



PETROGRAFIA DE MINÉRIOS (GSA 0501)

TEXTURAS PRIMÁRIAS E DE SUBSTITUIÇÃO EM MINÉRIO

DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

Prof. Dr. Rafael Rodrigues de Assis

assis.rafael@usp.br

Profa. Dra. Lena Virginia Soares Monteiro

lena.monteiro@usp.br

TEXTURAS EM PETROGRAFIA DE MINÉRIO

TEXTURAS correspondem às relações espaciais entre os grãos, ou seja, feições globais e locais no minério, em suas variadas escalas, que **descrevem as características de seus minerais constituintes** (forma, dimensões, estrutura interna, orientação), e as relações que estes minerais guardam entre si (contatos, disposição, distribuição de tamanhos, etc.). Além da importância genética, tem fortes implicações nos processos de moagem e beneficiamento de minério.

PARÂMETROS IMPORTANTES AO DESCREVER TEXTURAS EM PETROGRAFIA DE MINÉRIO:

GRANULAÇÃO / GRANULOMETRIA

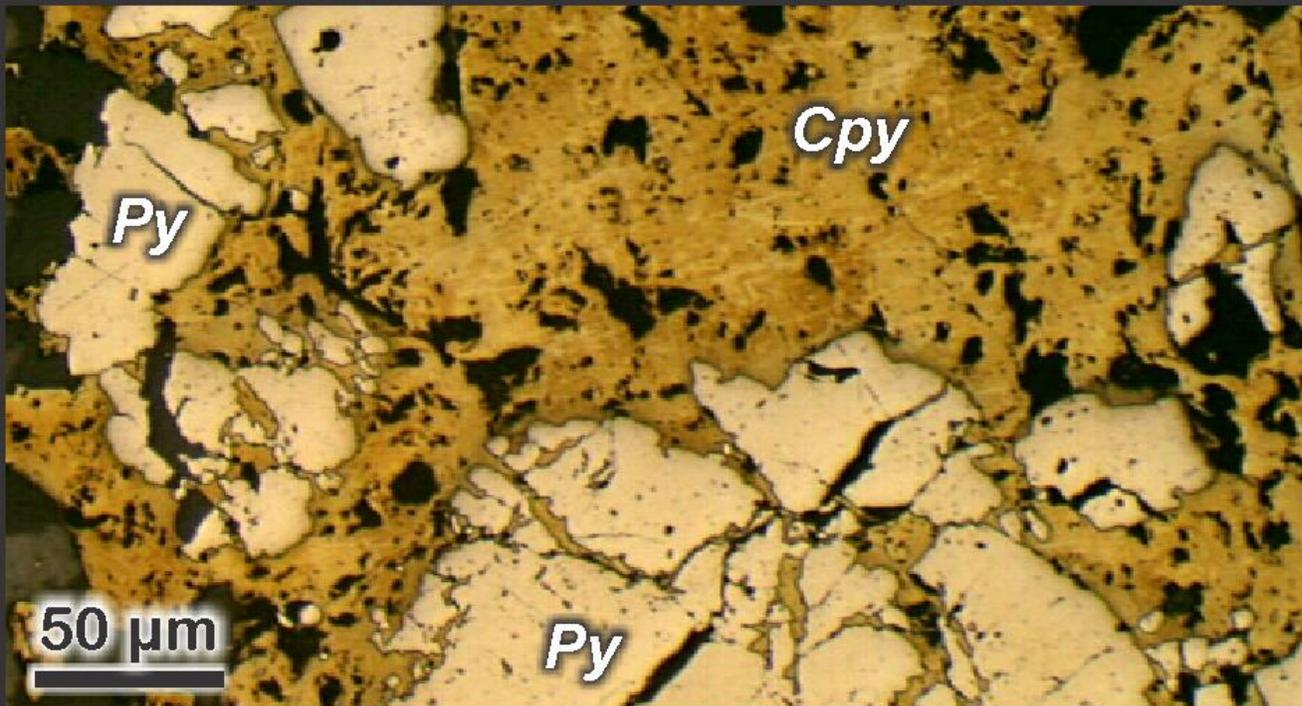
Em função do tamanho dos cristais (muito finos, finos, médios, grossos, muito grossos).

FORMA GEOMÉTRICA DOS CRISTAIS

Comparação relativa das dimensões dos diversos cristais que compõe o minério (euédrico / idiomórfico, subeuédrico / subidiomórfico e anédrico / xenomórfico)

ARTICULAÇÃO ENTRE OS CRISTAIS

Referente à superfície limítrofe entre os minerais, onde estes estão em contato uns com os outros (planares, retos, irregulares, substituição).



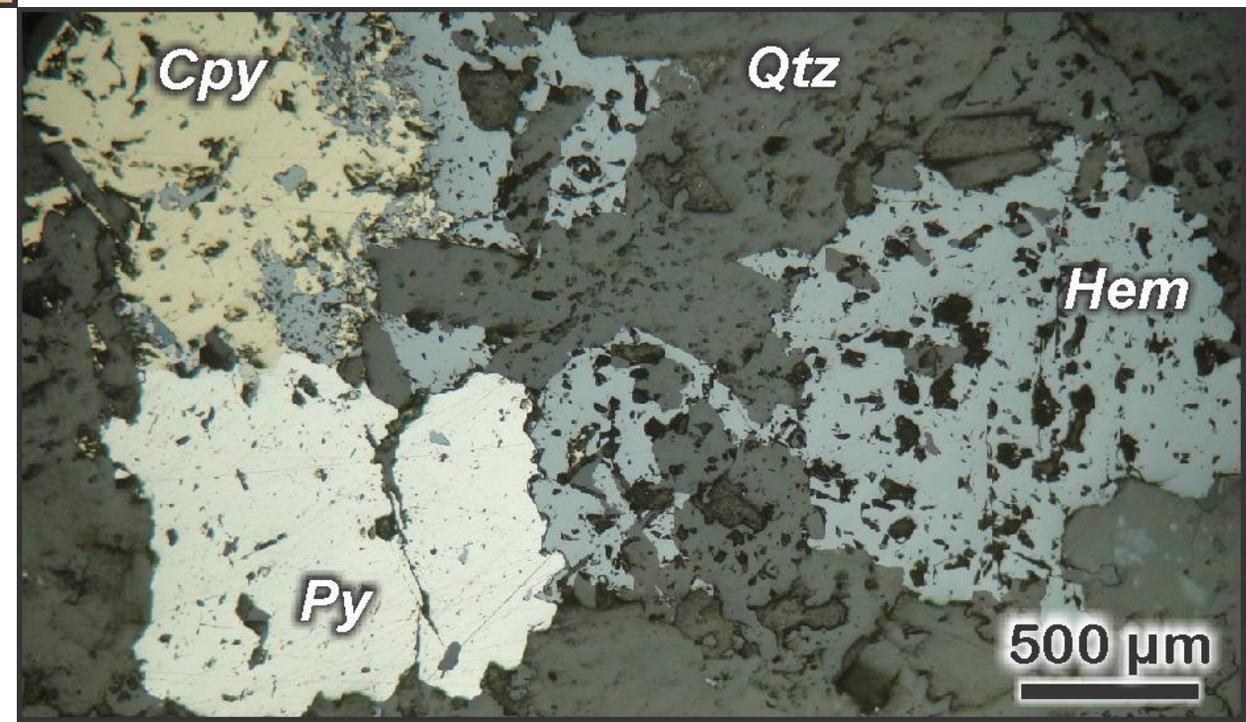
◀ **Pirita e calcopirita em paragênese.**

Pirita subidiomórfica de granulação média e em contatos retos a irregulares com calcopirita xenomórfica

Pirita e calcopirita substituídas por hematita (associação mineral) ▶

Pirita grossa subidiomórfica e calcopirita xenomórfica substituídas por hematita xenomórfica.

→ *Exemplo de textura de substituição (paragênese Py + Cpy substituída por Hem)*



TEXTURAS EM PETROGRAFIA DE MINÉRIO

Além do mais, é possível descrever texturas específicas por conta das relações espaciais dos minerais constituintes do minério. Essas texturas indicam (e estão em função dos) os processos responsáveis pela formação do minério, bem como de suas modificações posteriores.

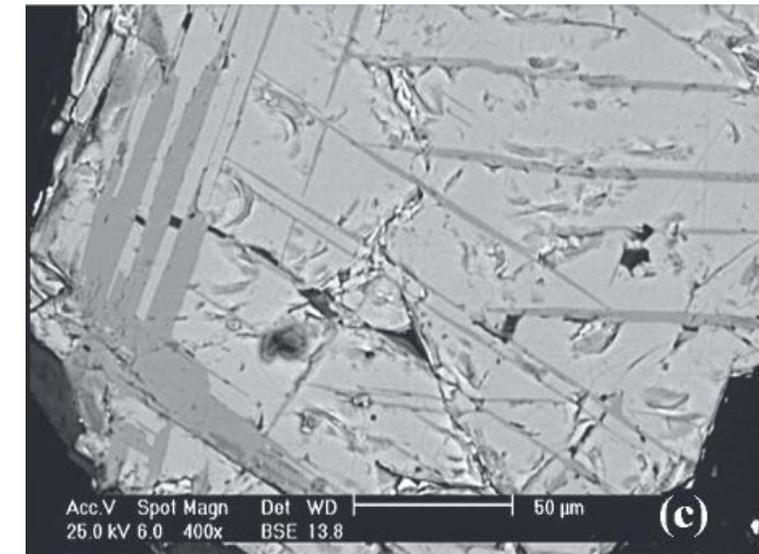
→ indicam condições de precipitação e formação do minério (*processos, temperatura, pH, f_{O_2} , f_{S_2} , atividade, etc*).

São elas:

Texturas ígneas, metamórficas e de deformação, sedimentares, de enriquecimento supérgenos, de substituição.

Textura em treliça magnetita – ilmenita ►

Fonte: Docou et al. (2011) ►
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0037073811000583>

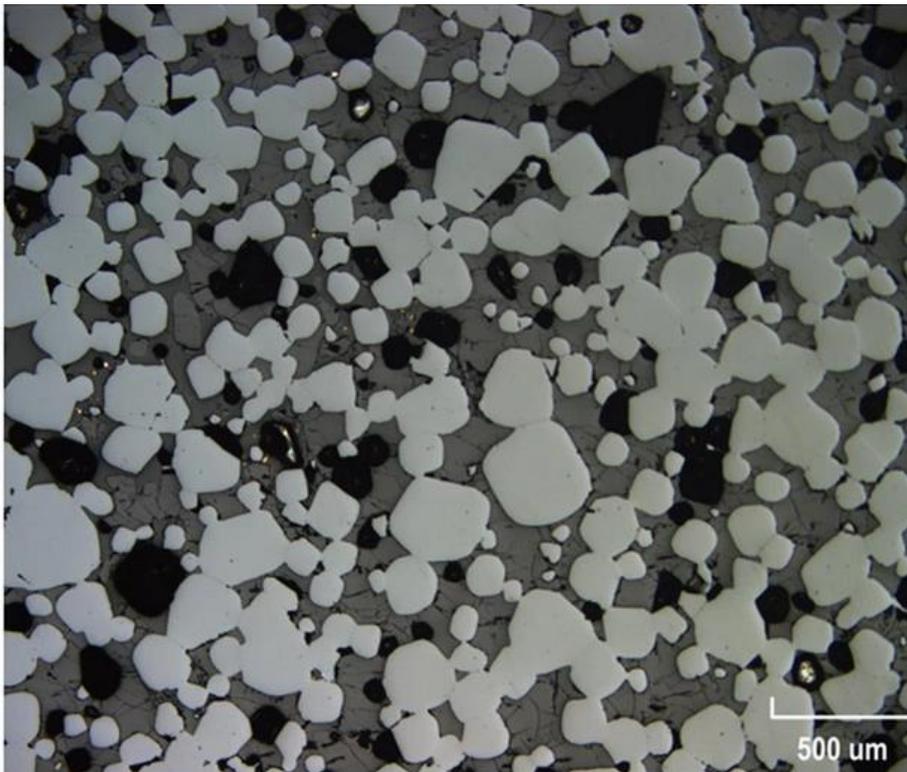
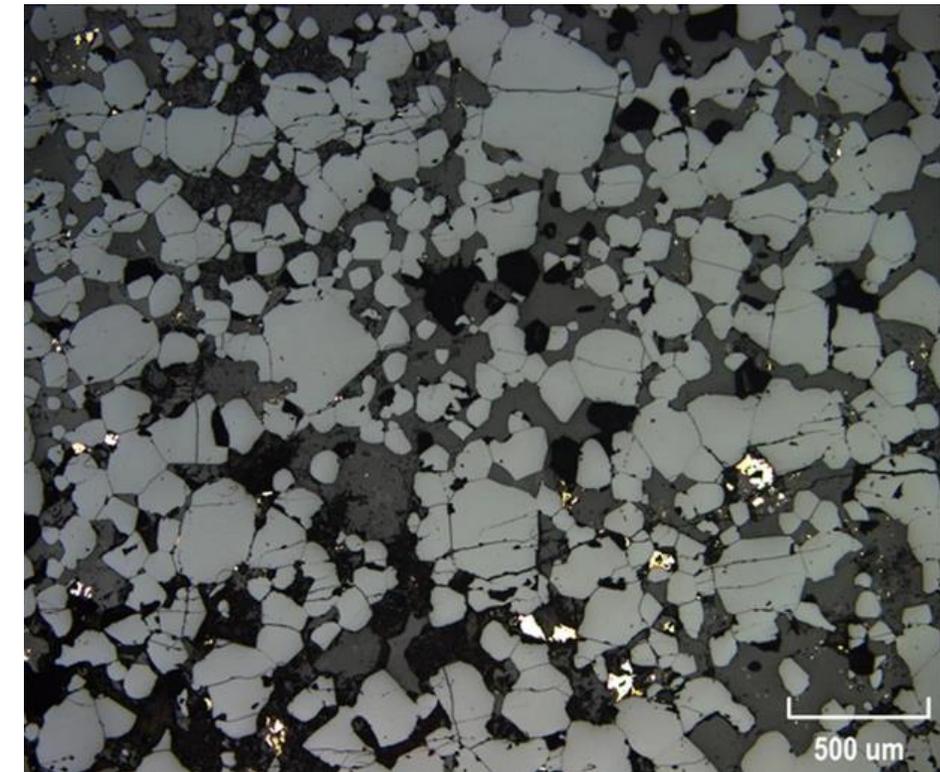


Fonte: Mehdilo et al. (2015) ►
http://periodicodimineralogia.it/doi/2015_84_2/2015PM0014.pdf

Figure 5. a) Exsolution lamellae of ilmenite within magnetite grain. b) Exsolution lamellae of hematite within ilmenite. c) Exsolution lamellae of ilmenite within titanomagnetite.

TEXTURAS PRIMÁRIAS

TEXTURAS PRIMÁRIAS correspondem àquelas derivadas de processos magmáticos, sedimentares ou hidrotermais a partir da precipitação em espaços abertos (*não resultantes de substituição*), que entretanto, não foram afetadas por processos posteriores (deformação, metamórficos, recristalização/remobilização e intempéricos).



Fonte: Langa et al. (2020)
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00126-020-00964-y>

A-B. Massive clustering of larger chromite grains to smaller chromite. Chromite occupies approximately 95% of section (light gray minerals), and sulfides occupy 1% of section (bright anhedral minerals in matrix). Euhedral to subhedral to chromite grains, with grain sizes ranging from 0.04 to 0.7 mm wide.

