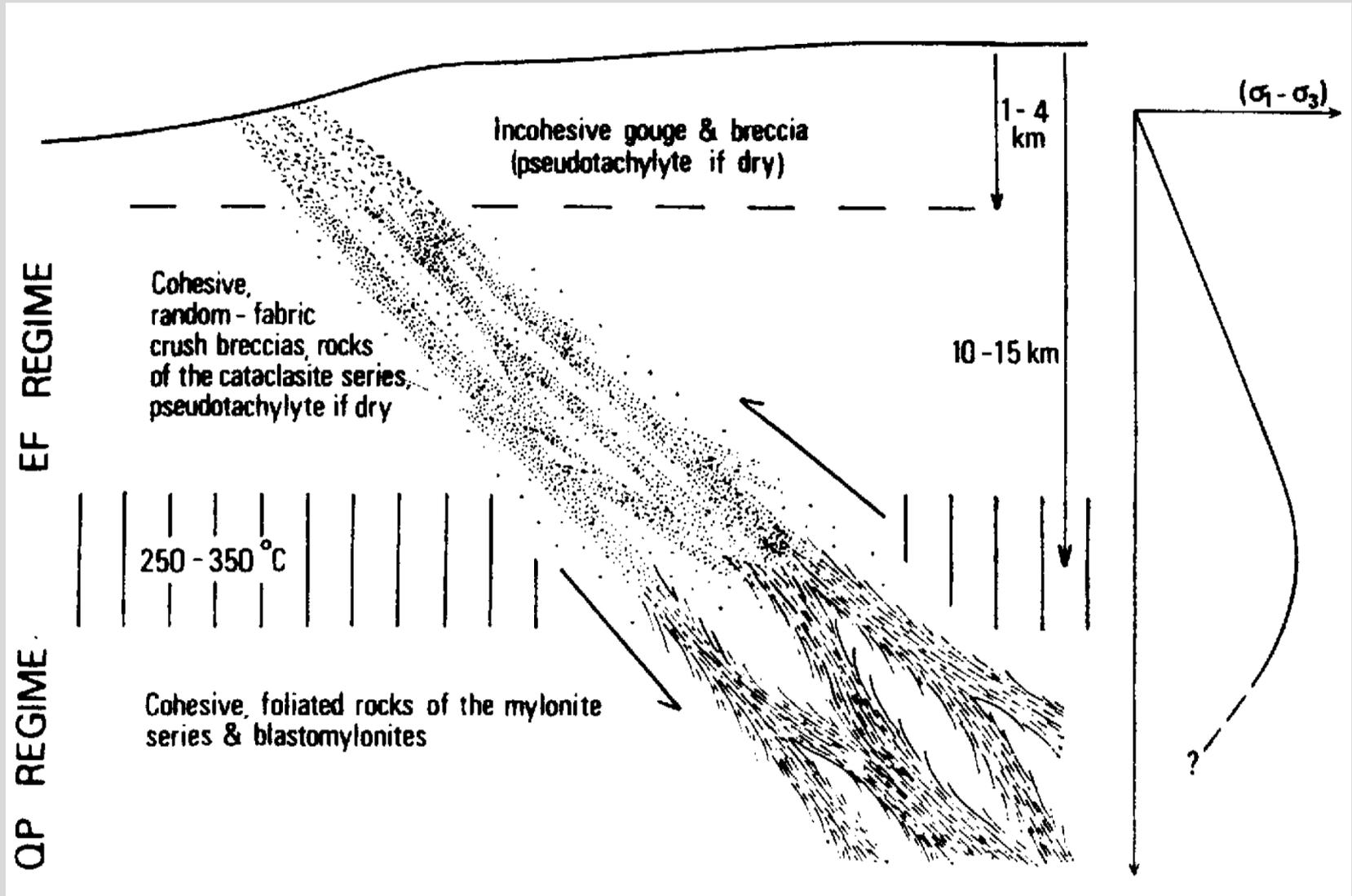
O que seriam os veios cor verde-garrafa?



Pseudotaquilito: 'fóssil' de atividade sísmica.



Modelo conceitual de zonas de cisalhamento (Sibson, 1977)



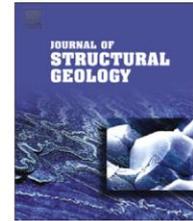


ELSEVIER

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Journal of Structural Geology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jsg



Disappearing ink: How pseudotachylytes are lost from the rock record



James D. Kirkpatrick^{a,*}, Christie D. Rowe^{b,c}

^aEarth and Planetary Sciences, University of California Santa Cruz, 1156 High St., Santa Cruz, CA 95064, USA

^bEarth and Planetary Sciences, McGill University, 3450 University St., Montréal, QC H3A 0E8, Canada

^cDepartment of Geological Sciences, University of Cape Town, Private Bag X3, Rondebosch 7707, South Africa

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 September 2012

Received in revised form

11 March 2013

Accepted 12 March 2013

Available online 26 March 2013

Keywords:

Pseudotachylyte

Frictional melt

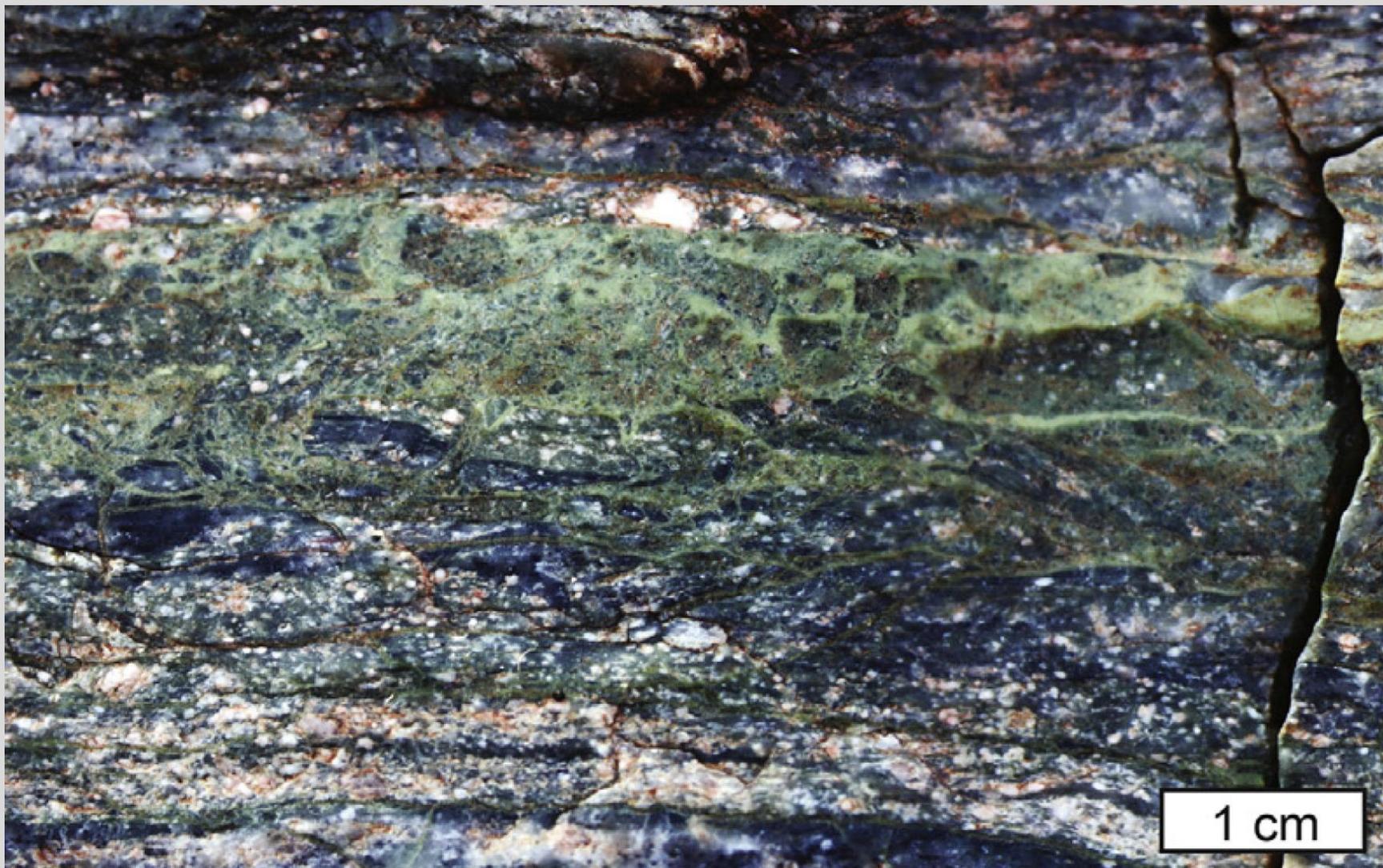
Fault rocks

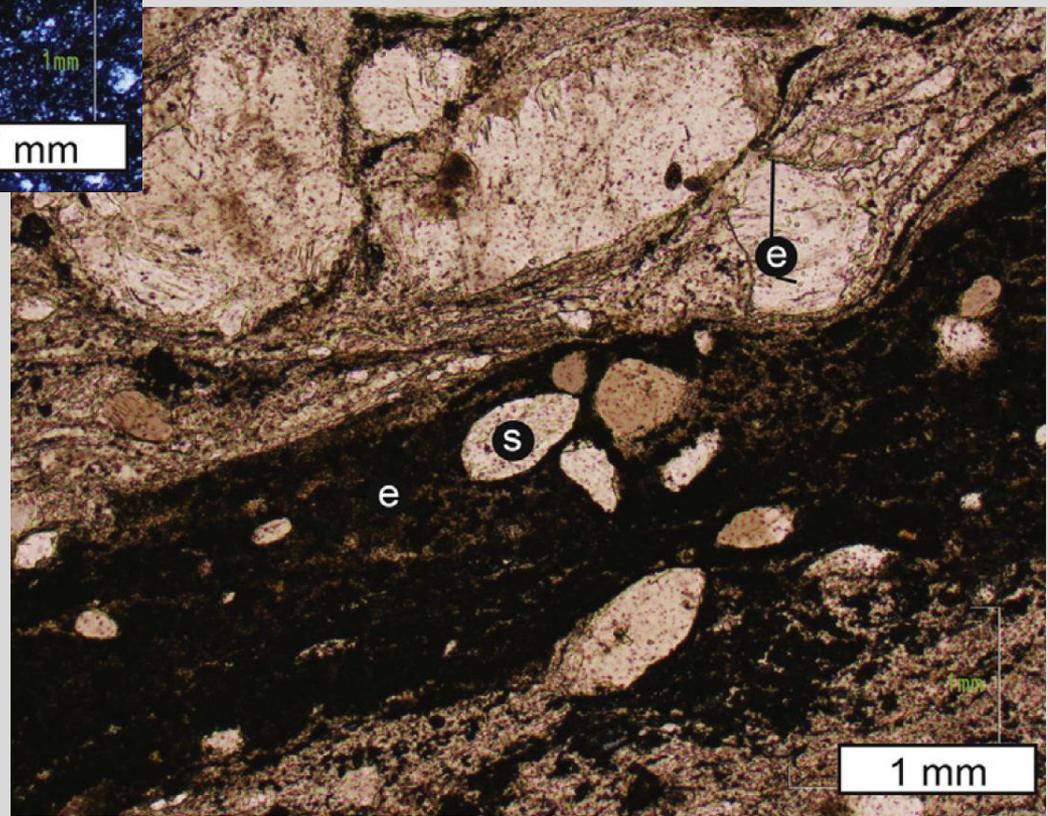
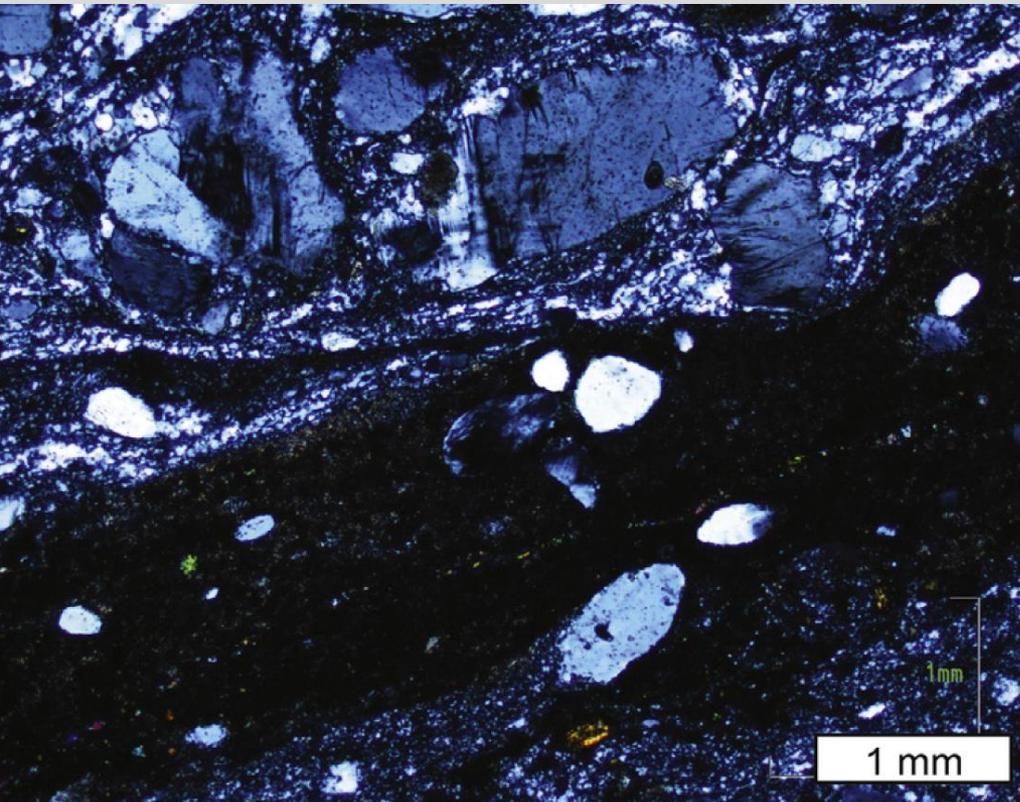
Rock record of earthquakes

Paleoseismology

ABSTRACT

Melt-origin pseudotachylytes are the most widely accepted feature recording earthquake slip in the fault rock record. However, reports of pseudotachylytes are rare compared to the frequency and distribution of earthquakes in active faults, suggesting melting occurs only under exceptional circumstances and therefore that pseudotachylytes are rarely formed. In this paper, we document the processes whereby pseudotachylytes are overprinted, destroyed and otherwise removed from the rock record. We present examples of recrystallized, altered, and cataclastically and crystal plastically deformed pseudotachylytes from a variety of ancient faults. Based on these observations, we identify characteristics of pseudotachylytes that are resistant to change over geologic time and develop criteria to allow recognition of relict pseudotachylytes. Our results imply that pseudotachylytes are vastly under-reported due to their vulnerability to destruction and the resulting difficulty in identification. As a consequence, the significance of frictional melting is underestimated. The criteria we propose to distinguish relict pseudotachylytes can help to reconcile the observed frequency of earthquakes with the difficulty of demonstrating ancient seismic slip in the rock record.





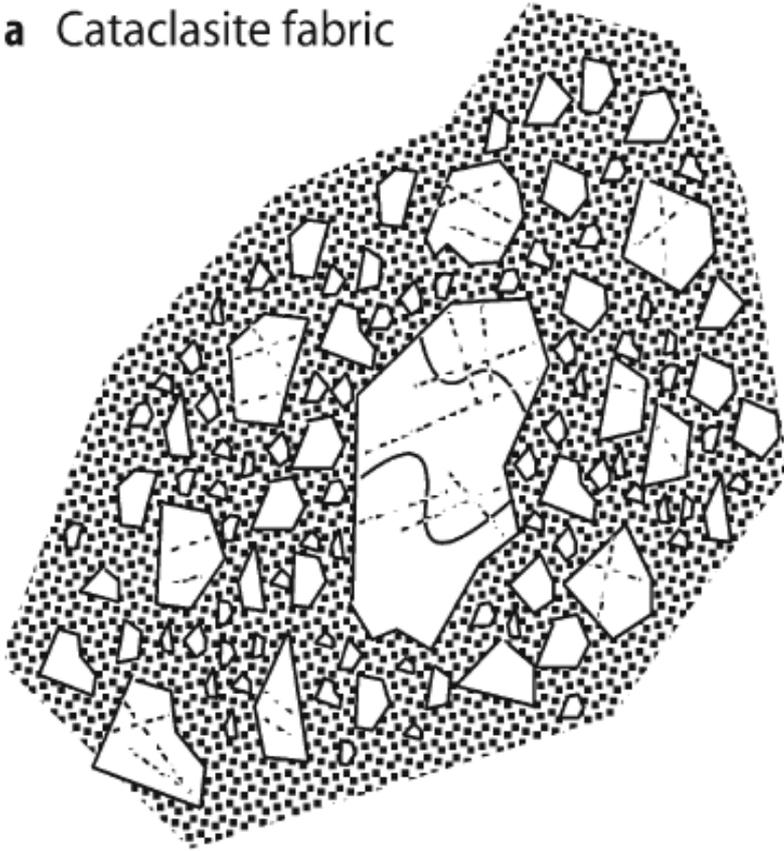
Rochas Cataclásticas:

Ocorrem em zonas que variam de poucos milímetros a quilômetros de espessura.

Em geral:

Quanto maior a espessura da zona de cataclasitos e menor a granulação da rocha, maior a quantidade de deslocamento acumulado na zona de falha.

a Cataclasite fabric



Rochas Cataclásticas:

Rochas coesas: formadas a profundidades $< 10-15$ km.

Tamanho, forma e arranjo dos clastos apresentam geometria fractal.

Geometria autossimilar:
afloramento observado à distância

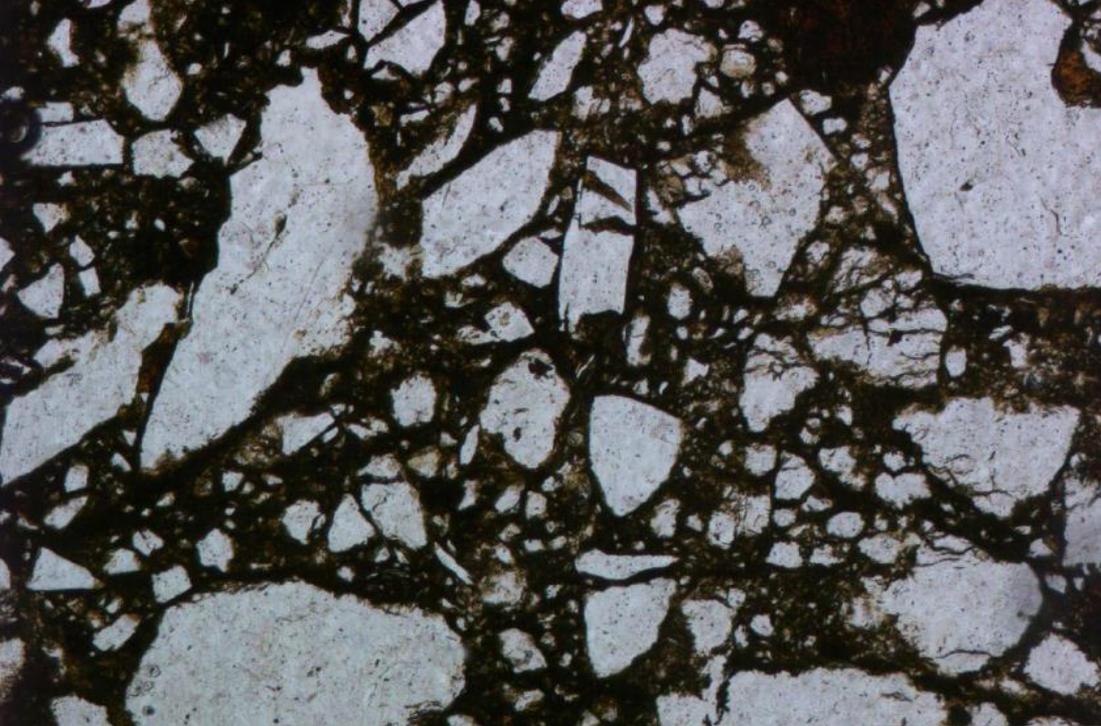


Brecha de esmagamento: > 30% de fragmentos.

Geometria autossimilar:
afloramento observado à distância

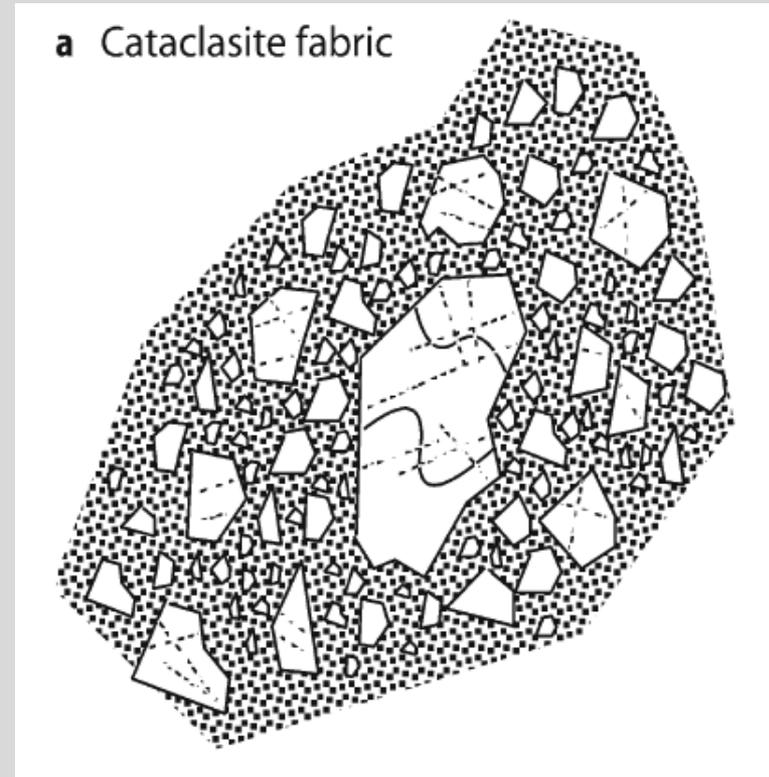


Brecha de esmagamento: > 30% de fragmentos.



Características de cataclasitos:

- fragmentos angulosos, bordas serrilhadas;
- dimensões dos clastos variadas;
- fragmentos líticos, grãos minerais seccionados;
- estrutura predominantemente maciça;
- cimentação aumenta coesão: silicificação, carbonatação, epidotização, cloritização, etc.



Em cataclasitos:

predomina fragmentação mecânica em temperaturas baixas (condições sub-xisto verde) e deformação predominantemente rúptil, em regiões rasas da crosta.

