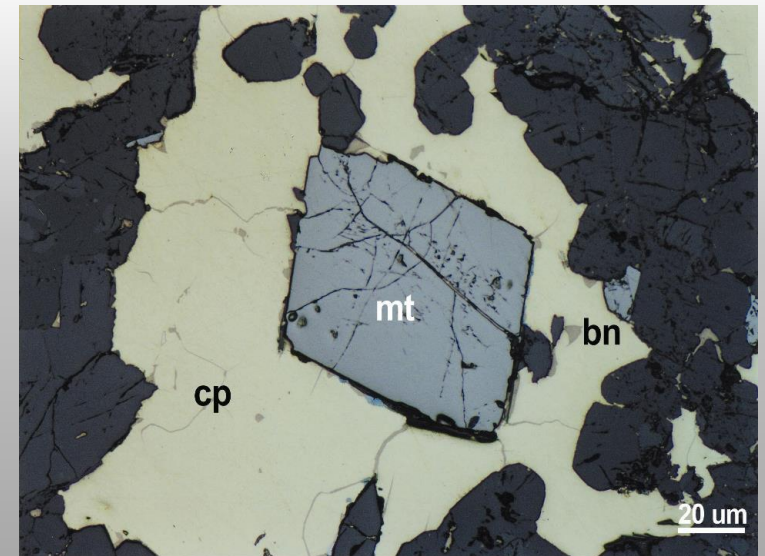
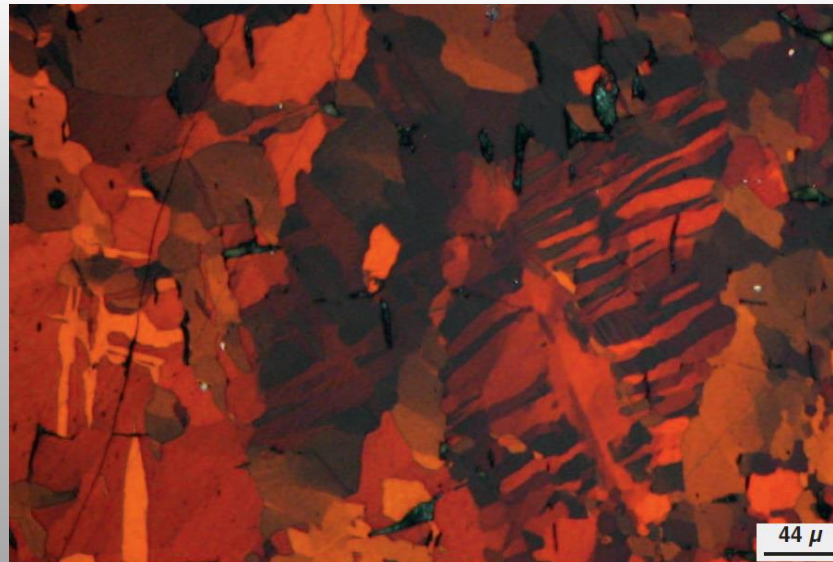
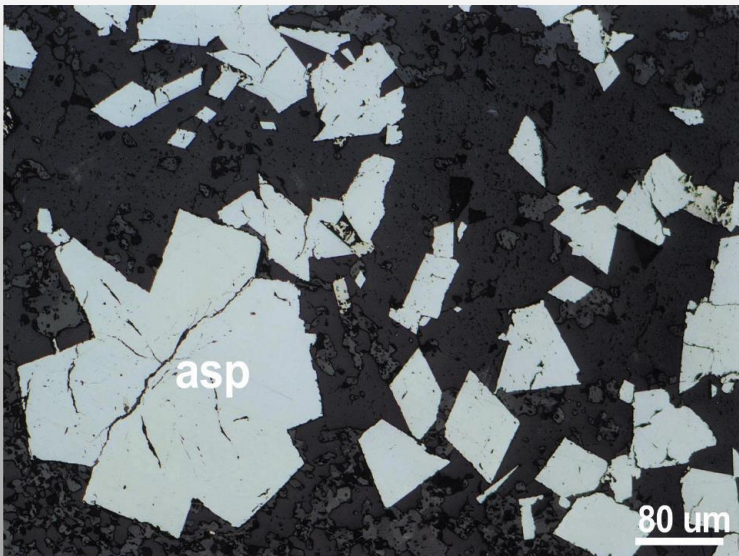


## PROPRIEDADES DIAGNÓSTICAS: Dureza, hábito, clivagem, geminações

Lena Virgínia Soares Monteiro



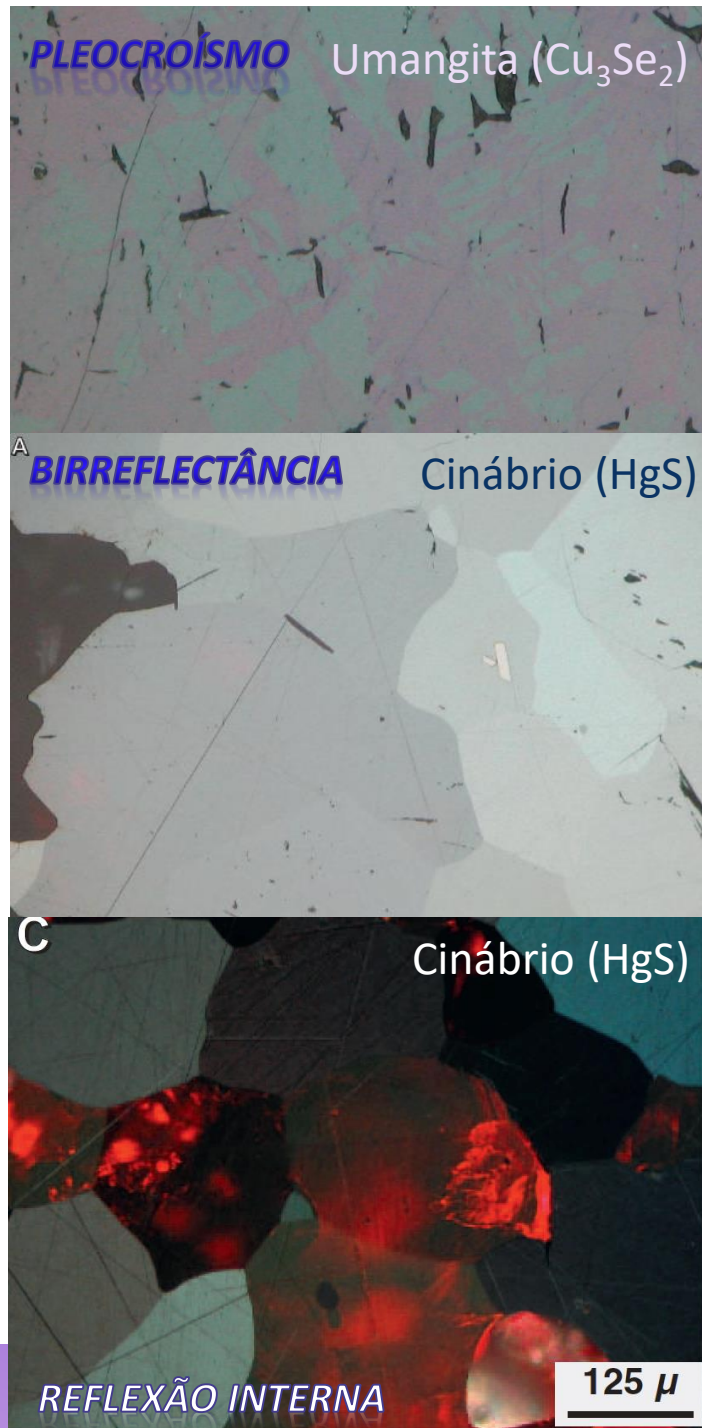
# Propriedades Diagnósticas

**(1) Propriedades Ópticas (polarizadores descruzados):** cor, pleocroísmo, reflectância, birrefletância;

**(2) Propriedades Ópticas (polarizadores cruzados):** isotropia, anisotropia, reflexão interna;

**(3) Propriedades dependentes da Dureza:** risco, polimento, linha de Kalb;

**(4) Propriedades morfológicas e estruturais:** forma dos cristais, hábito, clivagem, partição, maclas/geminações;



C

## REFLEXÃO INTERNA

Cinábrio (HgS)

Podemos ter alguma informação sobre a dureza do cinábrio por essa foto?

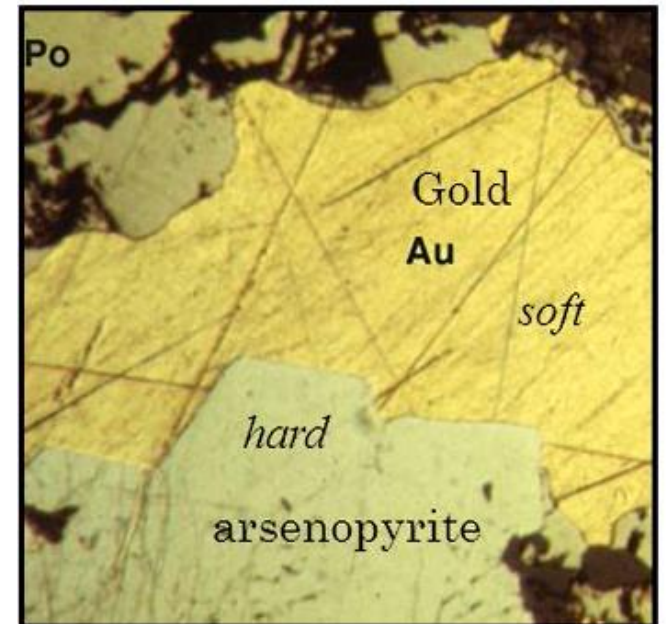
***Como observar a reflexão interna?***

*Usar aumento acima de 20x e intensidade maior da luz com polarizadores cruzados.*