TEXTURAS PRIMÁRIAS RESULTANTES DA CRISTALIZAÇÃO DE MAGMAS

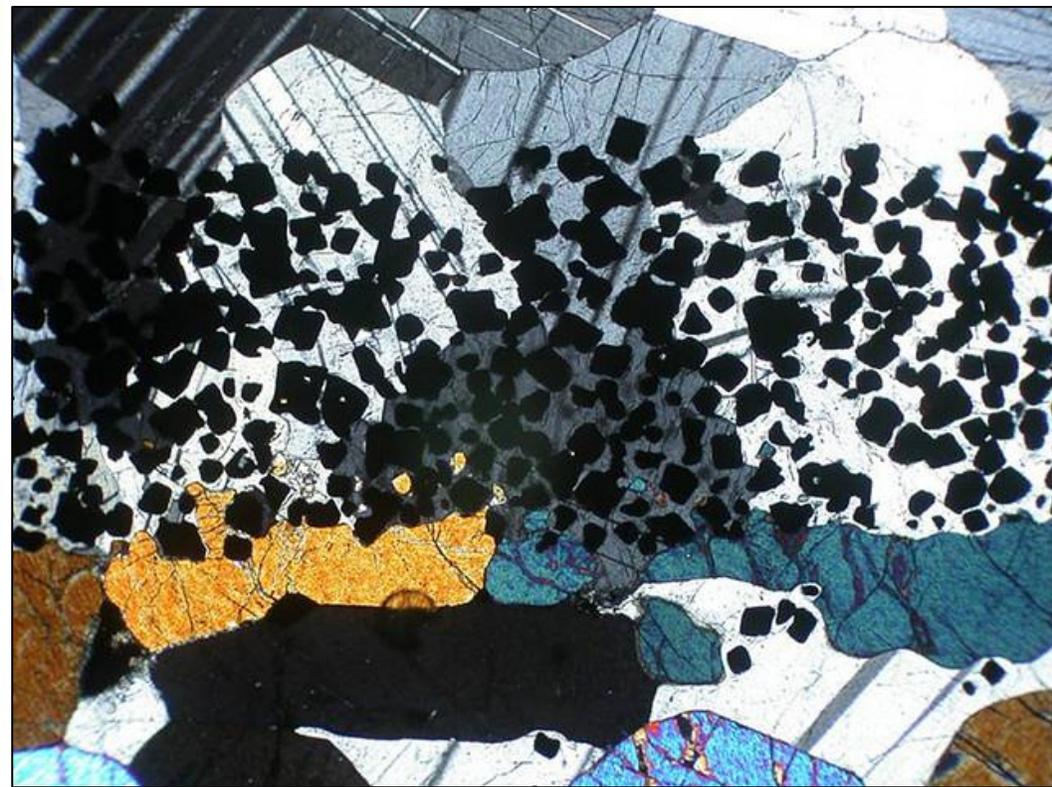
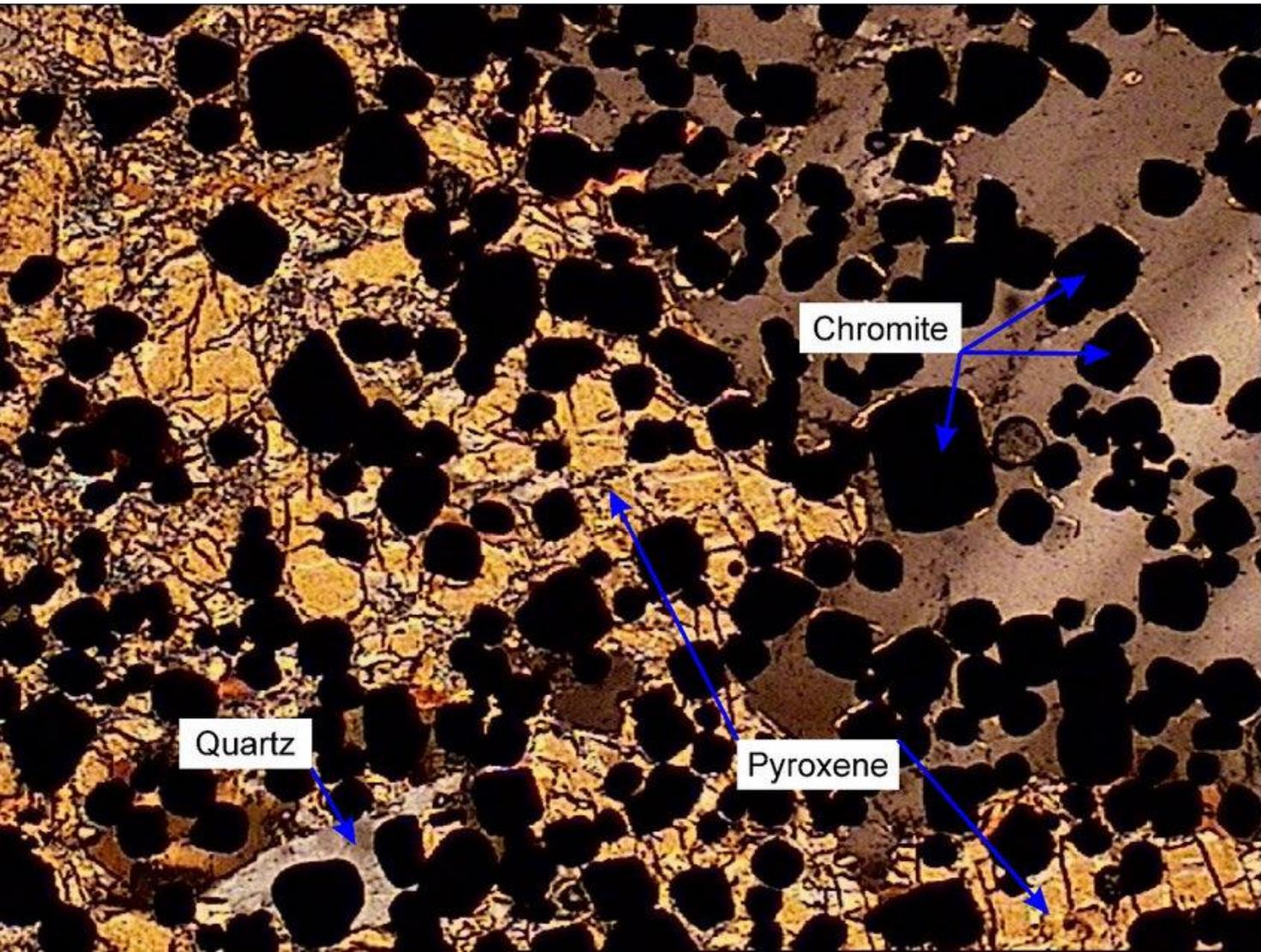
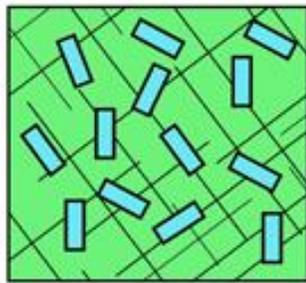
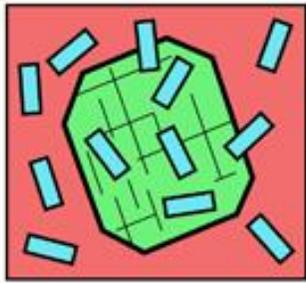
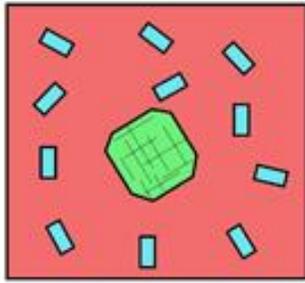
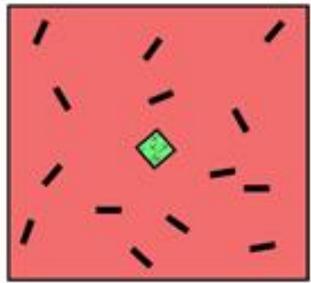
(*DEPÓSITOS DE FILIAÇÃO MAGMÁTICA*)

Crescimento de minerais de minério a partir da cristalização de magmas silicáticos → desenvolvimento de cristais euédricos a subeuédricos, visto a baixa obstrução das faces cristalinas.

→ *Comum em cromita, magnetita, ilmenita, ligas de EGP.*

Por vezes, crescimentos obstruídos resultam do rápido resfriamento de magmas (e.g. texturas esqueléticas), que podem estar associadas a fases vítreas.

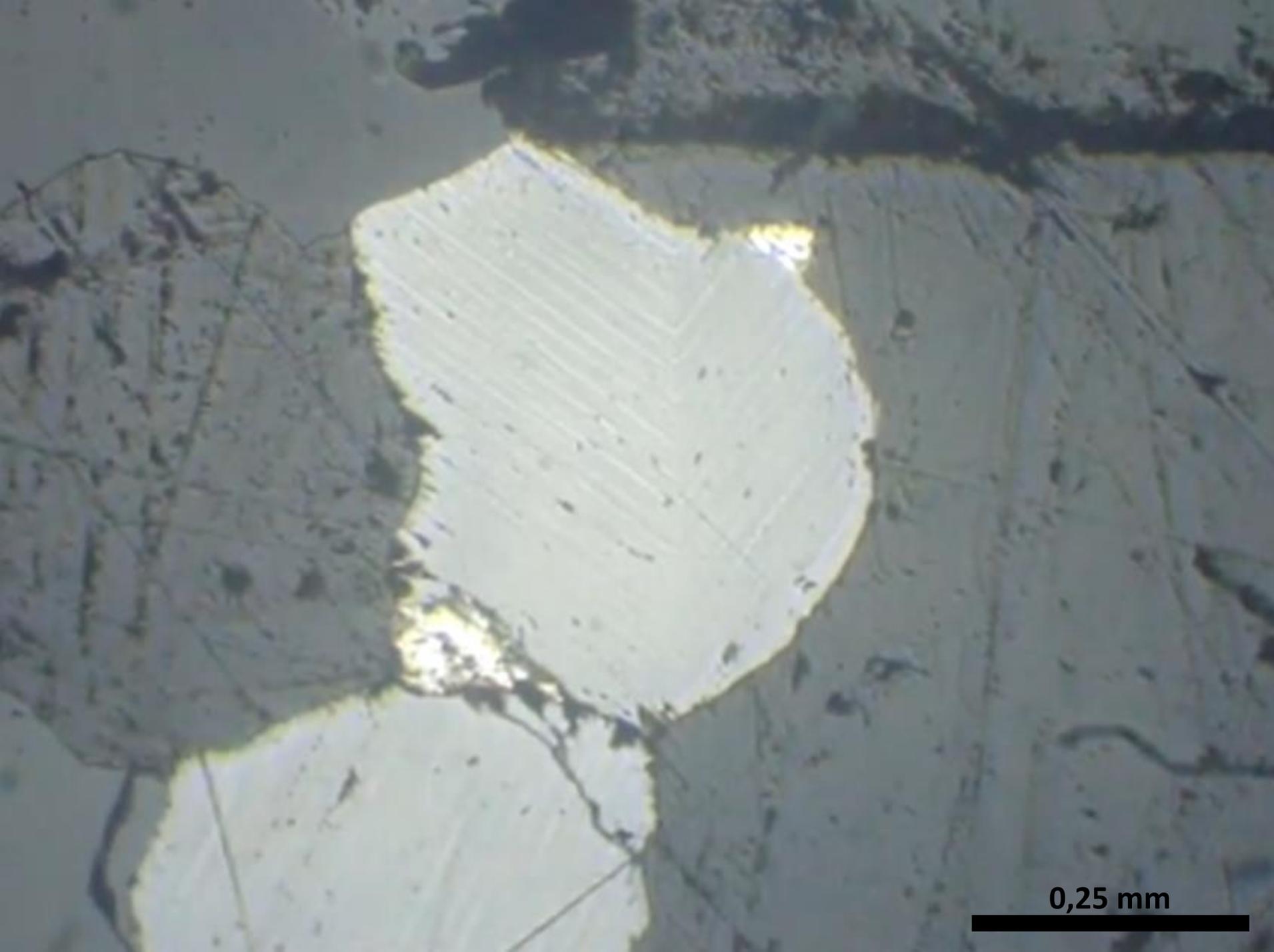
Texturas poikilíticas, cumuláticas, intersticiais, exsoluções, *bleds* ("bolhas").



Cromita [(Fe,Mg)(Cr,Al)₂O₄] poikilítica em matriz constituída por piroxênio e quartzo subordinado (ao lado) e piroxênio e plagioclásio (acima).



Depósitos de filiação magmática



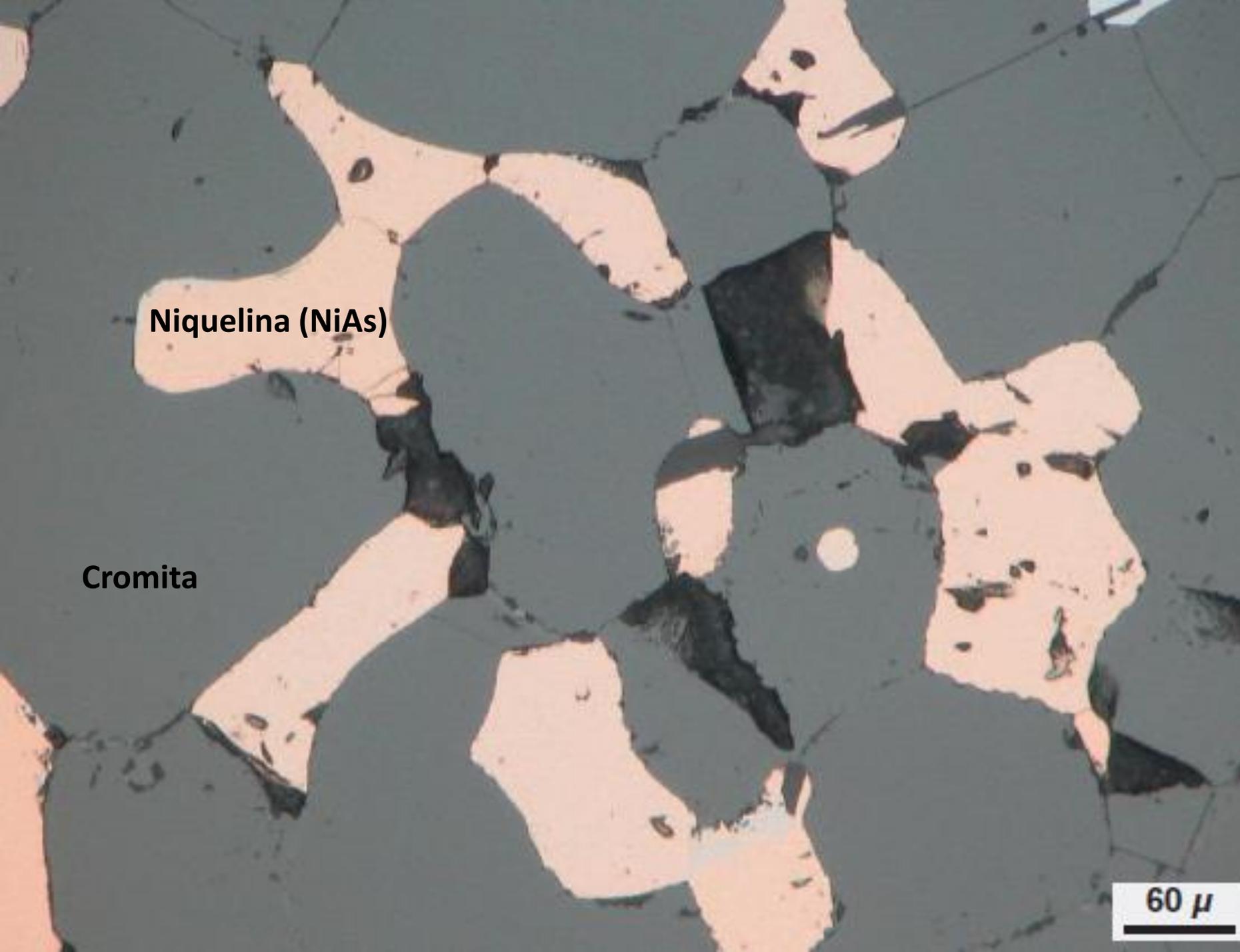
**Ilmenita maclada com
lamelas de hematita
(processo de
desmistura)**

Ilmenita maclada

<https://www.youtube.com/watch?v=AmJSylBrOdA>

**Agradecimentos especiais ao
canal no Youtube do Prof.
Heinrich Frank (UFRS)**

<https://www.youtube.com/channel/UCVeEaFSYjWfoY35idMIqNCA/playlists>



Niquelina (NiAs)