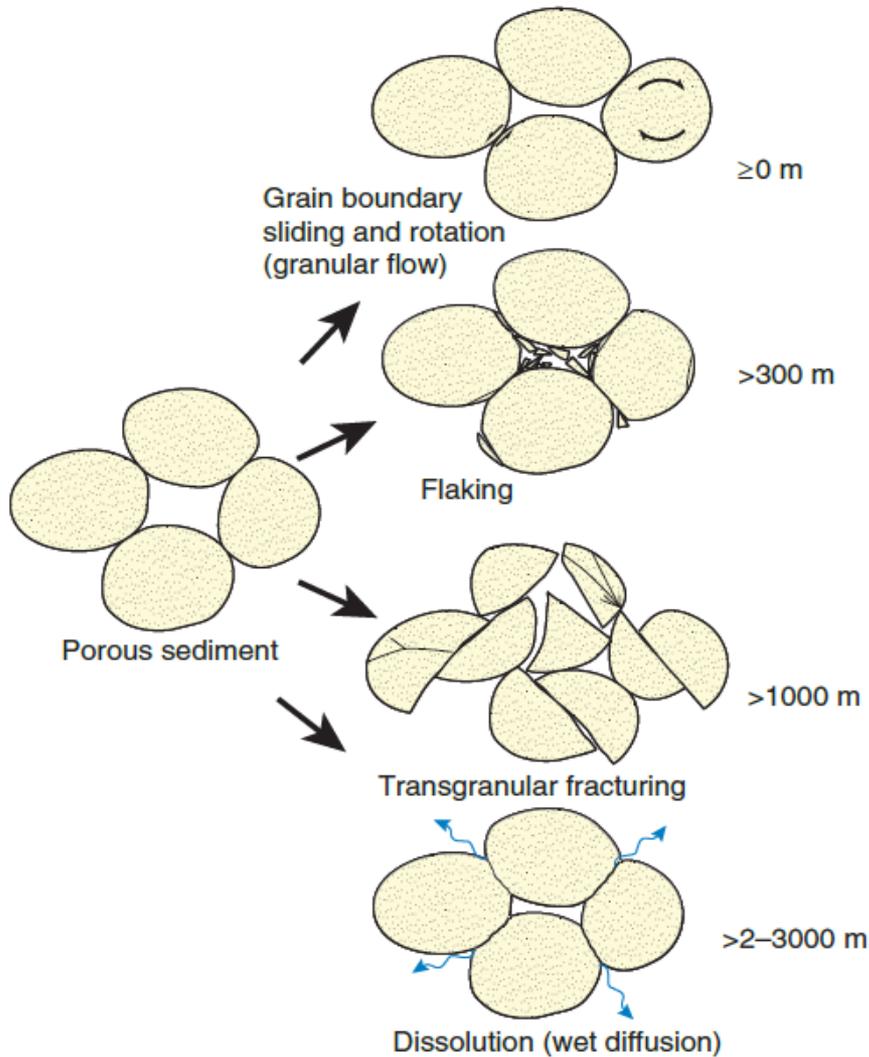
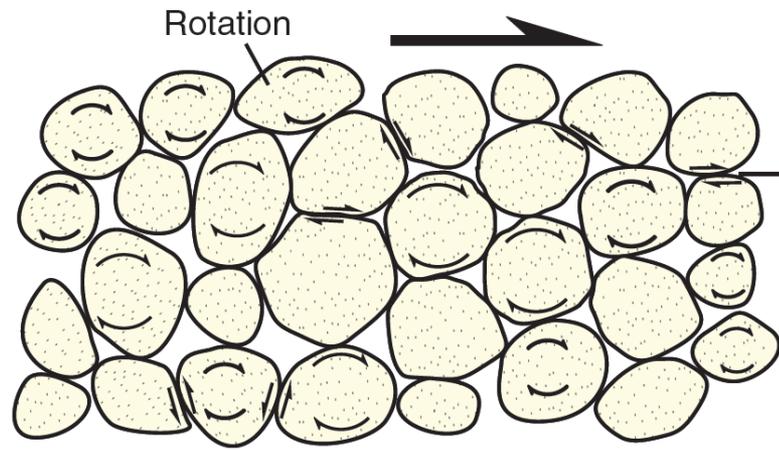


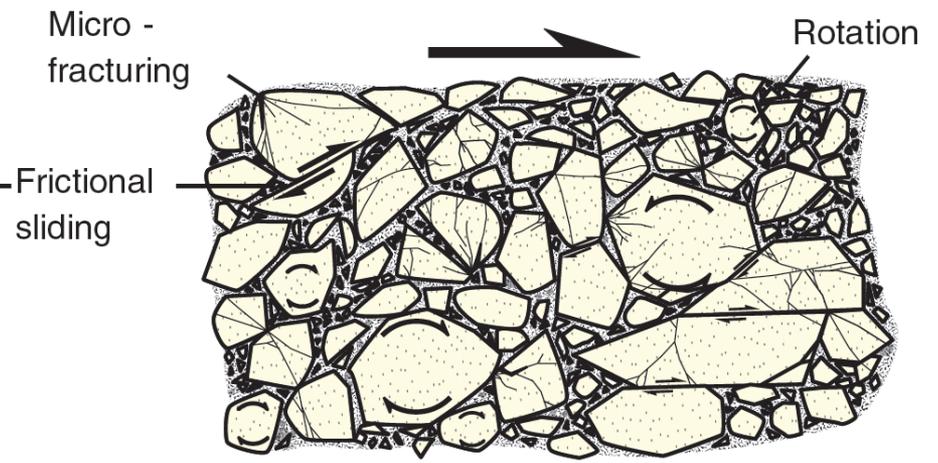
Figure 10.1 Deformation mechanisms operative at shallow depths. Very approximate depths are indicated.

(a) Granular flow

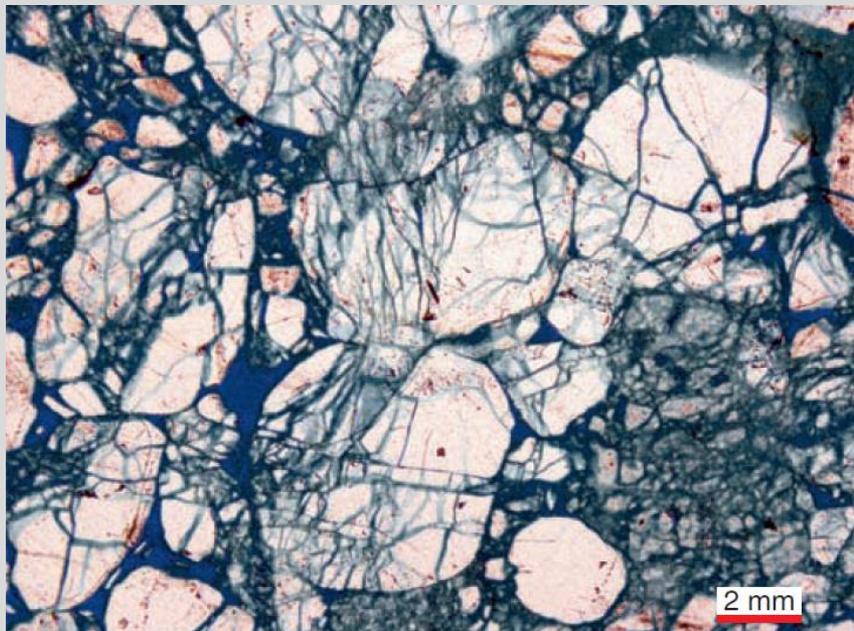


Rochas porosas

(b) Cataclastic flow



Rochas não porosas (coesas)





Falhas: identificação

Série das rochas miloníticas:

Formadas a profundidades maiores que 10-15 km (condições de metamorfismo ativo).

São produtos de deformação dúctil, que ocorre na crosta em condições de temperatura superiores a 250-350°C.

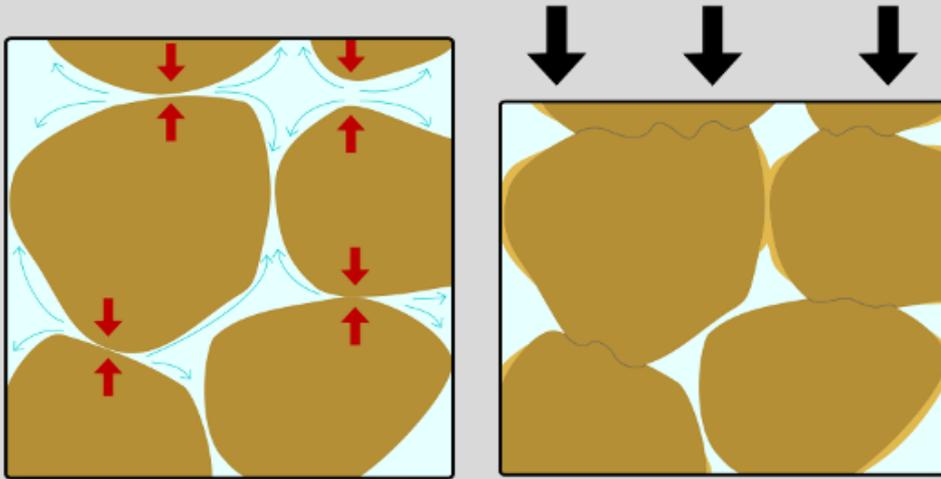
Rochas miloníticas são tipicamente formadas por porfiroclastos em uma matriz muito fina derivada de **redução da granulação por processos de recristalização**.

Em milonitos: predomina deformação dúctil (aproximada pelo comportamento do quartzo).

Processos deformacionais:

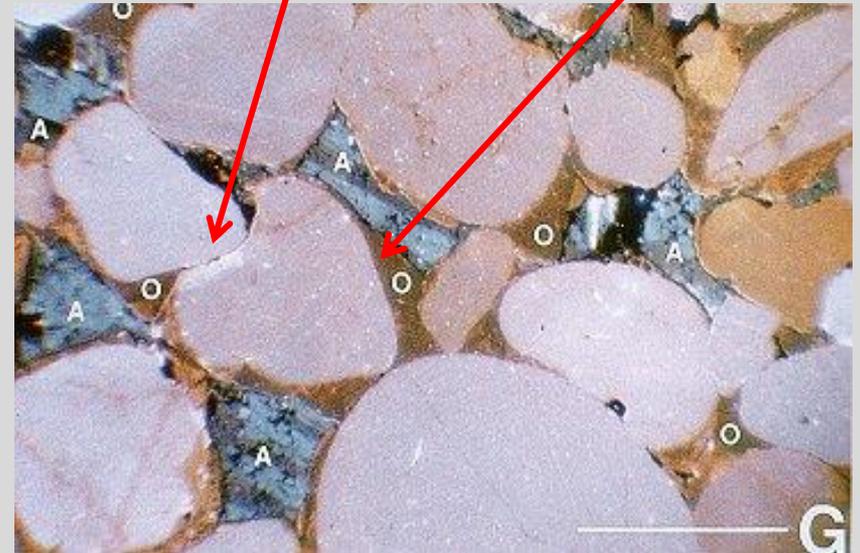
- "*Pressure solution*" - dissolução das partes dos grãos expostas a pressão maior e reprecipitação do material dissolvido em zonas de pressão atenuada;
- Deformação intracristalina - controlada pelos defeitos cristalinos (vacâncias, defeitos lineares e planares: deslocamento em cunha, helicoidais, etc);
- Geminação deformacional (carbonatos, plagioclásio, microclínio, etc) - importância menor.

"Pressure solution" - dissolução por pressão (= difusão por via úmida) : esquema e imagem de catodoluminescência



"Pressure solution"
dissolução das partes dos grãos expostas a pressão maior e reprecipitação do material dissolvido em zonas de pressão atenuada.

Re-precipitação
Dissolução



Deformação Intracristalina

Defeitos do retículo cristalino: pontuais - vacâncias iônicas, íons intersticiais

Transferência de massa por difusão

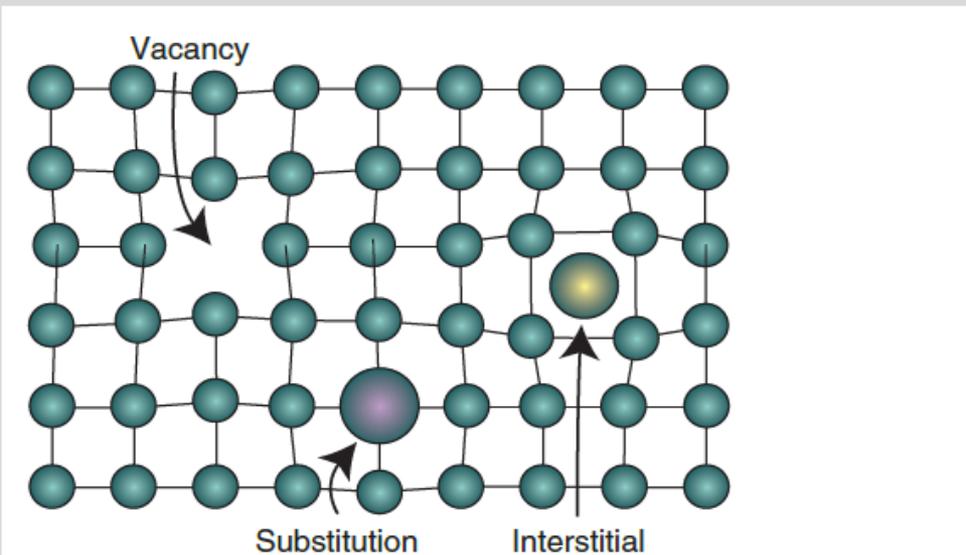


Figure 10.5 Point defects in a crystal lattice include vacancies (holes), substitutional impurities, and interstitial impurities. Vacancies represent the most important point defect in crystal-plastic flow.

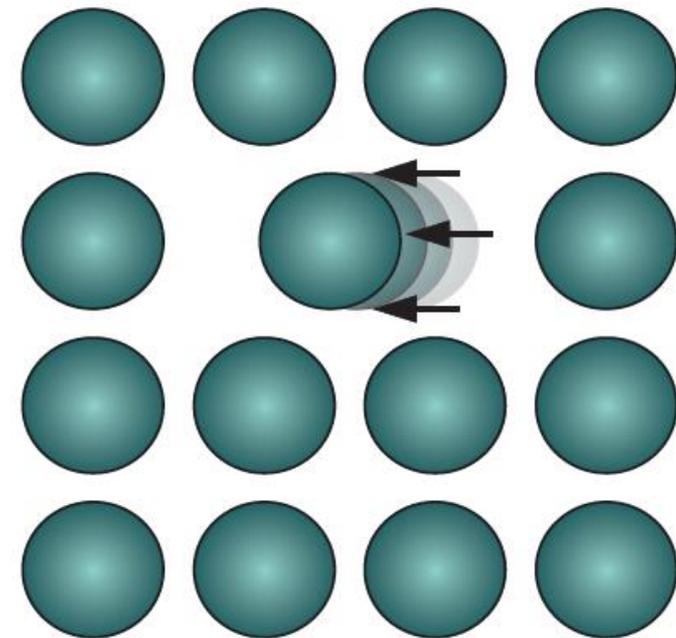
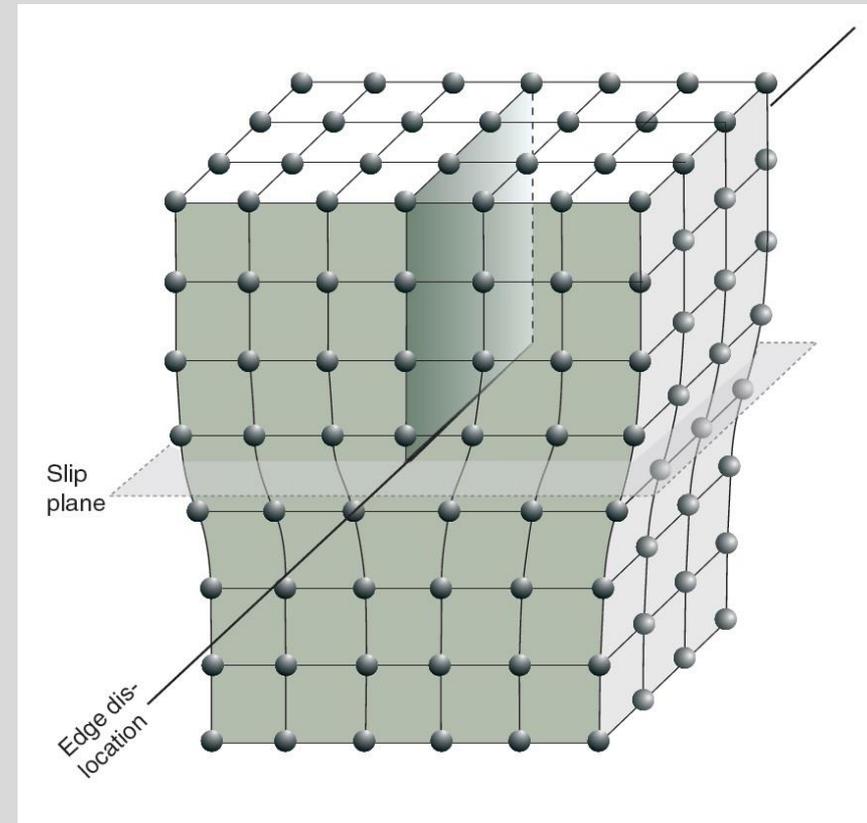
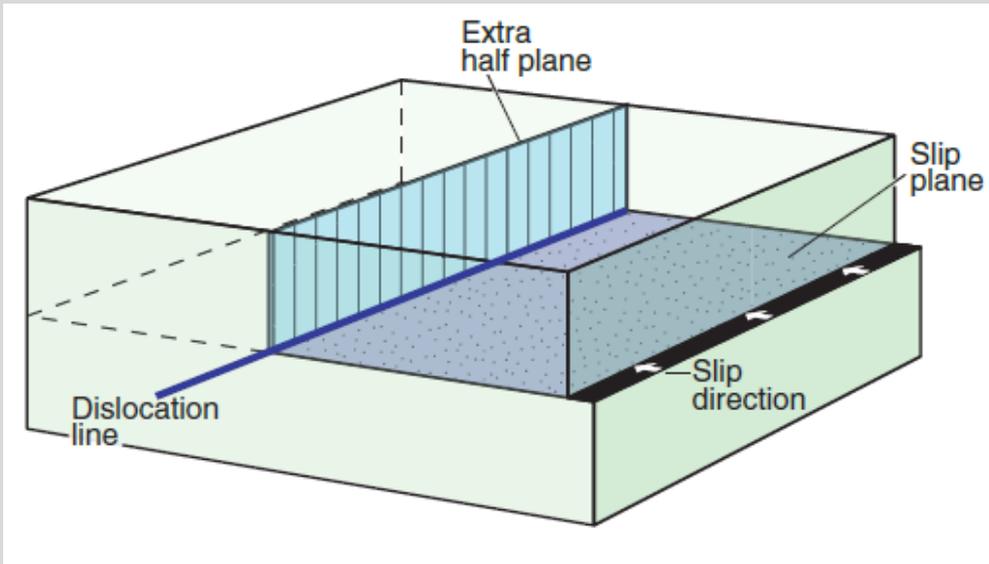


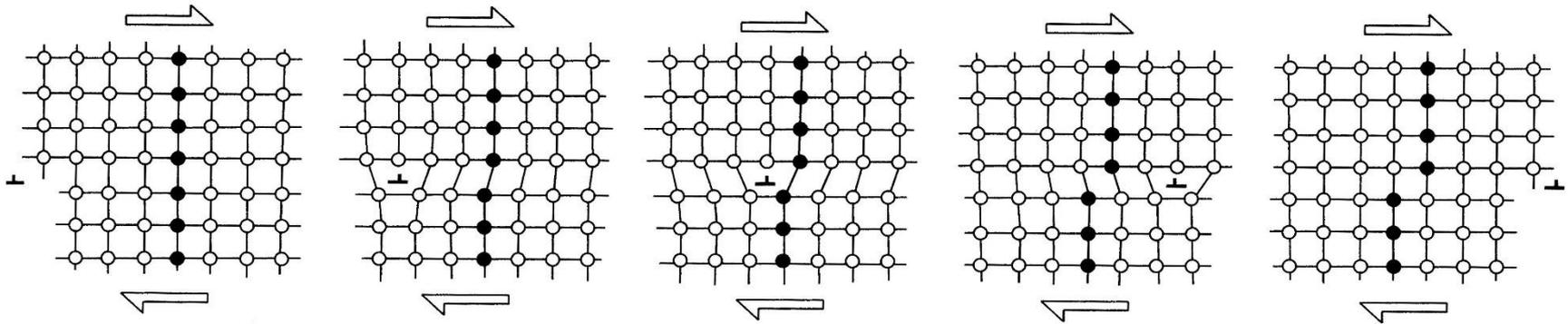
Figure 10.6 Migration of vacancies through an atomic lattice is called diffusion. A hole moves as it is replaced by a neighboring atom.