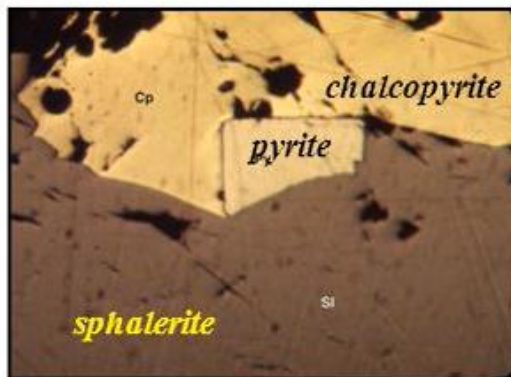
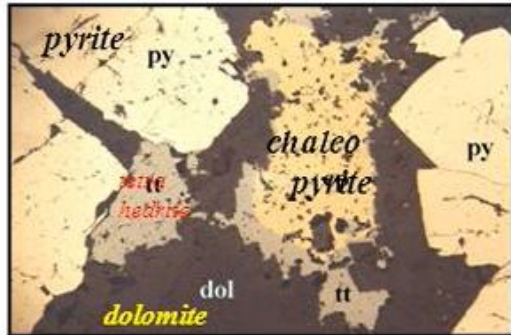
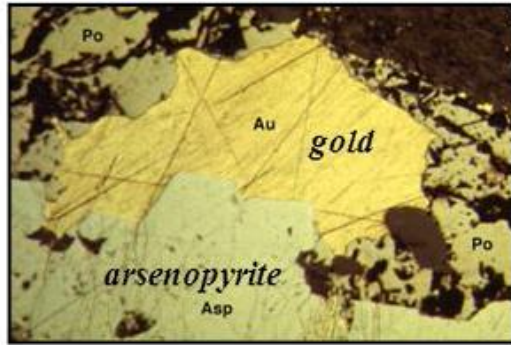
**125  $\mu$**

# Propriedades dependentes da dureza

- **Valores absolutos de dureza:** experimentos com microdurímetros;
- **Dureza relativa (relação entre polimento e dureza):** minerais mais duros oferecem maior resistência ao polimento, enquanto minerais mais moles podem apresentar riscos mais largos e mais profundos.
- **Repolimento e dureza:** minerais mais moles podem ser mais facilmente repolidos, enquanto os mais duros preservam riscos antigos. Observar preferencialmente a passagem de um mesmo risco em grãos vizinhos e sua espessura.



# Propriedades Diagnósticas: Dureza



| Mineral      | Formula                             | Reflect. | Colour                  | Anisotropy | Hardness |
|--------------|-------------------------------------|----------|-------------------------|------------|----------|
| Gold         | Au                                  | 74       | bright yellow           | isotropic  | 2.5-3.0  |
| Pyrite       | FeS <sub>2</sub>                    | 54       | pale yellow             | isotropic  | 6.0-6.5  |
| Arsenopyrite | FeAsS                               | 52       | white                   | strong     | 5.5-6.0  |
| Pentlandite  | (Fe,Ni) <sub>9</sub> S <sub>8</sub> | 1        | Light yellow            | isotropic  | 3.5-4.0  |
| Chalcopyrite | CuFeS <sub>2</sub>                  | 44       | yellow                  | weak       | 3.5-4.0  |
| Galena       | PbS                                 | 43       | grey-white              | isotropic  | 2.5      |
| Pyrrhotite   | Fe <sub>1-x</sub> S                 | 34-40    | pinkish brown to yellow | strong     | 4.0      |
| Chalcocite   | Cu <sub>2</sub> S                   | 32       | light grey              | weak       | 2.5-3.0  |
| Hematite     | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 28       | bluish grey             | strong     | 5.0-6.0  |
| Bornite      | Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>    | 22       | purplish brown          | isotropic  | 3.0      |
| Magnetite    | Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>      | 21       | brownish grey           | isotropic  | 5.5      |
| Ilmenite     | FeTiO <sub>3</sub>                  | 17-20    | pinkish grey            | strong     | 5.0-6.0  |
| Sphalerite   | ZnS                                 | 17       | grey                    | isotropic  | 3.5-4.0  |
| Chromite     | FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub>    | 14       | dark grey               | isotropic  | 5.5      |

## Dureza

Au: dureza baixa (riscos)

Py: dureza alta (sem riscos profundos) e com bom polimento

Gn: dureza baixa (riscos)

Cc: dureza baixa (riscos)

Riscos & Dureza

Hessita

Diferenças na  
dureza e no  
polimento dos  
minerais

Cpy

*Calcopirita*  
(dureza 3,5-4)

*Hessita*  
(dureza 1,5-2)

120  $\mu$

C

Riscos & Dureza

Hessita

500  $\mu$

A micrograph of a rock surface, likely a meteorite, showing a complex pattern of fine, intersecting scratches and larger, more distinct linear features. The surface is divided into several color-coded regions: a large, irregularly shaped reddish-brown area in the center, a dark green area to its right, and a dark grey/black area to its left. The overall texture is rough and granular. A scale bar in the bottom right corner indicates a length of 500 micrometers.



# Linha de Kalb (*Kalb Light Line*)

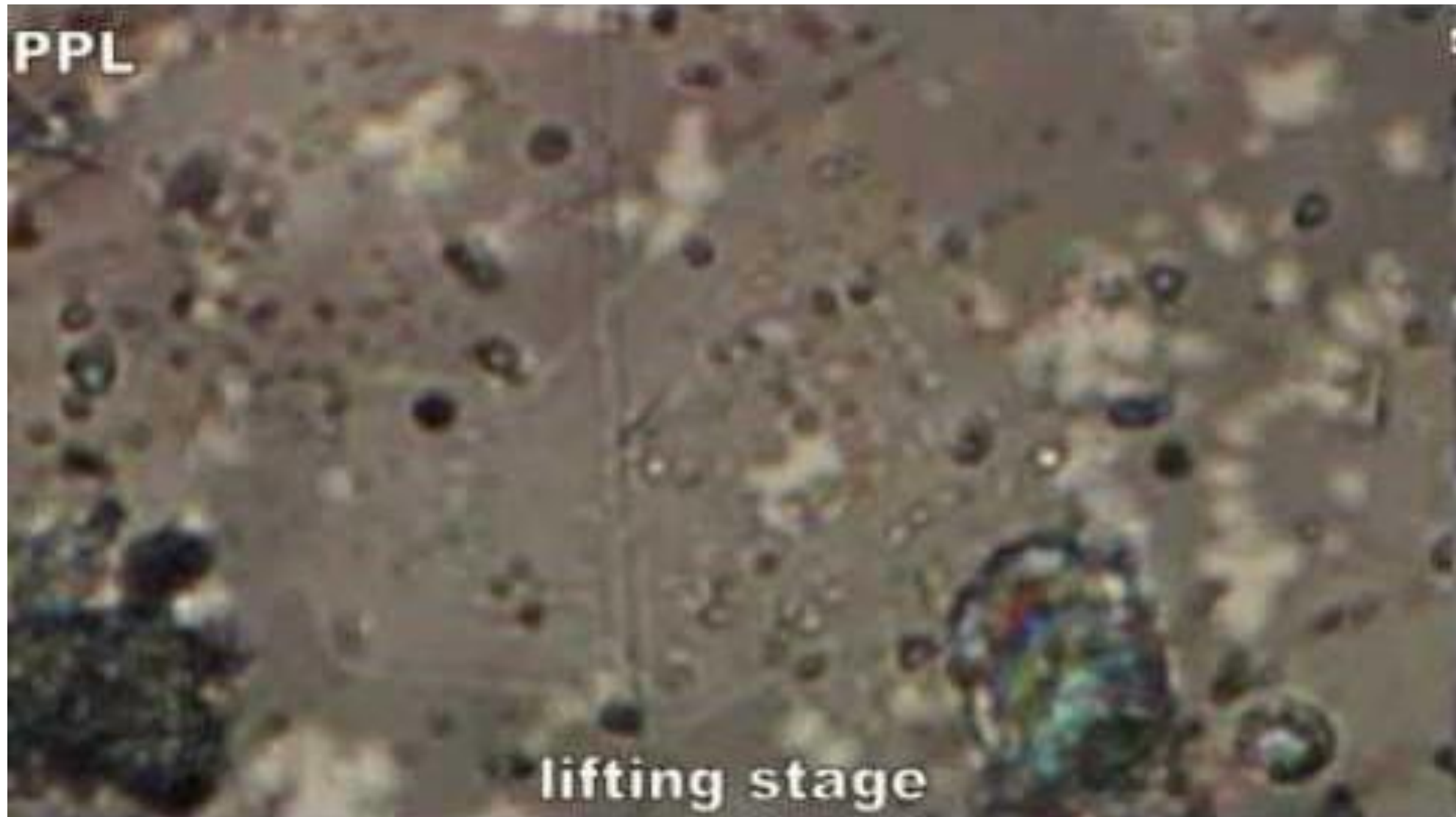
- **"Linha de Kalb":** linha luminosa observada no contato entre minerais com diferente dureza, que quando polidos apresentam diferente relevo.
- **Como observar:** aumentando-se a distância entre a objetiva e a platina, a “linha de Kalb” se deslocará em direção ao mineral mais mole.

<https://youtu.be/BByO-LFdIxA>

*A linha de “luz” é melhor observada nos contatos entre minerais, aumentando-se levemente a distância entre objetiva e a platina do microscópio, usando-se objetiva de 20x ou maior.*

*Não confundir com a linha de Becke, que é produzida pela diferença nos índices de refração dos minerais e observada em luz transmitida*

# Linha de Kalb (*Kalb Light Line*)



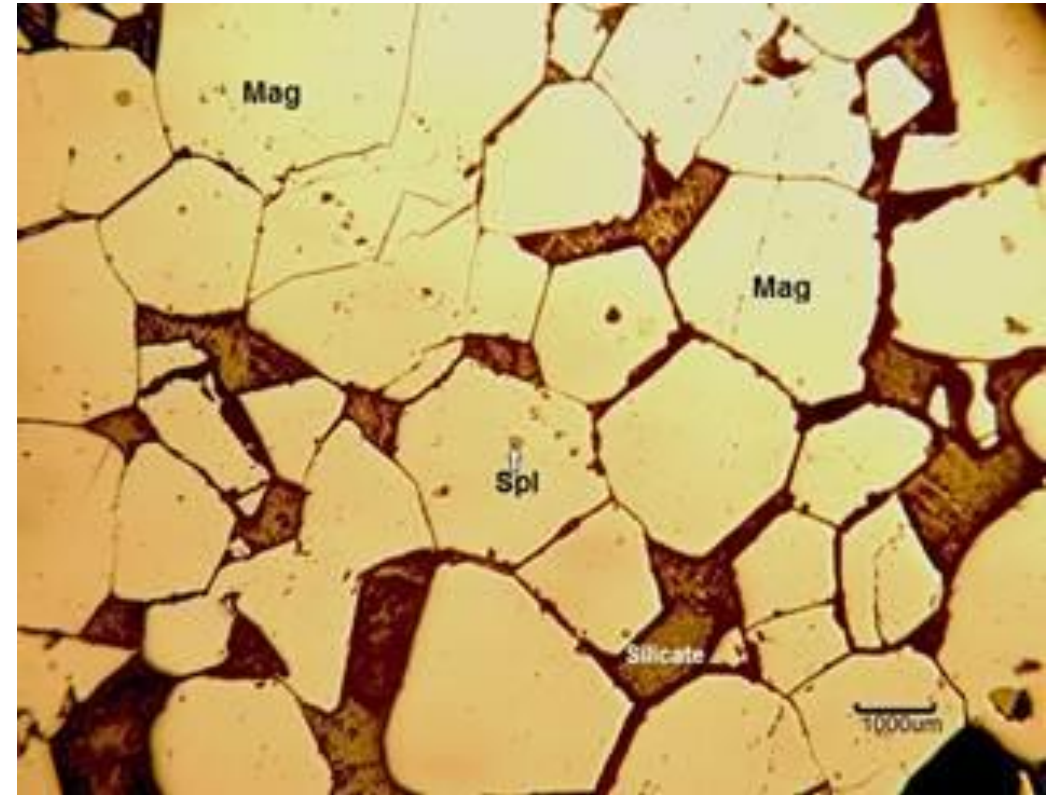
# Propriedades morfológicas e estruturais