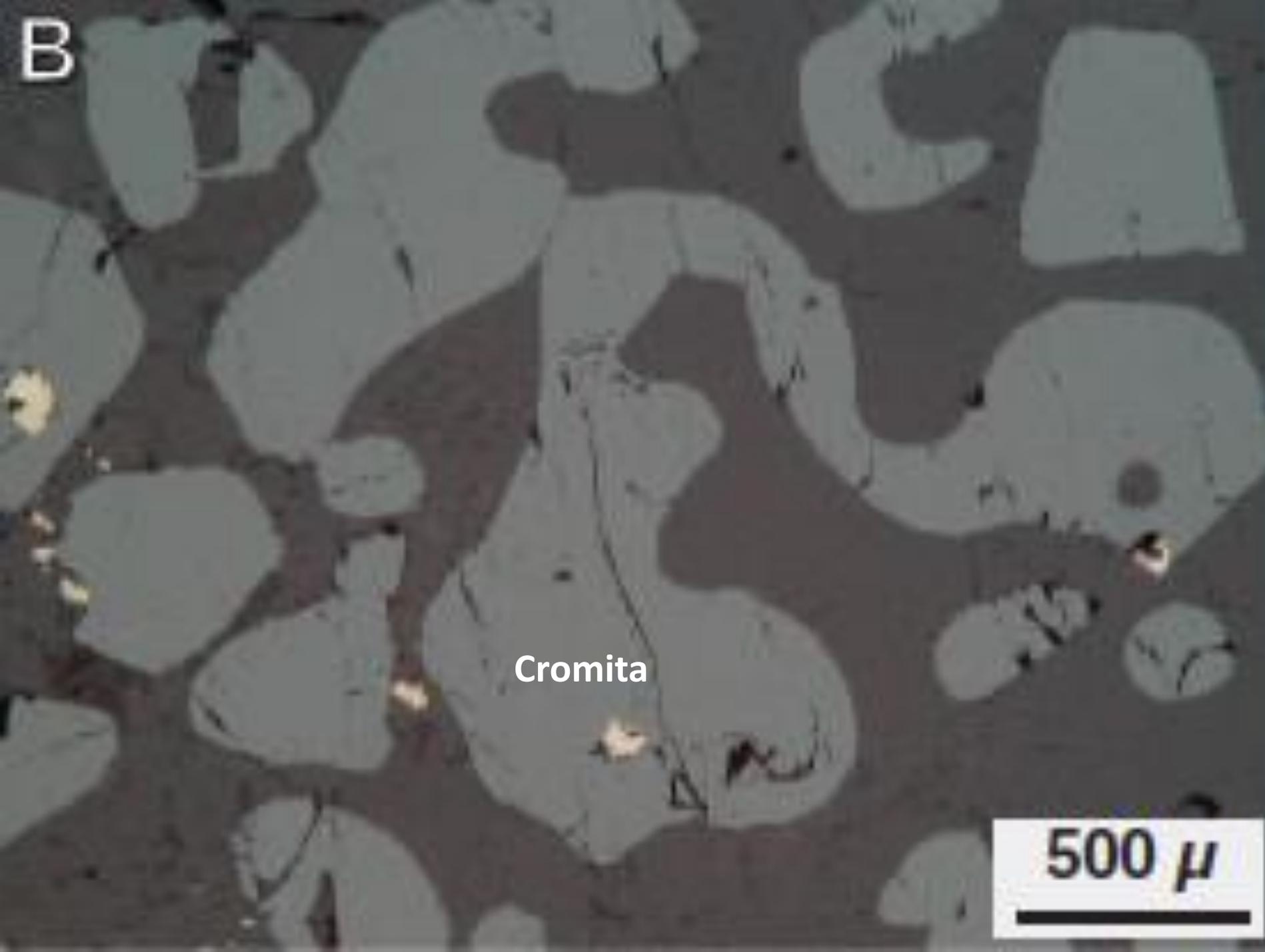
Cromita

60 μ

**Niquelina (NiAs) intersticial
em Cromita
[(Fe,Mg)(Cr,Al)₂O₄]**



**Depósitos de filiação
magmática**



B

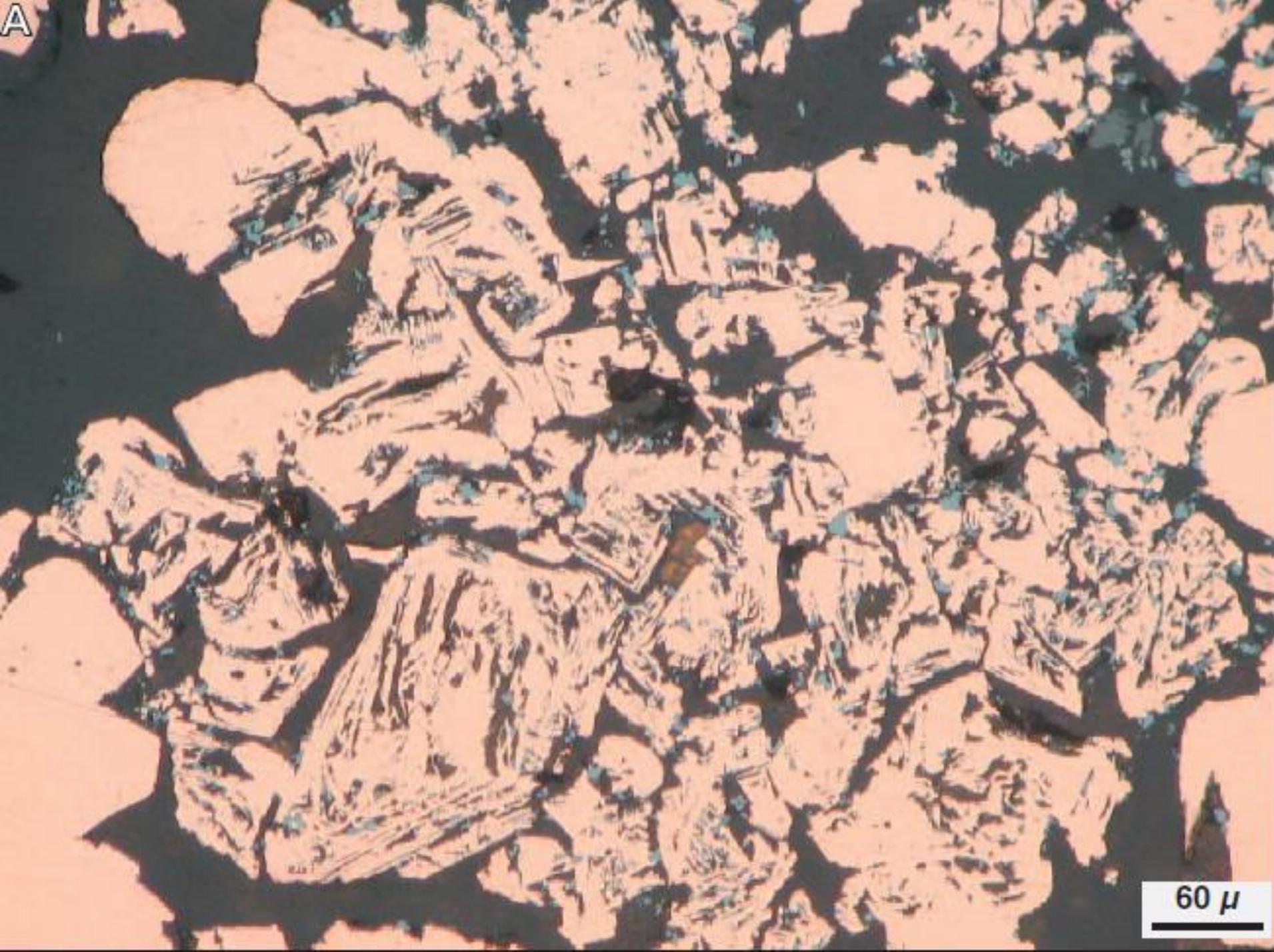
Cromita $[(Fe,Mg)(Cr,Al)_2O_4]$
intersticial em silicatos



Depósitos de filiação
magmática

Cromita

500 μ

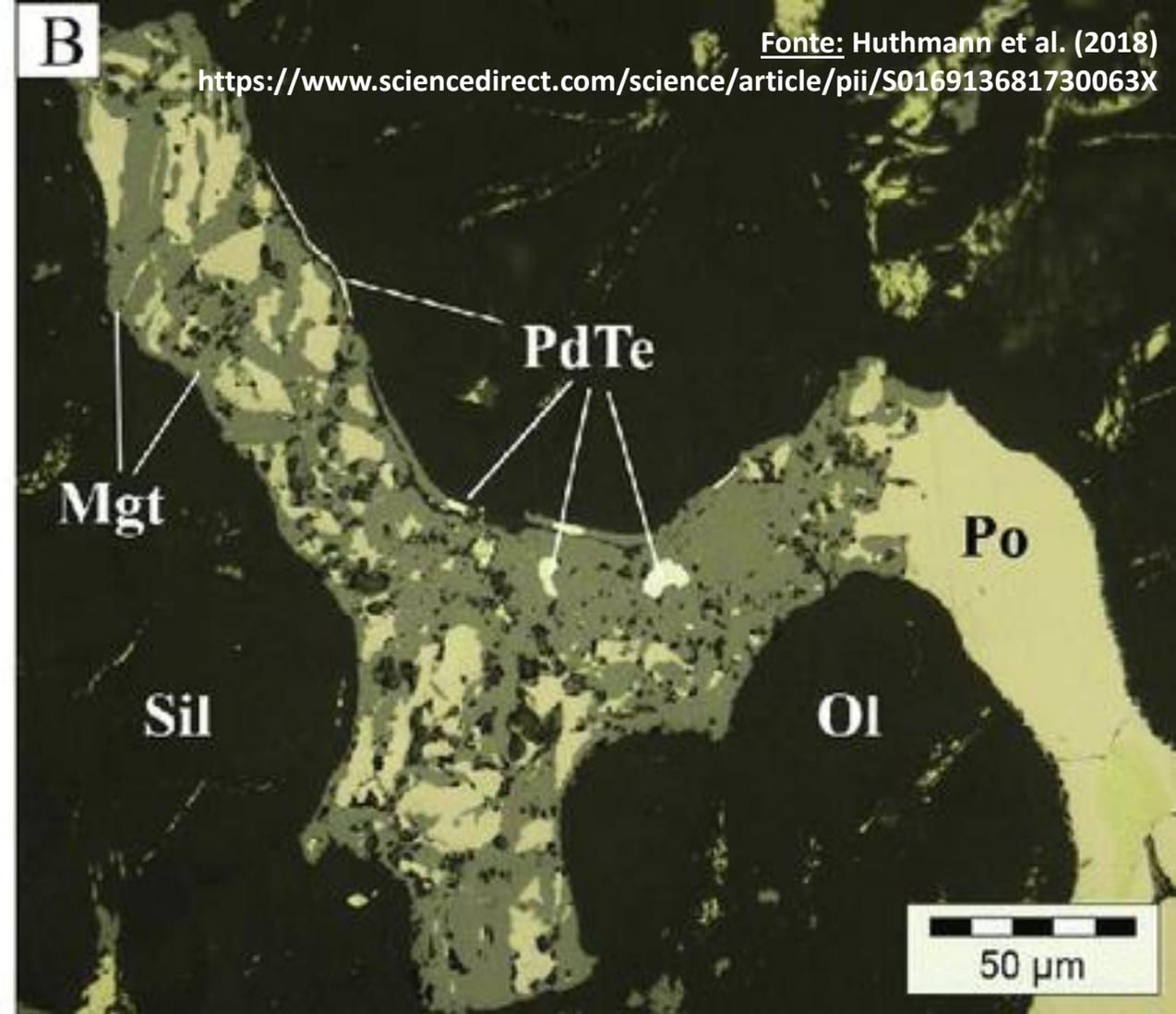
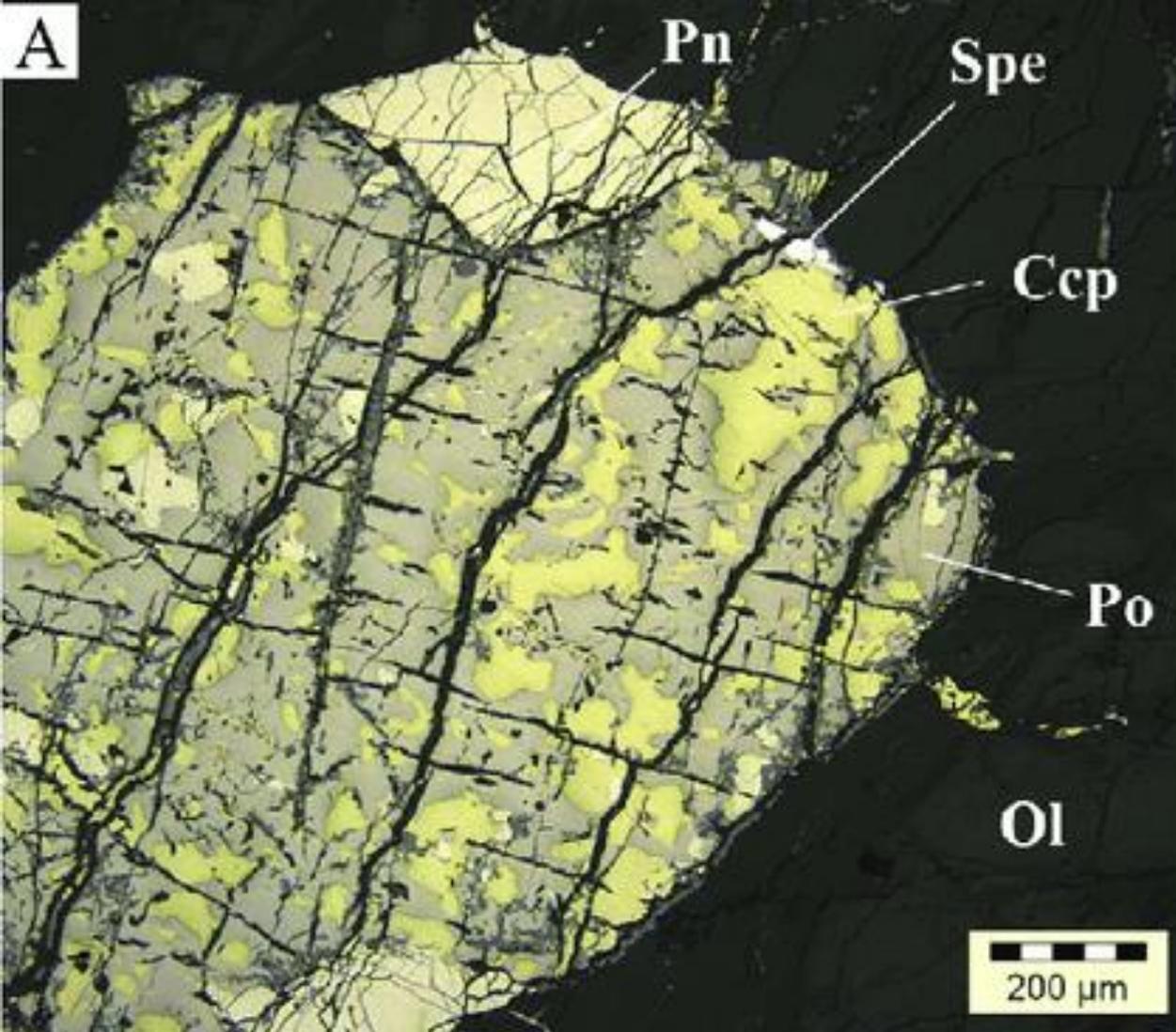


**Cobre nativo esqueletal
(cor bronze) com
pequenos cristais de
cuprite (Cu₂O; cinza
aazulado).**

**Cromita [(Fe,Mg)(Cr,Al)₂O₄]
intersticial em silicatos**



**Depósitos de filiação
magmática**



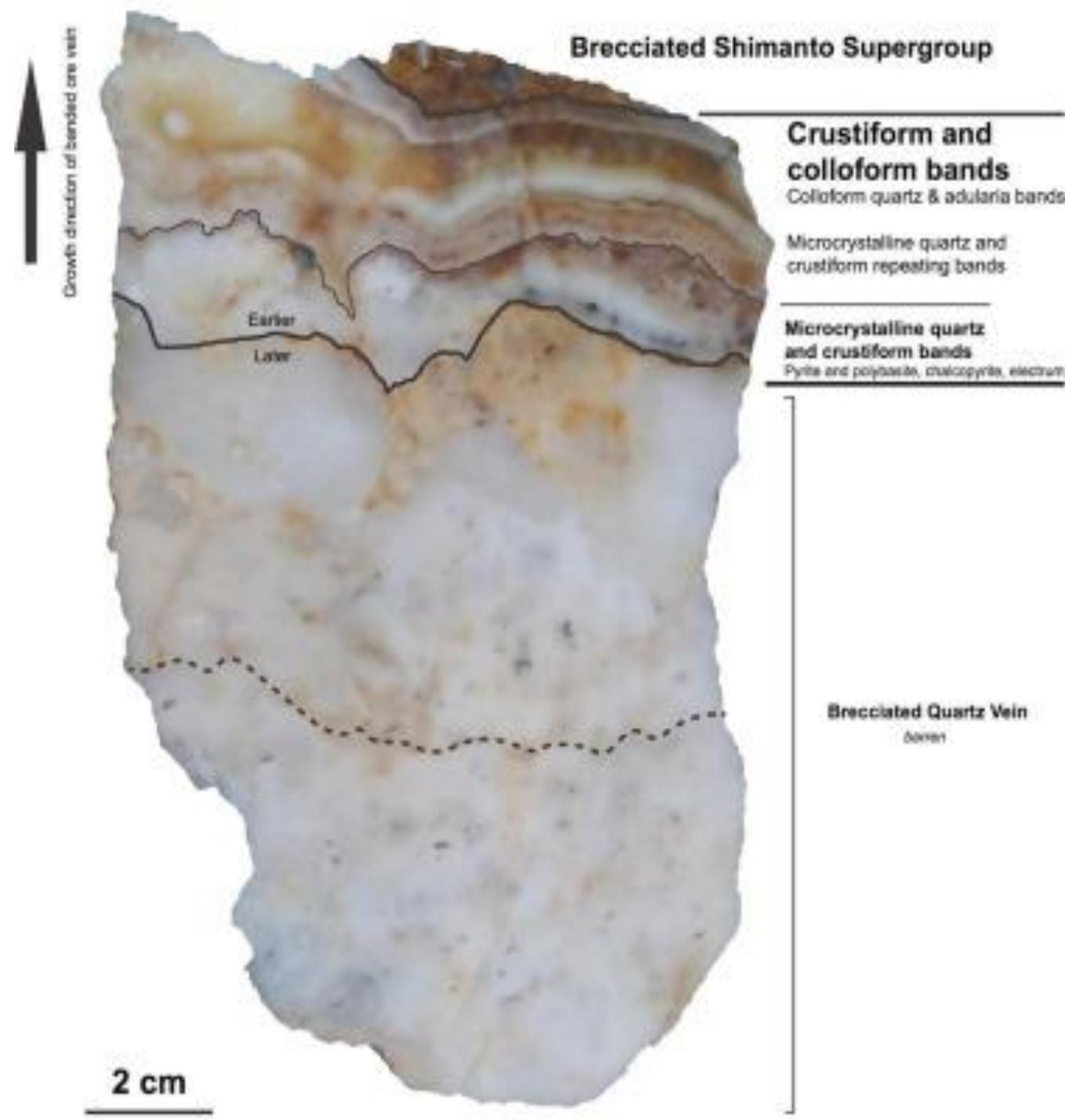
Sulfide assemblages of the F Zone under reflected light. A: Primary magmatic sulfide bleb composed of pentlandite (Pn), pyrrhotite (Po) and chalcopyrite (Ccp) in harzburgite. Sperrylite (Spe) occurs at the margin on contact with olivine (Ol); B: Interstitial pyrrhotite partly replaced by secondary magnetite (Mgt) in harzburgite. Kotulskite (PdTe) is located inside magnetite and remobilized along the contact between sulfides and silicates (Sil). Olivine is completely replaced by serpentine