Deformação Intracristalina

Defeitos do retículo cristalino: lineares (*deslocamentos*)

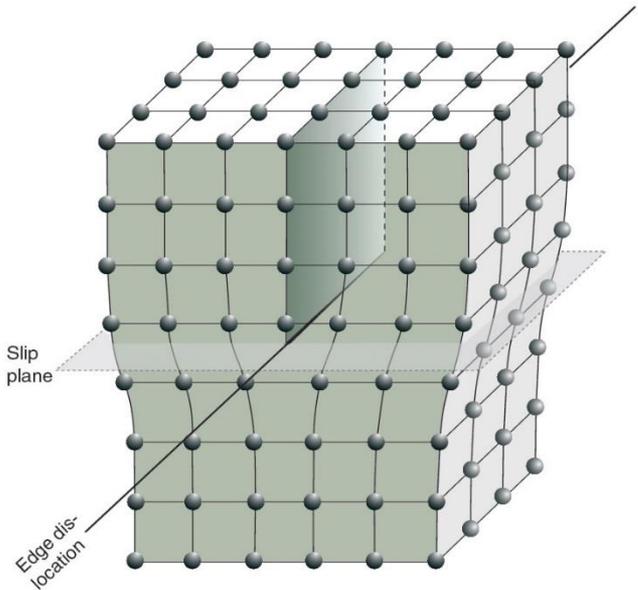


Movimentação de um deslocamento em linha através de um retículo cristalino



Migration of dislocation

Crystal shape has changed without mechanical fracturing or loss of crystal structure



Fluência de deslocamentos (dislocation creep):

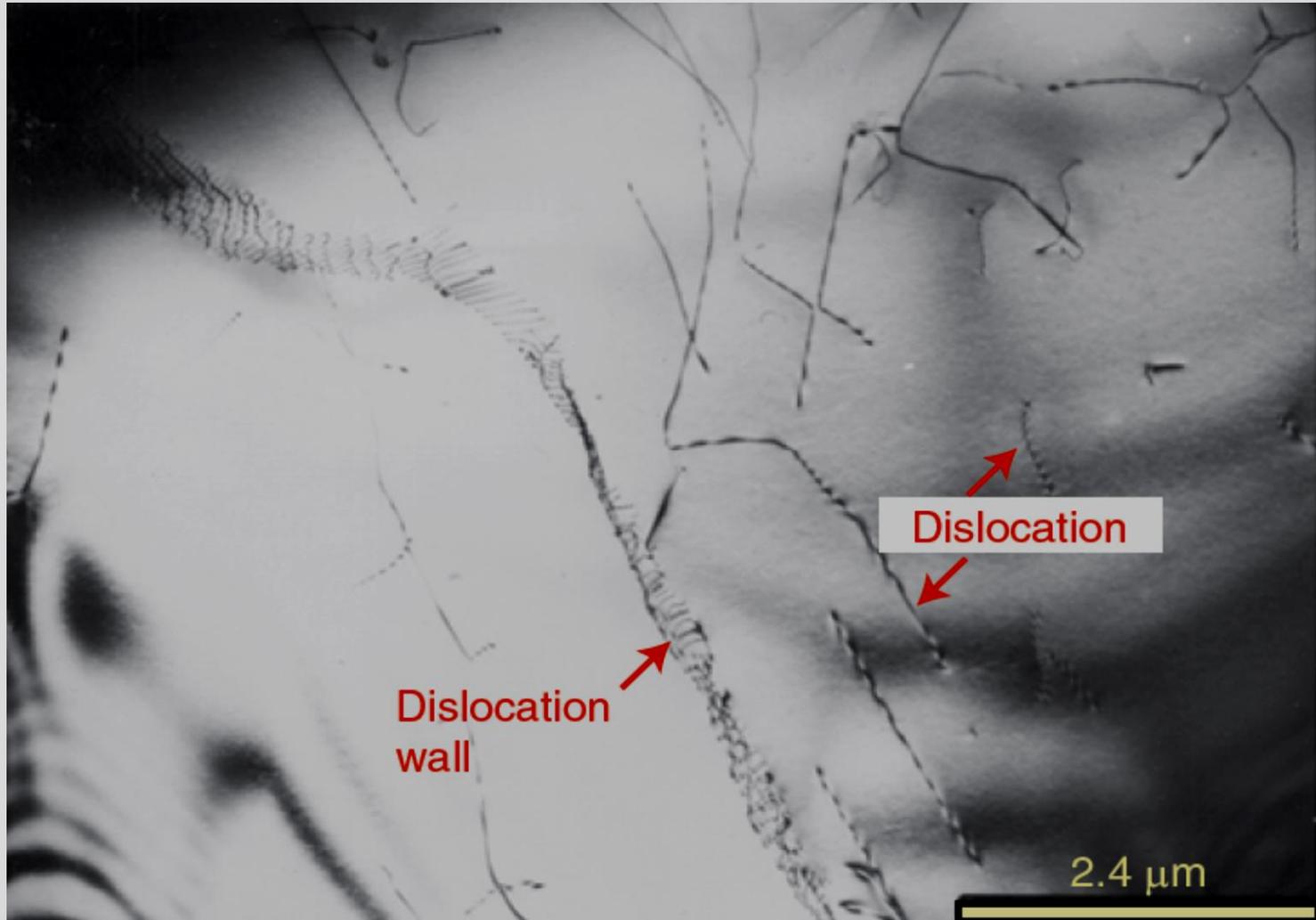
Conjunto de processos que abrange a formação, movimentação e destruição de deslocamentos em um cristal.

Processo de migração de um deslocamento em linha:

Deslizamento de deslocamento.

(o processo de deslocamento se completa quando todo o cristal é atravessado; esse processo permite que a deformação ocorra sob um esforço diferencial muito menor que o necessário para o fraturamento rúptil)

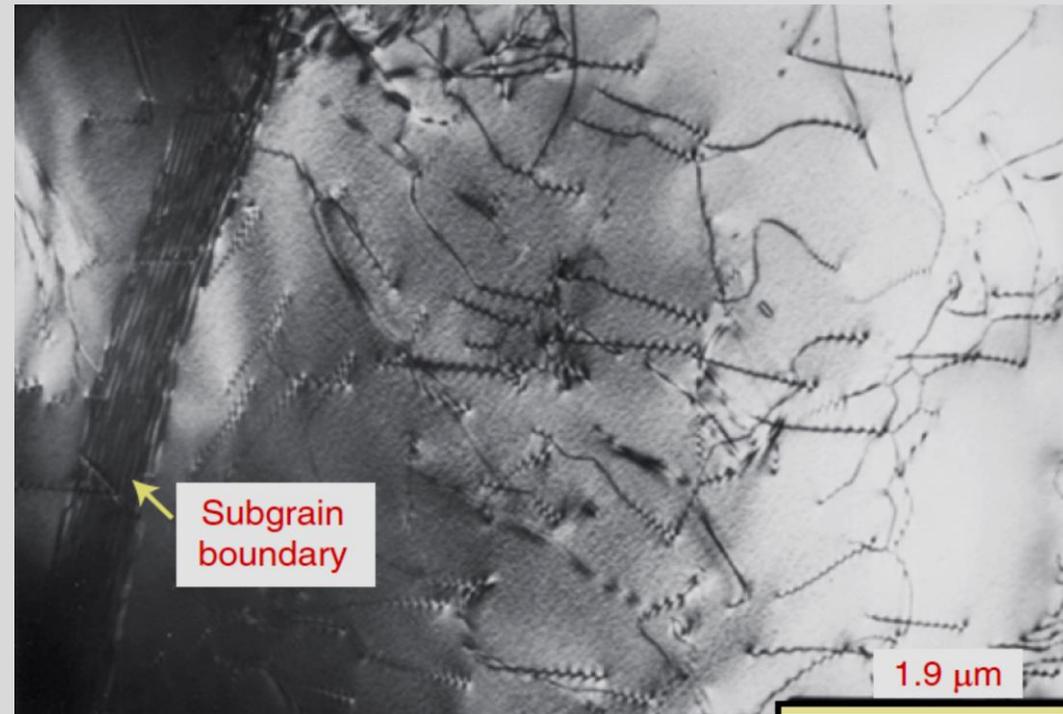
Deslocamentos vistos em imagem de microscópio eletrônico de transmissão.

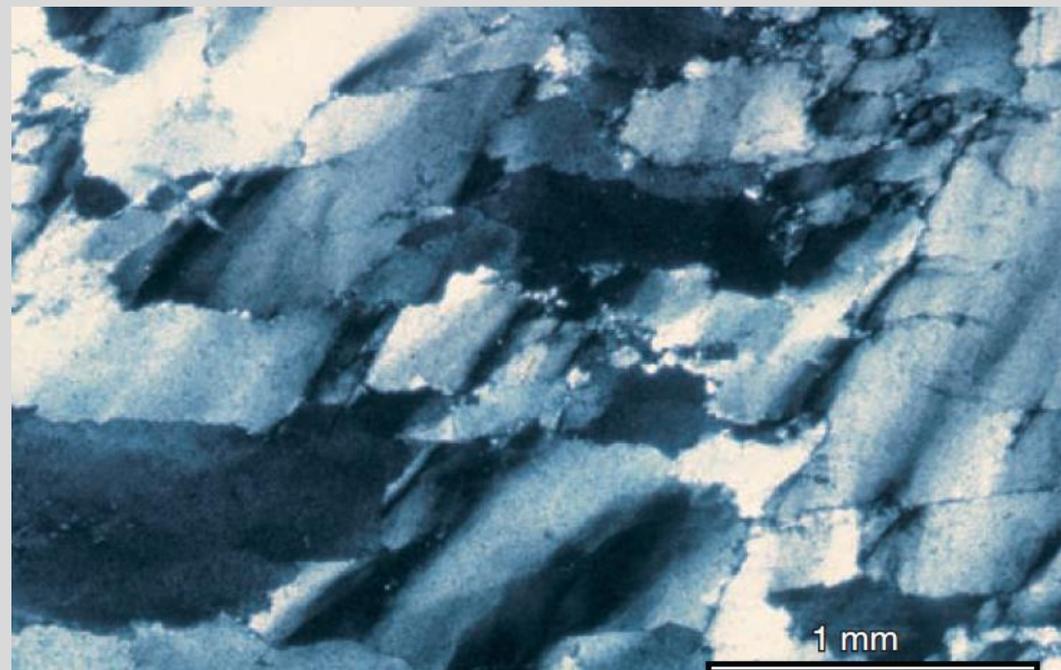
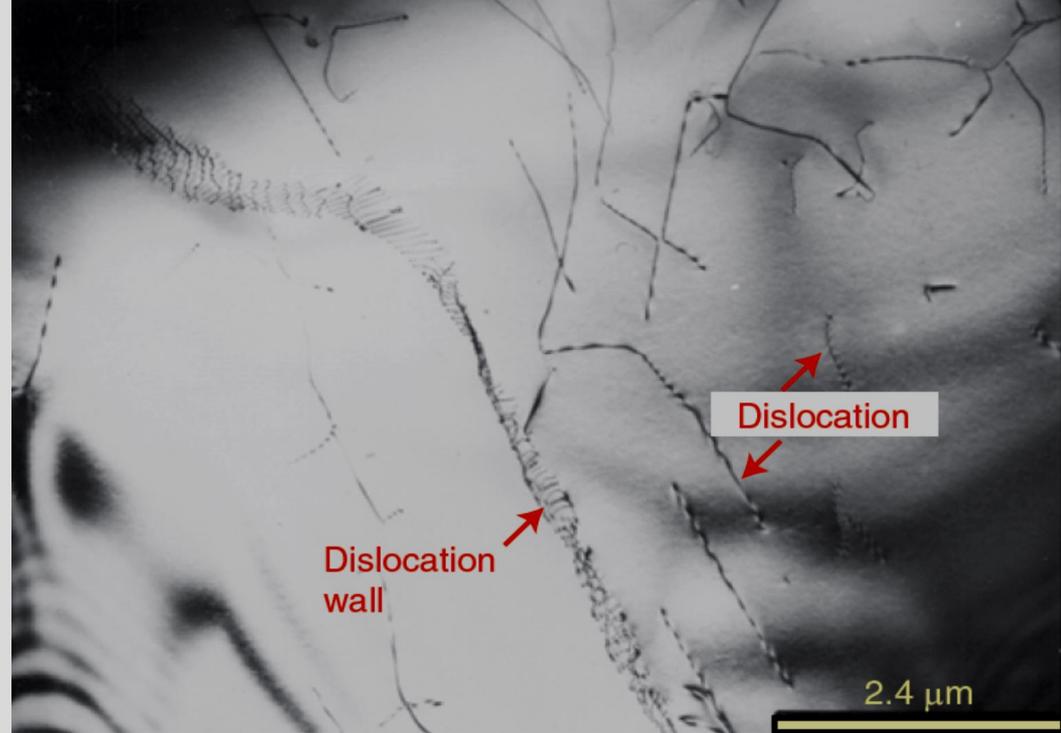
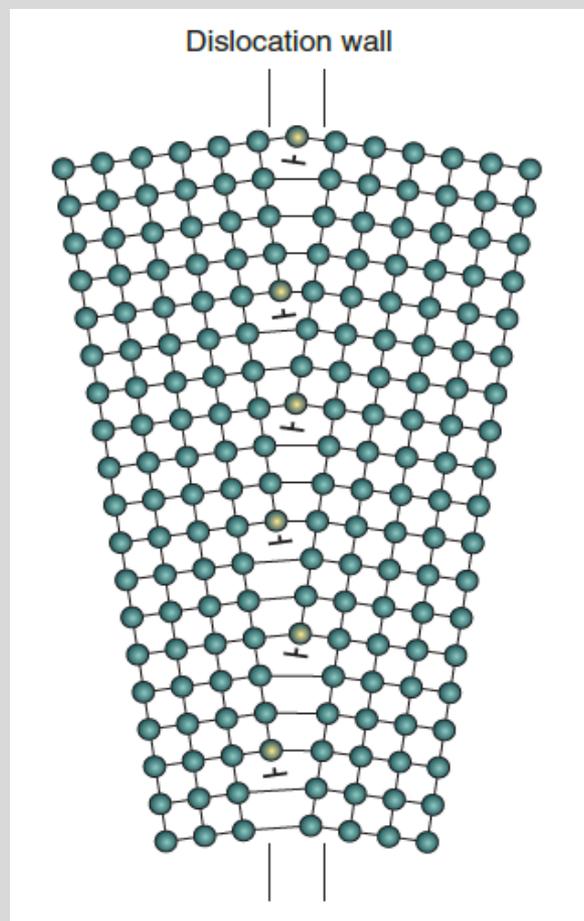


Recuperação da textura:

Engloba todos os processos que movem, anulam ou agrupam os deslocamentos em paredes que separam porções do grão original com orientações cristalográficas ligeiramente diferentes.

Fluência de deslocamentos reduzem a energia interna de um grão mineral por meio de migração de deslocamentos para o limite de grão ou sua coleta no interior dos grãos.

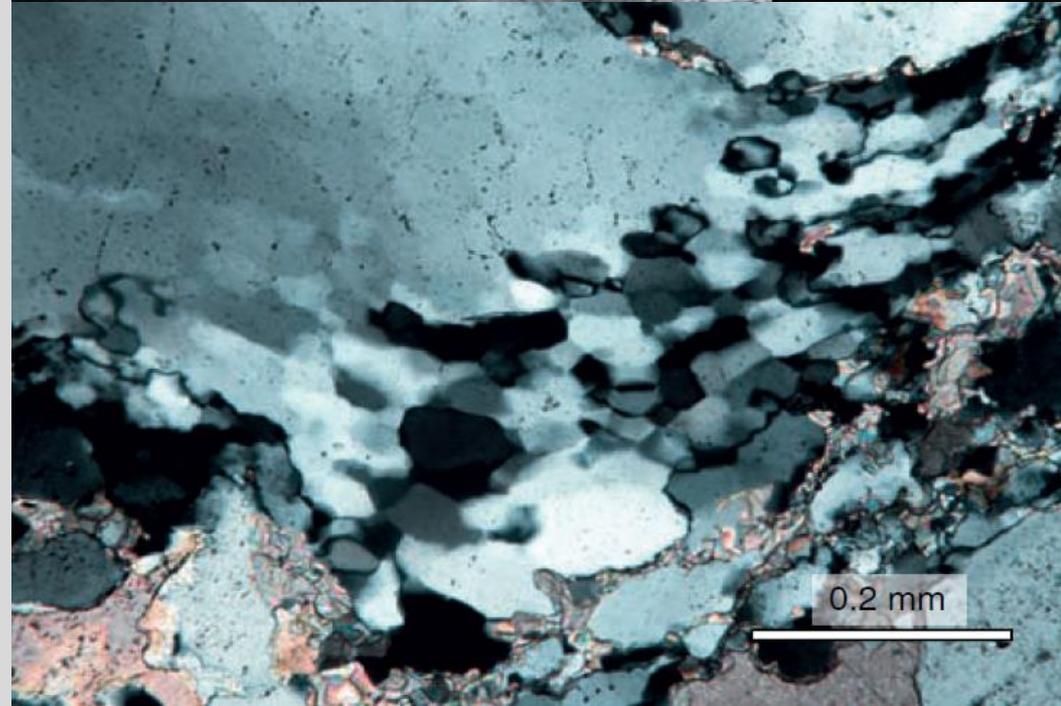
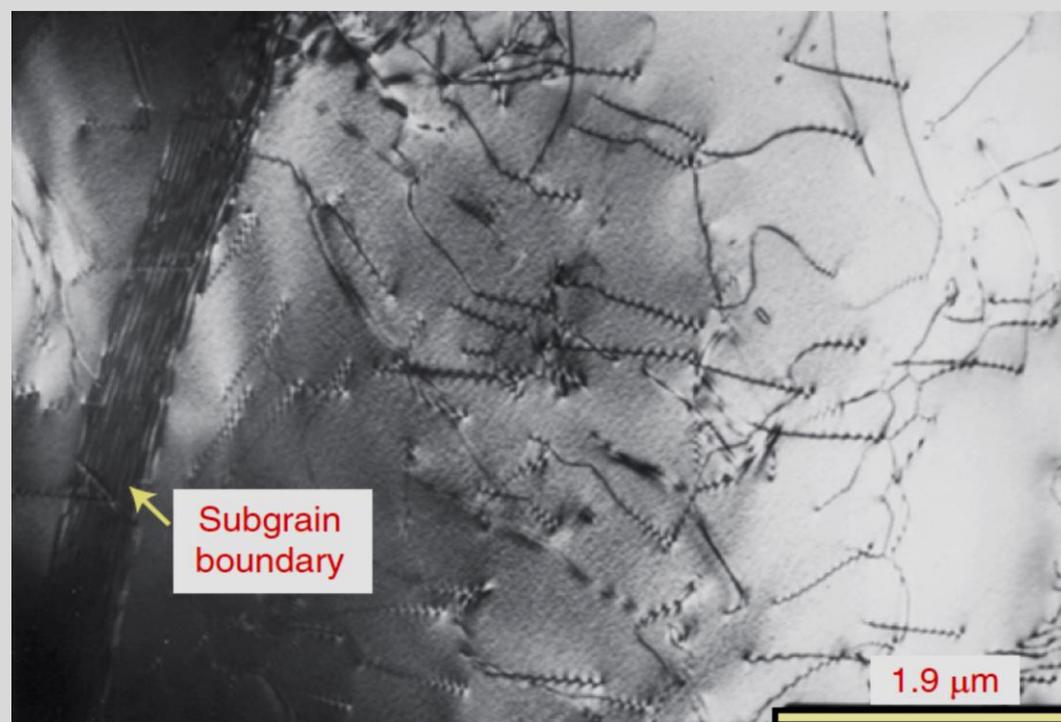




Os deslocamentos podem se reorganizar em paredes de deslocamentos.

(evidência microscópica: mudança de orientação cristalográfica)

Evolução no processo de migração de deslocamentos faz com que estes se arranjam em redes bem definidas, produzindo subgrãos.



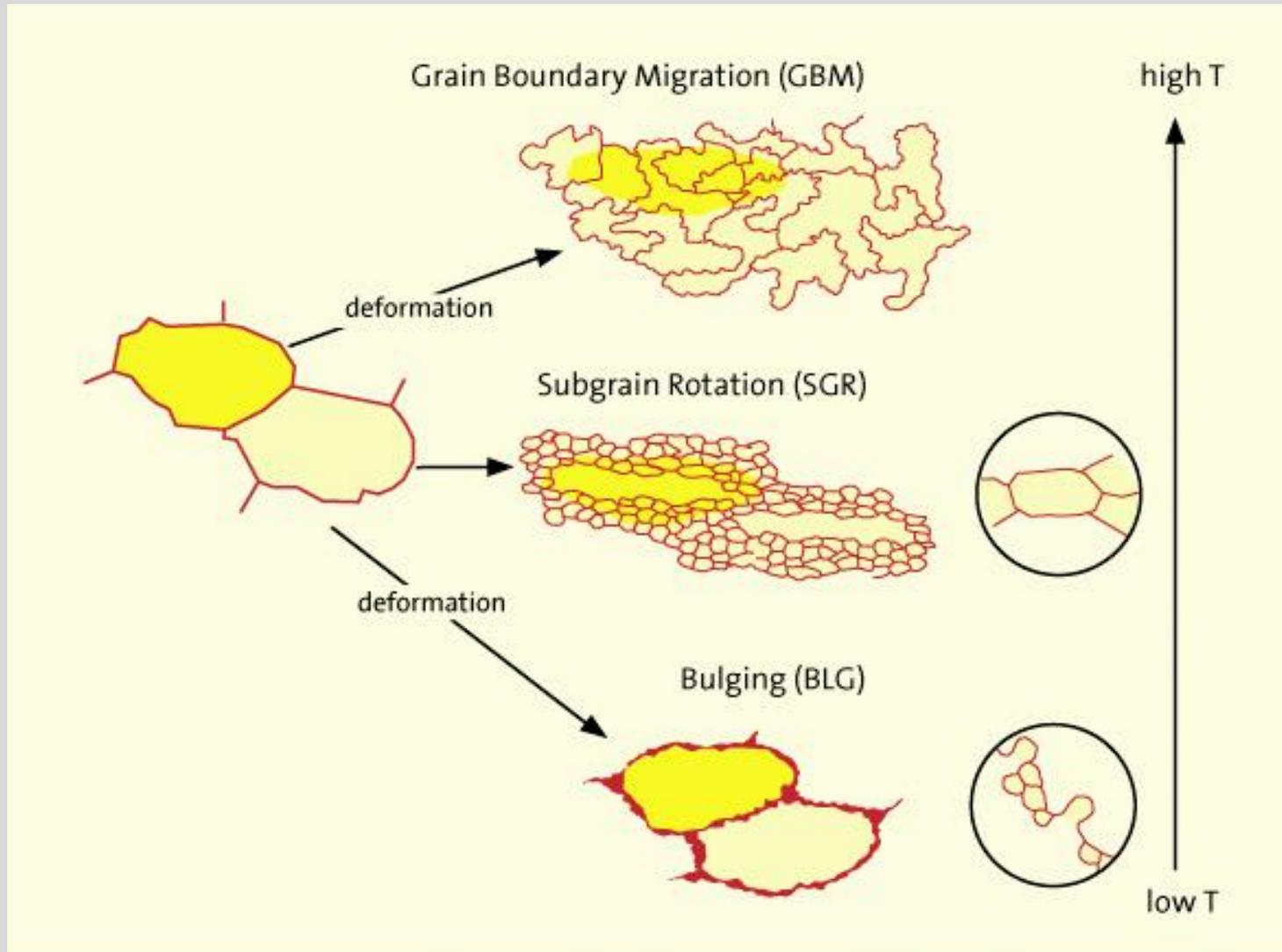
Recuperação: extinção ondulante e lamelas de deformação.