## Forma do cristal:

**Cristais euhedrais:** pirita, arsenopirita, magnetita, galena;

**Cristais subeudrais:** esfalerita, pirrotita;

**Cristais aneudrais:** calcopirita, bornita.

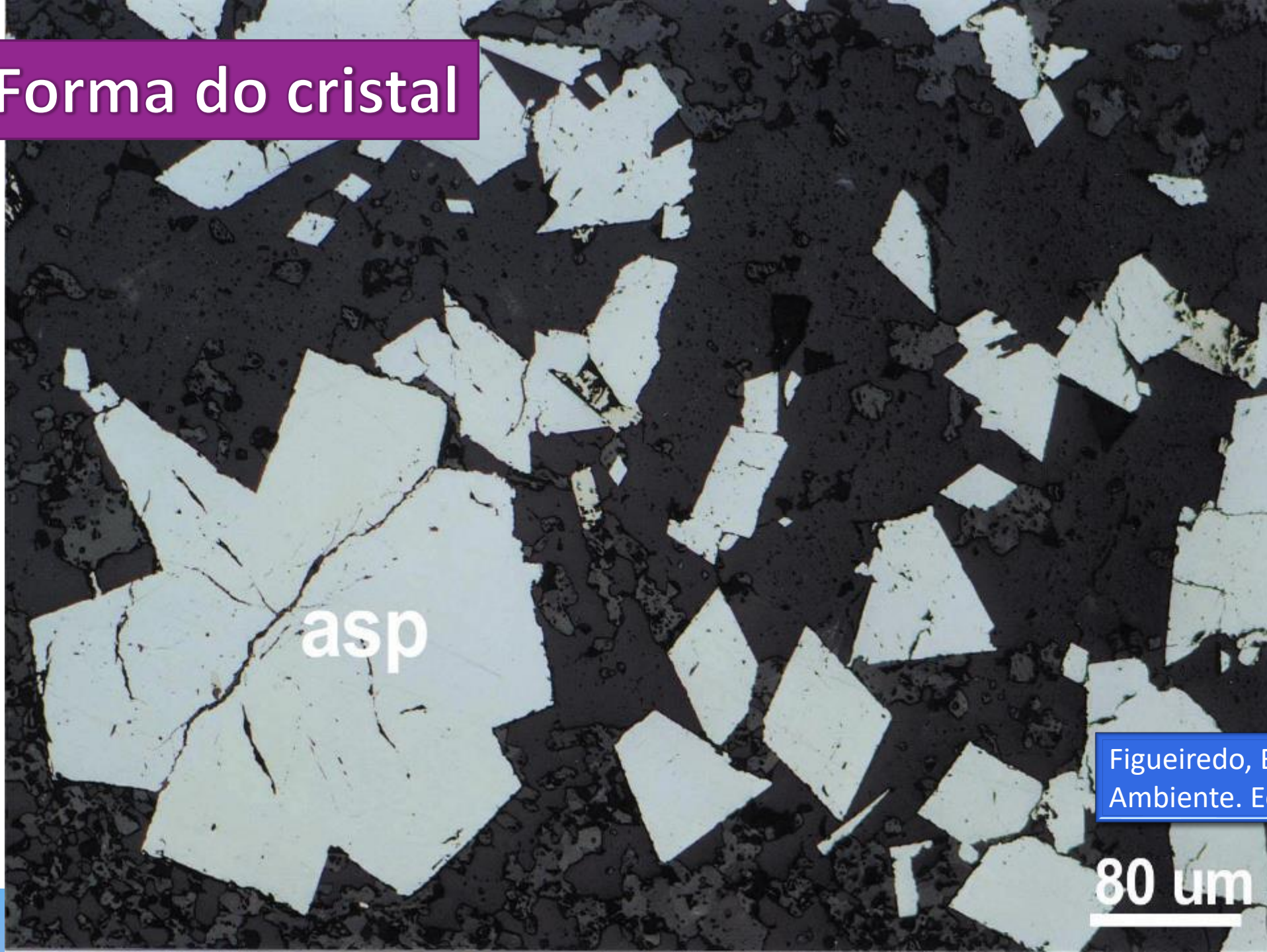


[Mondal et al. \(2015\)](#)

[Earth Sciences](#)

Volume 4, Issue 4-1, July 2015, Pages: 15-30

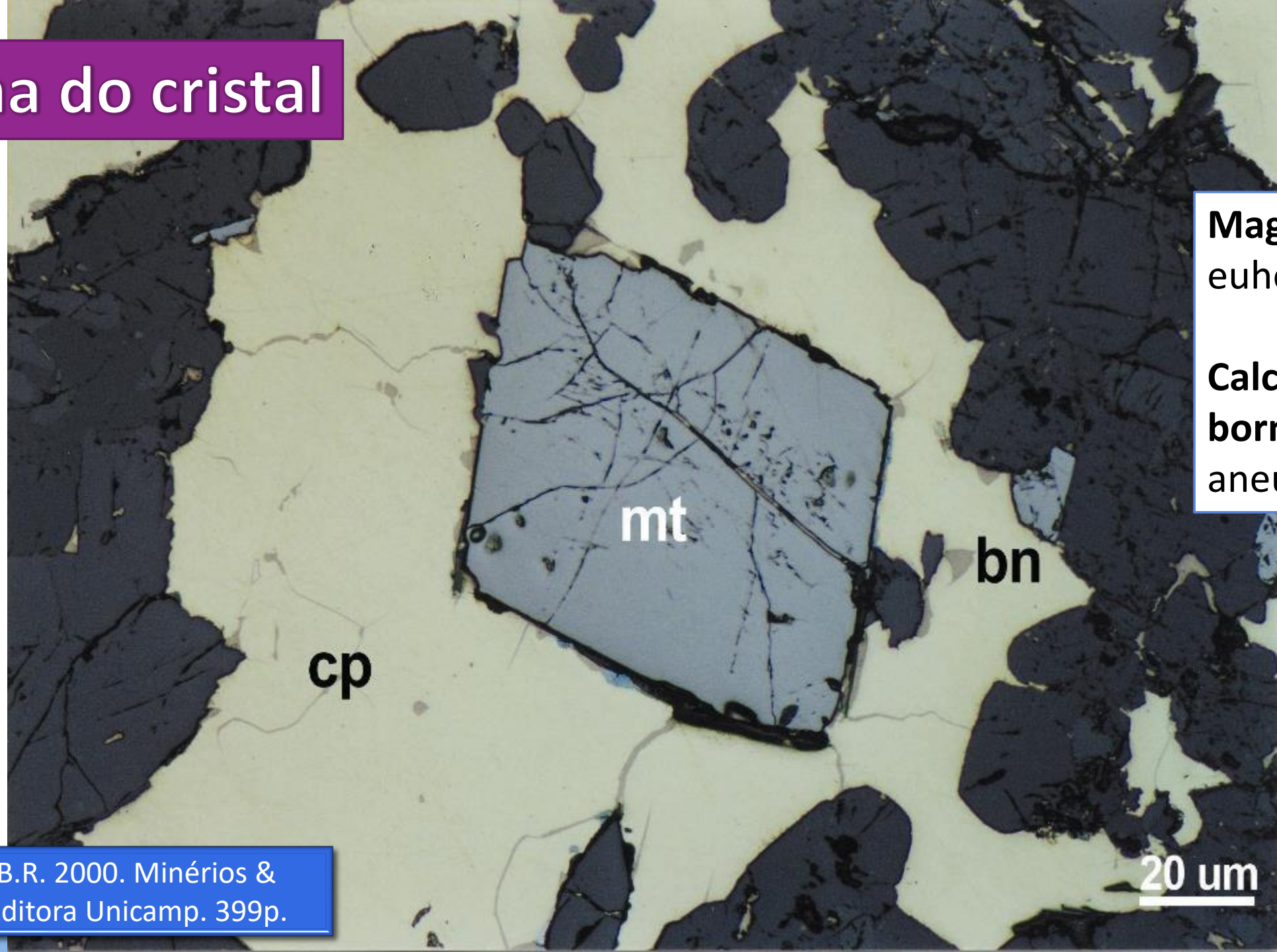
# Forma do cristal



Figueiredo, B.R. 2000. Minérios & Ambiente. Editora Unicamp. 399p.