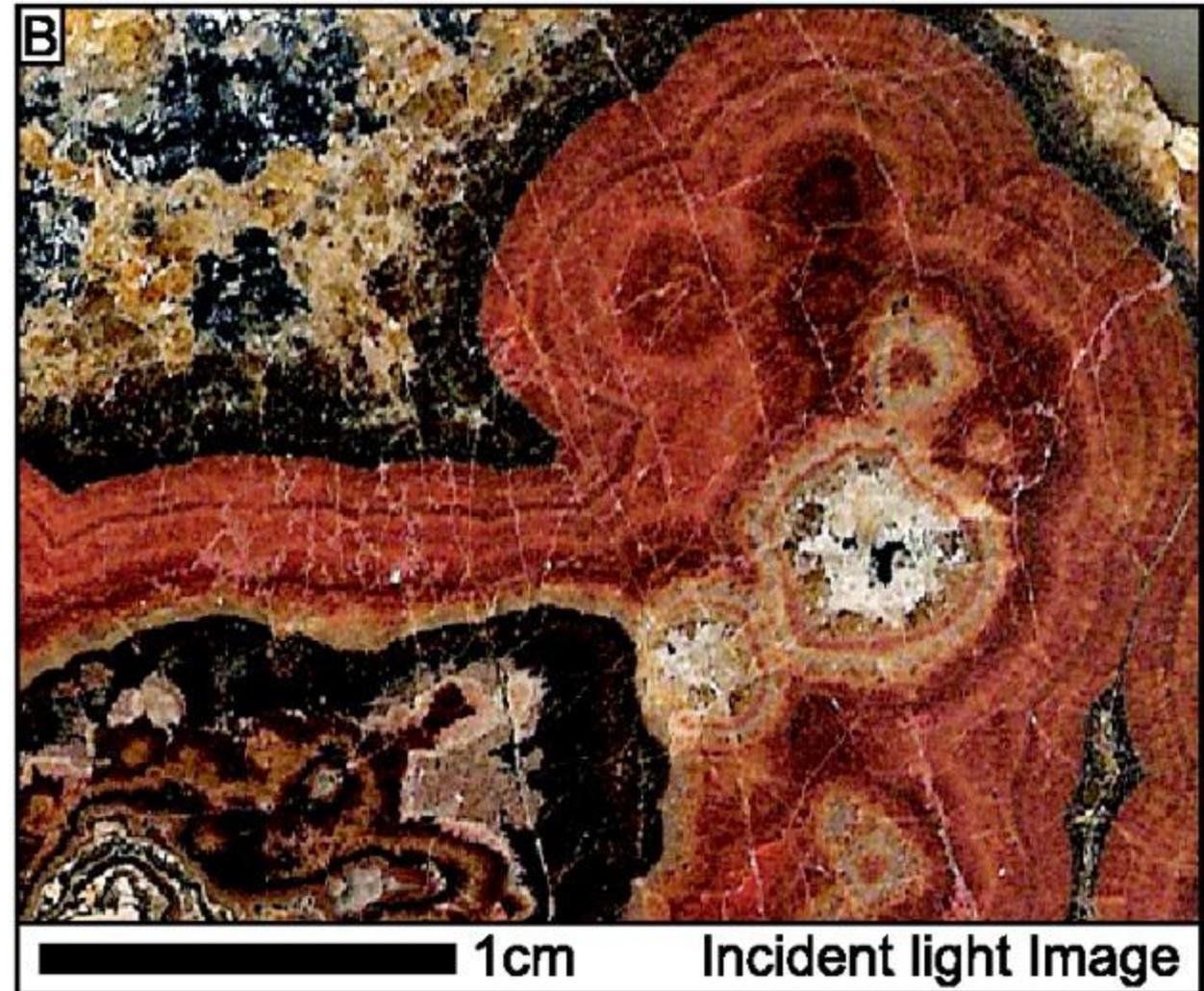
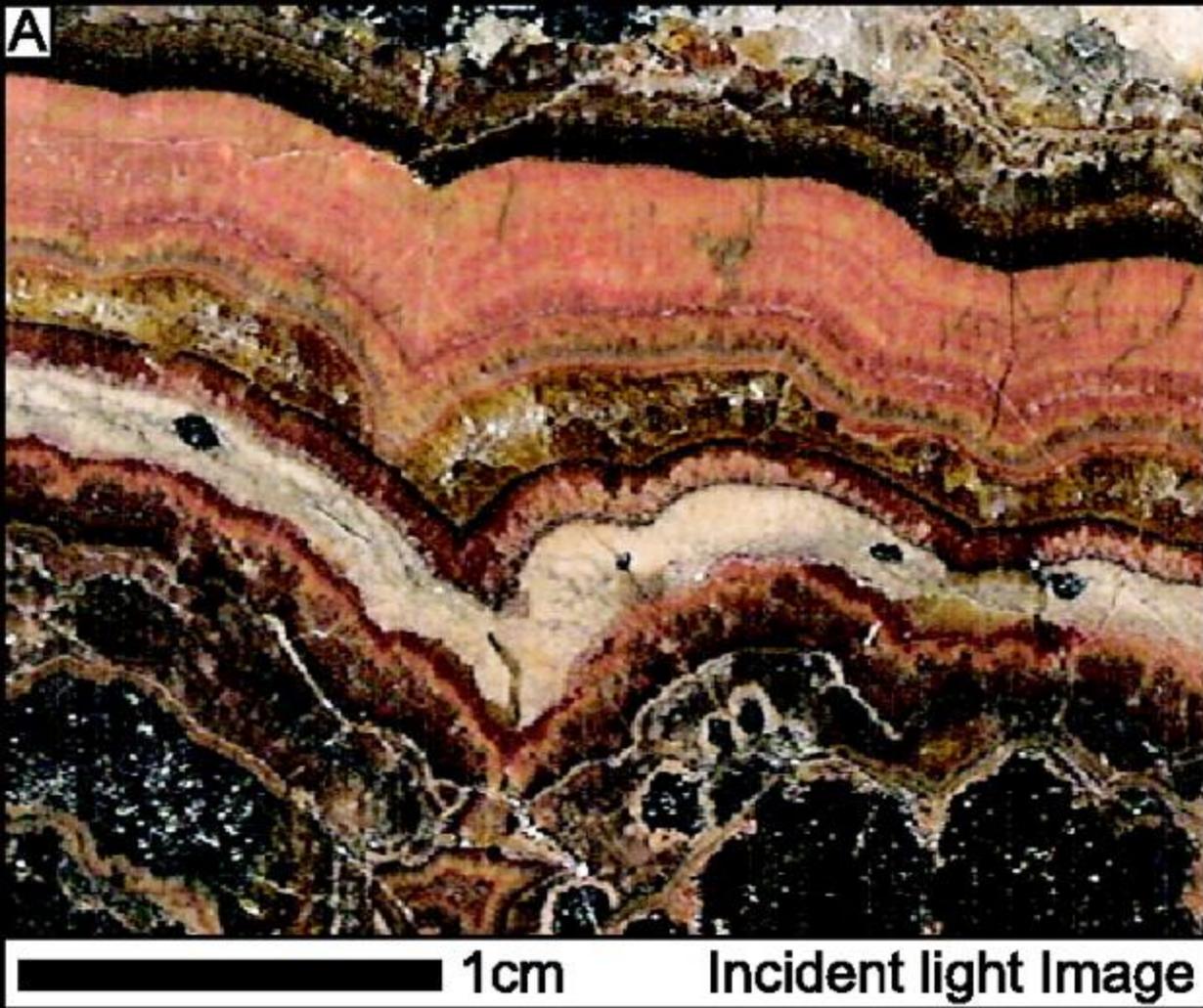
TEXTURAS PRIMÁRIAS RESULTANTES DA PRECIPITAÇÃO DE ESPAÇOS ABERTOS (OPEN-SPACE TEXTURES) (DEPÓSITOS HIDROTERMAIS)

Precipitação de muitos minerais de minério e ganga ocorrem em espaços abertos, vugs ou fraturas derivadas da dissolução ou durante o fraturamento (não há processos de substituição). São gerados minerais por crescimento desobstruído em vazios com fluidos..

TEXTURAS COMUNS

Cristais zonados, texturas coliformes, em pente, veios crustiformes.

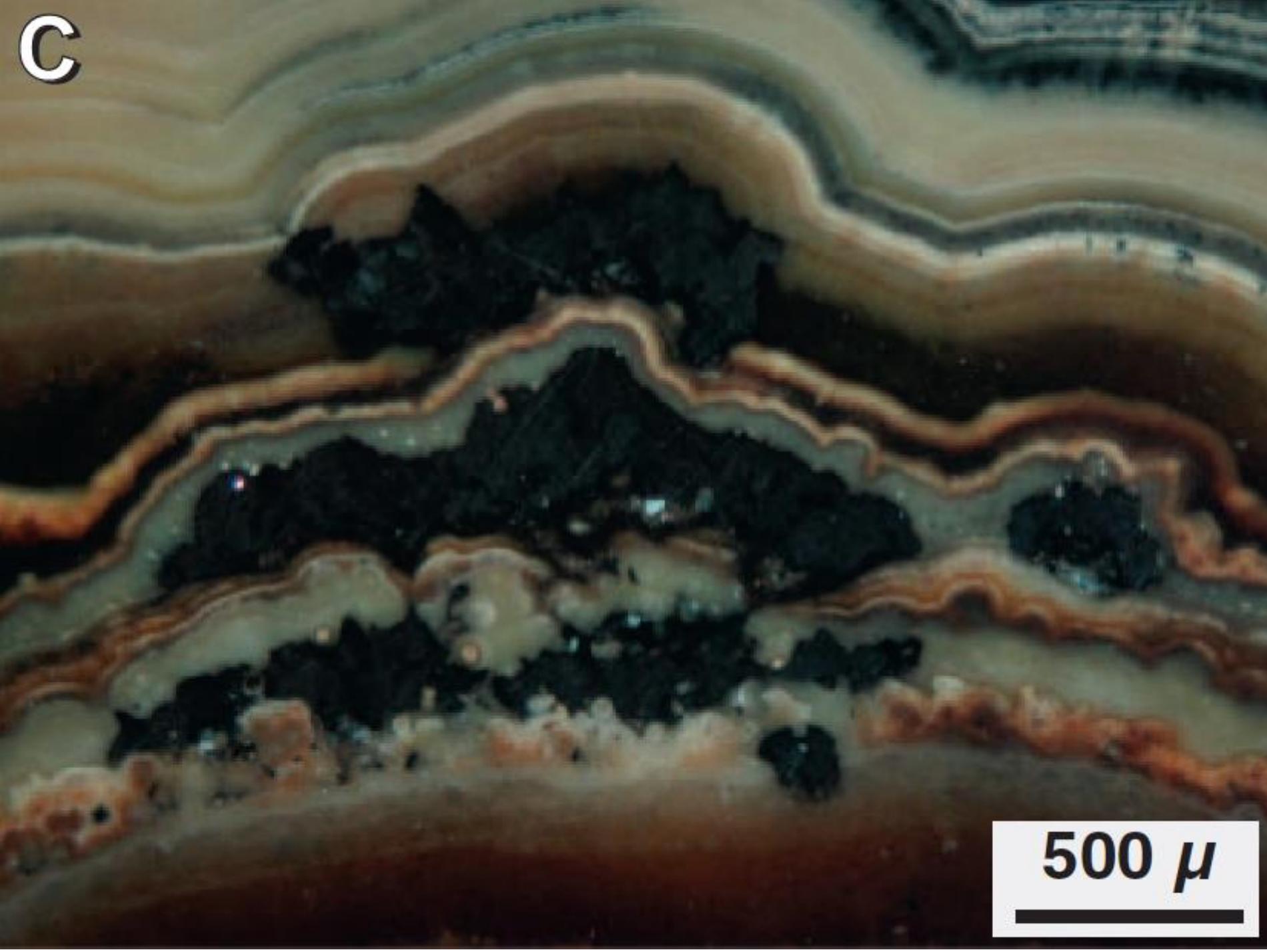




Textura coloriforme com calcedônia e esfalerita (ZnS),



Depósitos hidrotermais



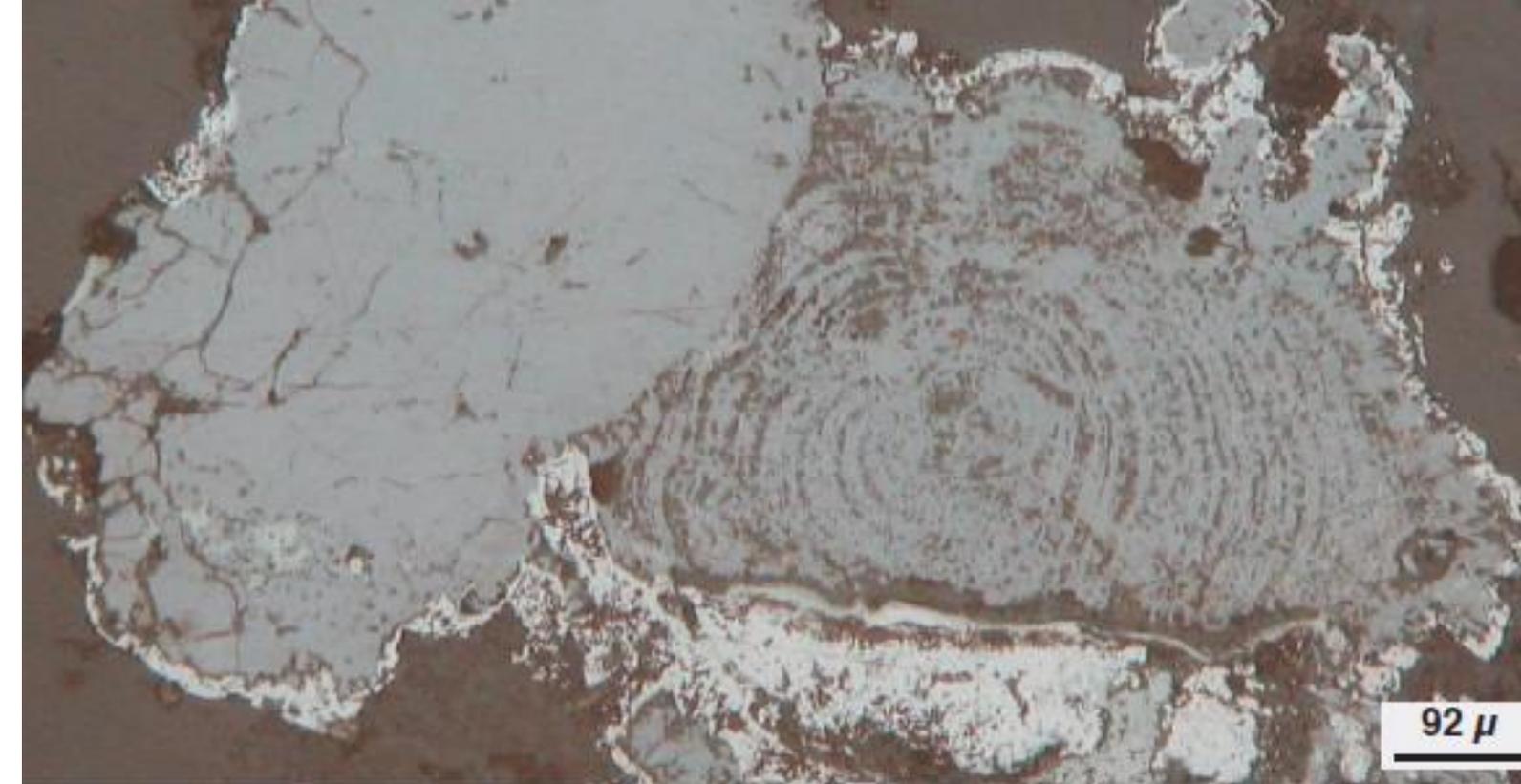
C

Textura coloriforme com calcedônia, esfalerita (ZnS) e galenta (PbS).



Depósitos hidrotermais

500 μ



Textura colóforme (orpiment, As_2S_2).



Depósitos hidrotermais

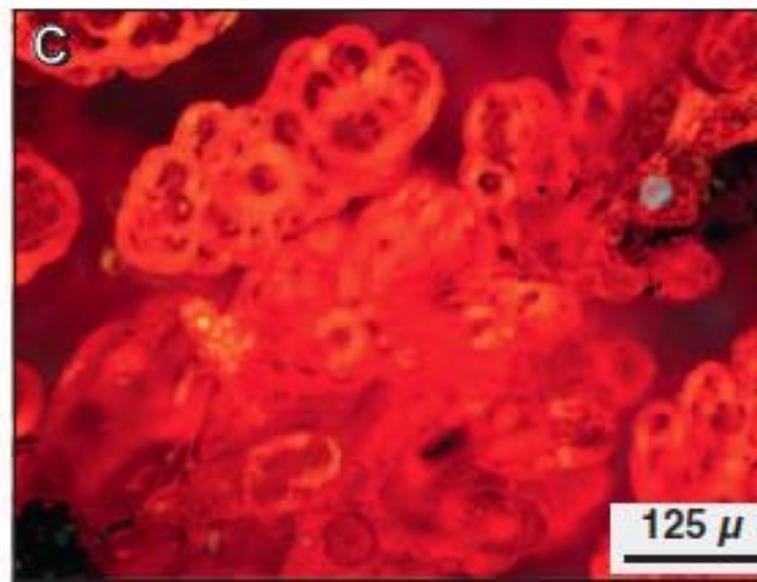
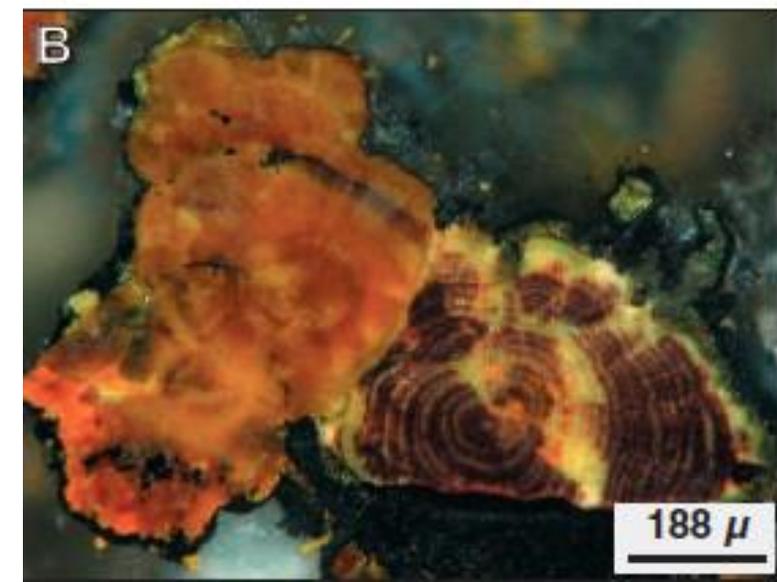
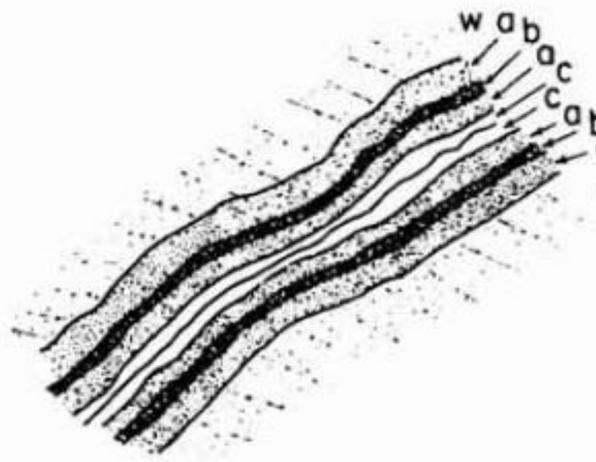
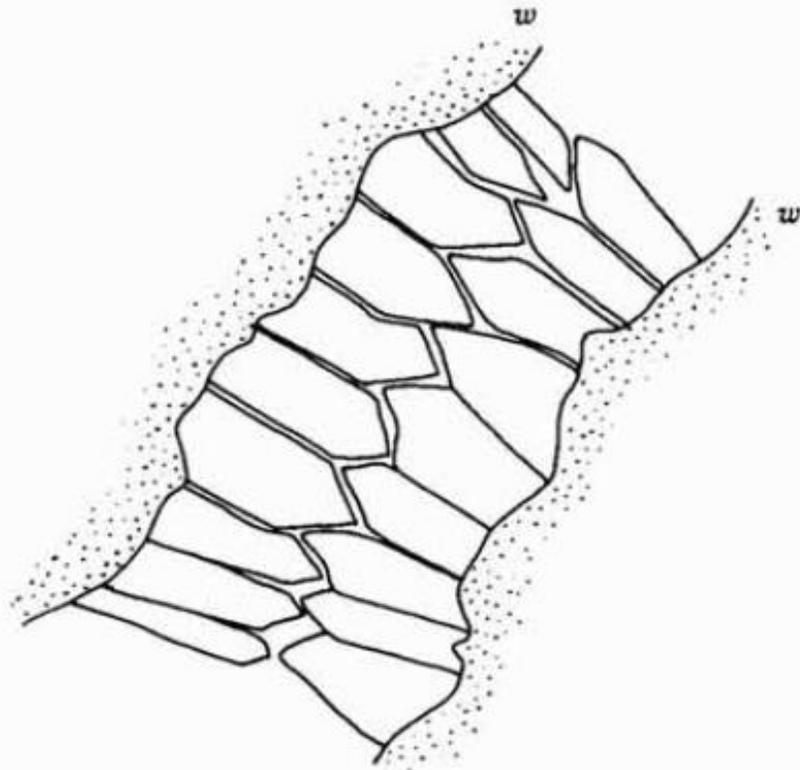
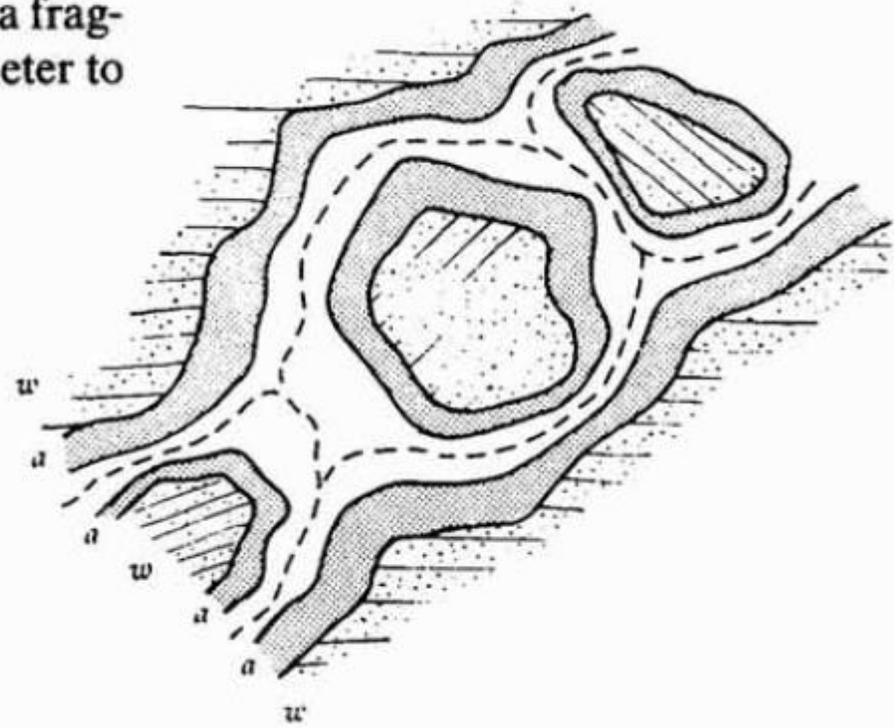