Recuperação: subgrãos

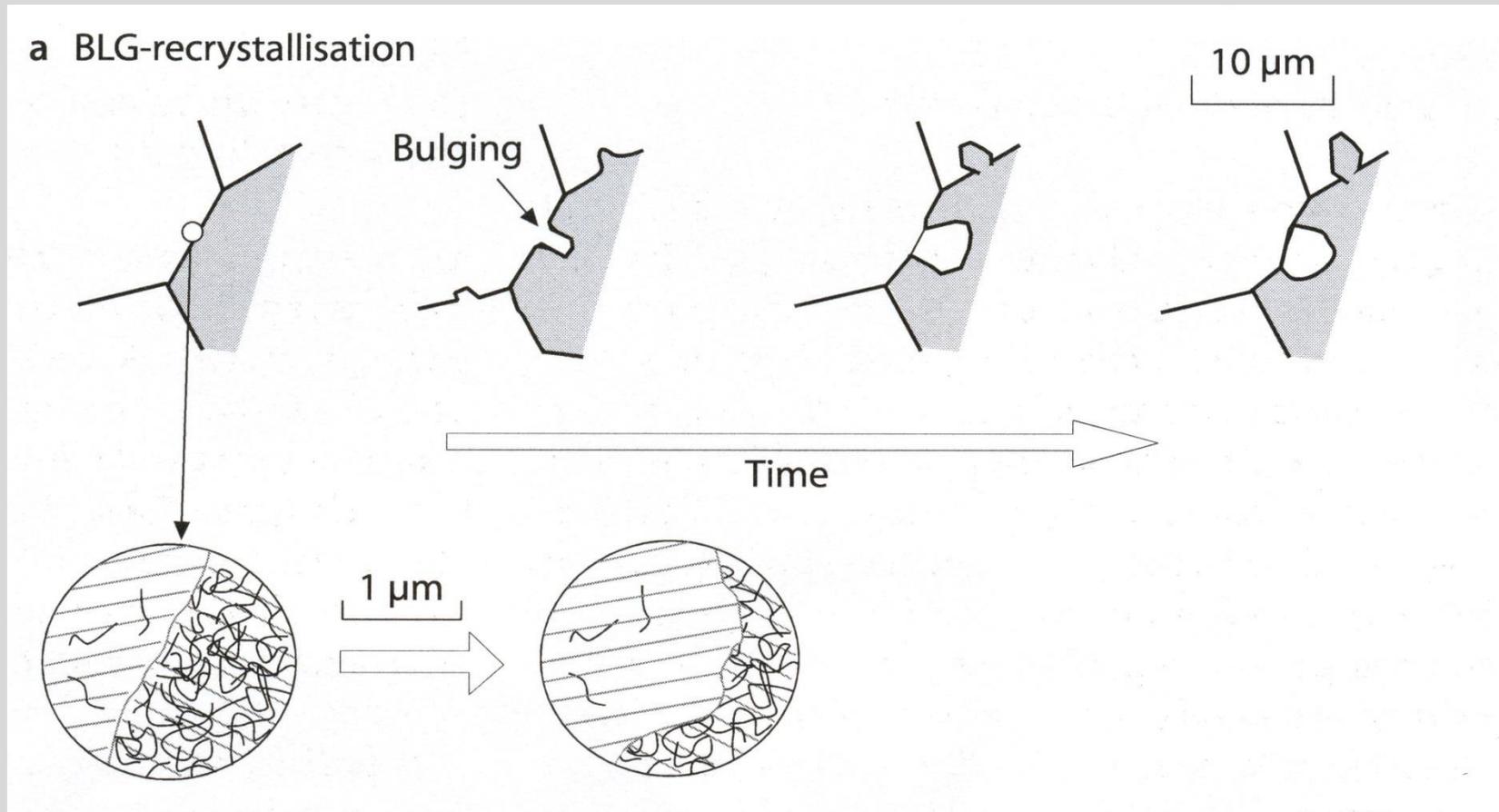


Processos de recristalização dinâmica (Trouw et al. 2010):



Recristalização dinâmica: competem deformação e recristalização

Bulging recrystallization (baixa temperatura)

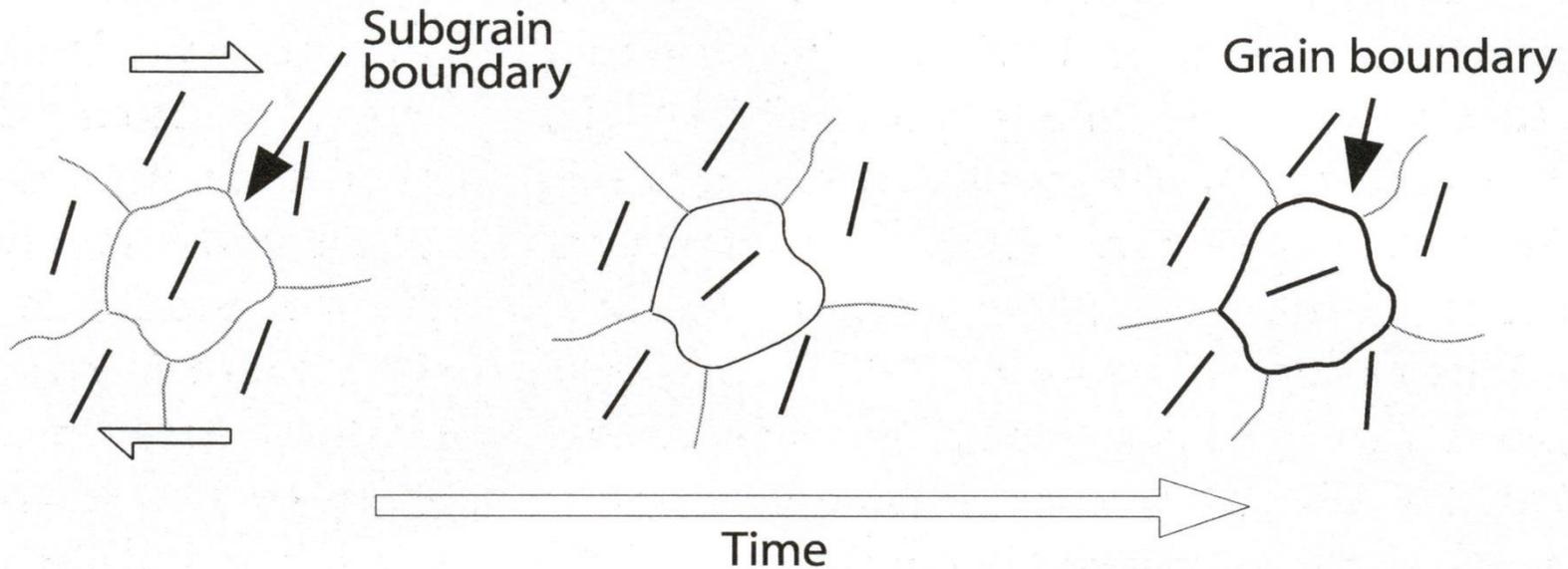


Recristalização dinâmica: competem deformação e recristalização
Bulging recrystallization (baixa temperatura)

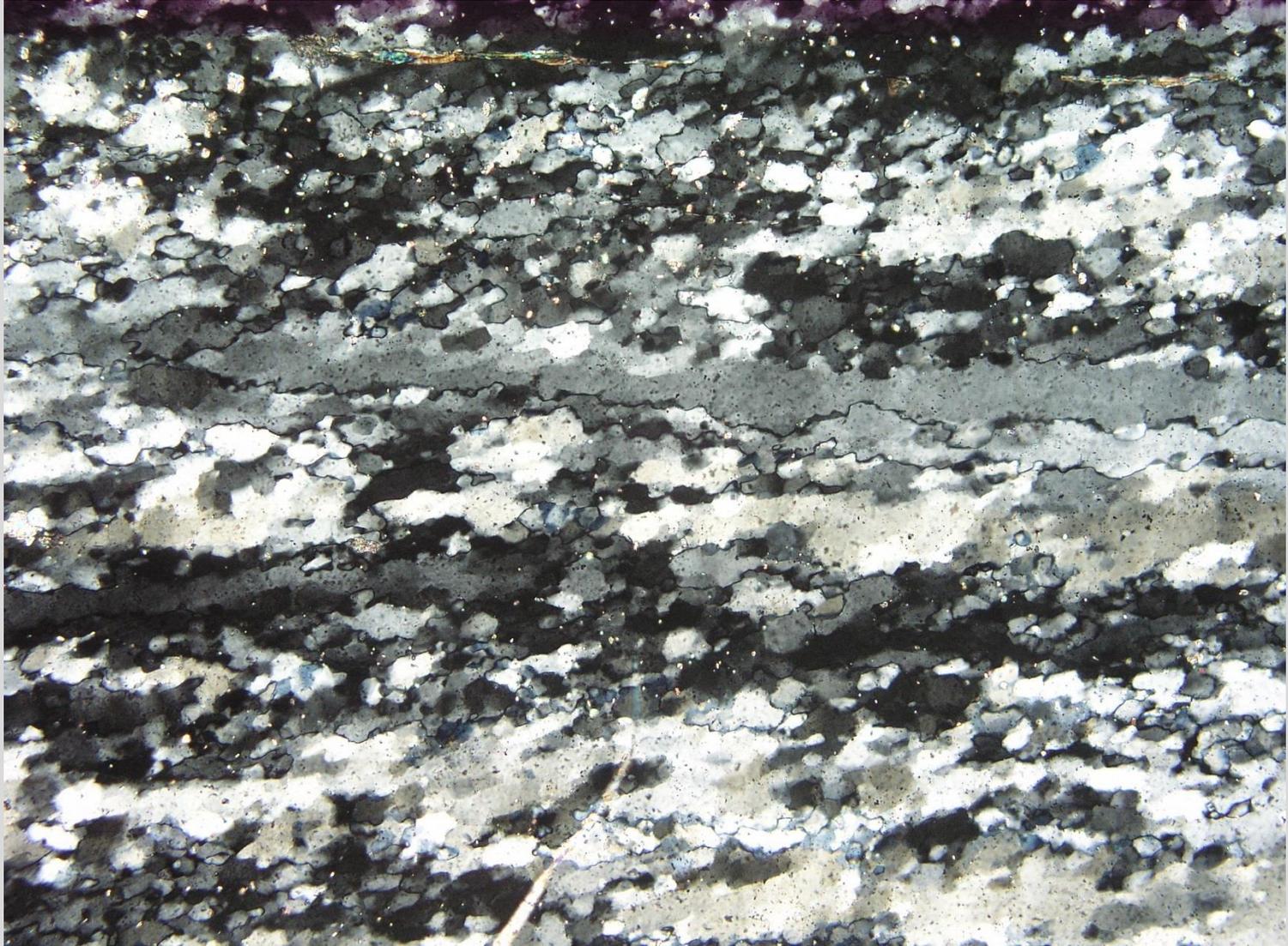


Recristalização dinâmica: competem deformação e recristalização
Rotação de subgrãos (temperatura intermediária)

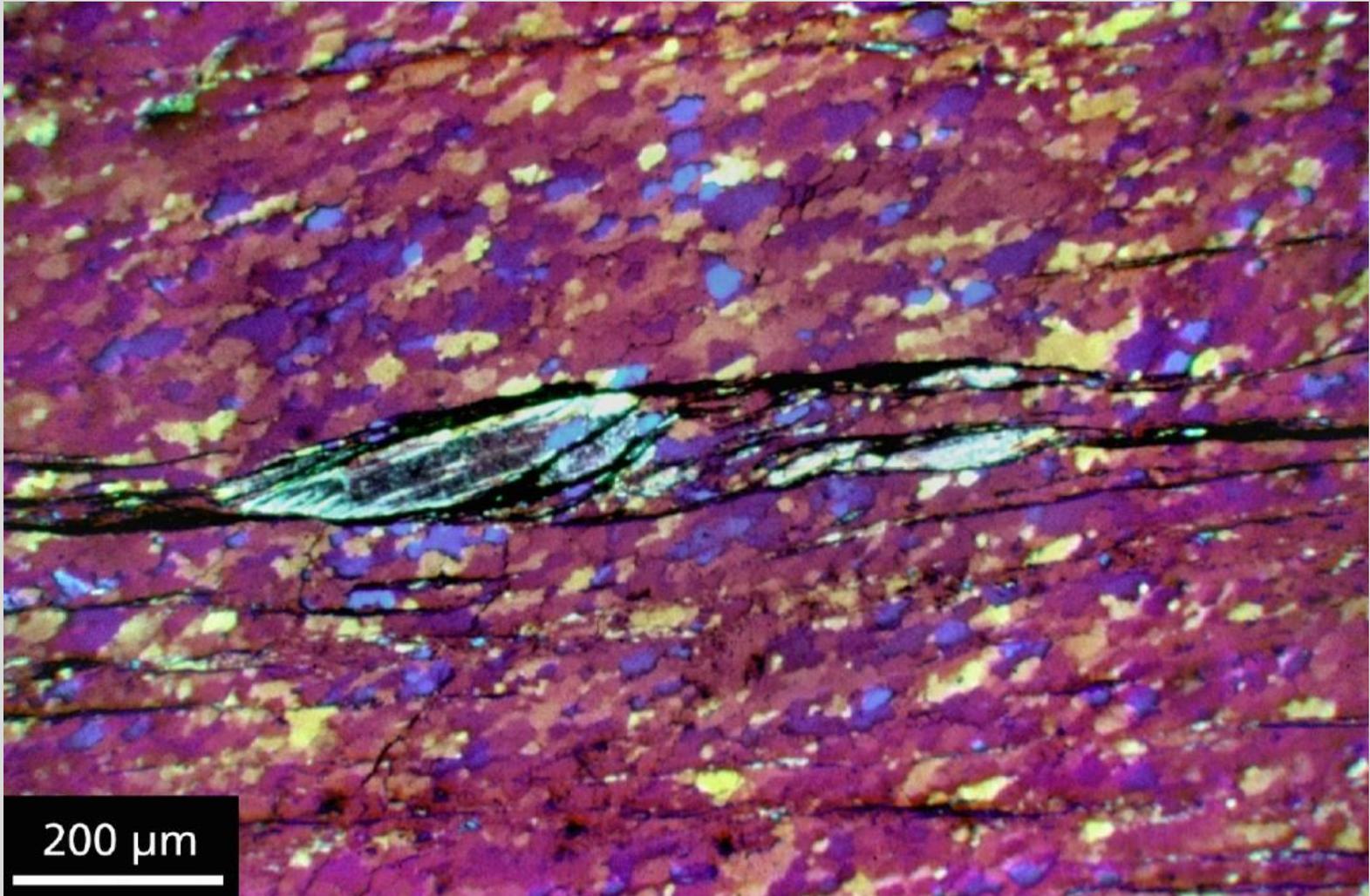
b SGR-recrystallisation



Recristalização dinâmica: competem deformação e recristalização
Rotação de subgrãos (temperatura intermediária)

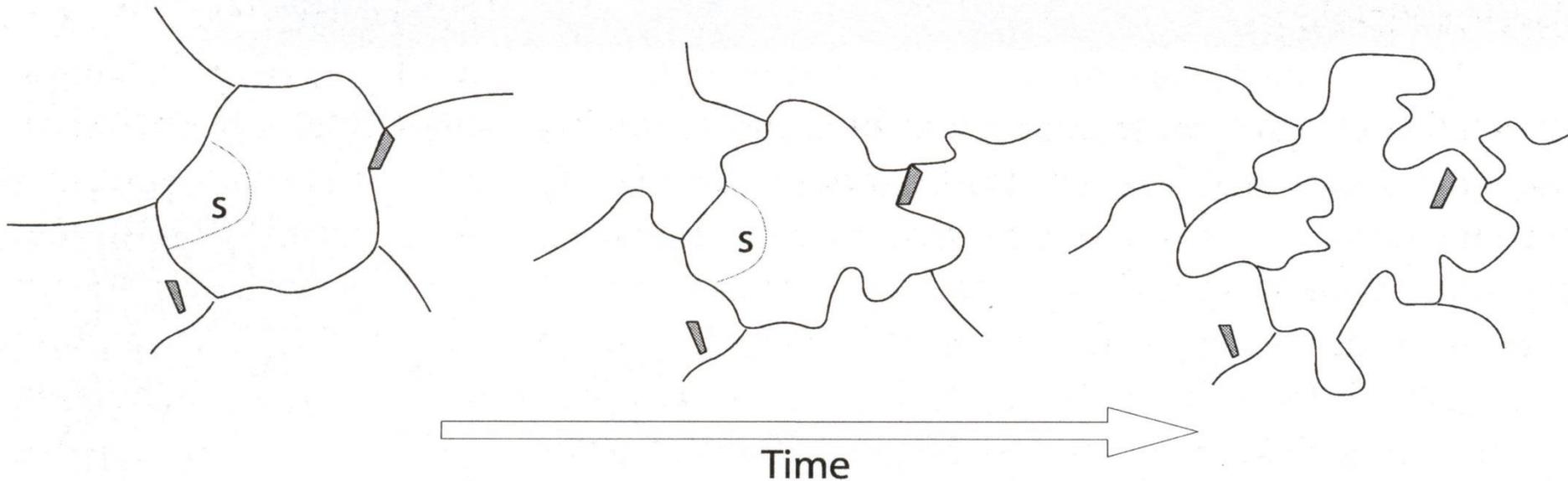


Milonito com foliação oblíqua (orientação preferencial de forma) definindo trama SC (fotomicrografia).



Recristalização dinâmica: competem deformação e recristalização
Migração de bordas de grãos (temperatura moderada a alta)

c GBM-recrystallisation



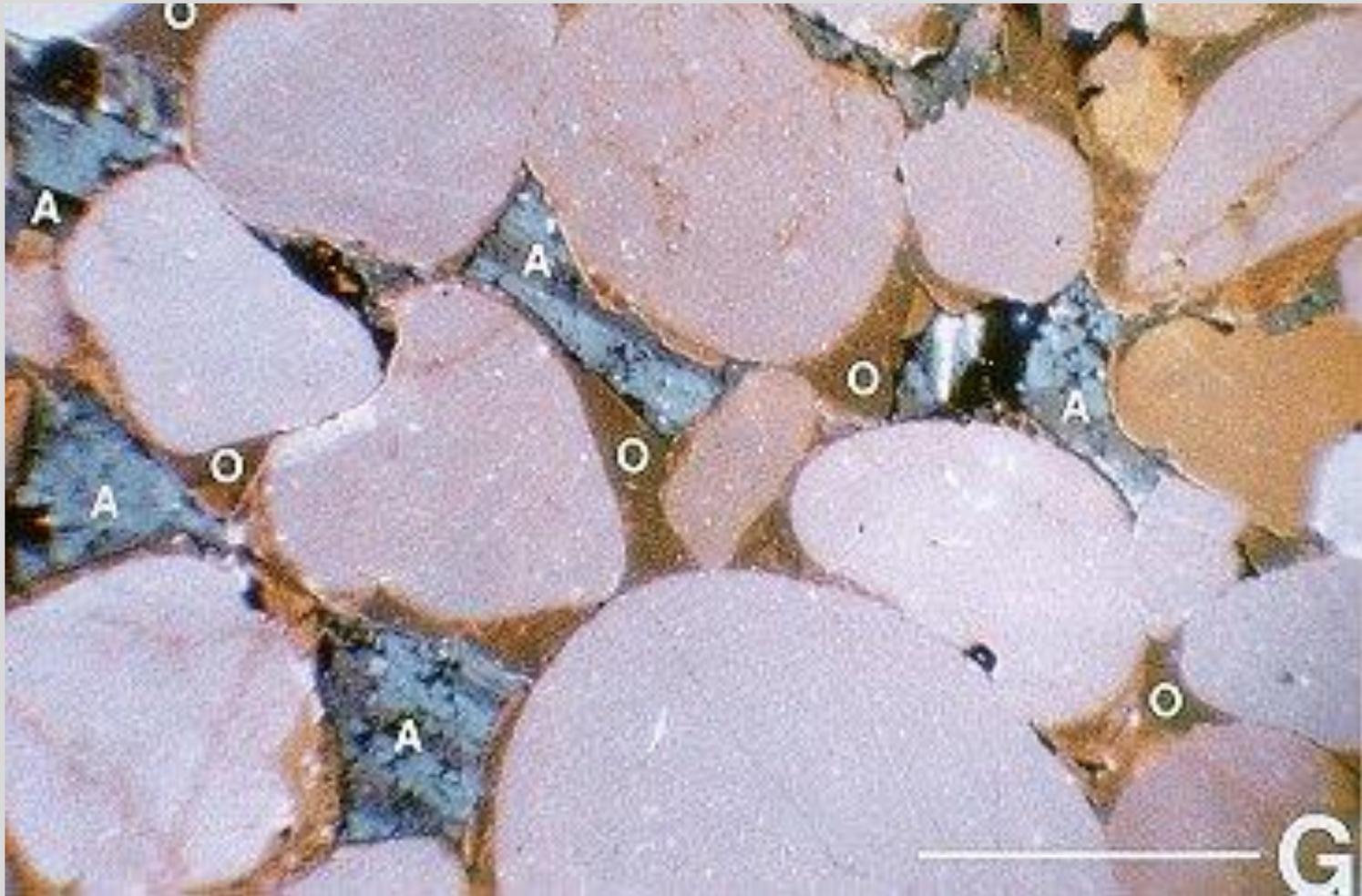
Recristalização dinâmica: competem deformação e recristalização
Migração de bordas de grãos (temperatura moderada a alta)



Migração de bordas de grãos

versus

Dissolução e reprecipitação

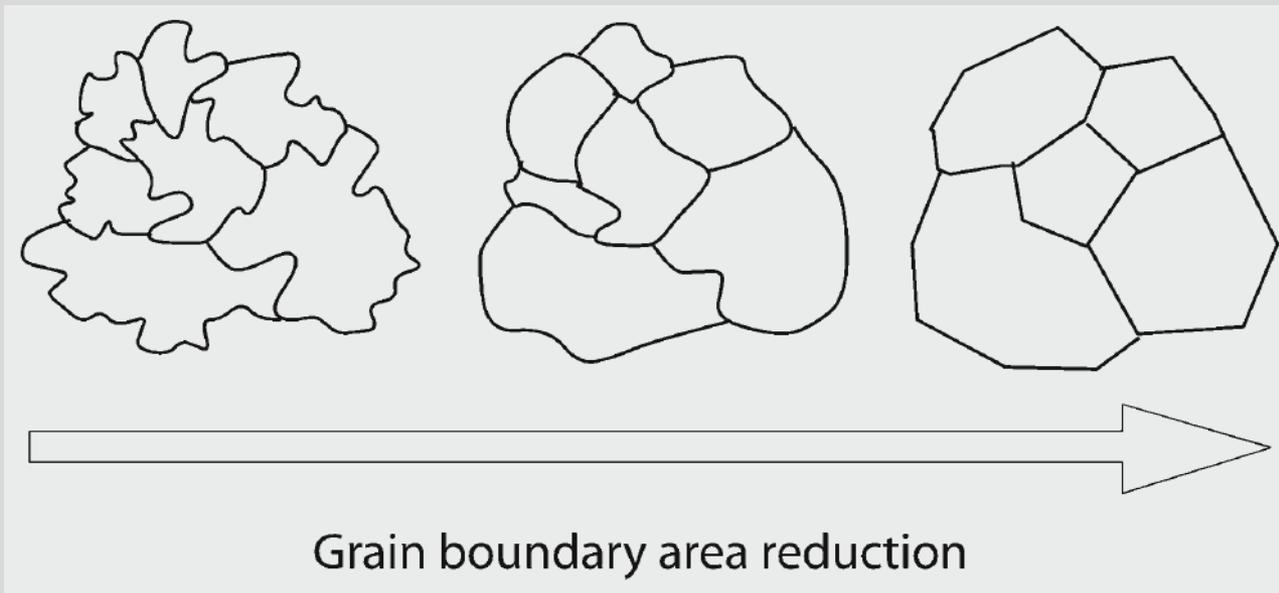


Textura poligonizada:

Além dos defeitos do retículo cristalino, bordas de grãos são considerados defeitos planares que contribuem para a energia interna livre de um volume de rocha.

Uma redução na área superficial total das bordas de grãos pode reduzir a energia interna livre de um agregado mineral.