80 μm

# Forma do cristal



**Magnetita:**  
euhedral;

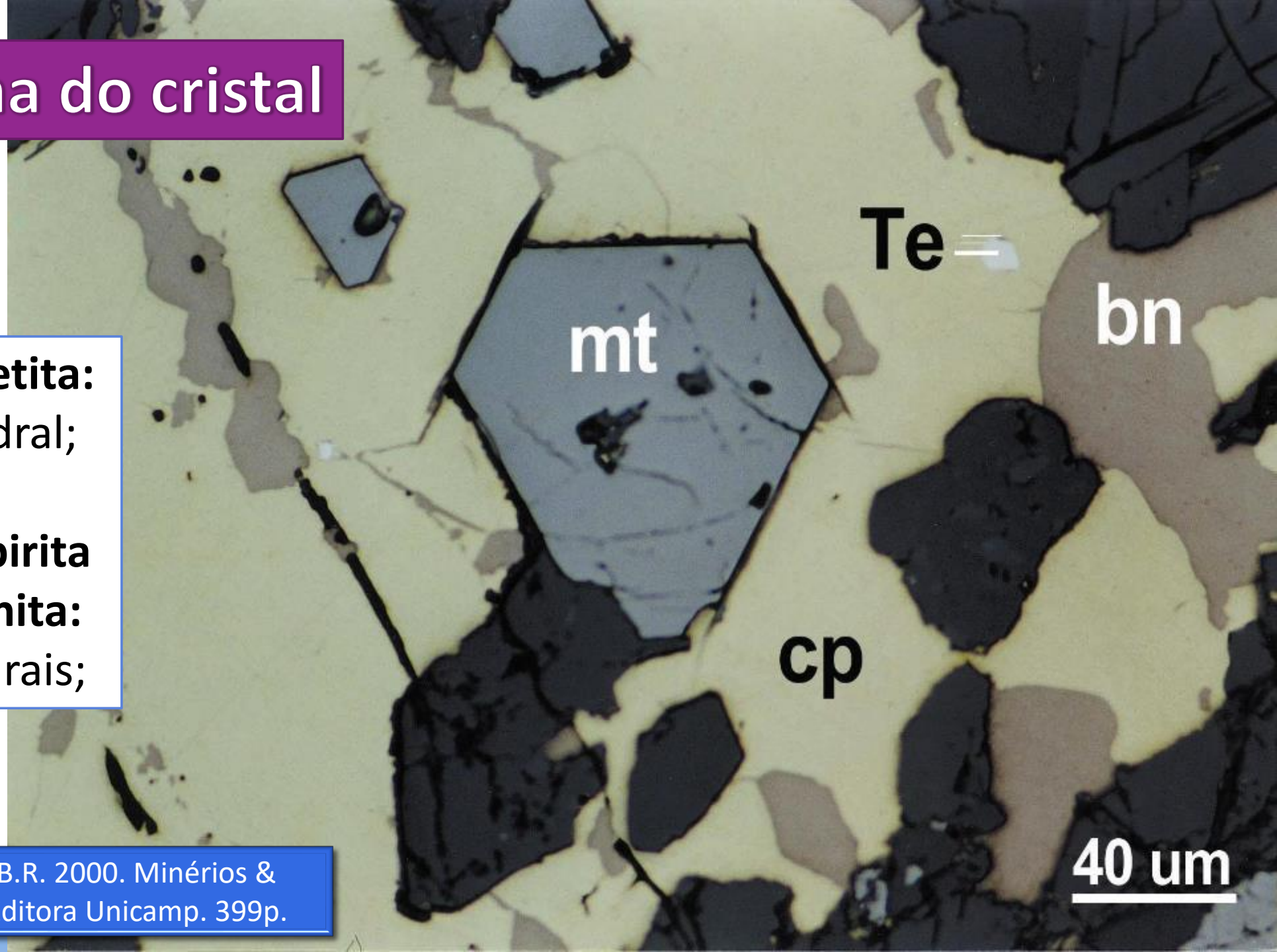
**Calcopirita e  
bornita:**  
aneudrais;

# Forma do cristal

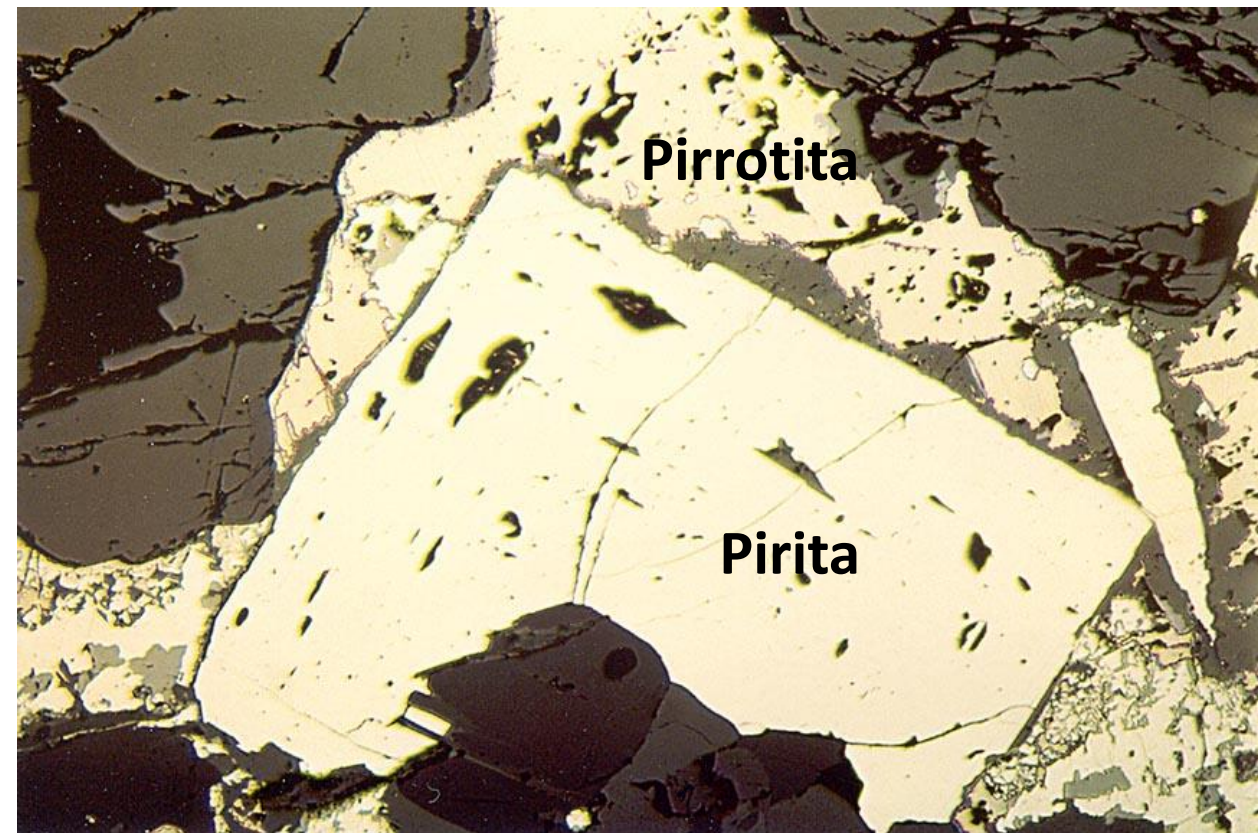
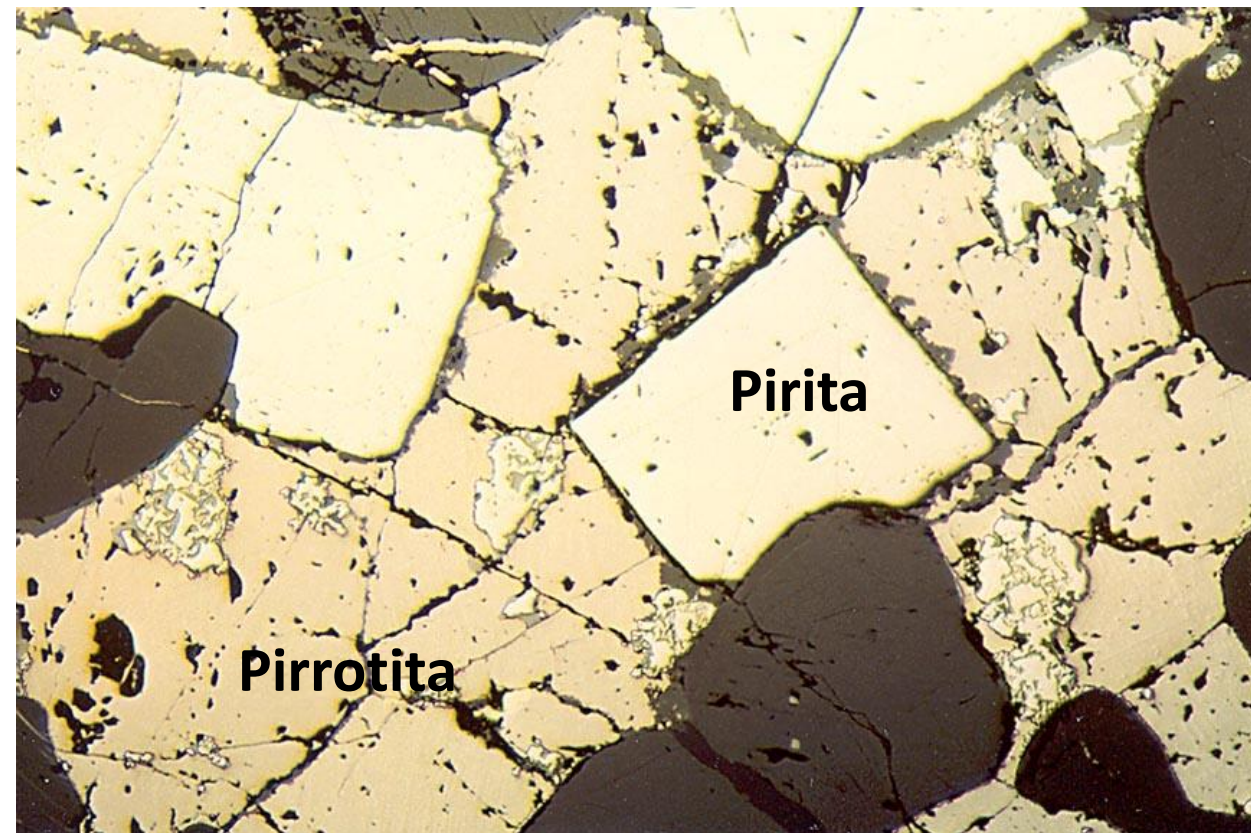
**Magnetita:**  
euedral;

**Calcopirita  
e bornita:**  
aneudrais;

Figueiredo, B.R. 2000. Minérios &  
Ambiente. Editora Unicamp. 399p.