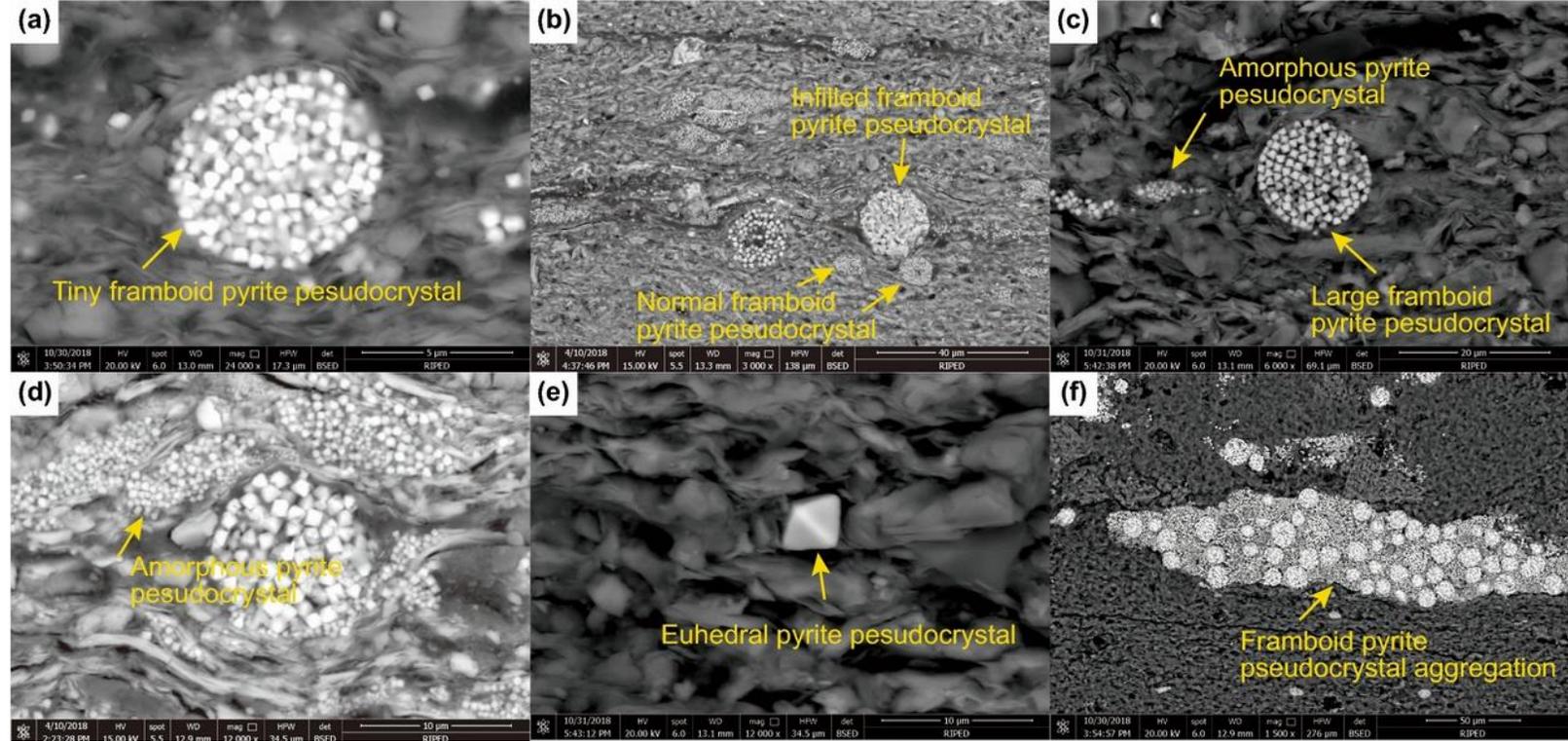
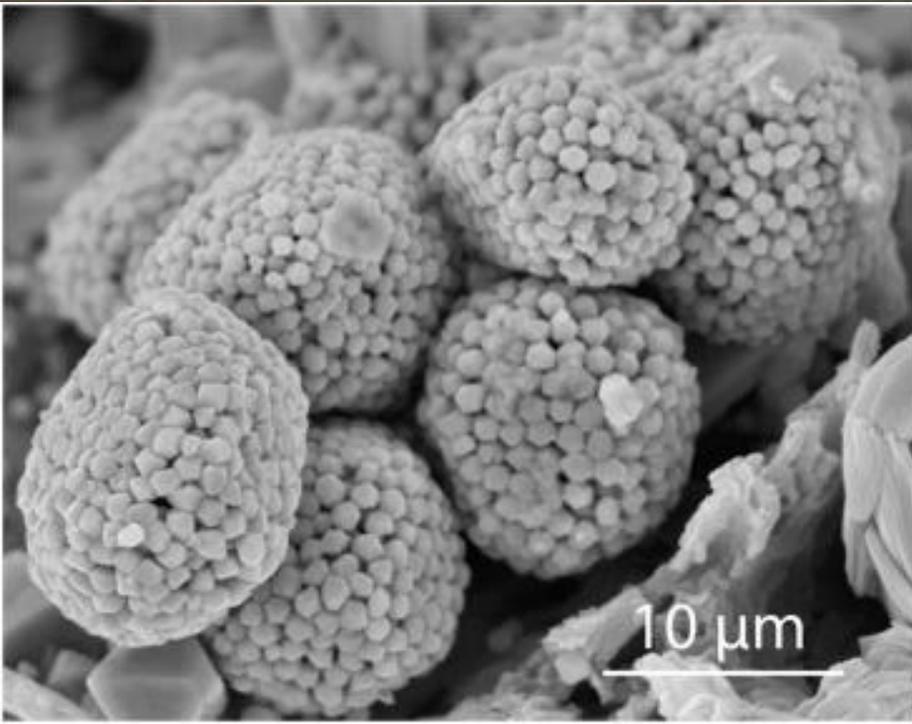
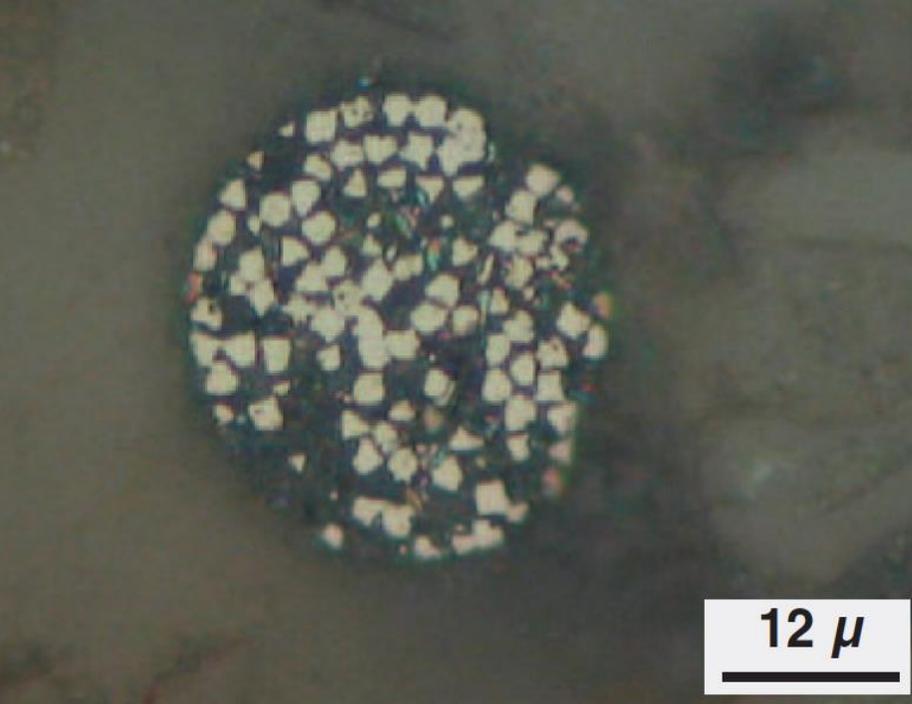
FIGURE 7.7 Breccia ore showing successive deposition of minerals on breccia fragments and other wall rocks. Scale variable from wall rock fragments of millimeter to several meters across breccia fragments.



(b)

FIGURE 7.6 (a) Comb structure showing growth of crystals outward from fracture walls. (b) Symmetrically crustified vein showing successive deposition of minerals inward from open fracture walls. This vein is also rhythmically crustified in showing the depositional sequences *a-b-a-c* (*w* = wall rock). Scale variable from millimeter to several meters across vein.





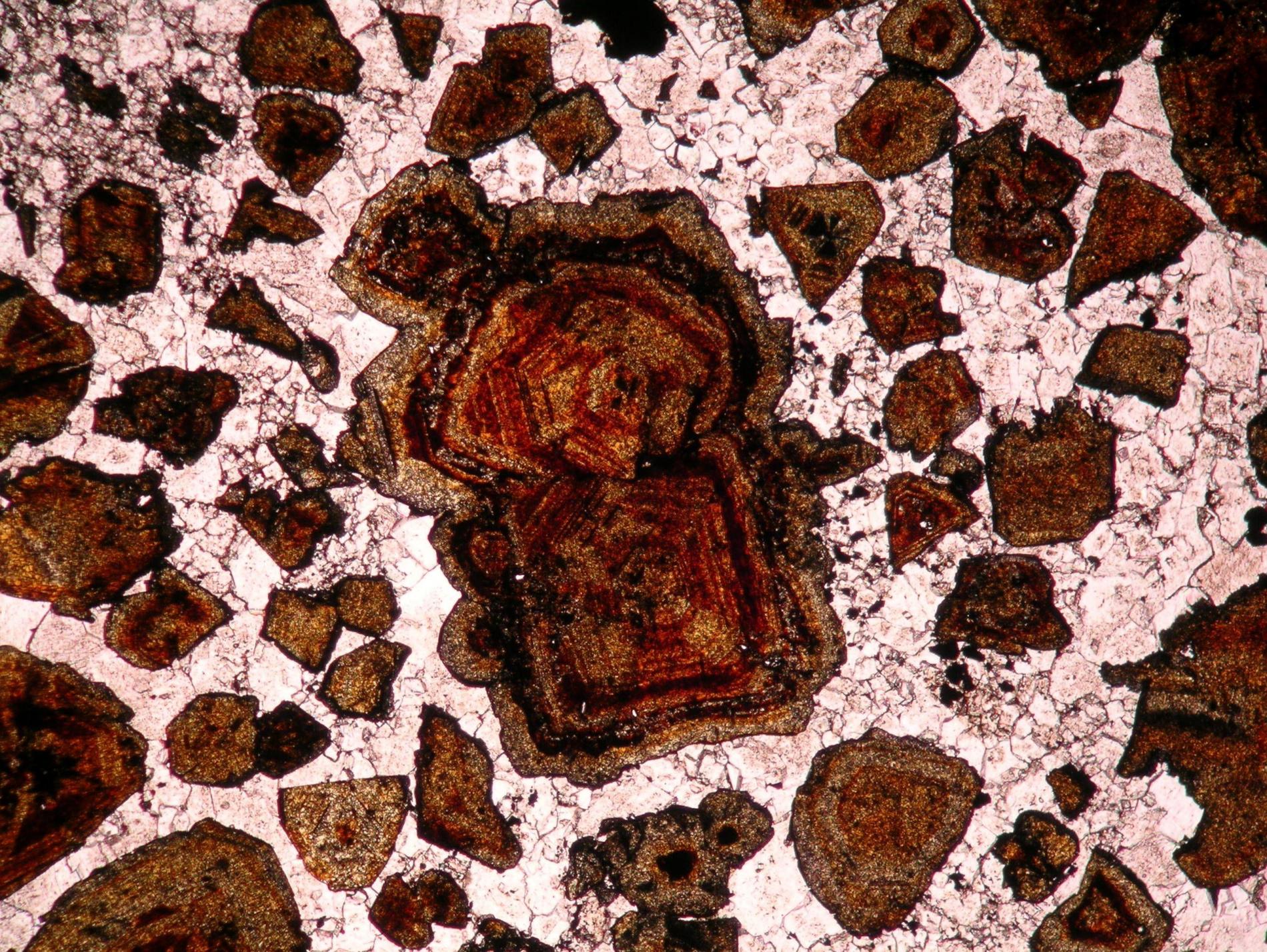
▲ Fonte: Li et al. (2019)

<https://link.springer.com/article/10.1007/s12182-019-00386-0>

Pirita framboidal, típica de depósitos sedimentares e/ou sedimentares hidrotermais.