Assim, bordas retas e grãos grossos são favorecidos de modo a reduzir a energia interna livre de um agregado.





PERGAMON

Journal of Structural Geology 24 (2002) 1861–1884

**JOURNAL OF
STRUCTURAL
GEOLOGY**

www.elsevier.com/locate/jstrugeo

The eastern Tonale fault zone: a ‘natural laboratory’ for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700 °C

Michael Stipp^{*}, Holger Stünitz, Renée Heilbronner, Stefan M. Schmid

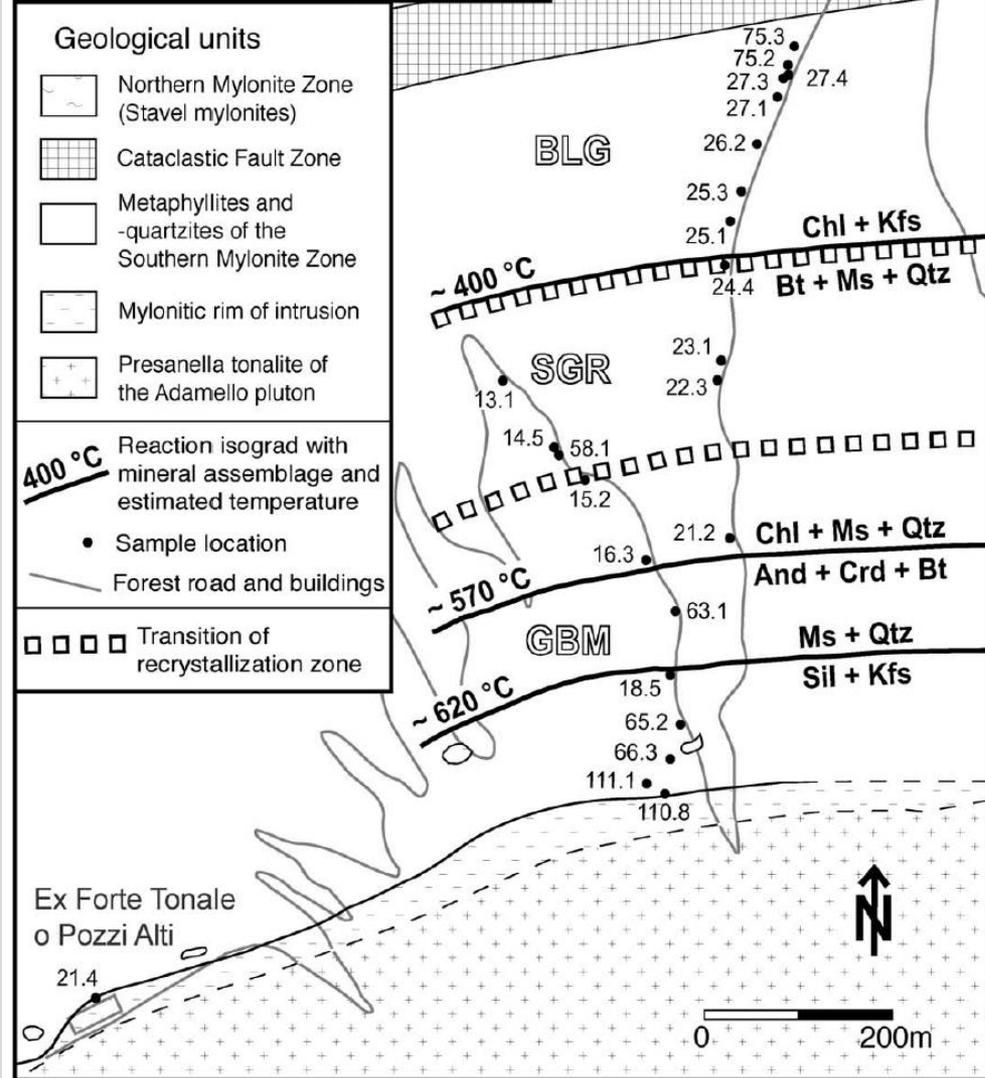
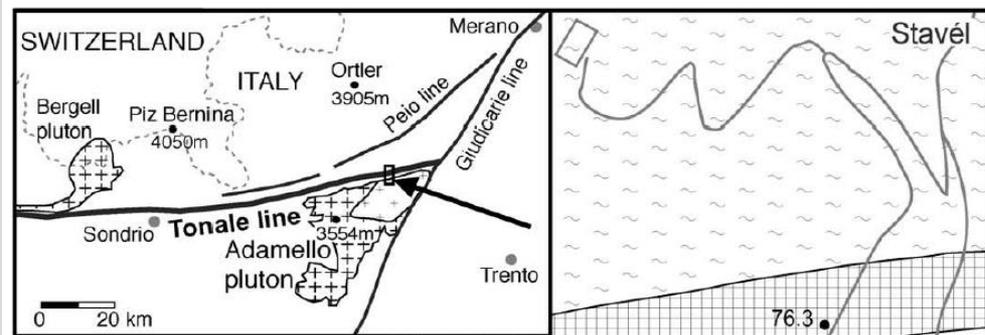
Department of Earth Sciences, Basel University, Bernoullistrasse 32, 4056 Basel, Switzerland

Received 30 November 2000; received in revised form 24 January 2002; accepted 26 February 2002

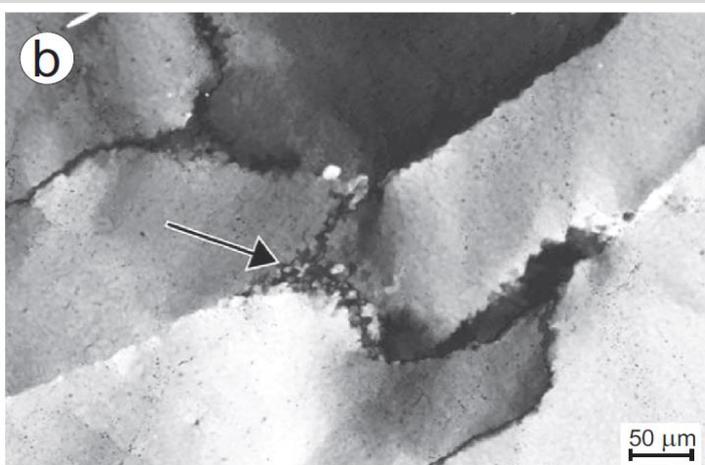
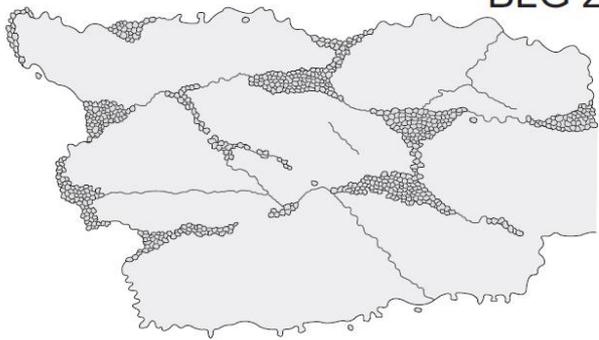
Abstract

Near the eastern end of the Tonale fault zone, a segment of the Periadriatic fault system in the Italian Alps, the Adamello intrusion produced a syn-kinematic contact aureole. A temperature gradient from ~ 250 to ~ 700 °C was determined across the Tonale fault zone using critical syn-kinematic mineral assemblages from the metasedimentary host rocks surrounding deformed quartz veins. Deformed quartz veins sampled along this temperature gradient display a transition from cataclasites to mylonites (frictional–viscous transition) at 280 ± 30 °C. Within the mylonites, zones characterized by different dynamic recrystallization mechanisms were defined: Bulging recrystallization (BLG) was dominant between ~ 280 and ~ 400 °C, subgrain rotation recrystallization (SGR) in the ~ 400 – 500 °C interval, and the transition to dominant grain boundary migration recrystallization (GBM) occurred at ~ 500 °C. The microstructures associated with the three recrystallization mechanisms and the transitions between them can be correlated with experimentally derived dislocation creep regimes. Bulk texture X-ray goniometry and computer-automated analysis of preferred [c]-axis orientations of porphyroclasts and recrystallized grains are used to quantify textural differences that correspond to the observed microstructural changes. Within the BLG- and SGR zones, porphyroclasts show predominantly single [c]-axis maxima. At the transition from the SGR- to the GBM zone, the texture of recrystallized grains indicates a change from [c]-axis girdles, diagnostic of multiple slip systems, to a single maximum in Y. Within the GBM zone, above 630 ± 30 °C, the textures also include submaxima, which are indicative of combined basal $\langle a \rangle$ - and prism [c] slip. © 2002 Elsevier Science Ltd. All rights reserved.

Keywords: Dynamic recrystallization; Quartz; Frictional-viscous transition; Mylonites; Texture analysis

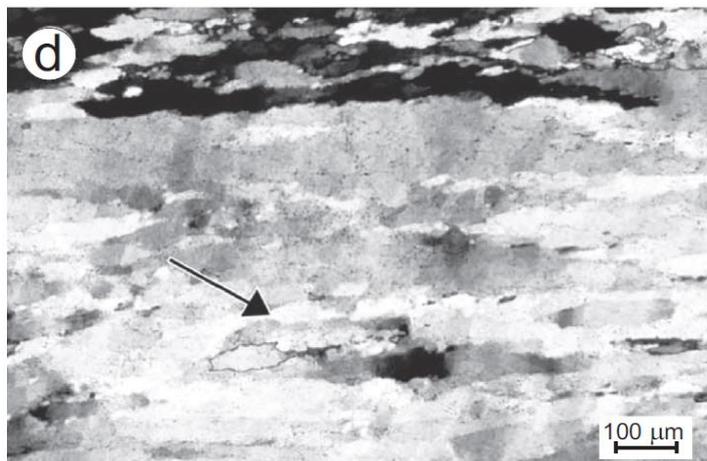
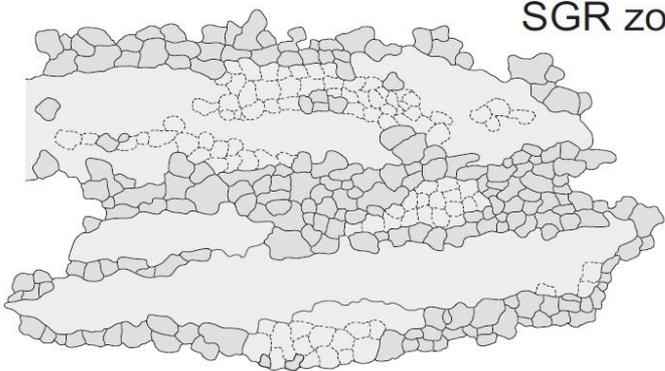


a BLG zone



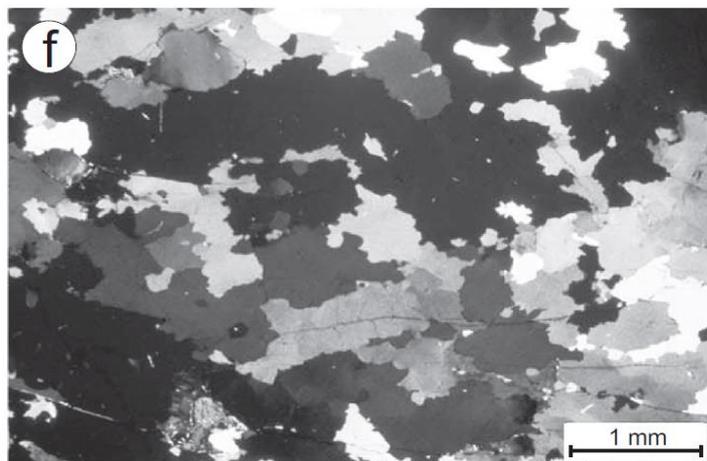
280-400°C

c SGR zone



400-500°C

e GBM zone



>500°C



Contents lists available at ScienceDirect

Tectonophysics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/tecto

Quartz recrystallization regimes, *c*-axis texture transitions and fluid inclusion reequilibration in a prograde greenschist to amphibolite facies mylonite zone (Ribeira Shear Zone, SE Brazil)

Frederico Meira Faleiros^{a,b,*}, Ginaldo Ademar da Cruz Campanha^b,
Rosa Maria da Silveira Bello^b, Kazuo Fuzikawa^c

^a CPRM—Geological Survey of Brazil, Rua Costa 55, Consolação, CEP 01304-010, São Paulo SP, Brazil

^b Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago 562, CEP 05508-900, São Paulo SP, Brazil

^c CDTN-CNEN, Laboratório de Inclusões Fluidas e Metalogênese, Rua Mario Werneck s/n, Cidade Universitária, CEP 66075-900, Belo Horizonte MG, Brazil

ARTICLE INFO

Article history:

Received 21 July 2009

Received in revised form 30 November 2009

Accepted 20 December 2009

Available online 4 January 2010

Keywords:

Mylonites

Quartz microstructures

Recrystallization

c-axis textures

Fluid inclusions

ABSTRACT

The crystal-plastic behavior of quartz mylonites from the Ribeira Shear Zone (SE Brazil), a major strike-slip structure that was active during a prograde metamorphic phase related to the Neoproterozoic Brasiliano–Pan African Orogeny, was investigated using a multi-method approach. Geothermobarometry results indicate deformational conditions ranging from ~300 to ~630 °C and 500–700 MPa. A strong correlation between mapped metamorphic zones and a dominance of different dynamic recrystallization mechanisms of quartz occurs within the mylonite zone. Bulging recrystallization (BLG) dominates within the chlorite zone between 300 and 410 °C, subgrain rotation recrystallization (SGR) operates within the biotite zone from 410 to 520 °C, and grain boundary migration recrystallization (GBM) dominates in the garnet zone above 520 °C. The development of quartz *c*-axis textures is mainly governed by temperature and dynamic recrystallization mechanisms. Textures from BLG zone mylonites are characterized by maxima around Z; SGR zone mylonites display single girdles or asymmetric type I crossed girdles; and GBM zone mylonites comprise maxima around Y and intermediate between X and Z. The scarcity or absence of water-bearing fluid inclusions in quartz mylonites from the SGR and GBM zones, which are dominated by carbonic inclusions, suggests water-deficient conditions, whereas BLG zone mylonites are dominated by water-bearing inclusions. This evidence indicates that water was available in the protoliths but has been eliminated with increasing deformation and deformation temperature. No effect of the water content variation on the quartz microstructural and recrystallized grain size evolution was detected, and little influence on *c*-axis texture development was observed. Most of the fluid inclusion densities were reequilibrated during the shear zone exhumation history, recording a decompression in the range of 300–500 MPa, while microstructural reequilibration effects related to the prograde metamorphism are largely preserved. Fluid inclusion microstructures and densities from two SGR zone samples preserved evidence for a near isothermal compression within the interior of the Ribeira Shear Zone during the prograde metamorphism.

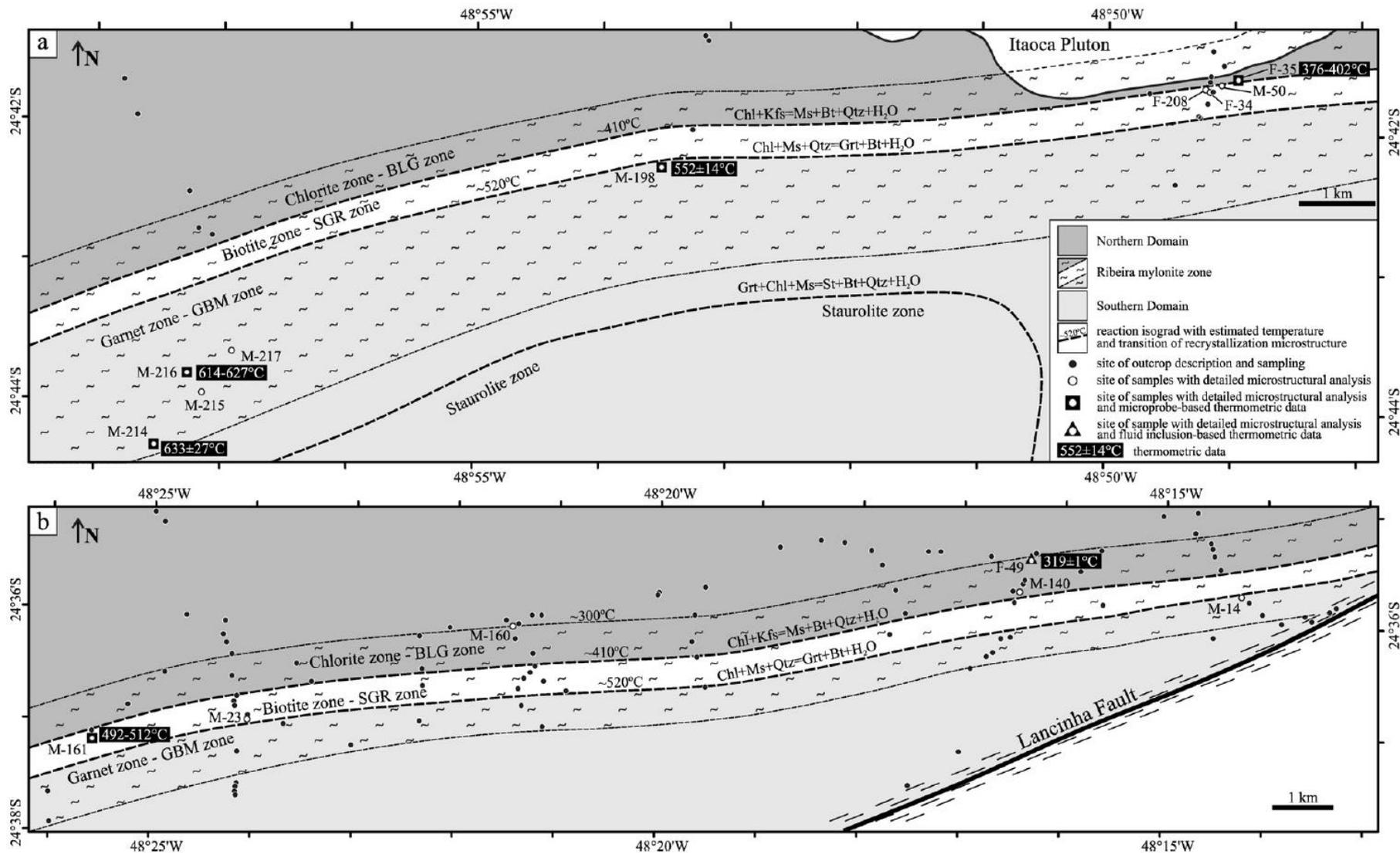


Fig. 2. Maps of metamorphic and microstructural zoning and location of sites of outcrop description and analyzed samples. Temperatures of isograd reactions are inferred from combinations of geothermobarometry data, phase relations and published petrogenetic grids.

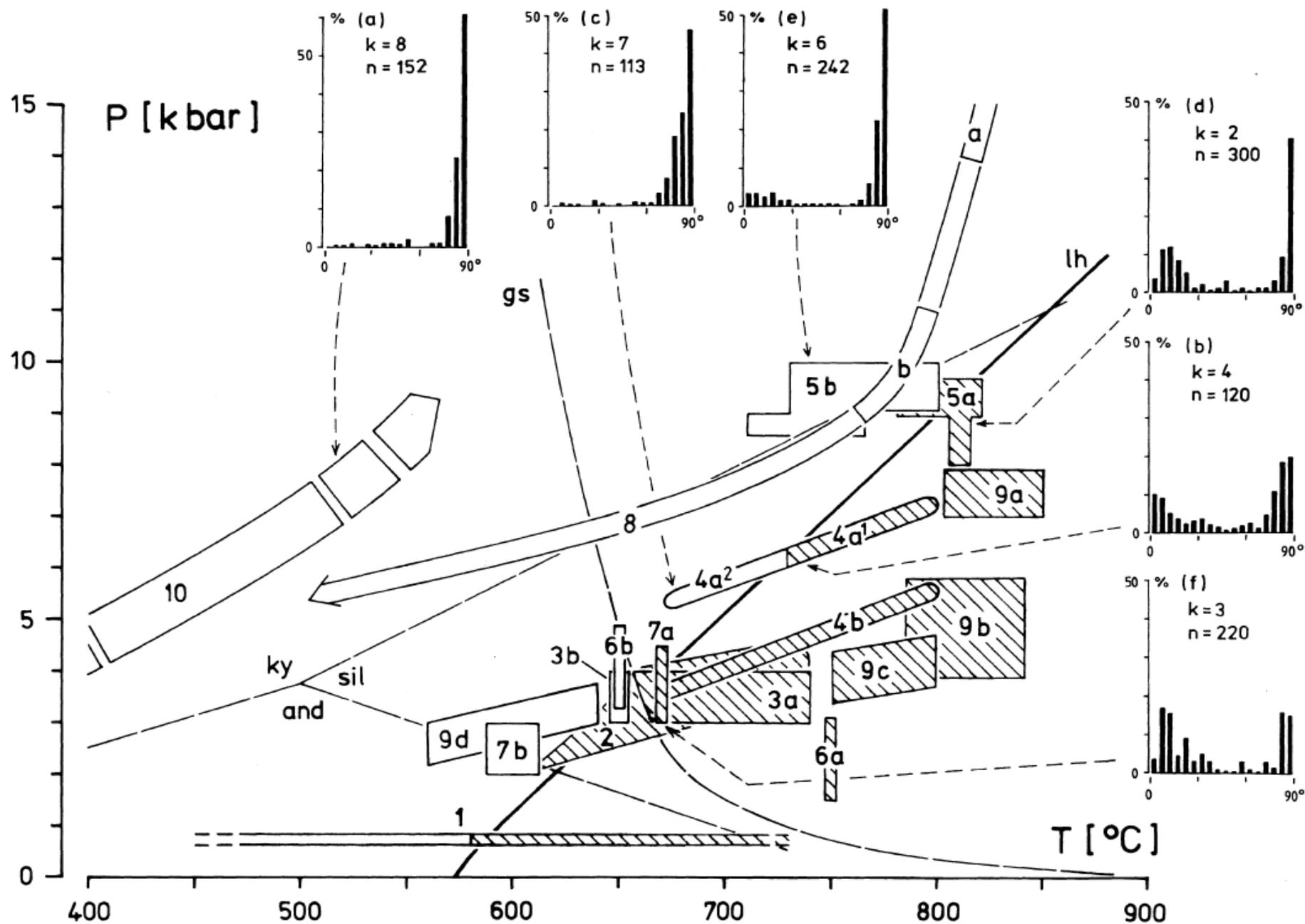
Prism- and basal-plane parallel subgrain boundaries in quartz: a microstructural geothermobarometer

J. H. KRUHL

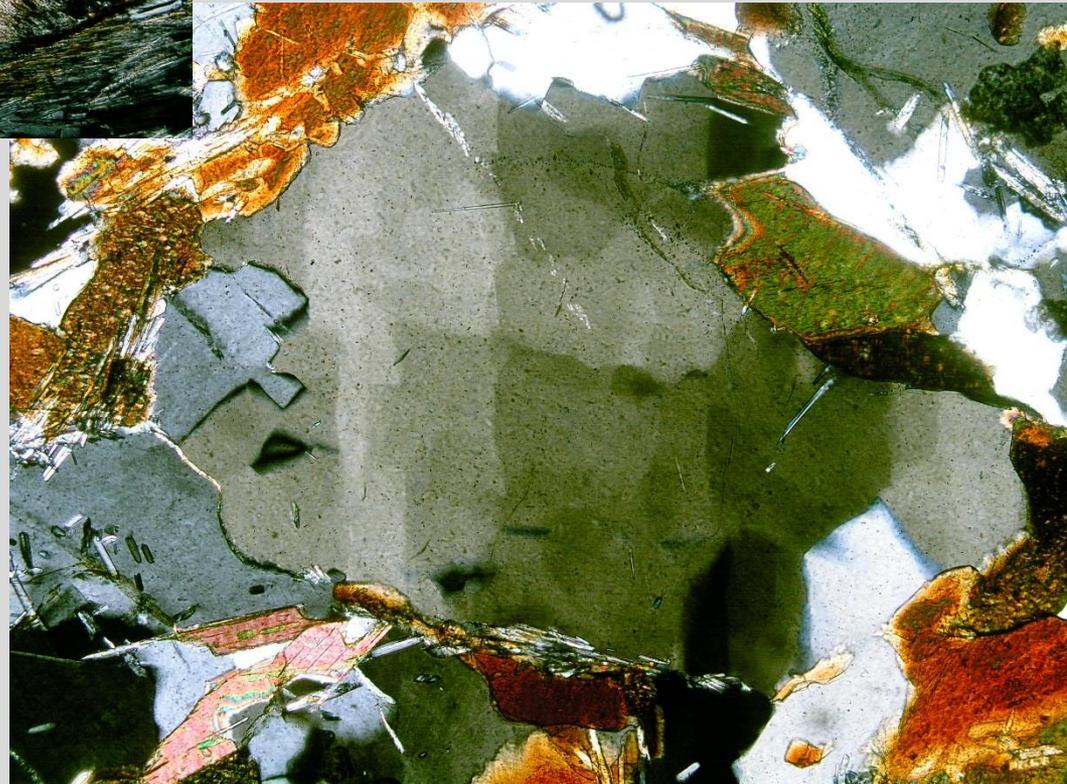
*Geologisch-Paläontologisches Institut, JW Goethe-Universität, D-60054 Frankfurt am Main, Germany
(email: kruhl@em.uni-frankfurt.d400.de)*

ABSTRACT Empirical data on quartz subgrain patterns from various metamorphic rocks show that, at least up to 10 kbar in the stability field of low-quartz, prismatic subgrain boundaries are dominant whereas basal subgrain boundaries are not developed. In the high-quartz stability field, both prismatic and basal subgrain boundaries occur and form typical rectangular ('chessboard') patterns. The likely reason behind the different occurrence of these subgrain patterns is that in high-quartz prismatic glide becomes as easy as, or probably even easier than, basal glide. The two types of subgrain patterns can be clearly distinguished by optical microscopy. Consequently, the occurrence of chessboard subgrain patterns in quartz represents a practicable geothermobarometer. The possibilities of its application are far reaching and include the specification of deformation conditions at high-grade metamorphism, the recognition of syntectonic intrusions and the distinction between pluton emplacement at lower and at higher crustal levels.