# Forma do cristal

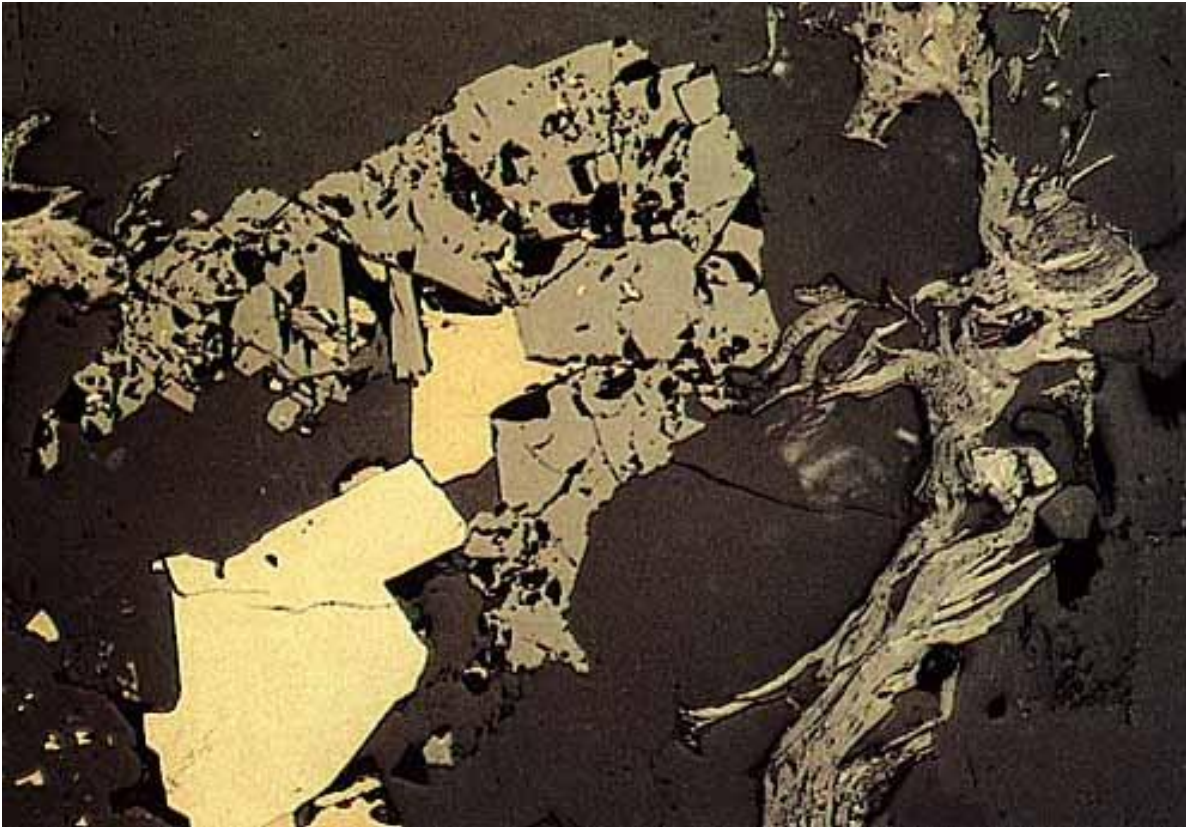


<http://www.turnstone.ca/kodais.htm>

# Propriedades morfológicas e estruturais

## Hábito

Cúbico, octaédrico, tabular, acicular, fibroso, coloforme, micáceo, prismático, dendrítico, etc.



*Pirita euedral, calcopirita aneudral,  
magnetita subeuhedral (hábito cúbico),  
molibdenita (hábito fibroso)*

<https://lifeinplanelight.wordpress.com/2011/02/23/photomicrograph-tuesday-magnetite-hematite/>

# Propriedades morfológicas e estruturais

Hábito

*Hematita (hábito tabular), pirita subeudral, calcopirita aneudral, ganga (com hábito fibroso)*

<https://lifeinplanelight.wordpress.com/2011/02/23/potomicrograph-tuesday-magnetite-hematite/>

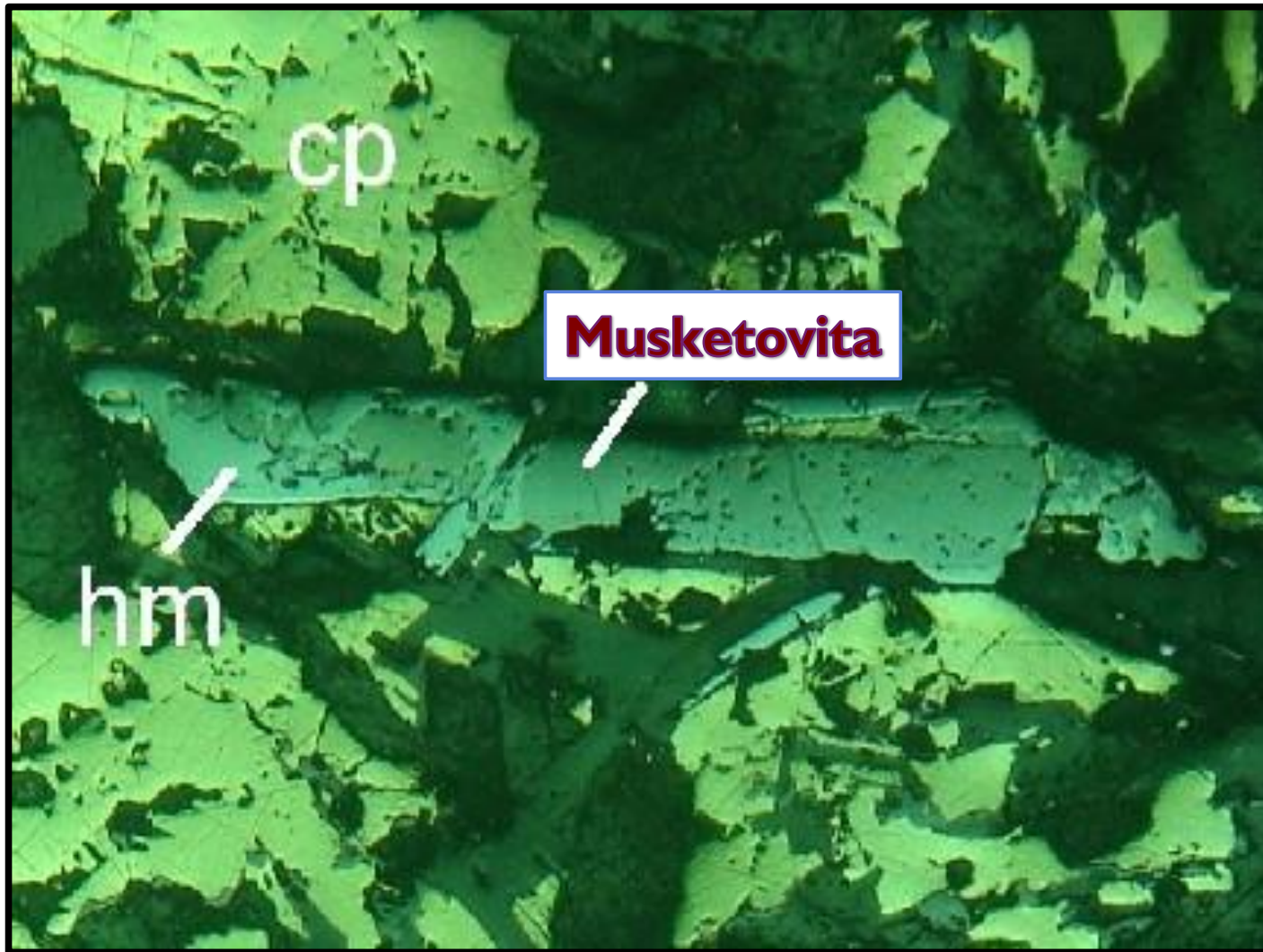
# Propriedades morfológicas e estruturais

Musketovita  
(hábito fibroso ou  
tabular)

Musketovita

A close-up photograph of a person's hand holding a rectangular piece of Musketovita mineral. The mineral has a dark, fibrous texture with some lighter, crystalline areas. It is being held against a background of other mineral samples and cardboard boxes. The word "Musketovita" is written in red text on the bottom right of the mineral specimen.

# Propriedades morfológicas e estruturais



Musketovita  
(hábito lamelar ou  
tabular)

*Pseudomorfo: preserva o  
hábito da hematita  
precursora*

Hematita (1)

$> fO_2$



Magnetita (Musketovita)

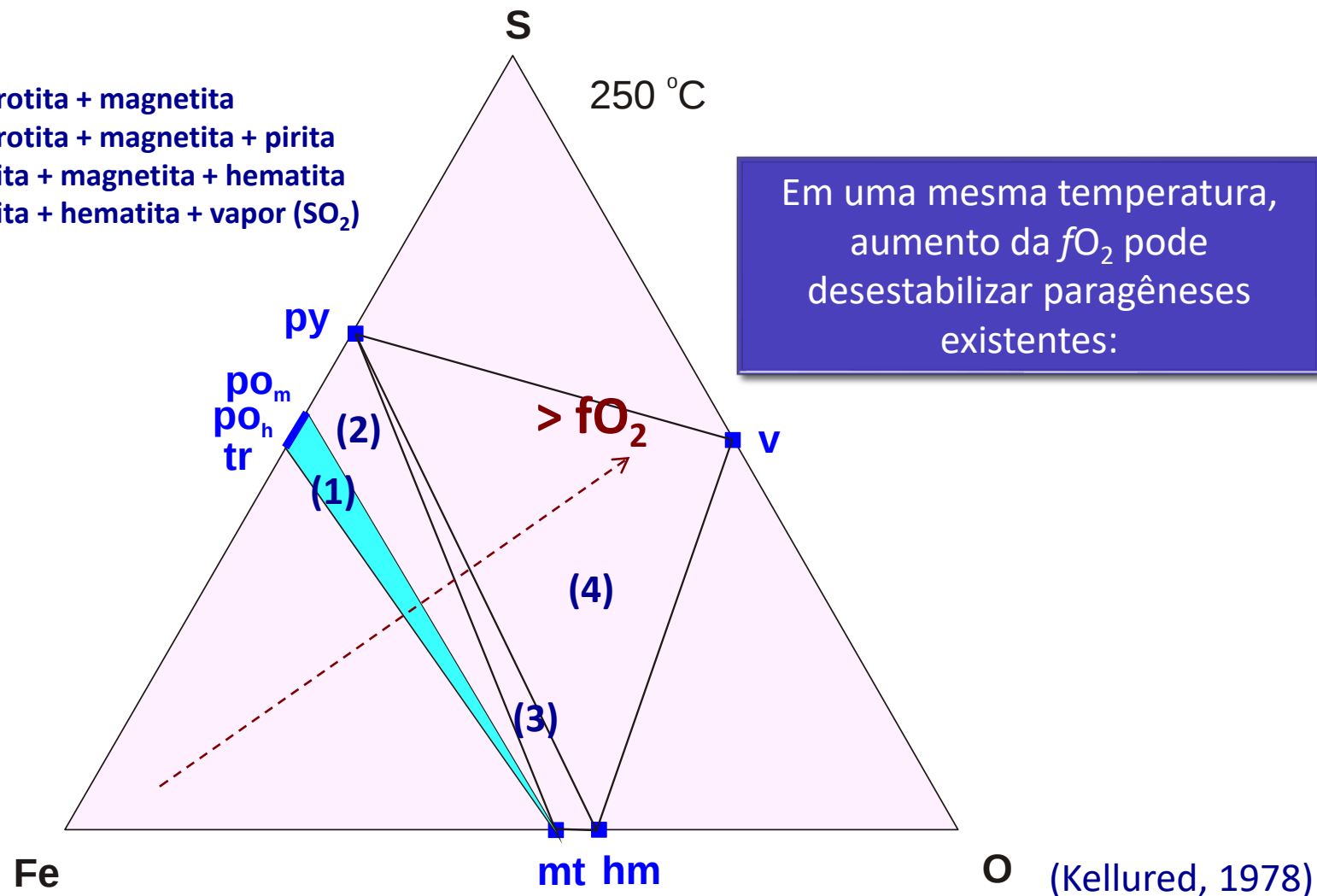
$< fO_2$



Hematita (2)