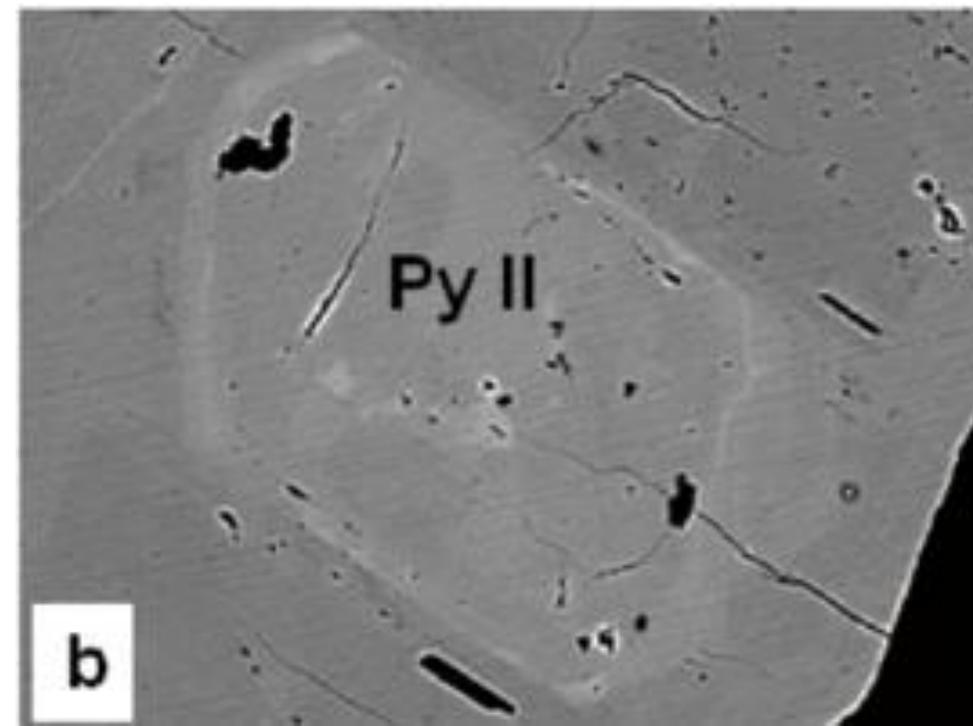
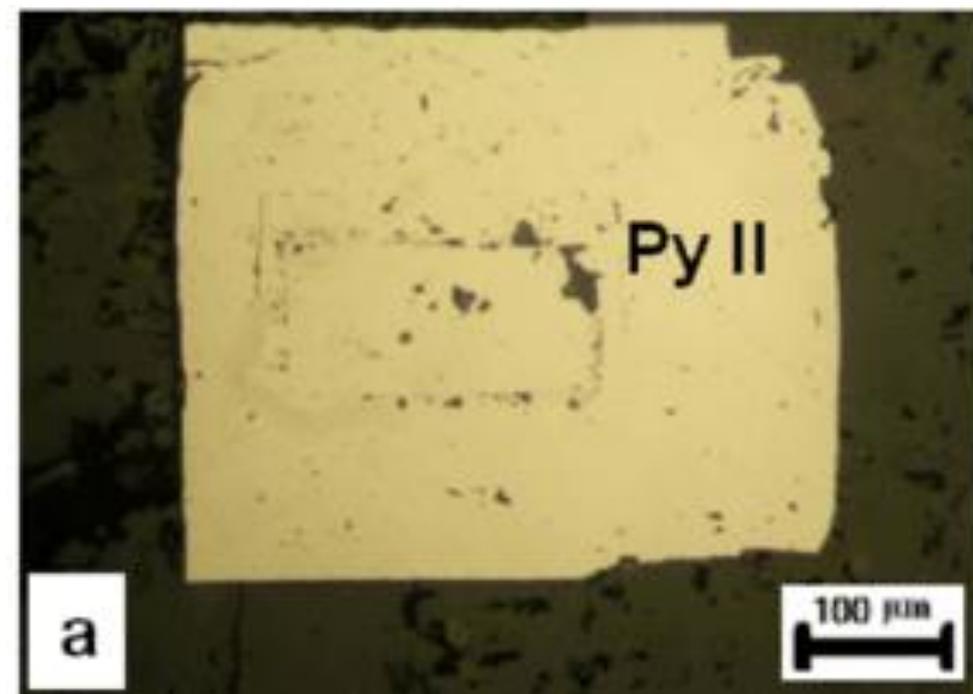
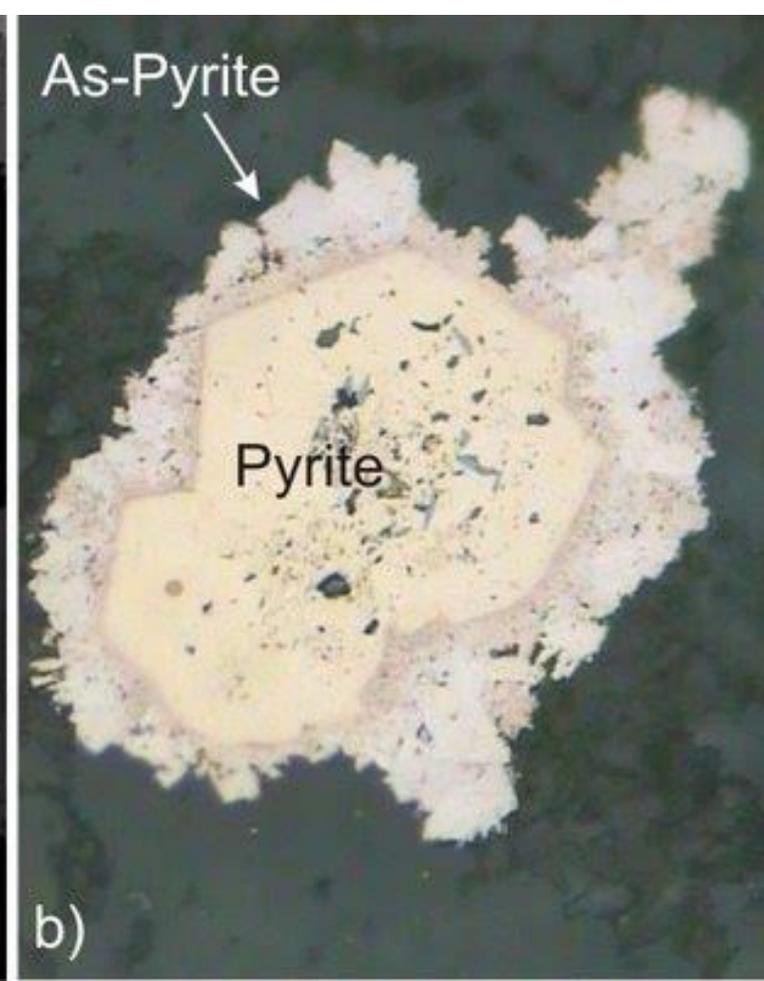
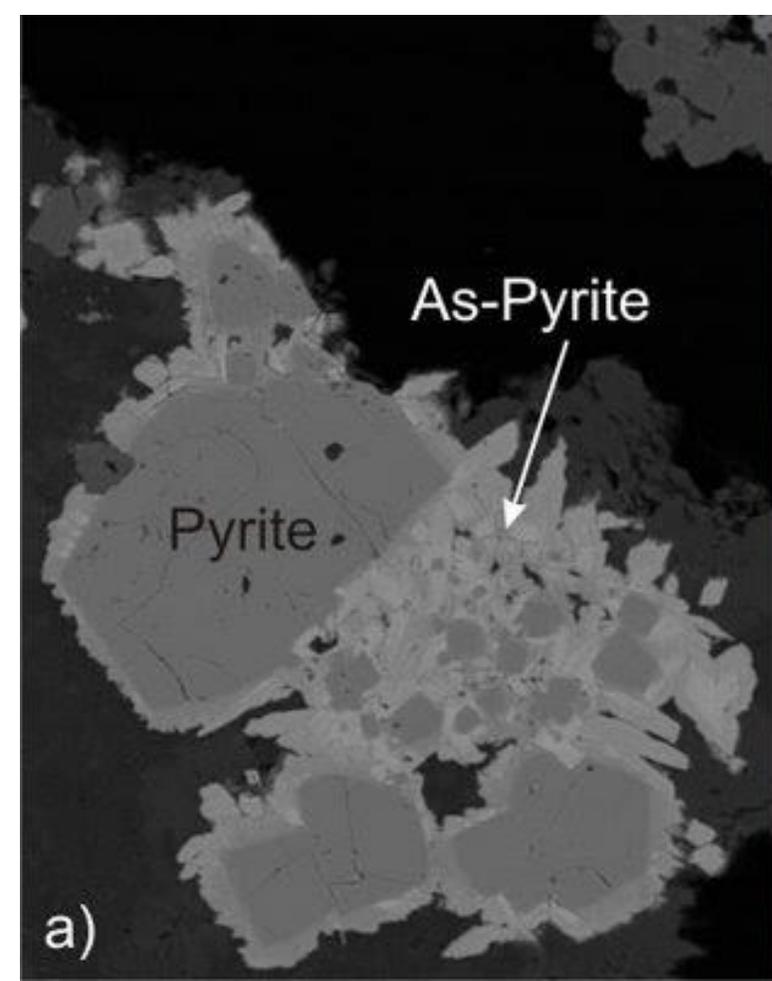
Depósitos hidrotermais



**Cristais zonados de
esfalerita (ZnS) em matriz
dominada por quartzo e
calcedônia.**



Depósitos hidrotermais

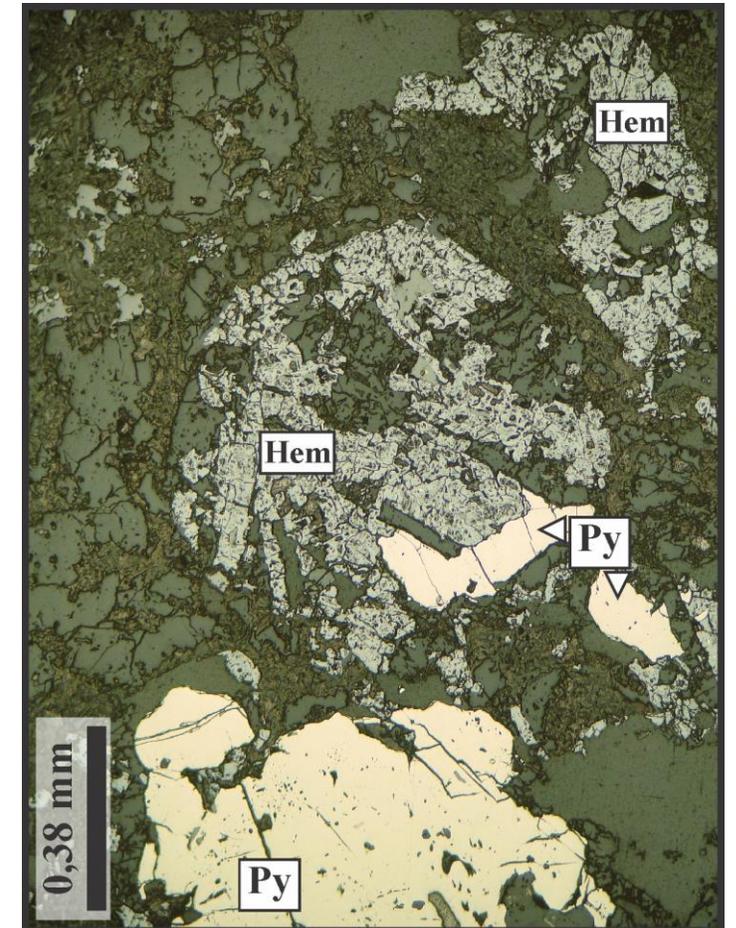
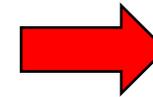
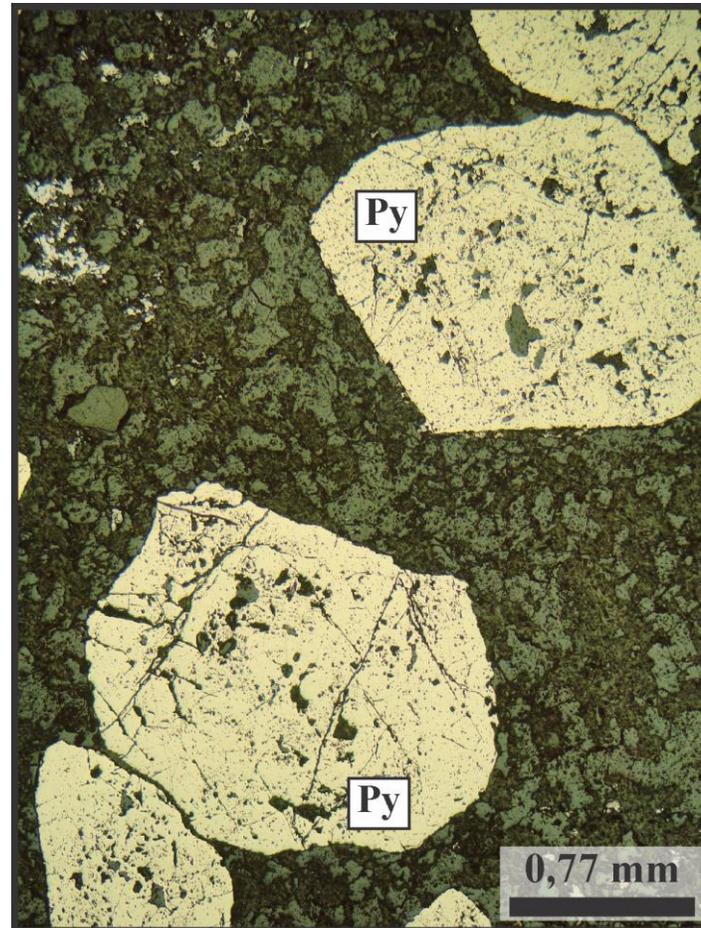
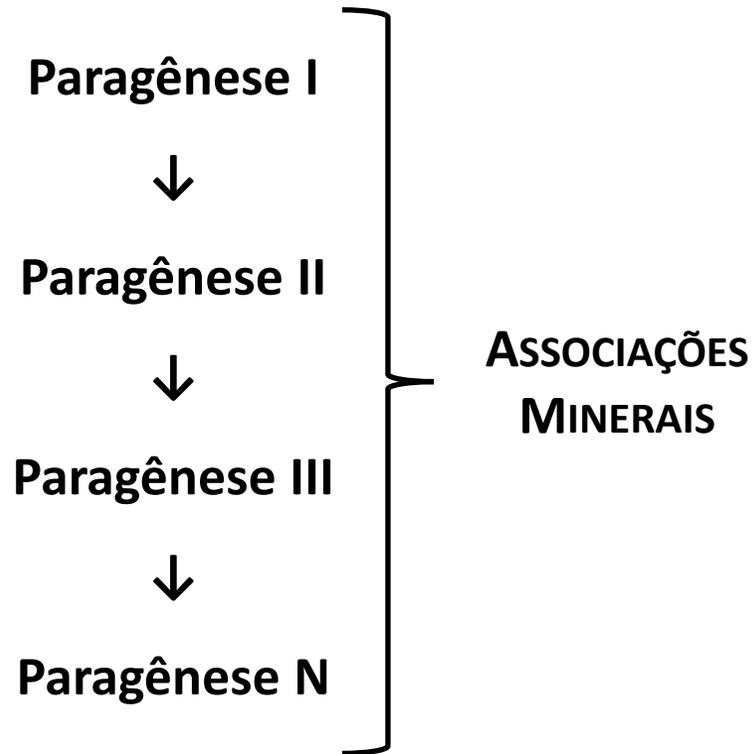


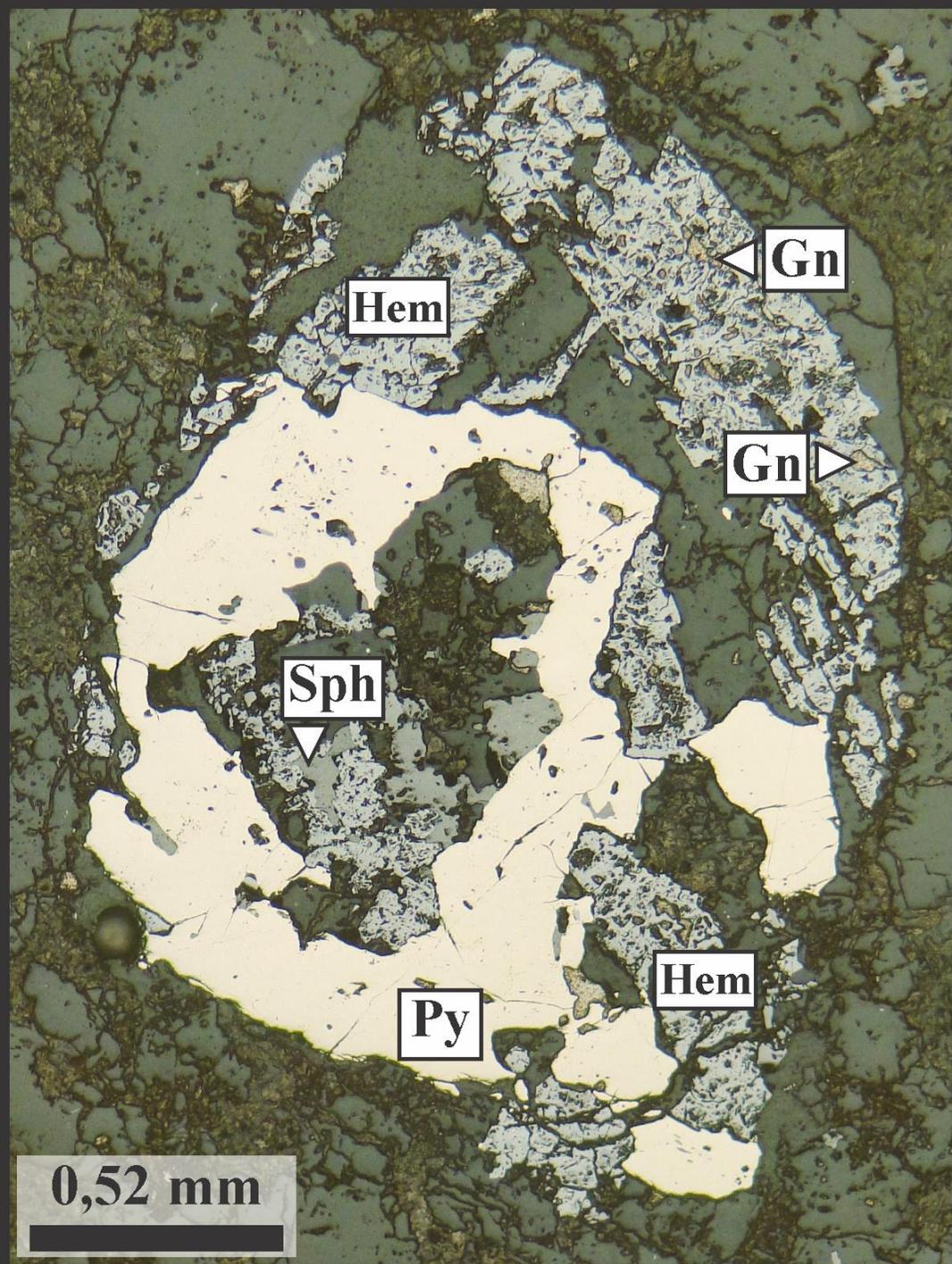
Cristais zonados de pirita. O zoneamento muitas vezes pode indicar pequenas variações composicionais atreladas aos elementos traço.

↓
Depósitos hidrotermais

TEXTURAS DE SUBSTITUIÇÃO

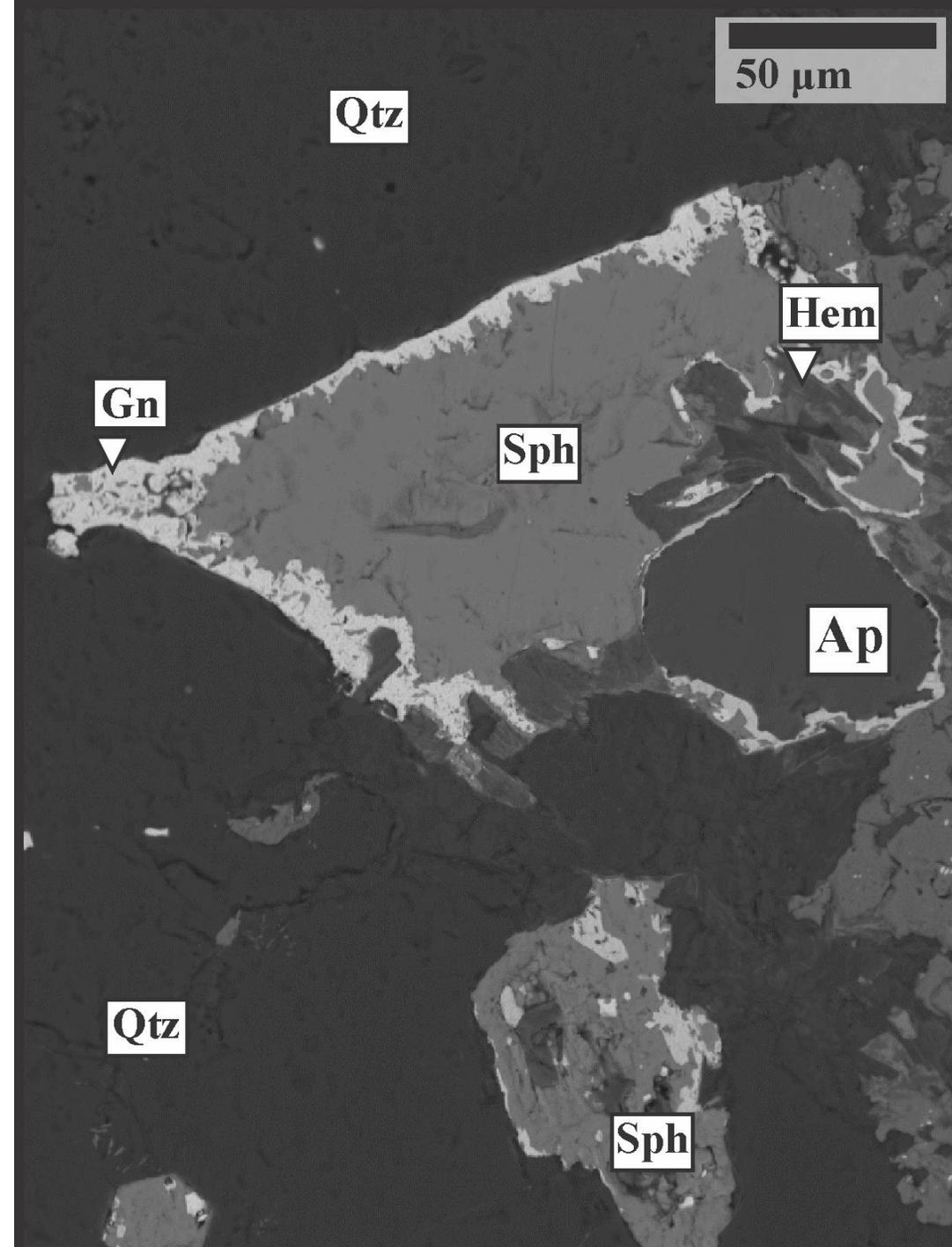
TEXTURAS DE SUBSTITUIÇÃO indicam alterações das condições iniciais (ou anteriores) de equilíbrio de uma determinada paragênese mineral, com consequente **desequilíbrio químico**. O novo equilíbrio, causado por alterações físico-químicas do meio, causa a **destruição parcial a total das fases anteriores**, com sua **substituição por novas fases minerais** mais compatíveis ao novo equilíbrio químico.