Key words: geothermobarometer; low- to high-quartz transition; quartz; subgrain boundaries.



Bordas retangulares de grãos



- Forte controle cristalográfico na migração de bordas de grãos.
- Alta mobilidade.
- Alta temperatura.

Feldspatos:

Comportamento rúptil até $\sim 450^{\circ}\text{C}$

Extinção ondulante: $T > 450^{\circ}\text{C}$

Recristalização dinâmica: $T > 500^{\circ}\text{C}$ (BLG)

Recristalização por rotação de subgrãos: $650\text{-}850^{\circ}\text{C}$

Recristalização por migração de bordas de grãos: $T > 850^{\circ}\text{C}$



Feldspatos:

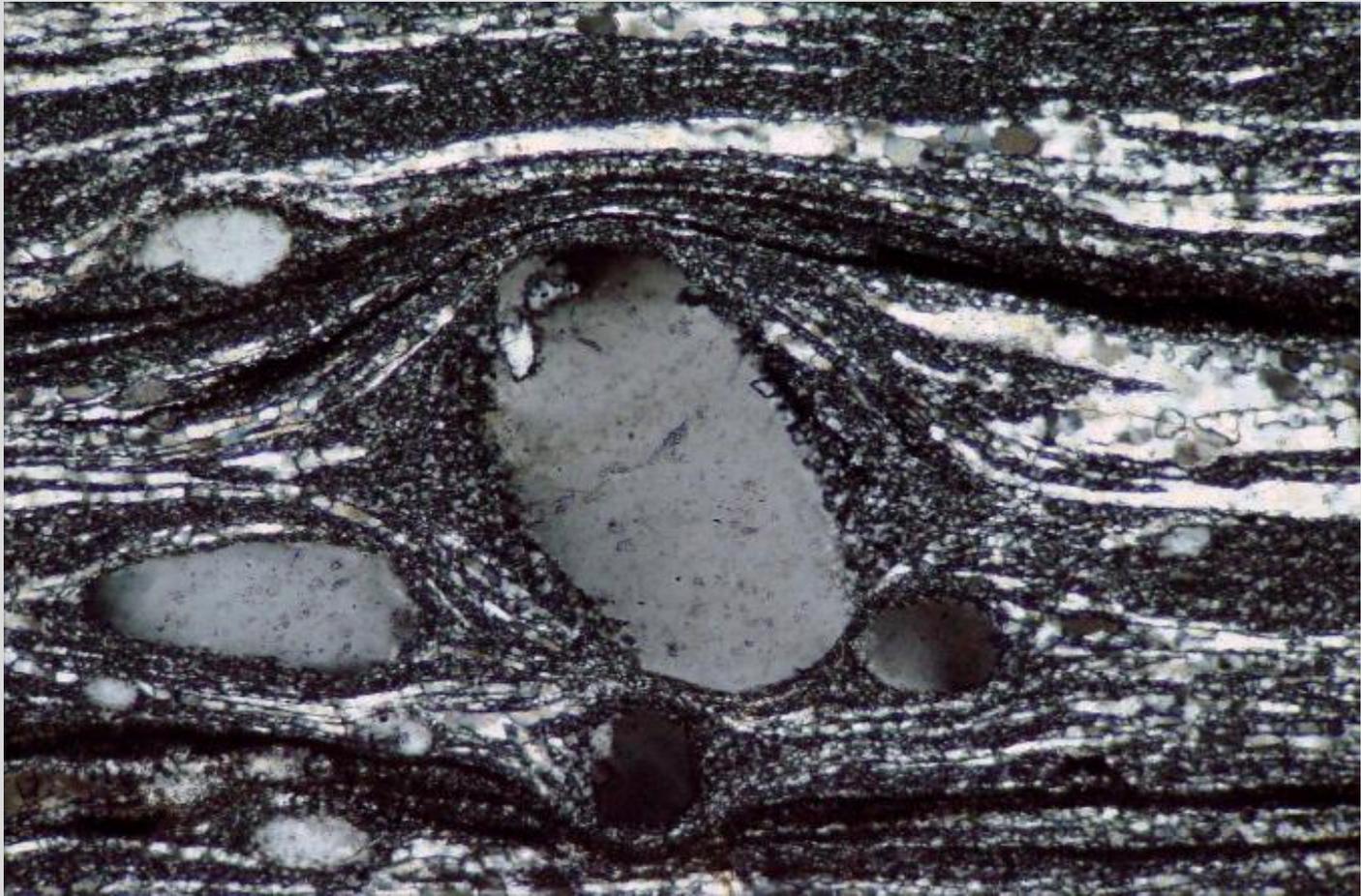
Comportamento rúptil até $\sim 450^{\circ}\text{C}$

Extinção ondulante: $T > 450^{\circ}\text{C}$

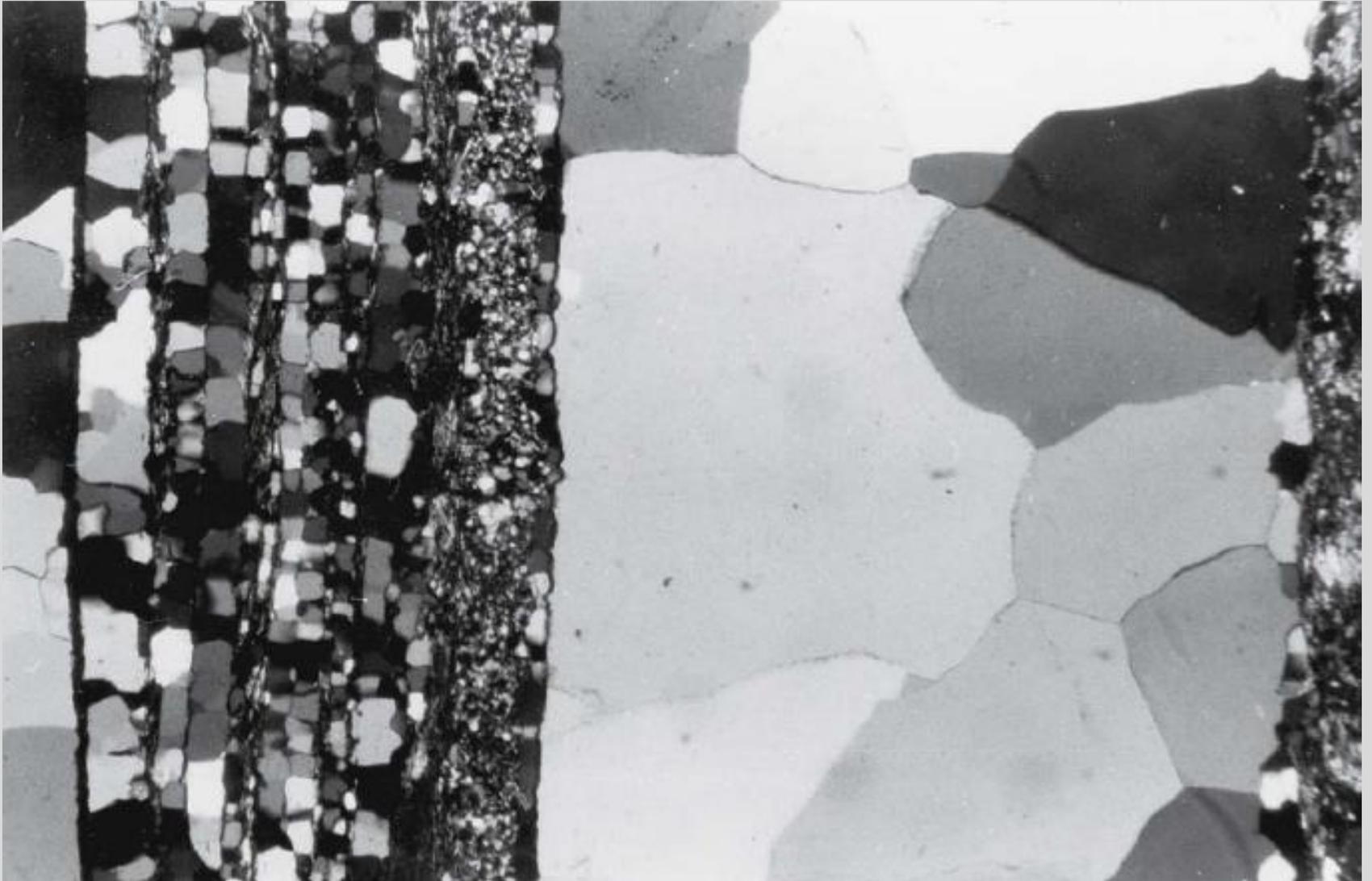
Recristalização dinâmica: $T > 500^{\circ}\text{C}$ (BLG)

Recristalização por rotação de subgrãos: $650\text{-}850^{\circ}\text{C}$

Recristalização por migração de bordas de grãos: $T > 850^{\circ}\text{C}$



Quartzo versus feldspato



Quartzo versus feldspato (milonito de alta temperatura)



Ortopiroxênio recristalizado (milonito de alta temperatura)



Parte 2:

Metamorfismo de metapelitos ricos em
 Al_2O_3

Composição química dos metapelitos

Análises químicas de argilitos e metapelitos

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 1 → SiO ₂ | 64.7 | 64.0 | 61.5 | 65.9 | 56.3 |
| TiO ₂ | 0.80 | 0.81 | 0.87 | 0.92 | 1.05 |
| 2 → Al ₂ O ₃ | 17.0 | 18.1 | 18.6 | 19.1 | 20.2 |
| 5 → MgO | 2.82 | 2.85 | 3.81 | 2.30 | 3.23 |
| 3 → FeO | 5.69 | 7.03 | 10.0 | 6.86 | 8.38 |
| MnO | 0.25 | 0.10 | | | 0.18 |
| CaO | 3.50 | 1.54 | 0.81 | 0.17 | 1.59 |
| Na ₂ O | 1.13 | 1.64 | 1.46 | 0.85 | 1.86 |
| 4 → K ₂ O | 3.96 | 3.86 | 3.02 | 3.88 | 4.15 |
| P ₂ O ₅ | 0.15 | 0.15 | | | |
| Total | 100.00 | 100.08 | 100.07 | 99.98 | 96.94 |

* Reported on a volatile-free basis (normalized to 100%) to aid comparis

1. "North American Shale Composite". Gromet *et al.* (1984). 2. Average of ~100 published shale and slate analyses (Ague, 1991). 3. Ave. pelite-pelagic clay (Carmichael, 1989). 4. Ave. of low -grade pelitic rocks, Littleton Fm, N.H. (Shaw , 1956). 5. Ave. of

Principais componentes:

SiO₂, Al₂O₃, FeO_t, MgO, K₂O, H₂O

Componentes menores:

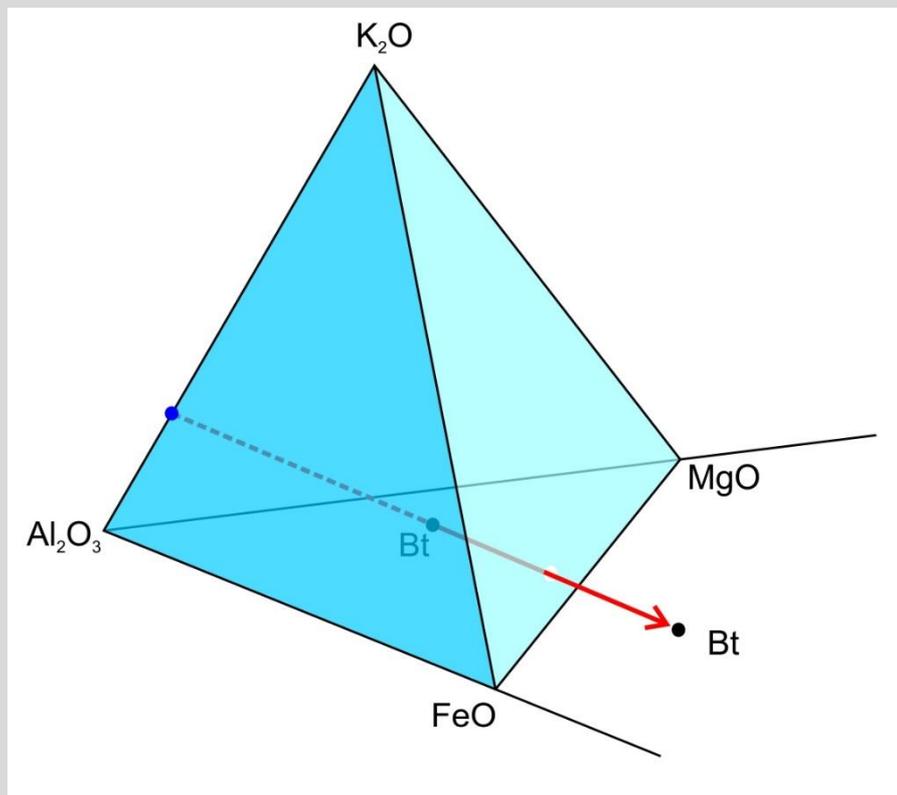
Na₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃

Alto conteúdo de água:

água liberada durante o metamorfismo ajuda a manter o equilíbrio químico

No início do metamorfismo as rochas estão em seu estado mais hidratado.

Representação quimiográfica simplificada



Artifícios

6) Se um componente ocorre em número restrito de fases e uma delas ocorre em excesso, esse componente pode ser eliminado se a projeção for feita a partir dessa fase.

K_2O - muscovita - em excesso em metapelitos de fácies xisto verde inferior a anfibolito superior

K_2O também está presente na biotita e no feldspato potássico.

Muscovita: $K_2Al_6Si_6O_{20}(OH)_4$
1 K_2O : 3 Al_2O_3 : 6 SiO_2 : 2 H_2O

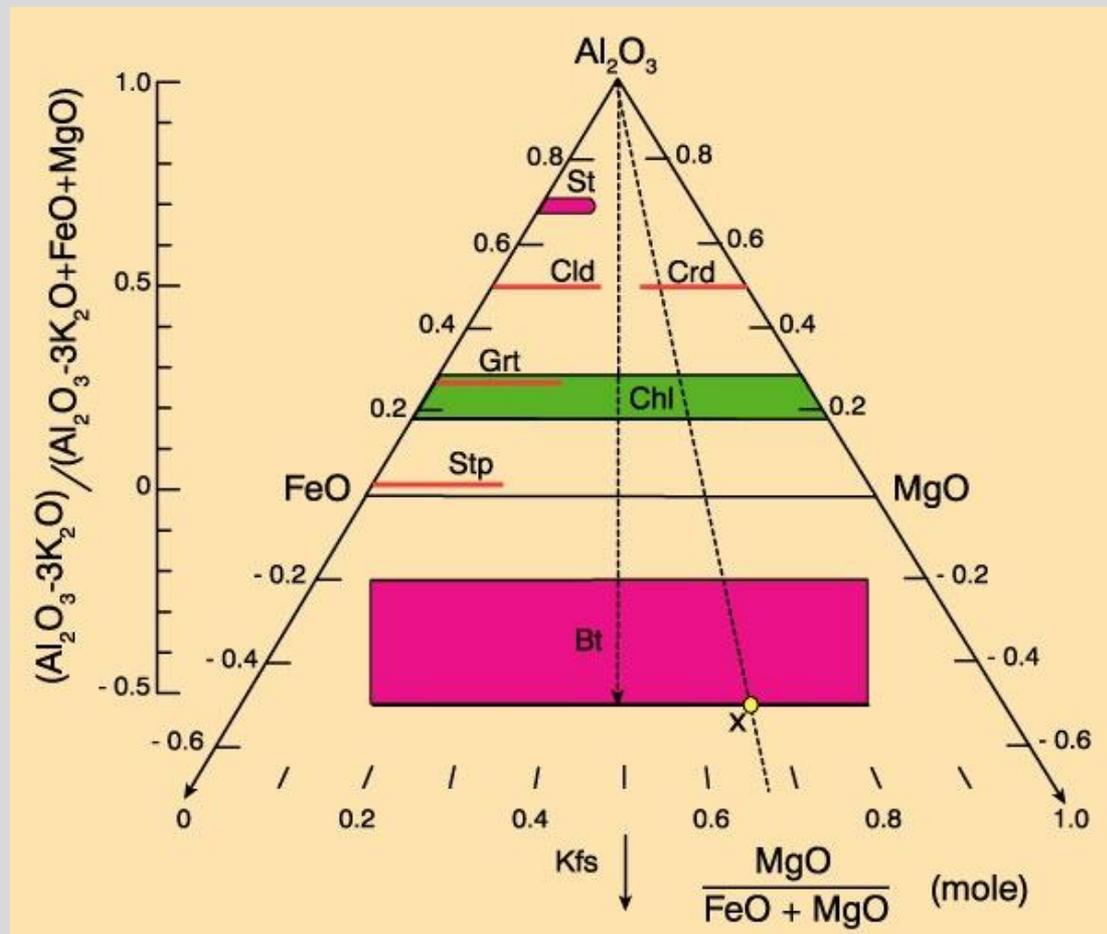
Diagrama AFM (J.B. Thompson, 1957)

Biotita: $\text{KMg}_2\text{FeSi}_3\text{AlO}_{10}(\text{OH})_2$

0,5 K_2O : 2 MgO : 1 FeO : 3 SiO_2 : 0,5 Al_2O_3 : 1 H_2O

$$A = \frac{\overset{\text{Al}_2\text{O}_3}{0,5} - 3(\overset{\text{K}_2\text{O}}{0,5})}{\underset{\text{Al}_2\text{O}_3}{0,5} - 3(\overset{\text{K}_2\text{O}}{0,5}) + \underset{\text{FeO}}{1} + \underset{\text{MgO}}{2}} = -0,5$$

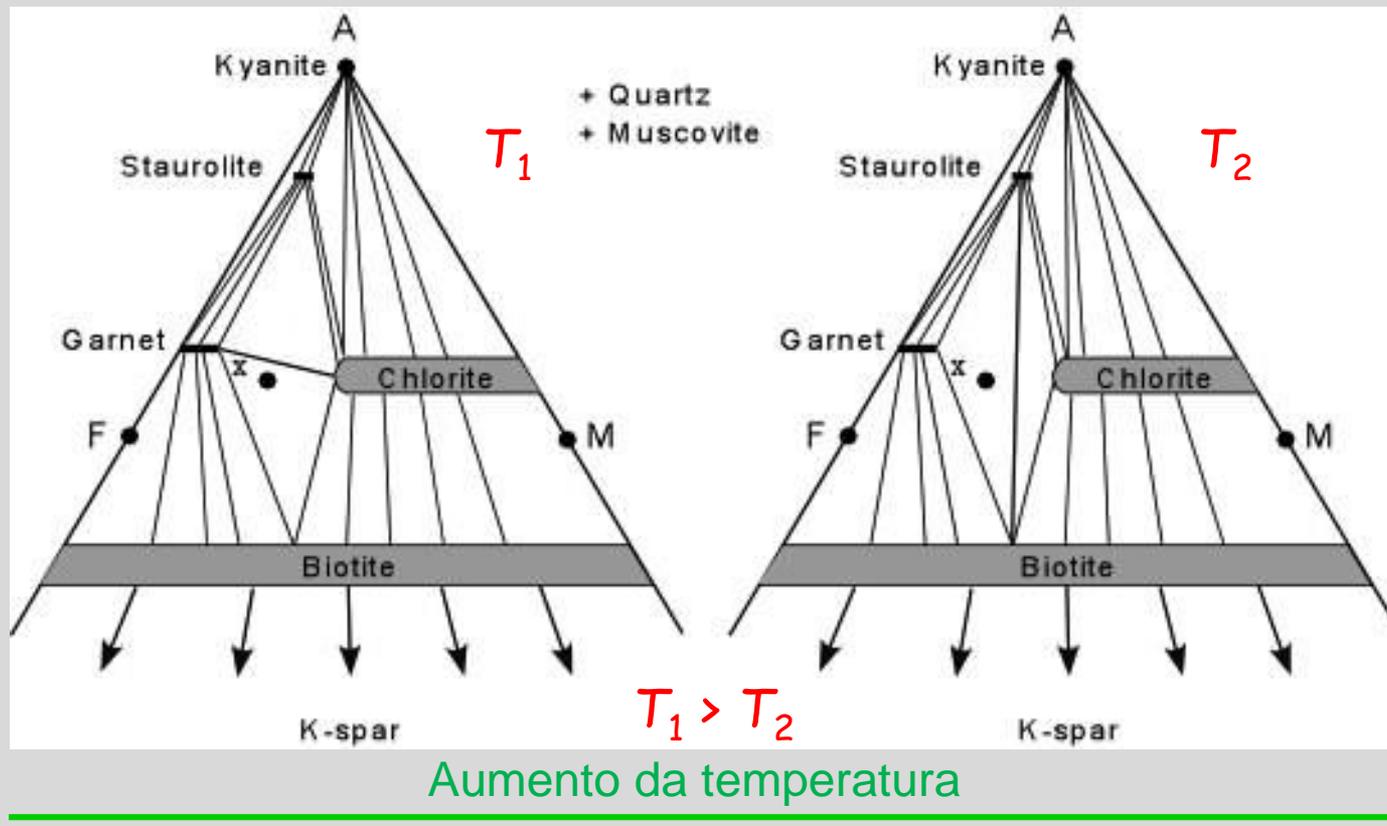
$$X_{\text{Mg}} = \frac{\overset{\text{MgO}}{2}}{\underset{\text{FeO}}{1} + \underset{\text{MgO}}{2}} = 0,67$$



A rocha 'x' apresenta na condição de temperatura T_1 a paragénese Grt + Bt + Chl. Na temperatura T_2 a mesma rocha apresenta a paragénese Grt + Bt + St. O que aconteceu?