$> fO_2$

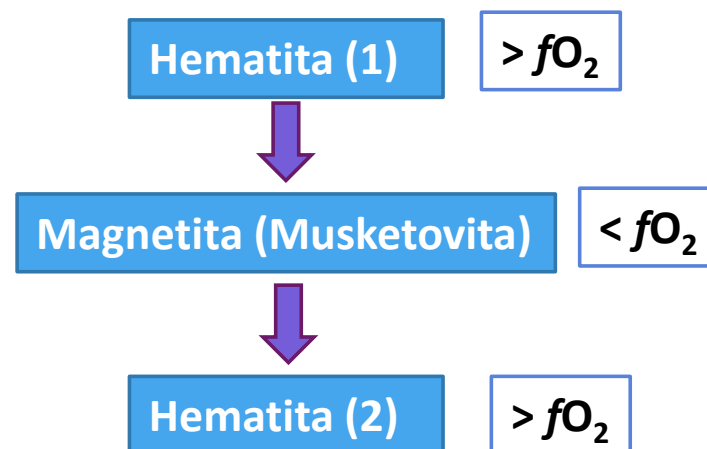
## Influência da Fugacidade de Oxigênio na formação do minério



## Variação da $fO_2$

Musketovita  
(hábito lamelar ou tabular)

**Pseudomorfo: preserva o hábito da hematita precursora**



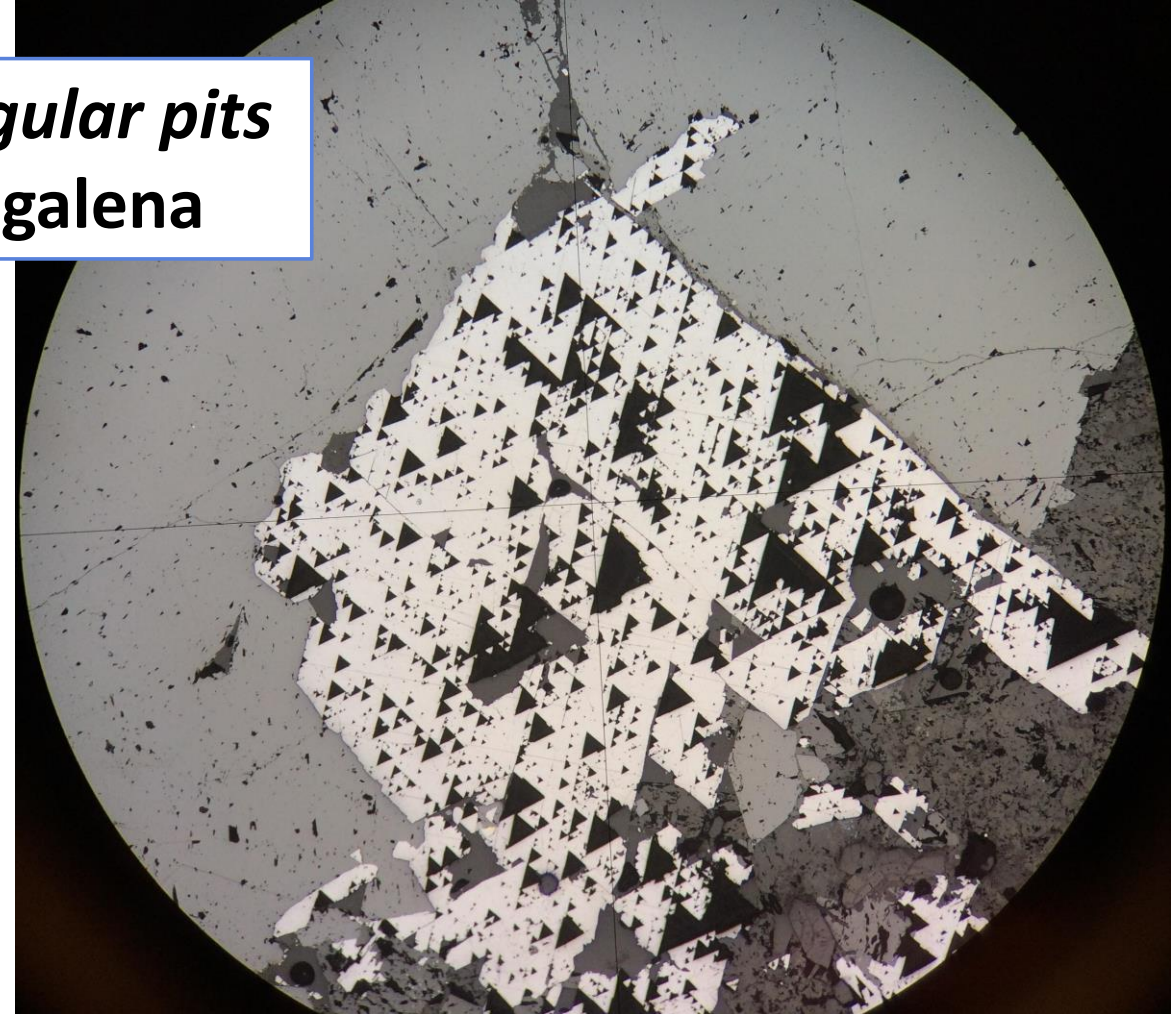
# Propriedades morfológicas e estruturais

**Clivagens e partições:**  
tendência do cristal a se partir em  
direções determinadas

Clivagens  
retangulares,  
pinacoidais, *pits*  
triangulares, etc.

[https://www.reddit.com/r/geology/comments/81fw7i/sweet\\_galena\\_with\\_triangular\\_polishing\\_pits\\_in/](https://www.reddit.com/r/geology/comments/81fw7i/sweet_galena_with_triangular_polishing_pits_in/)

***Triangular pits***  
**na galena**



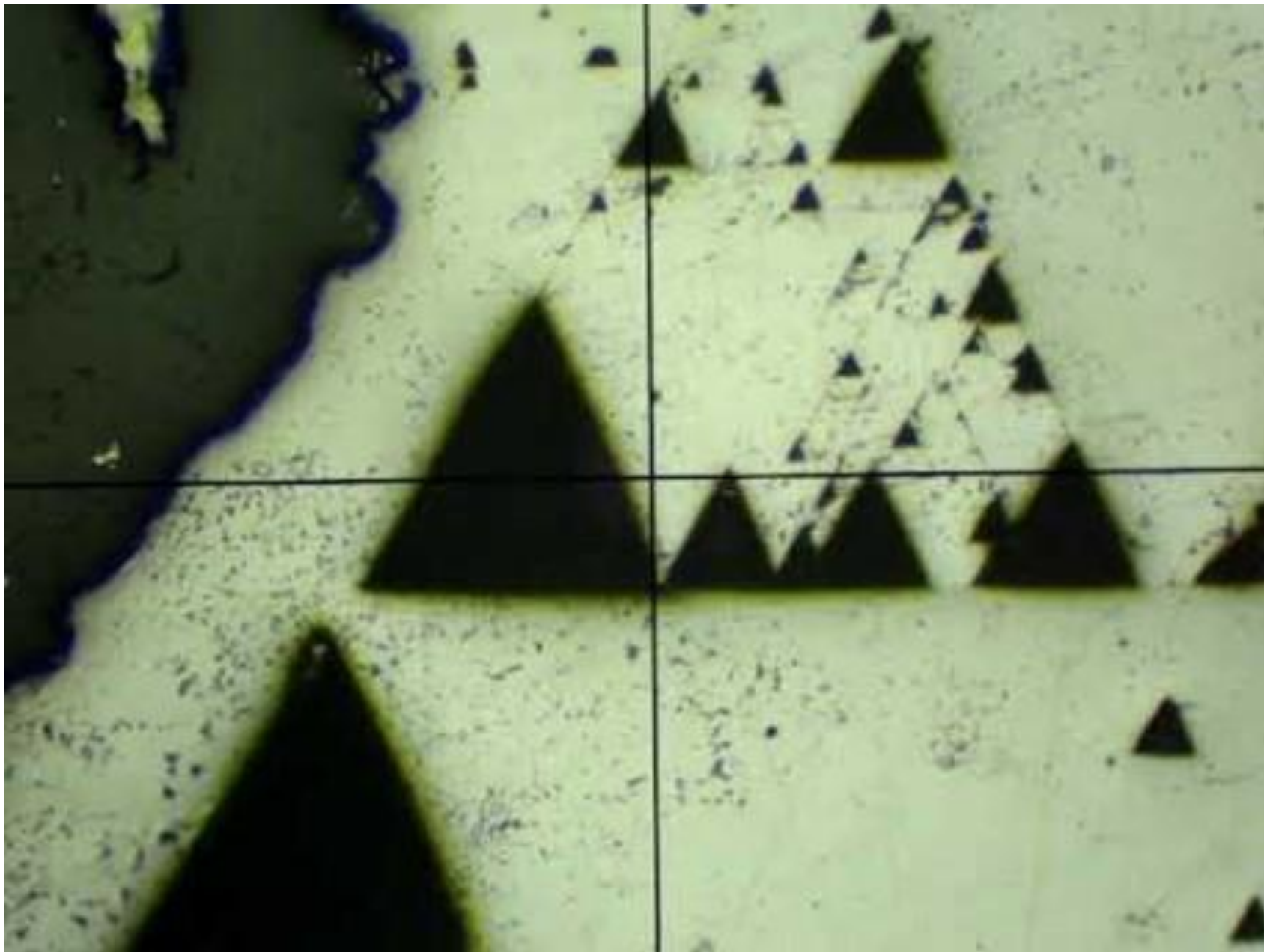


Propriedades  
morfológicas e  
estruturais: clivagem

**Gersdorffita:  $\text{NiAsS}$**

**Nickelina:  $\text{NiAs}$**

**Calcopirita:  $\text{CuFeS}_2$**



## Propriedades morfológicas e estruturais: clivagem

**Figuras de  
Arranque na  
Galena**

<https://youtu.be/uFcHGOVRKgM>

Agradecimentos especiais a [Heinrich Frank](#) (UFRGS)