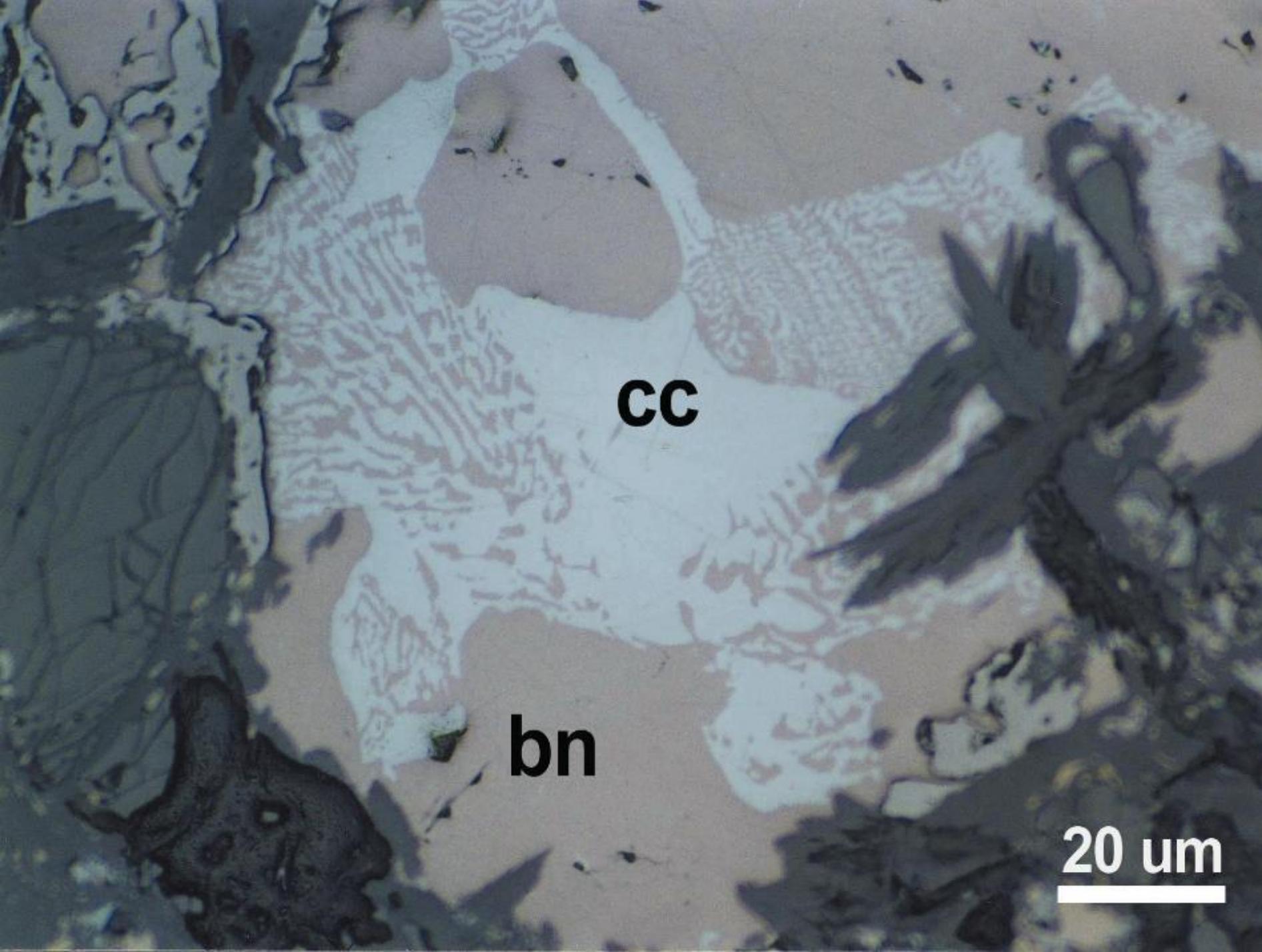




◀ Pirita
(dourado
prateado de
alta
reflectância)
substituída
por hematita
(cristais
ripiformes cinza
claro, de menor
reflectância).

Esfalerita
substituída
por galena
(PbS) ▶





**Intercrescimento
Mirmequítico
(CALCOCITA E BORNITA)**



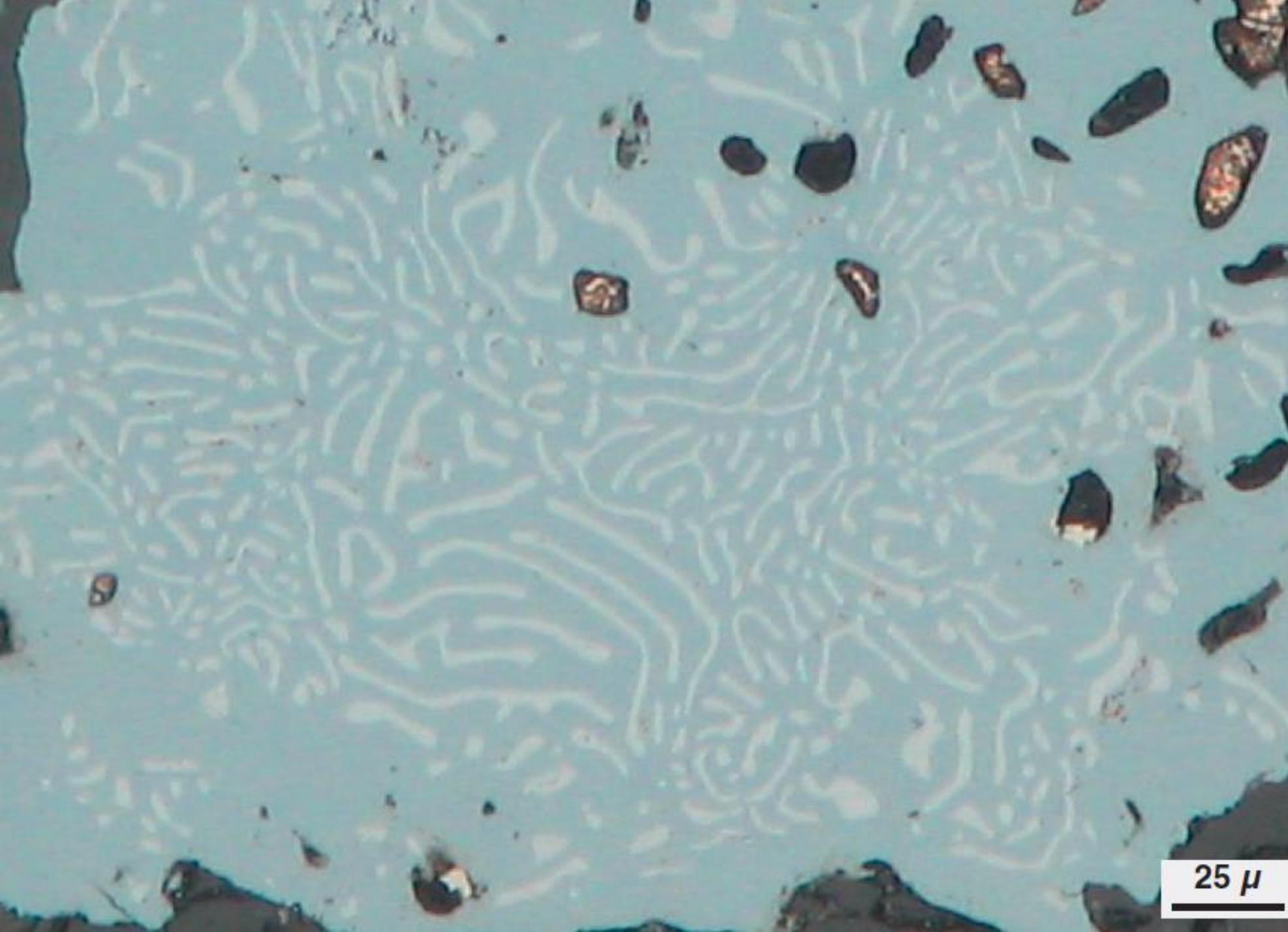
Depósitos Hidrotermais

**VÍDEO CALCOCITA (COM
TEXTURA MIMERQUÍTICA)**

https://www.youtube.com/watch?v=oDemcqDEjQ4&list=PL5k_2NCH5I4ACXv8qM9ZZiknBoJvPI0nJ