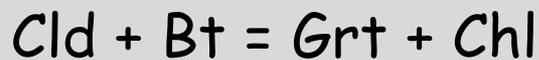
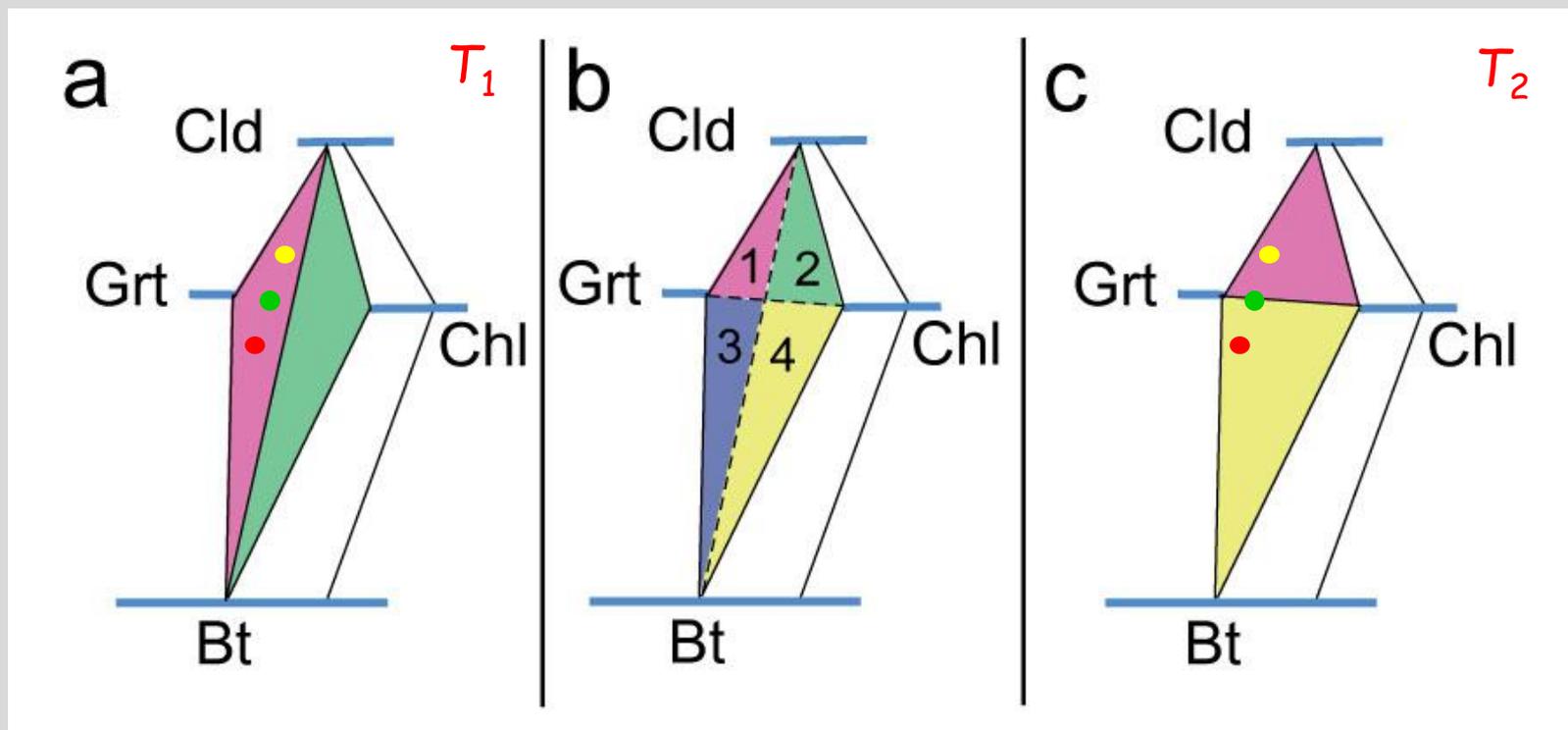
Reação $\text{Grt} + \text{Chl} = \text{St} + \text{Bt}$

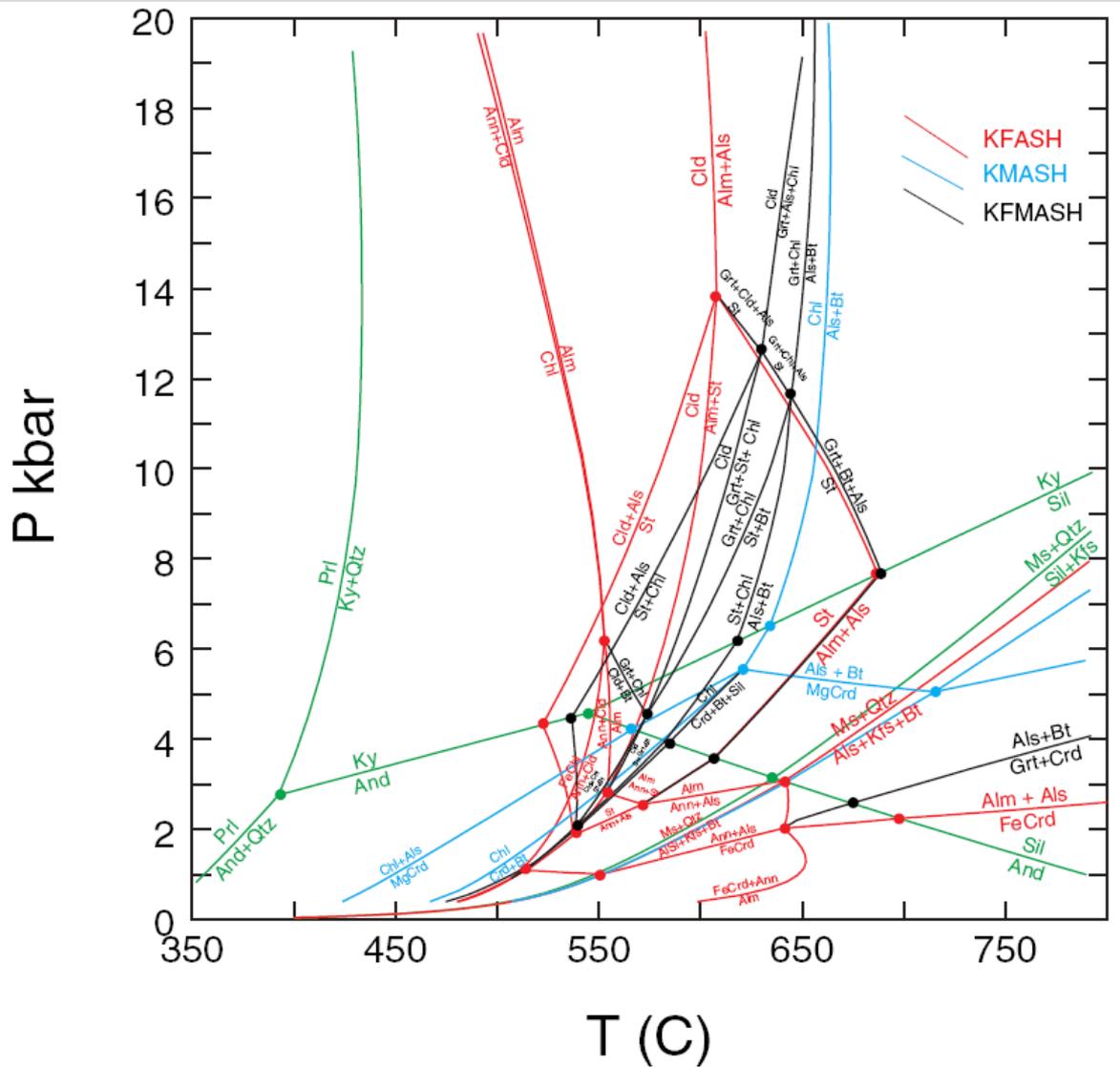
Reação $\text{Grt} + \text{Chl} + \text{Ms} = \text{St} + \text{Bt} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$



O diagrama AFM é um diagrama de fases *stricto sensu* e permite a dedução de reações metamórficas no sistema KFMASH.

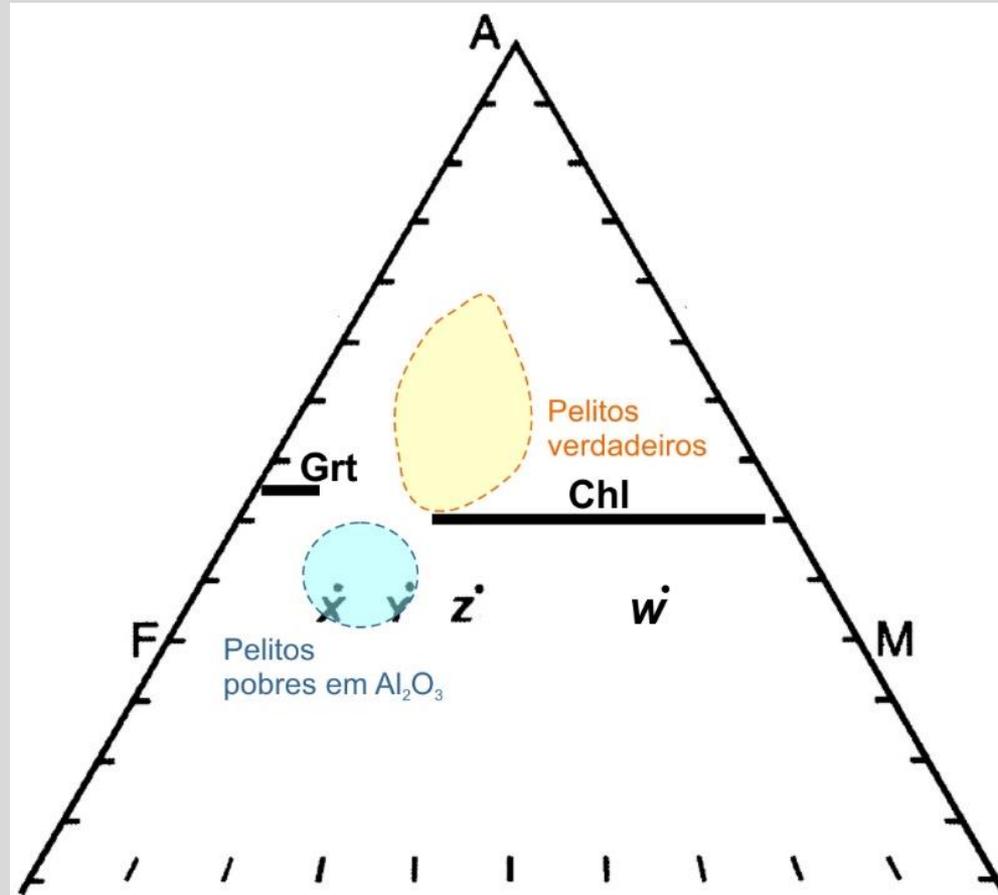
O que acontece com as três rochas de composições diferentes?





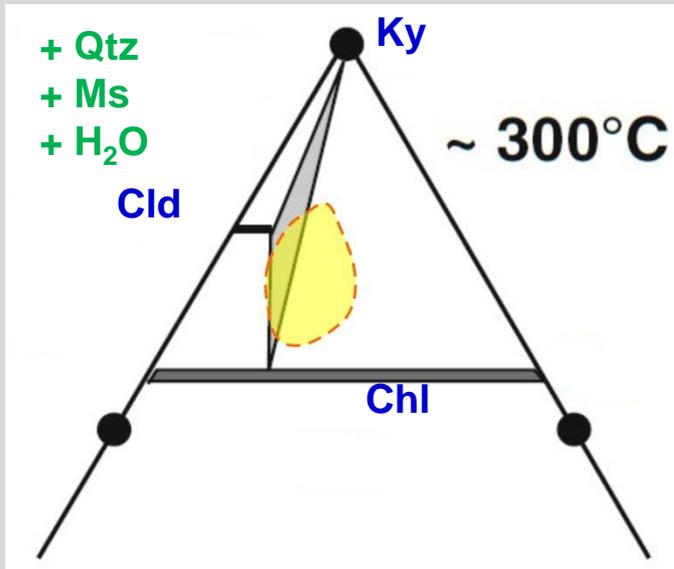
Spear & Cheney, inédito
versão com cloritóide

Zonas metamórficas e variações composicionais



Metapelitos ricos em Al

Zona do Cloritóide



Reações:
 $\text{Fe-Chl} + \text{Prl} = \text{Fe-Cld} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$
(KFASH)

$\text{Prl} = \text{Ky} + \text{Qtz}$ (ASH)



F.M. Faleiros & L.F. Cury (inédito)

Zona do Cloritóide (ricos em Al)

versus

Zona da Biotita (pobres em Al)

> 400°C

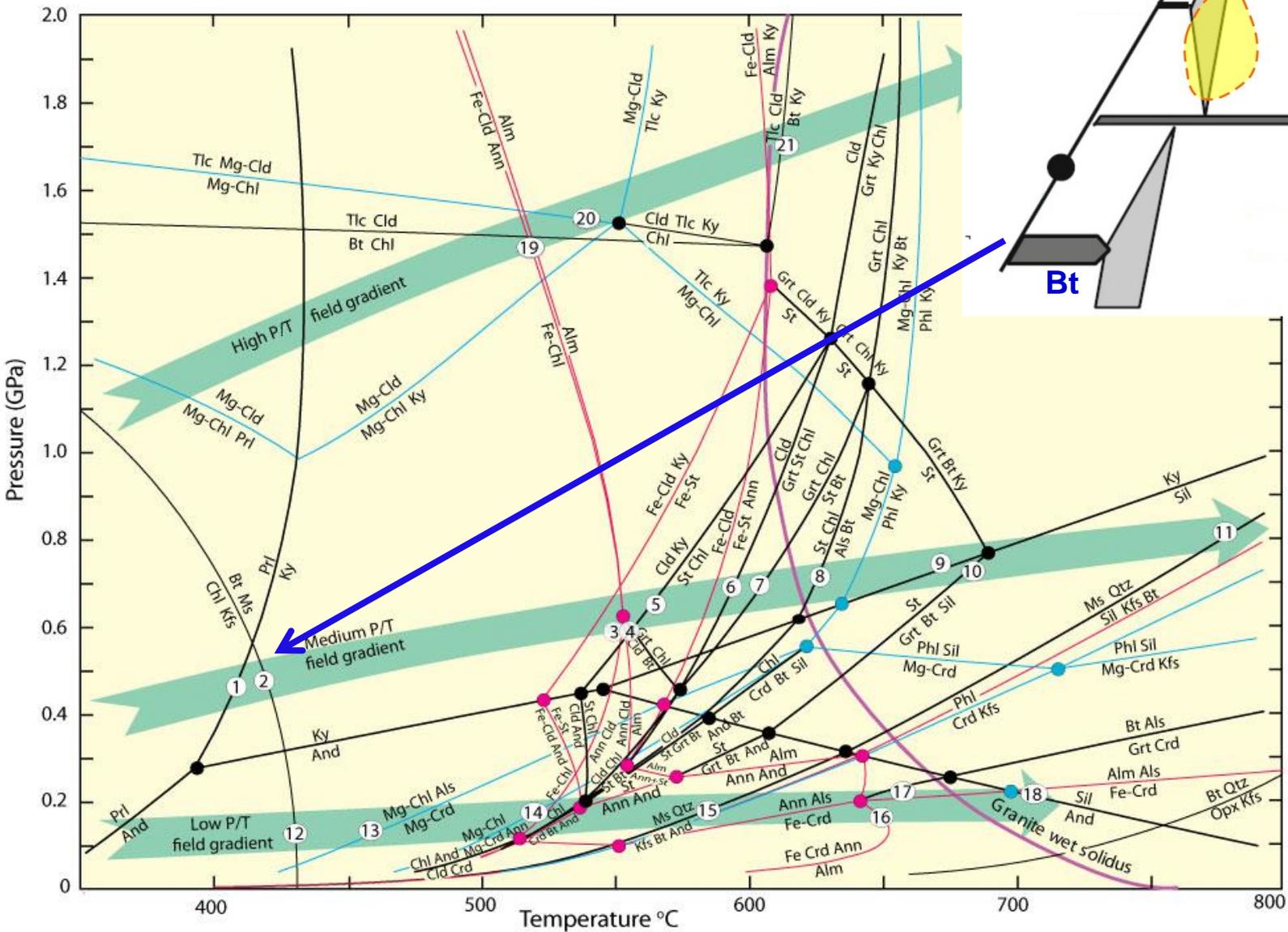
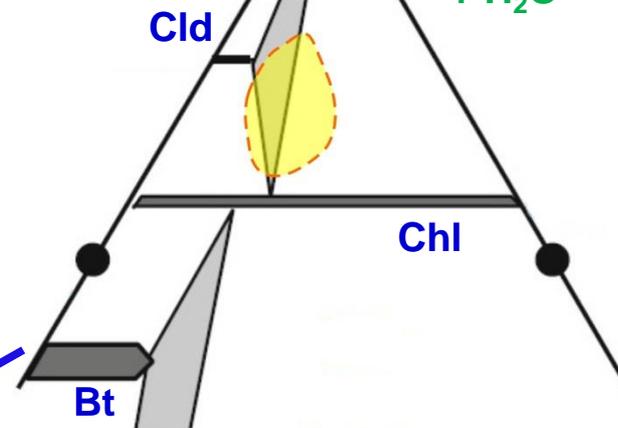
> 4 kbar

Ky

+ Qtz

+ Ms

+ H₂O

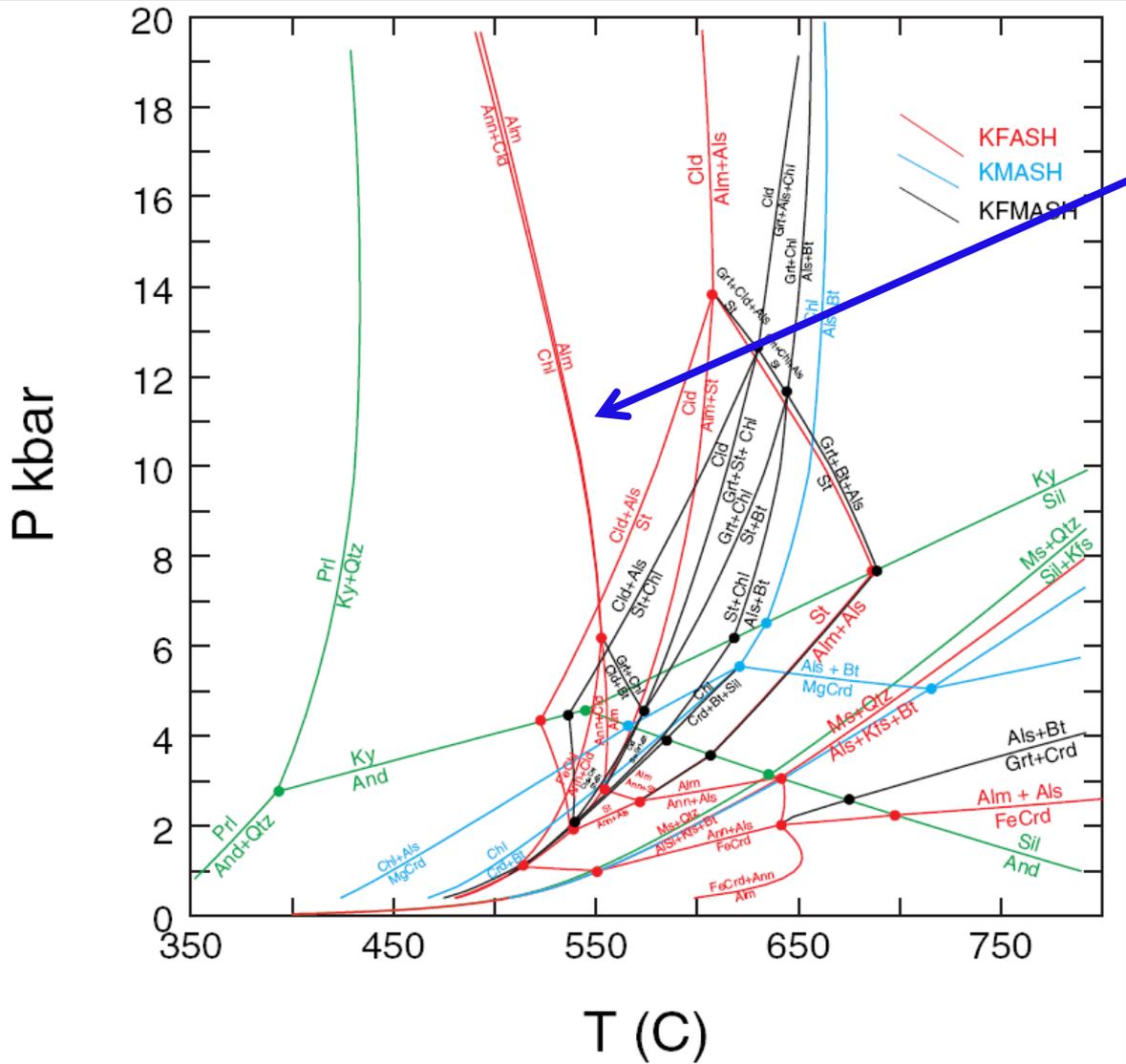
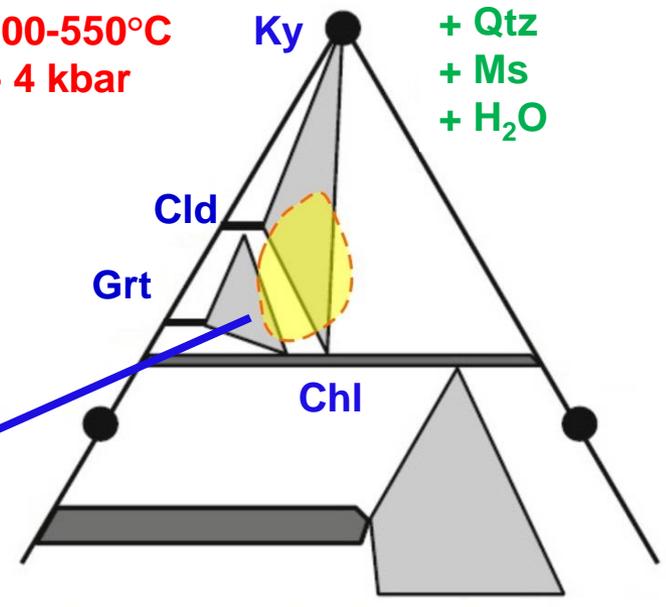


Zona da Granada

Reação contínua no sistema KFMASH:

Chl – Grt

500-550°C
> 4 kbar

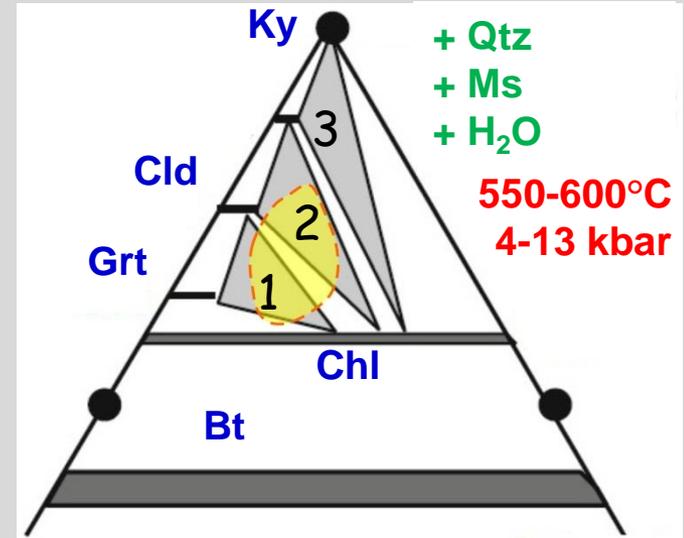


Dentre os metapelitos verdadeiros afeta composições mais ricas em Fe e mais pobres em Al.