# Propriedades morfológicas e estruturais

## Maclas ou geminação

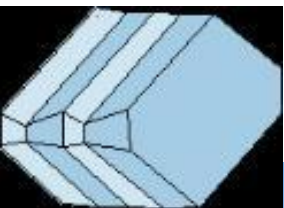
- Maclas são formadas devido ao crescimento de minerais, inversão de fases e deformação.
- São observadas com polarizadores cruzados.
- Em minerais isotrópicos (cúbicos) são apenas visíveis após ataque com ácido.
- Tipos de maclas: regular, irregular, polissintética, cíclica

*Quando os cristais estão agrupados de forma ordenada, formando agregados cristalinos que exibem padrões de intercrescimento entre os mesmos, é possível classificar estes padrões e reconhecê-los de forma visual. Isso caracteriza uma macla ou geminação.*

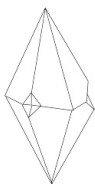
*A palavra "macla" significa "união de dois cristais gêmeos de acordo com uma lei definida"*

*As maclas são classificadas com base nos operadores de geminação, que são os elementos de simetria da geminação, e a forma com a qual estão relacionados, seja em relação a planos ou eixos de rotação, define os tipos de macla. A quantidade de indivíduos e o mecanismo de formação também são fundamentais para a classificação.*