**Agradecimentos especiais ao
canal no Youtube do Prof.
Heinrich Frank (UFRS)**

<https://www.youtube.com/channel/UCVeEaFSYjWfoY35idMlqNCA/playlists>

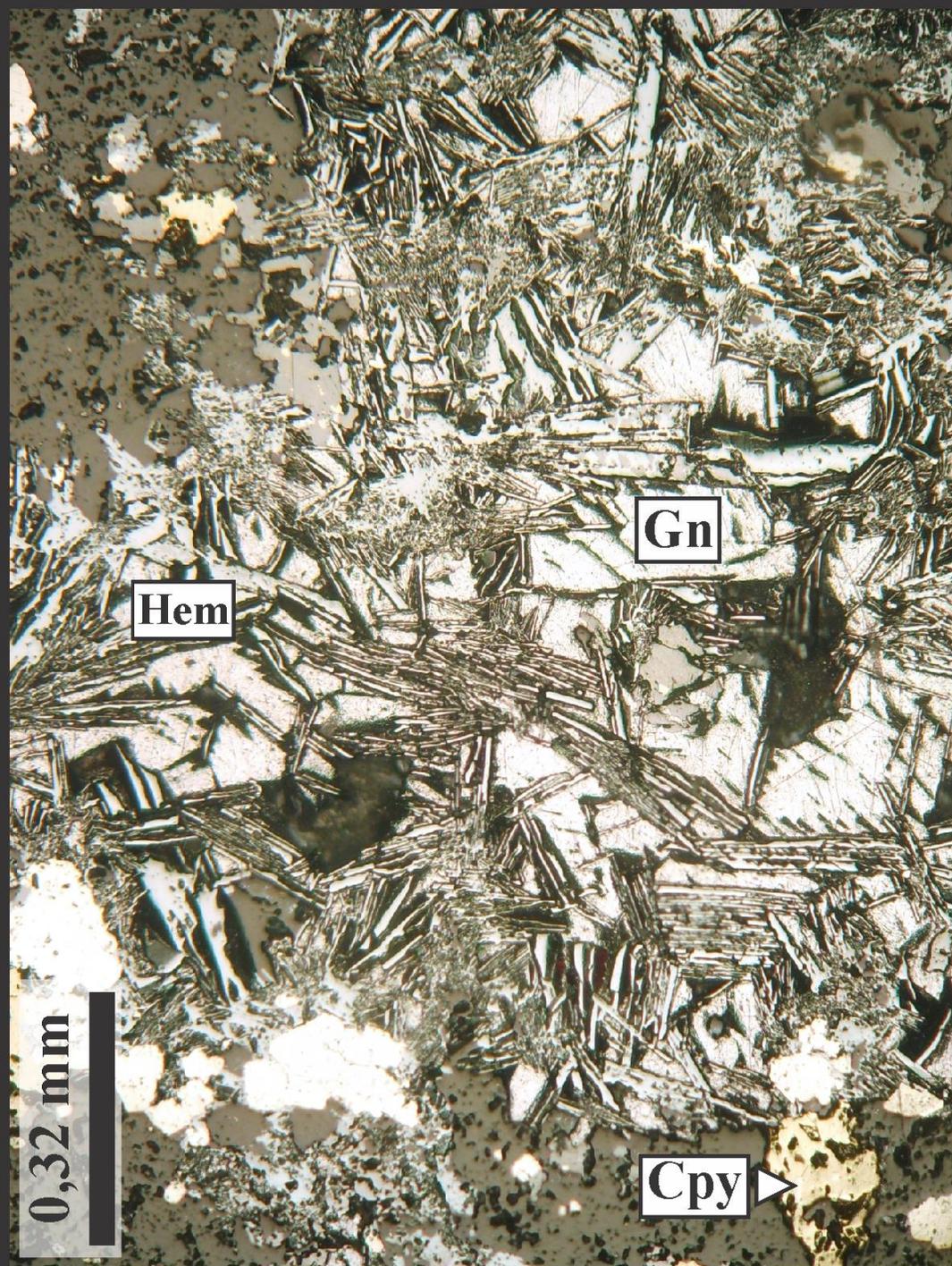


**Intercrescimento
Mirrequítico
(CUPRITA e GALENA)**



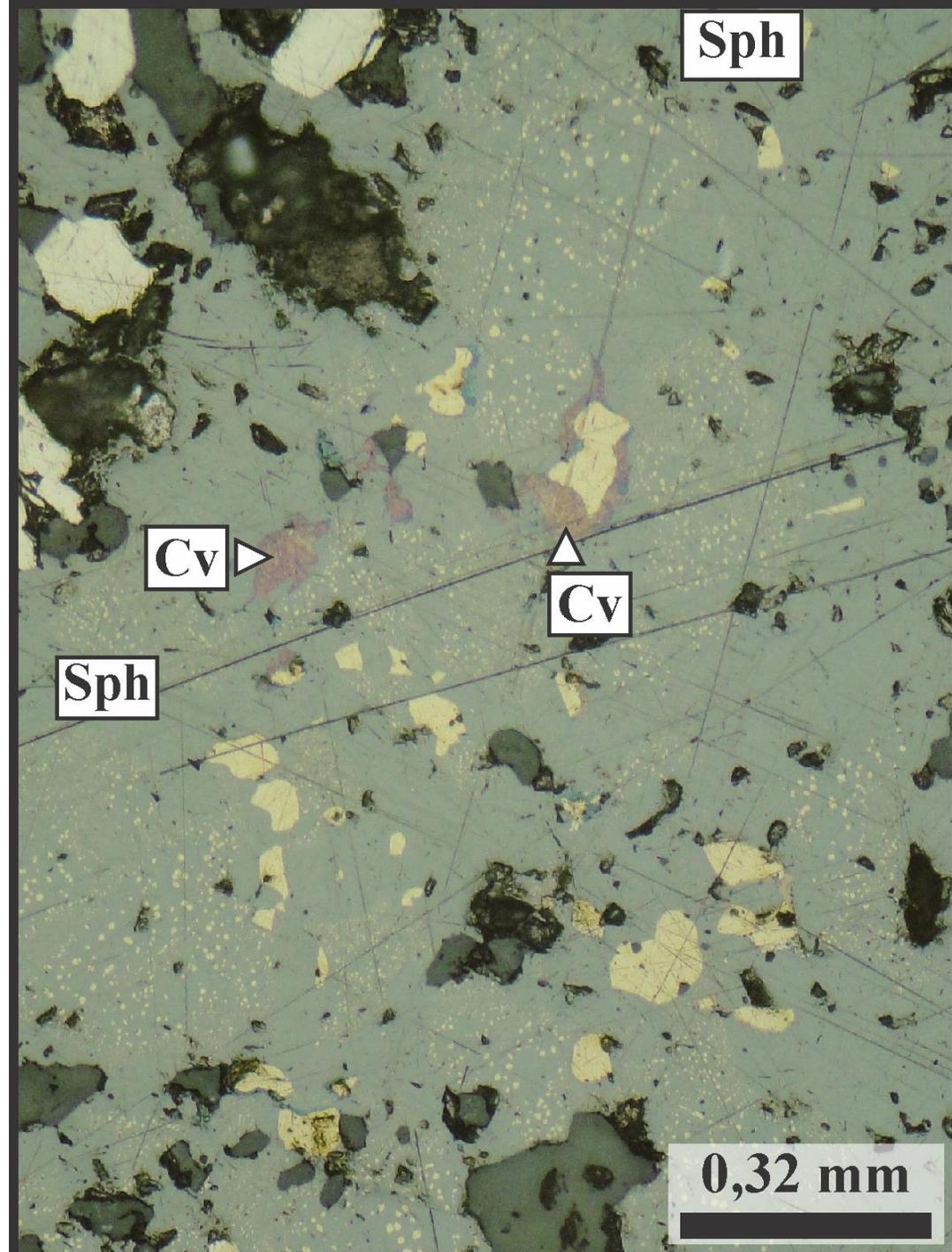
**Depósitos
Hidrotermais**

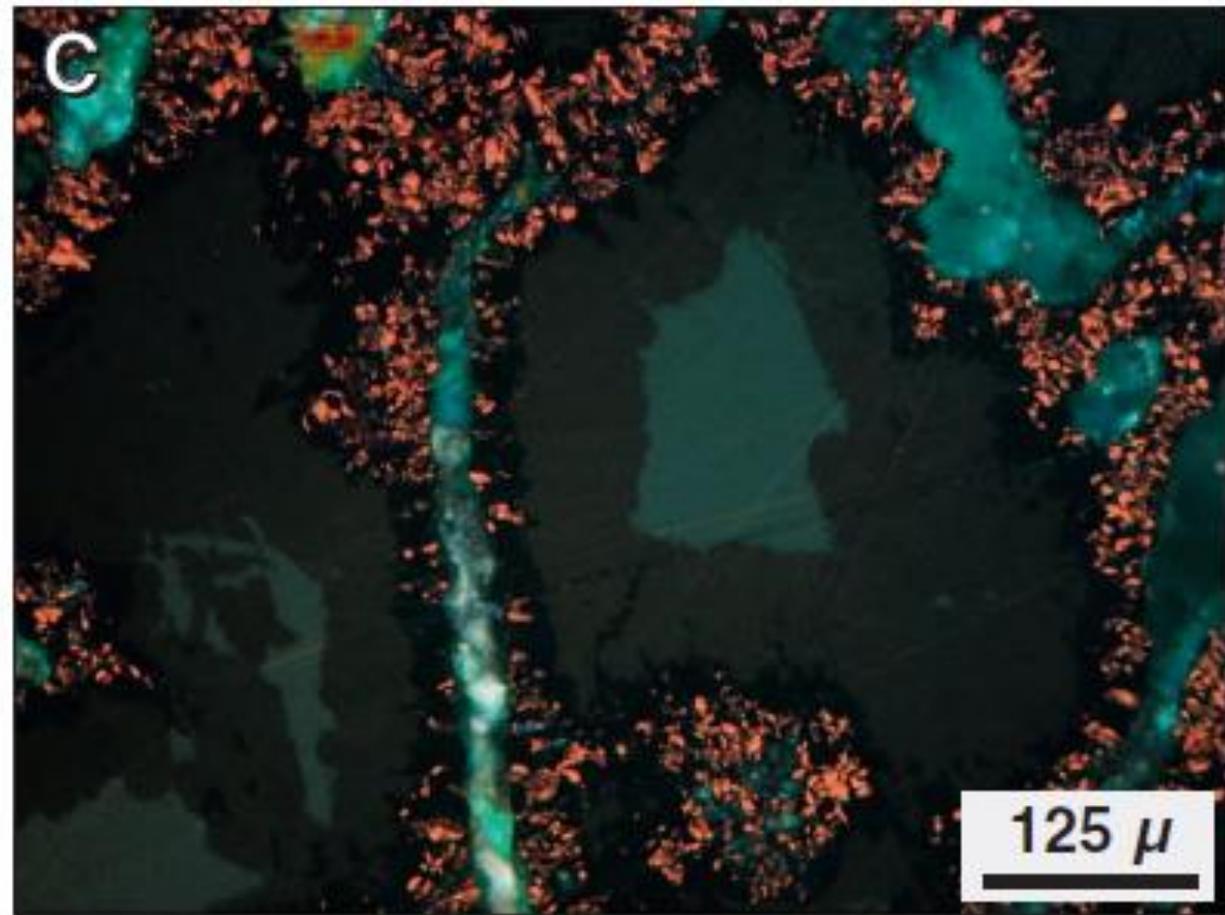
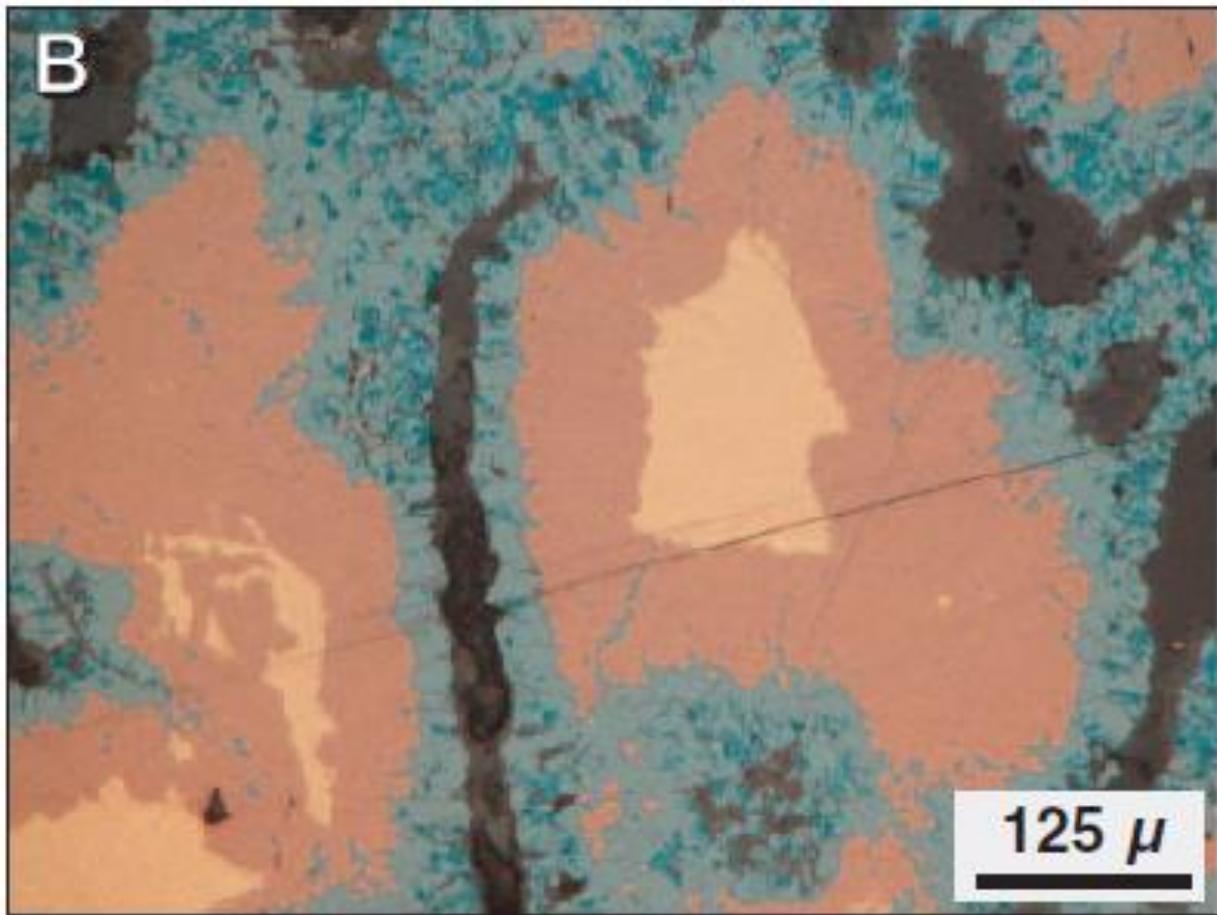
25 μ



◀ Galena
(*cinza claro de maior reflectância*)
substituída
por hematita
(*crístais ripiformes cinza claro, de menor reflectância*).

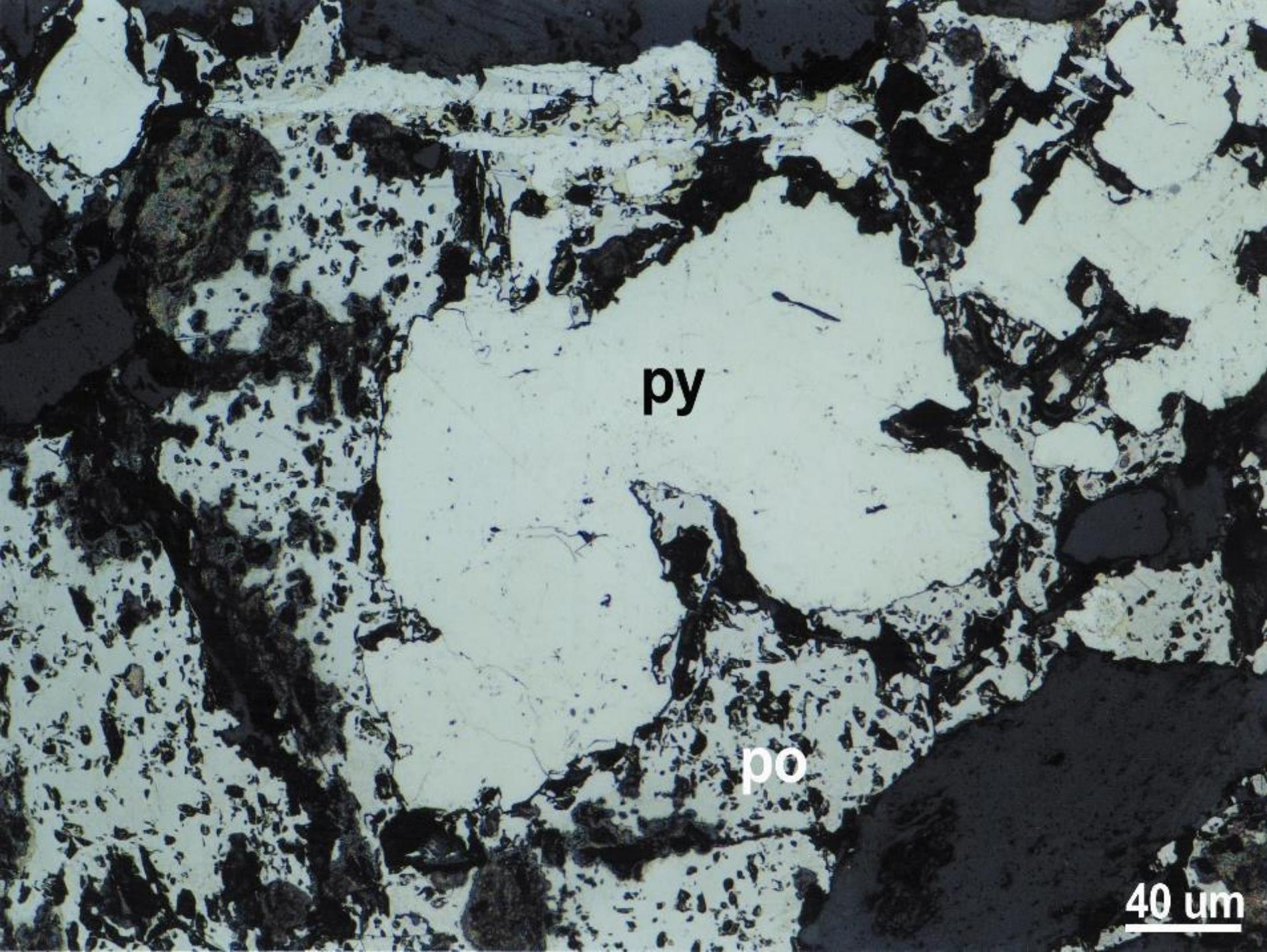
Inclusões de
calcopirita
(*amarelo de baixa reflectância*) na
esfalerita,
substituída por
covelita
(*azulado-arrouxead*) ▶





Anhedral bornite (pinkish-brown) replacing chalcopyrite (yellow); chalcocite (blue-grey) and covellite (blue) replace bornite.

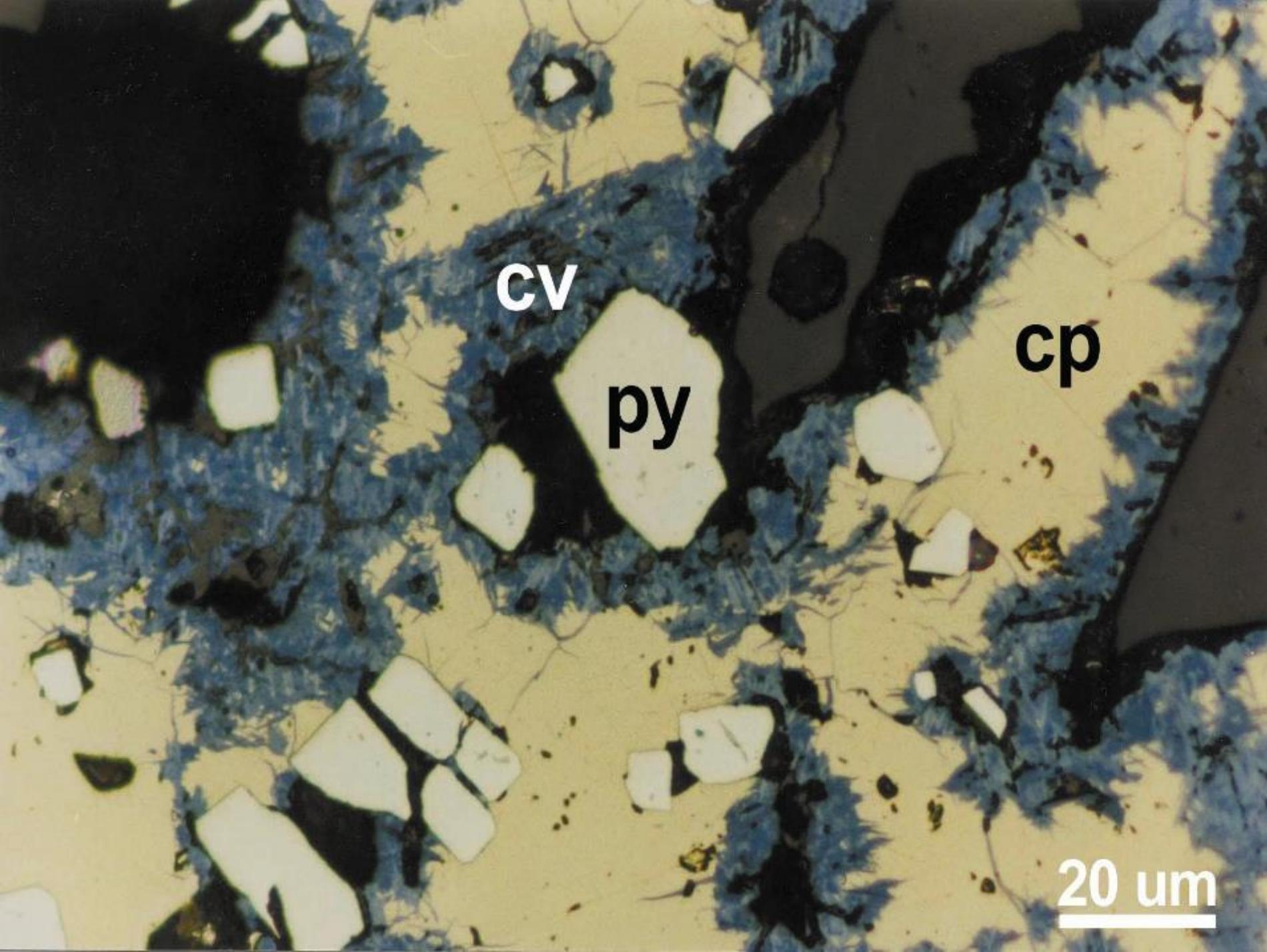
Otjozonjati Mine, Namibia (Luz paralela).



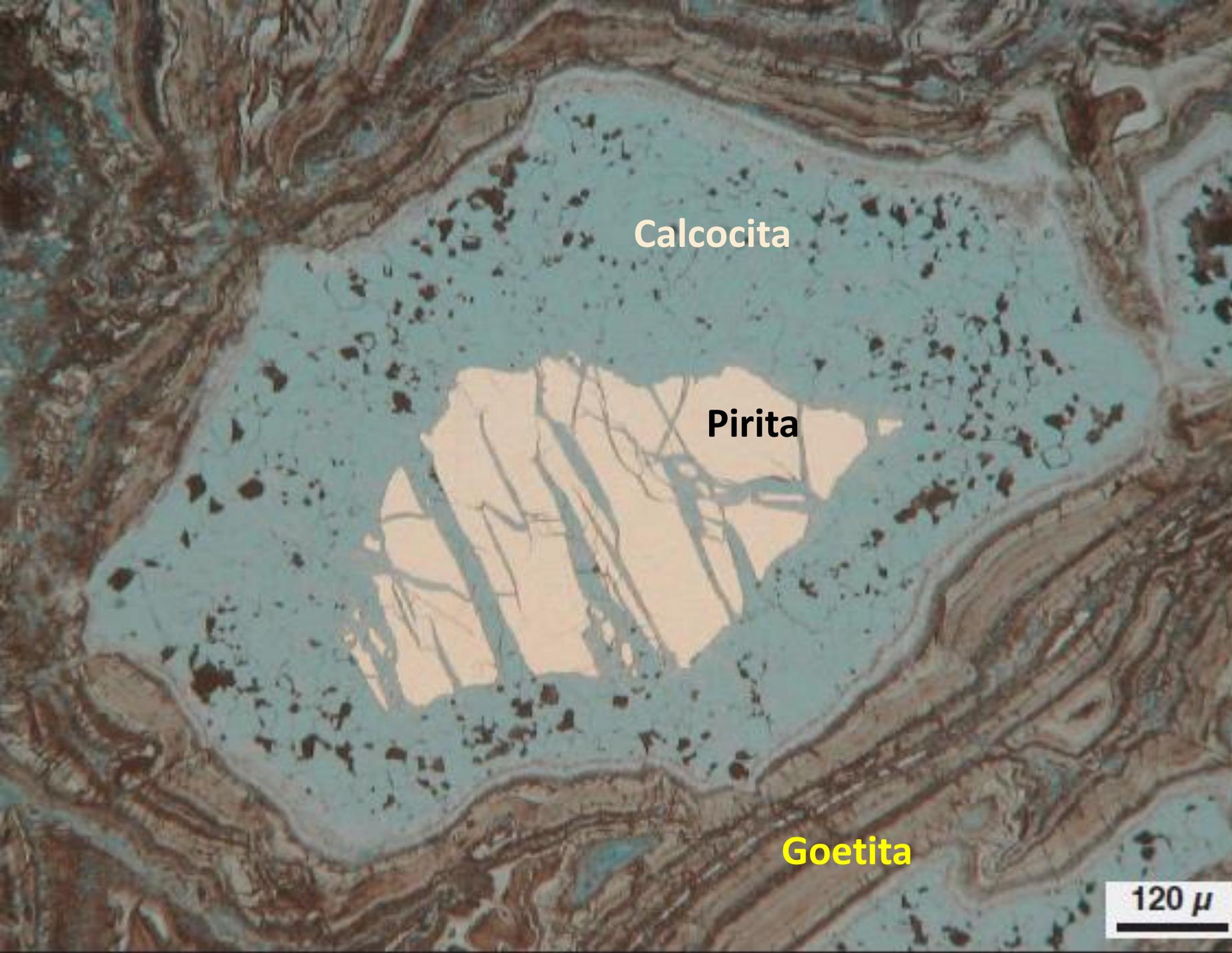
Textura de substituição
de pirita (py) por pirrotita
(po)



Depósitos Hidrotermais



**Substituição de
calcopirita (Cp), ao longo
de suas bordas, por
covelita (cv)**



Calcocita

Pirita

Goetita

120 μ

**Substituição de calcocita
por goethita**