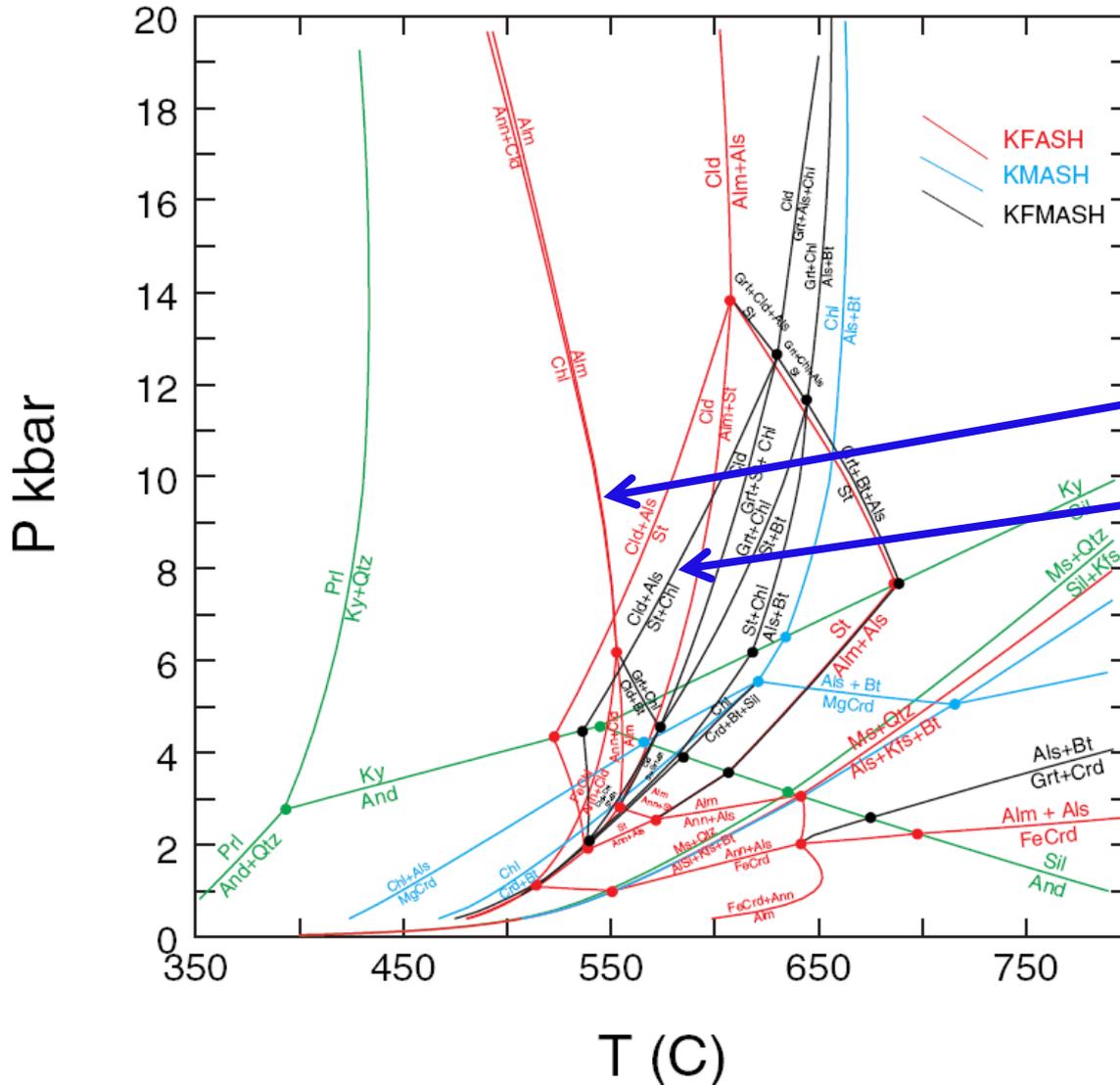
Composições ricas em Al continuam com paragênese Cld + Chl + Ky.

Grt rica em Mn aparece em temperaturas mais baixas ~450°C.

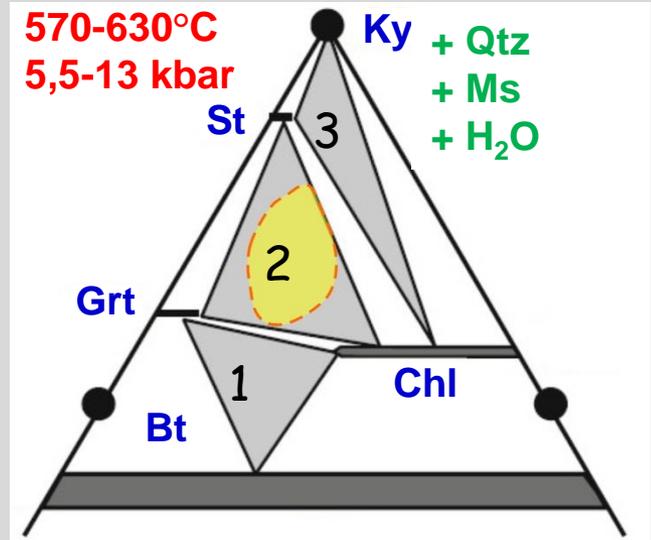
Zona da Estaurolita (fácies anfibolito inferior)



- 1) Chl – Grt
- 2) Ky + Cld = St + Chl
- 3) Ky + Cld = St + Chl



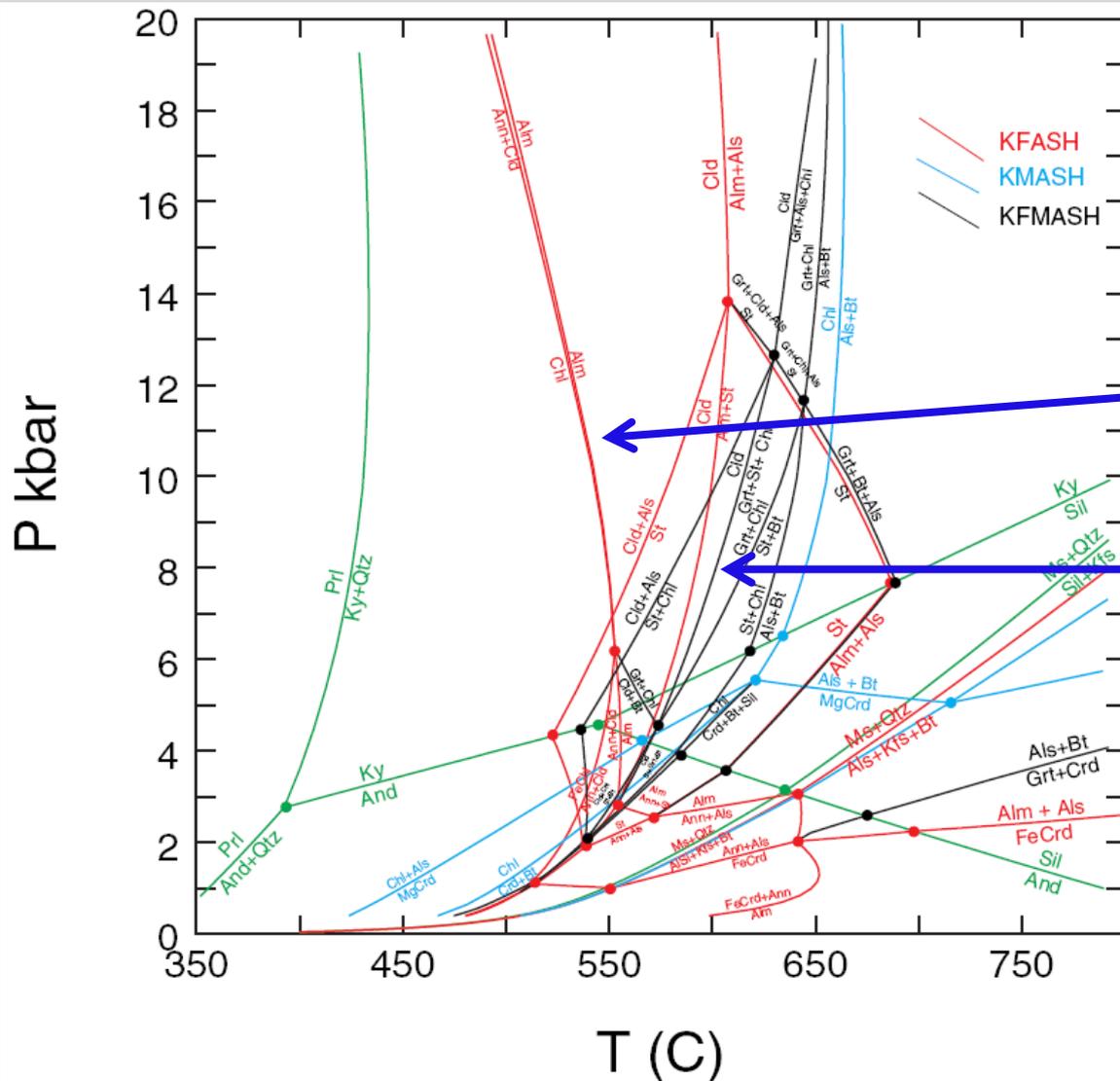
Zona da Estaurolita (Cloritóide-fora)



1) $\text{Chl} + \text{Ms} = \text{Grt} + \text{Bt} + \text{Qtz} + \text{H}_2\text{O}$

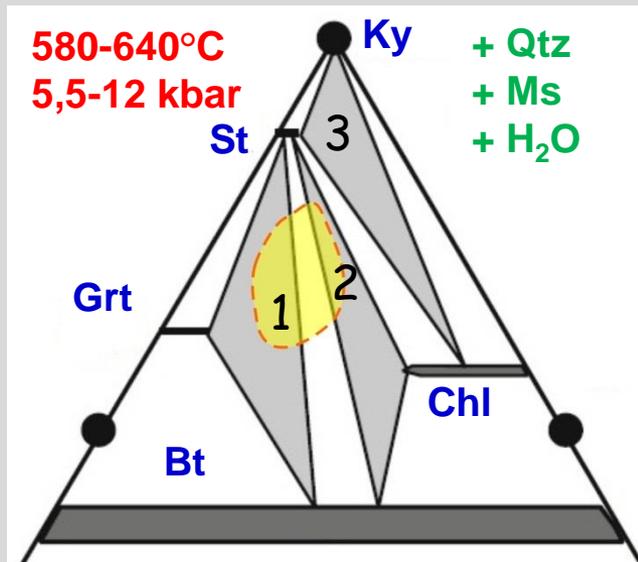
2) $\text{Cld} = \text{Grt} + \text{St} + \text{Chl}$

Rocha 3 não é afetada pela reação (2), pois Cld já havia sido exaurido.

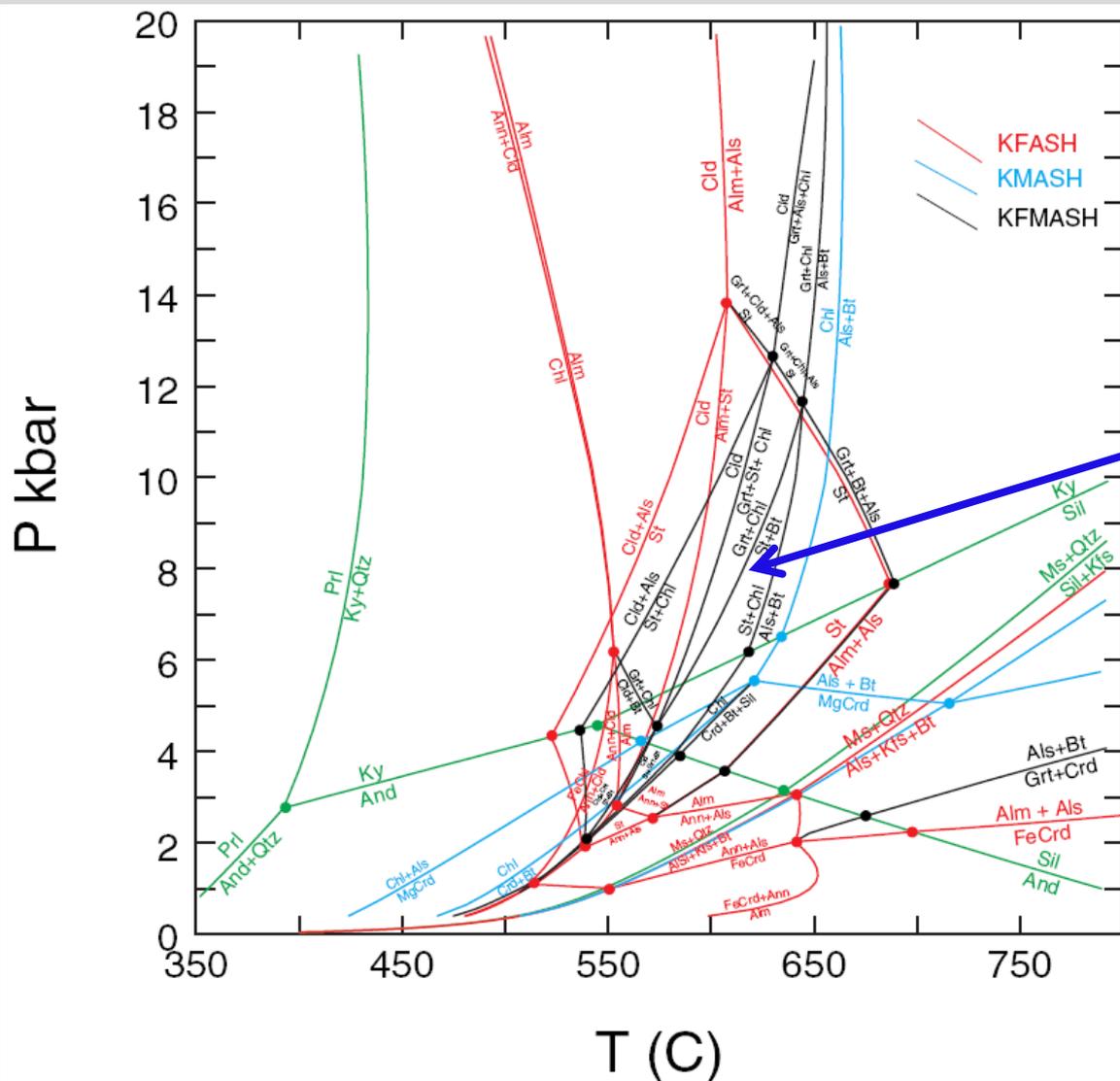


Zona da Estaurolita (+ Biotita)

Primeiro aparecimento de Bt em metapelites ricos em Al

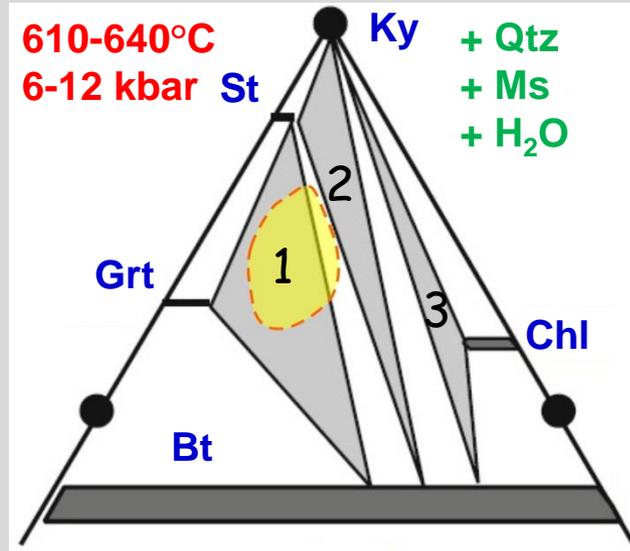


Rocha 3 (magnesiana) não é afetada pela reação, pois não possui Grt.



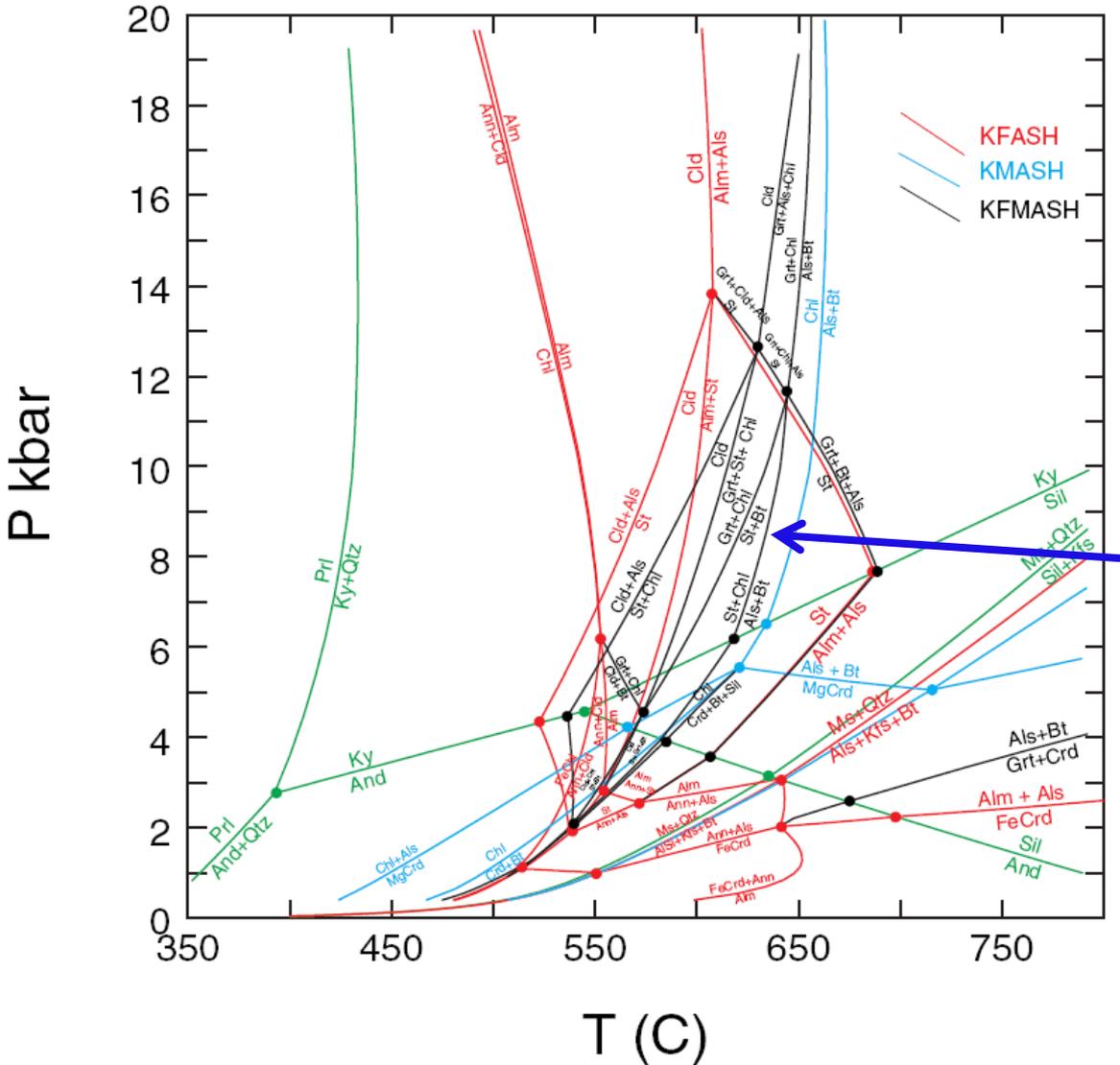
Zona da Cianita

Primeiro aparecimento do par Ky + Bt



- 1) não afetada
- 2) $St + Chl = Ky + Bt$
- 3) $St + Chl = Ky + Bt$

Rocha 1 (rica Fe) não é afetada pela reação, pois não possui Chl.



Zona da Cianita (anfibolito superior)

Reação terminal da Estauroлита

640-690°C
8-12 kbar

+ Qtz
+ Ms
+ H₂O