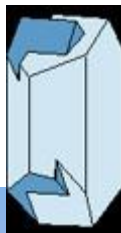
polissintética



regular



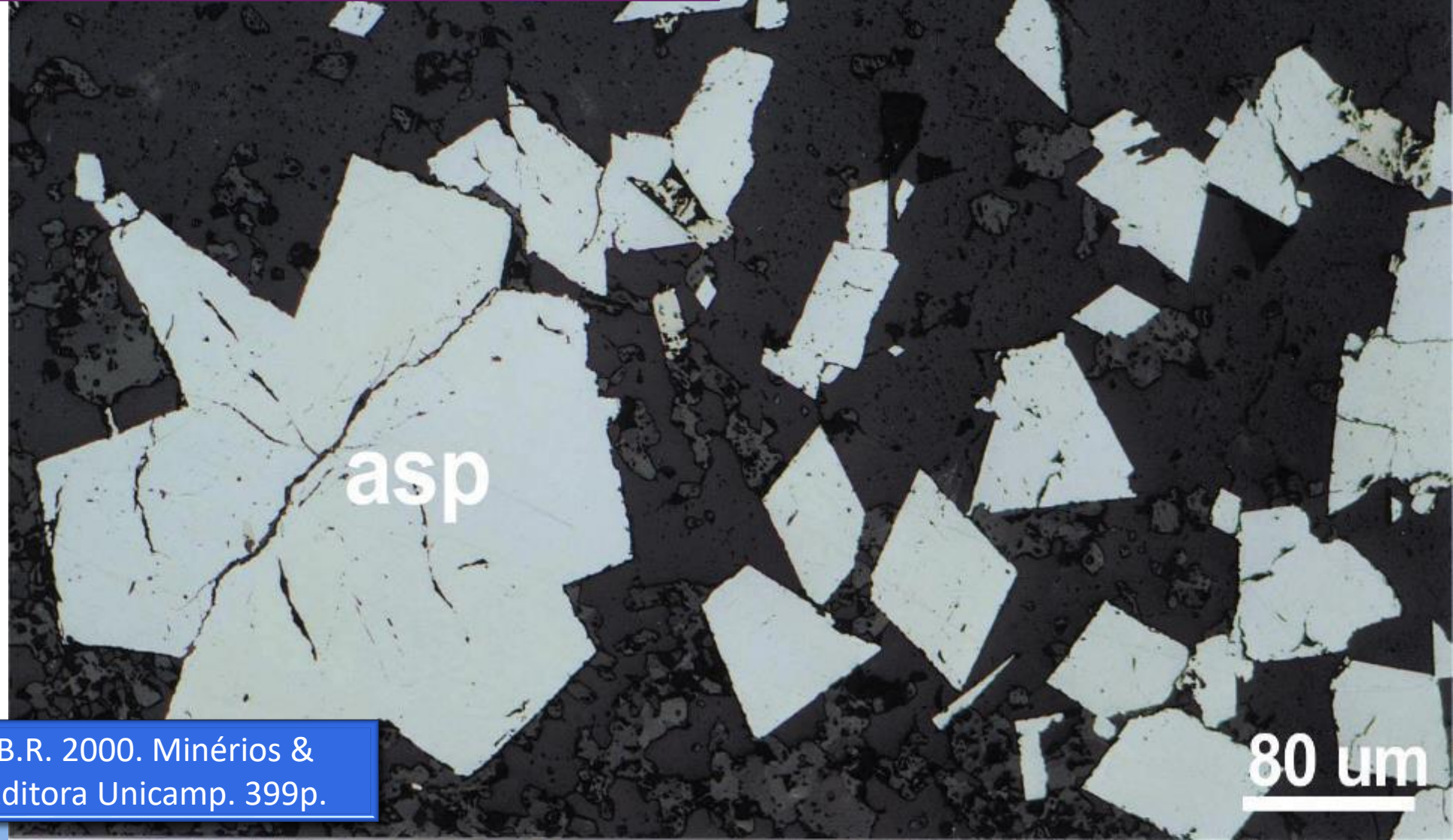
irregular



cíclica

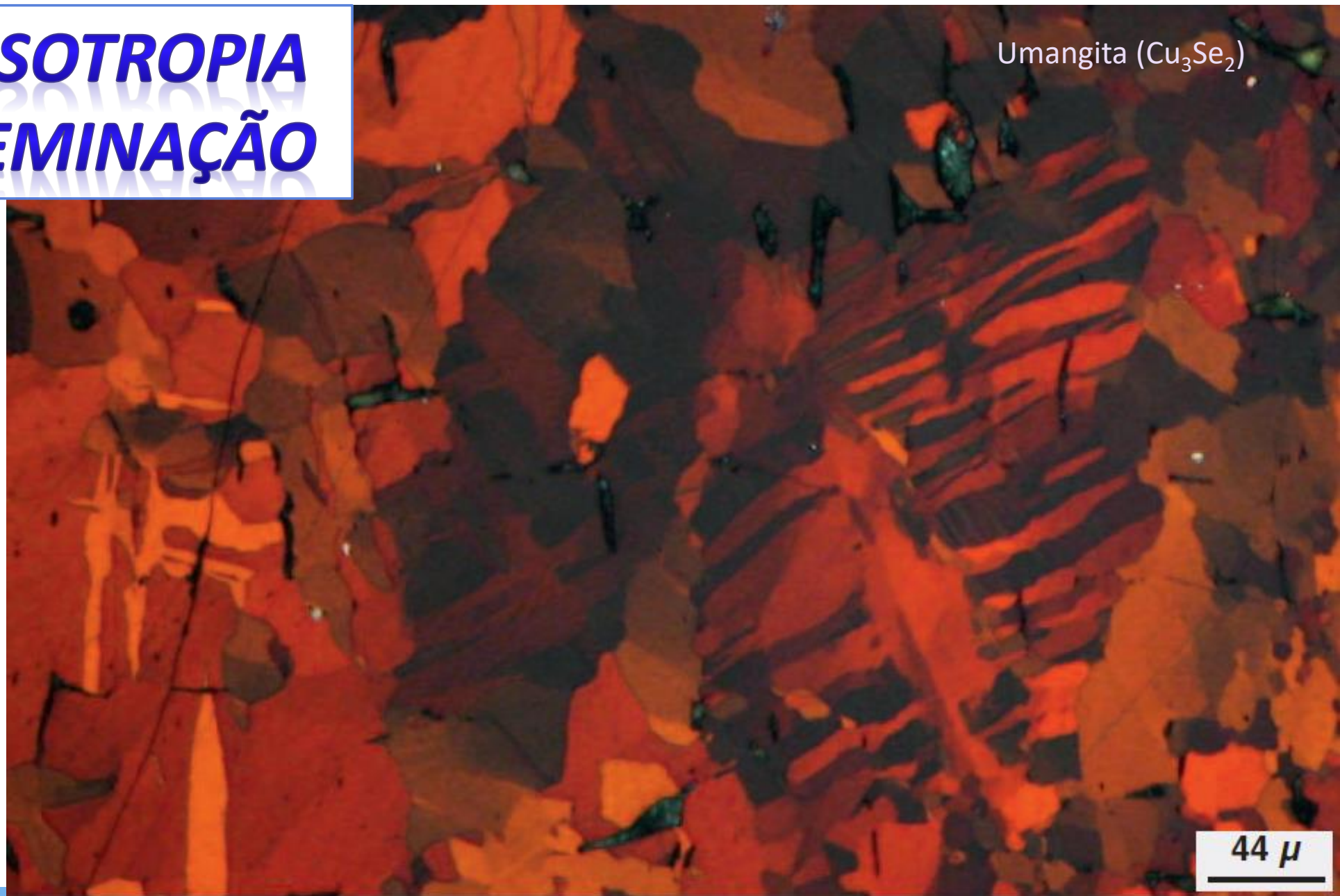


# Forma do cristal: euهدral & Geminação

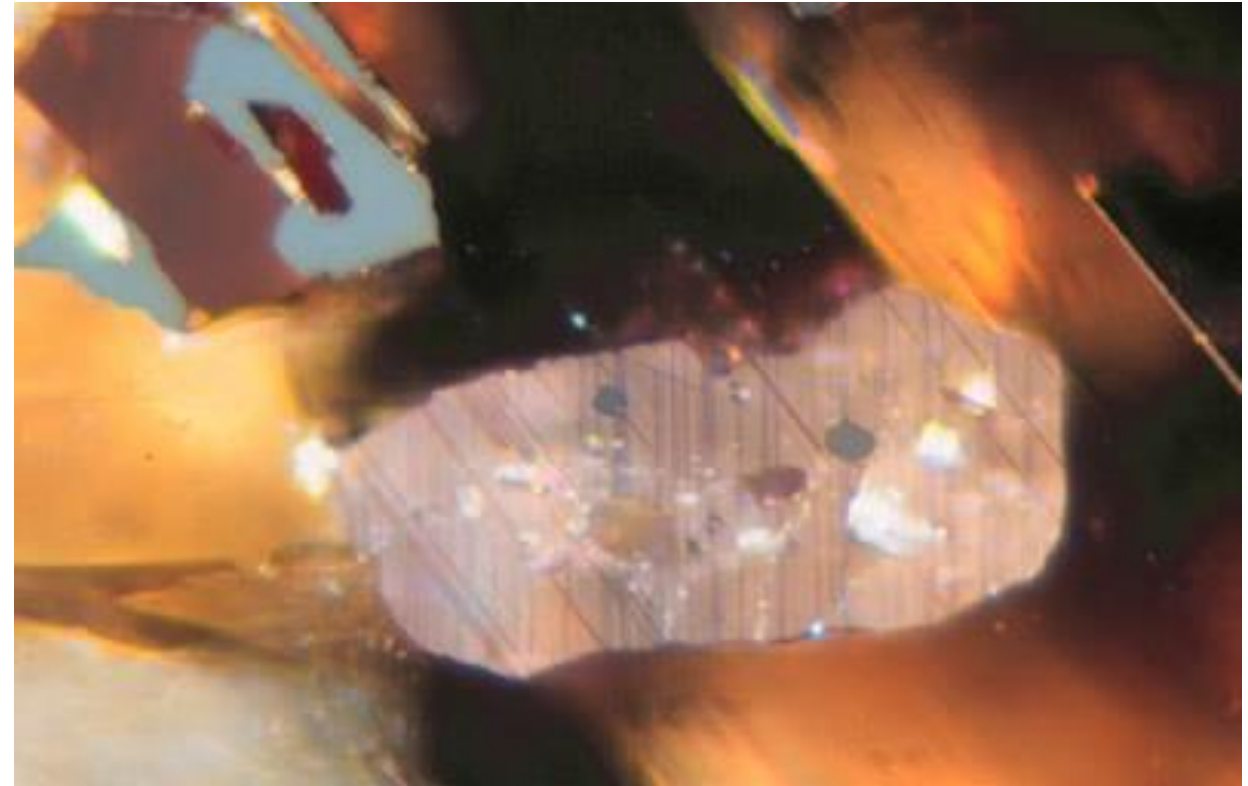
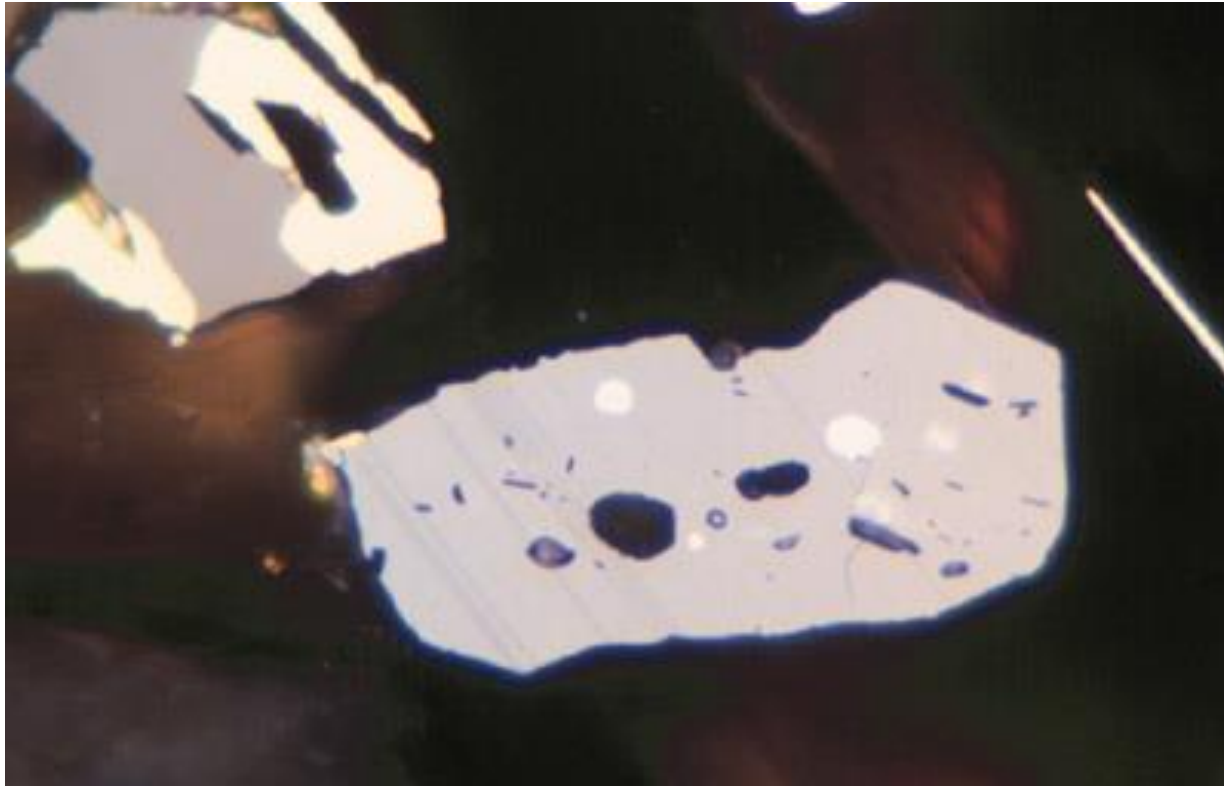


Figueiredo, B.R. 2000. Minérios & Ambiente. Editora Unicamp. 399p.

# ***ANISOTROPIA & GEMINAÇÃO***



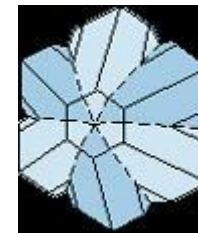
# Geminação em Rutilo



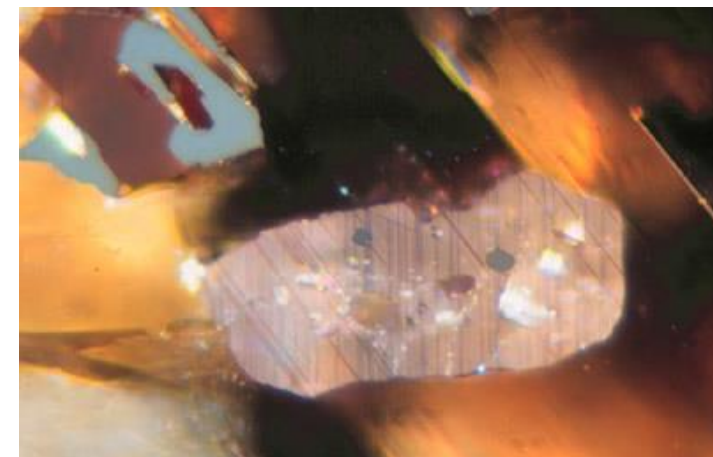
(Esquerda). Rutilo com geminação lamelar. Chisel - Canada Nicóis //, 0.21 mm. (Direita) Idem, mas em nicóis cruzados mostrando reflexões internas.

Fonte: [www.unige.ch/sciences/terre/mineral/fontbote/opaques/opaques\\_menu.html](http://www.unige.ch/sciences/terre/mineral/fontbote/opaques/opaques_menu.html)

# Macla cíclica no Rutilo



Rutilo ( $\text{TiO}_2$ )



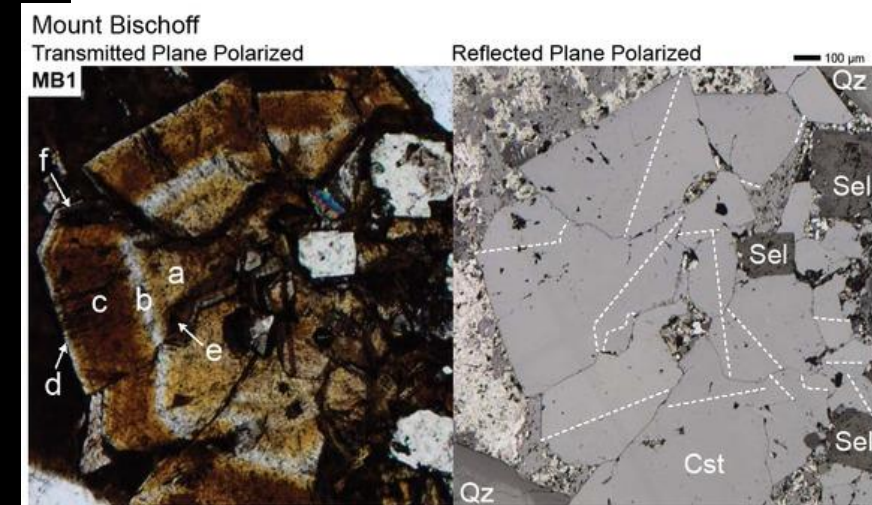
<https://youtu.be/2cbxw6YwlsM>

Agradecimentos especiais a [Heinrich Frank](#) (UFRGS)

Agradecimentos especiais a [Heinrich Frank](#) (UFRGS)

## Propriedades morfológicas e estruturais: macla

Cassiterita:  $\text{SnO}_2$   
(mineral de minério  
de estanho)



<https://doi.org/10.2138/am-2020-6964>

# Petrografia de Minérios: passos gerais

- (1) **Limpeza:** secções polidas, lâminas delgadas-polidas e bipolidas devem ser limpas antes do estudo com óxido de alumínio ou outro abrasivo suave para remoção da película gerada por oxidação;
- (2) **Descrição do modo de ocorrência dos minerais:** descreva separadamente as associações minerais segundo o modo de ocorrência (disseminada na rocha, em veio, em zona de oxidação, brecha, minério maciço);
- (3) **Descrição de associações minerais:** sempre que possível descreva os minerais opacos juntamente com os transparentes (mudando o caminho da luz), observando as relações entre os minerais;
- (4) **Estime as percentagens volumétricas de cada mineral** (por modo de ocorrência);
- (5) Descreva as **propriedades ópticas** dos minerais: primeiro com polarizadores descruzados (**cor, reflectância, birreflectância**) e depois com polarizadores cruzados (**isotropia, anisotropia, reflexões internas**);
- (6) Descreva as propriedades dependentes da **dureza** (qualidade do polimento, riscos);
- (7) Descreva as propriedades morfológicas e estruturais: **forma dos cristais, hábito, clivagem, maclas e geminação**;
- (8) Descreva as **texturas** (primárias, secundárias – substituição, oxidação, deformação e metamorfismo);
- (9) Identifique as **relações de equilíbrio de fases**: use informações dos diagramas de fases para embasar as interpretações;